

Természet Világa

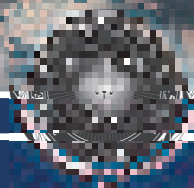
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY -

145. évf. 2. sz.

- 2014. FEBRUÁR

ÁRA: 650 Ft

Előfizetőknek: 540 Ft



- ORVOSI-ÉLETTANI NOBEL-DÍJ
- FIZIKA ÉS KÉPZŐMŰVÉSZET
- A BALATON VÍZSZINTVÁLTOZÁSAI
- AZ EURÓPAI FIZIKAI TÁRSULAT ELSŐ MAGYARORSZÁGI EMLÉKHELYE

- HAZÁNK SZÉLKLÍMÁJA
- OÁZISBÓL SIVATAGBA
- AGRESSZÍV VÍRUS: A HIV

A debreceni neutrínókísérlet



Az MTA Atomki főépülete 1956-ban



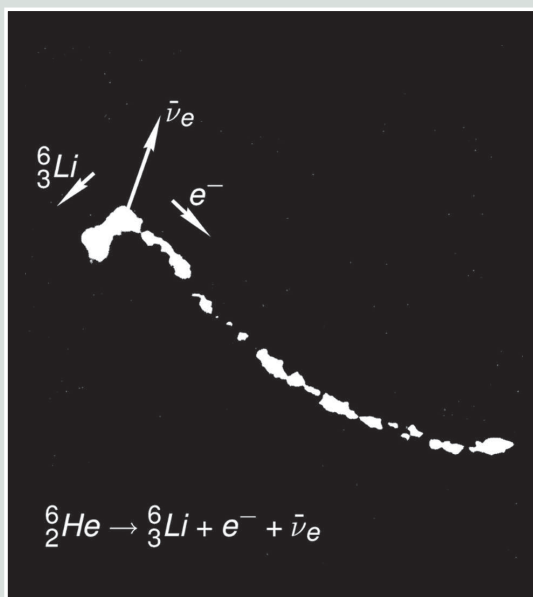
Szalay Sándor és Csikai Gyula a ködkamra fejlesztésén dolgozik



A neutrínók kimutatása során használt ködkamra archív felvétele



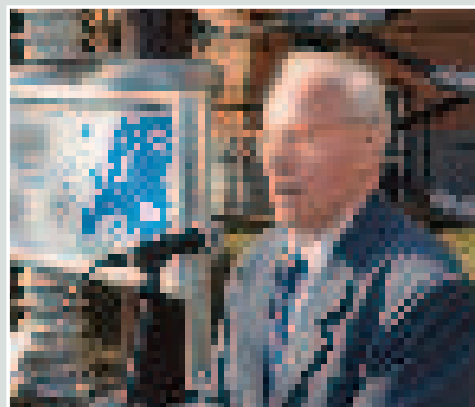
A neutrínók kimutatása során használt ködkamra jelenleg



A neutrínó visszalökő hatását mutató leghíresebb felvétel magyarázattal

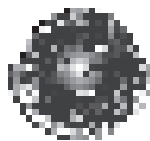


Szalay Sándor és Csikai Gyula egy kísérlet eredményeit elemzi



Pálinkás József és Csikai Gyula beszél az avató ünnepségen (2013. október 25.) A háttérben John Dudley, az Európai Fizikai Társulat elnöke áll

Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN
MAGYAR TERMÉSZETTUDOMÁNYI
TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
145. ÉVFOLYAMA



2014. 2. sz. FEBRUÁR
Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi-díjas folyóirat



Megjelenik
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
Levélcím: 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. árusítóhelyein

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

TARTALOM

Fenyvesi András–Lovas Rezső: Az Európai Fizikai Társulat első magyarországi emlékhelye. A debreceni neutrínókísérlet.....	50
Egy új-zélandi Európában. John Dudley -val, az EPS elnökével beszélget Fülöp Zsolt	54
Csaba György: Szállítványozás hólyagocskákkal	55
Németh Géza: Öt nap szabadság. Oázisból sivatagba – Egyiptom.....	59
Ujfaludi László: Fizika és képzőművészet. A szépség rejtett dimenziói.....	64
Varga Péter: Az 1763. évi komáromi földrengés.....	69
TIT Kalmár László Matematika verseny meghirdetése	73
Sümegei Pál–Schöll-Barna Gabriella–Demény Attila: A Balaton vízszint-változásainak 20 ezer éve	74
Venetianer Pál: Elhunyt a nagy szekvenátor: Frederick Sanger.....	78
HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESSEGEK	80
Bartholy Judit–Radics Kornélia–Péliné Németh Csilla: Változik hazánk szélklímája? A szélenergia hasznosítása.....	83
Doktorandusz cikkpályázat – 2014 pályázati felhívása.....	85
Díj egy mikroszkópvezérlő szoftverért. Beszélgetés Balázs Bálint bionikakutatóval	
Kapitány Katalin interjúja.....	86
Mokos Judit: Békés vírusok agresszív rokona. A HIV	88
Pátkai Zsolt: A 2013-as ősz időjárása	91
<i>E számunk szerzői</i>	92
ORVOSSZEMMEL (Matos Lajos rovata).....	93
FOLYÓIRATSZEMLE	94
OLVASÓNAPLÓ	96

Címképünk: Gombaszikla az egyiptomi Fehér sivatagban (*Németh Géza* felvétele)

Borítólapunk második oldalán: A debreceni neutrínókísérlet

Borítólapunk harmadik oldalán: Oázisból sivatagba – Egyiptom (*Németh Géza* felvételei)

Mellékletünk: Diákok az Akadémián. Stépán Gábor akadémikussal beszélget Rigóczki Csaba. A XXII. Természet – Tudomány Diákpályázat cikkei (Darvay Botond, Hernold Eszter, Daradics Noémi, Magyar Melinda írása)

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

FENYVESI ANDRÁS–LOVAS REZSŐ

Az Európai Fizikai Társulat első magyarországi emlékhelye

A debreceni neutrínókísérlet

Az Európai Fizikai Társulat (European Physical Society, EPS) a fizikai kutatások kiemelkedő jelentőségű tudománytörténeti emlékhelyévé (EPS történelmi emlékhely) nyilvánította az MTA Atommagkutató Intézet (MTA Atomki, Debrecen) főépületét. Az ezt tanúsító emléktáblát maga John Dudley, az Európai Fizikai Társulat elnöke leplezte le az Atomki Bem téri bejáratának előkertjében 2013. október 25-én.

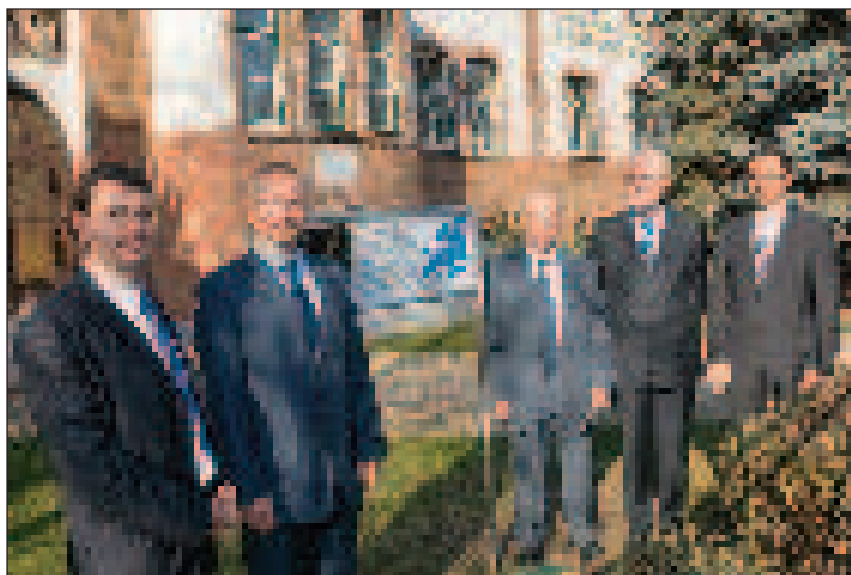
A tábla magyar és angol nyelven röviden ismerteti azt az 1956 őszi végzett és világhírűvé vált kísérletet, melynek során az Atomki alapítója, Szalay Sándor és akkori doktorandusza (vagyis az egyetemi doktori cím, közismertebb nevén a „kisdoktori” cím megszerzése érdekében dolgozó fiatal kutatójelöltje) Csikai Gyula elsőként kapott igazán meggyőző fotografikus bizonyítékot a neutrínók létezésére. Ezzel elsőként erősítették meg Clyde L. Cowan, Frederick Reines és társaik néhány hónappal korábban, 1956. július 20-án publikált eredményeit a Wolfgang Pauli által még 1930-ban megjósolt neutrínók létezésének kísérleti bizonyításáról.

A tábla bal oldalán a neutrínó visszalökő hatását egyértelműen bizonyító híres fényképfelvételek legszebbike látható, amely mára fizikatörténeti jelentőségűvé vált. A tábla jobb oldalán az EPS tagállamait mutató térkép és az EPS emblémája látható.

Miért nagy jelentőségű az EPS történelmi emlékhely cím? Miért tartotta Szalay Sándor fontosnak a kísérlet elvégzését? Hogyan sikerült az 1950-es évek szerény kutatási feltételei mellett is világraszóló tudományos eredményt elérni Debrecenben?

EPS történelmi emlékhelyek Európában

A 42 ország fizikai társulatát magában foglaló és mintegy 130 ezer fizikust képviselő Európai Fizikai Társulat nemrég úgy döntött, hogy EPS történelmi emlékhelynek nyilvánítja és emléktáblával jelöli meg azokat az európai helyeket, ahol a fizika fejlődése szempontjából jelentős esemény történt. A jól láthatóan elhelyezett táblák rövid magyarázó szövege tudatja az arra



Az MTA Atomki I. számú épületének előkertjében felavatott tábla.

A tábla mellett álló személyek balról jobbra haladva: John Dudley (az EPS elnöke), Fülöp Zsolt (az MTA Atomki igazgatója), Csikai Gyula (emeritus professzor), Pálinkás József (az MTA elnöke), Papp László (Debrecen alpolgármestere) (Nagy Gábor felvétele)

járókkal, hogy a természettudományos világképünk megalapozása szempontjából fontos felfedezés helyszínén tartózkodnak.

Az MTA Atomki főépülete Európában a tizedik, Magyarországon pedig az első EPS történelmi emlékhely. A kivitűntető cím rangját jól mutatja, hogy kikhez köthető a többi helyszín.

EPS történelmi emlékhely lett például a XVI. század híres csillagásza, Tycho Brahe (1546–1601) egykori obszervatóriuma a svédországi Hven szigeten.

2013. május 17-től EPS történelmi emlékhely az olaszországi Firenze melletti Arcetriben levő domb híres épületegyüttese is. 1631 és 1642 között ezen a helyen élt Galileo Galilei és dolgozott a *Matematikai értekezések két új tudományról* című könyvén, melyben a testek anyagi szerkezetéről és töréssel szembeni ellenállásáról, a mozgásról, a folytonosságról, valamint a végtelenről szóló tanait foglalja össze. 1926-ban pedig Enrico Fermi is ezen a helyen írta azt a munkáját, amelyben a ma Fermi–Dirac-statisztika nevet viselő eloszlást ismertette.

2013. október 11-én lett EPS történelmi emlékhely a lengyelországi Kamień Pomorski. 1745. október 11-én ebben a városban jött rá Ewald Georg von Kleist arra, hogyan lehet tárolni elektromos töltéseket hosszú ideig. Az ún. Kleist-palack volt az ember alkotta első elektromos kondenzátor. Tőle függetlenül a leideni Pieter van Musschenbroek szintén felfedezte ezt az eszközt, így leideni palack néven vált ismertté.

A franciaországi Chamonix közelében 3613 m tengerszint feletti magasságban az Alpok gleccserei között is van EPS történelmi emlékhely! 2013. július 22-én ott helyezték el a táblát, ahol 1943-ban a francia Országos Kutatási Tanács (CNRS) megalapította a Laboratoire des Cosmiques laboratóriumot a kozmikus sugárzás kutatása céljára. A Mont Blanc-masszívum Aiguille du Midi hegyén álló laboratóriumot 1946-ban avatták fel és 1955-ig működött. A részecskéket Wilson-féle ködkamrával detektálták. A nagyenergiájú töltött részecskéket erős mágneses mezővel eltérítették, és a nyomuk görbültéből határozták meg a mozgási energiájukat. A labora-

tórium helyén ma a találó nevű Refuge des Cosmiques (Kozmikus Menedékhely) áll. Az EPS történelmi emlékhelyet jelző táblát abból az alkalomból avatták fel, hogy 100 évvel korábban, 1912-ben Viktor Hess bebizonyította, hogy a természetes eredetű sugárzási háttér egy része a világról érkezik (kozmosz sugárzás).

2013. február 22-én az oroszországi Dubnában működő Egyesített Atommagkutató Intézetben is avattak táblát. Az esemény ke-



A tudománytörténeti jelentőségűvé vált 1956-os debreceni neutrínókísérlet helyszínét jelölő tábla

retében emlékeztek meg az egykor ott alkotó neutrínókutató, Bruno Pontecorvo születésének századik évfordulójáról.

A debreceni neutrínókísérlet előzményei

1896-ban fedezte fel Antoine Henri Becquerel az urán radioaktivitását. 1897-ben Pierre és Marie Curie, valamint Ernest Rutherford már tudta, hogy a radioaktív anyagok által kibocsátott sugárzás két komponense ellentétes irányban térül el mágneses mezőben. 1900-ban Becquerel bebizonyította, hogy a β -sugárzásnak elnevezett hosszabb hatótávolságú sugárzás valójában elektronokból áll. 1901-ben Rutherford és Frederick Soddy azt is bebizonyította, hogy a β -sugárzással járó átalakulás (β -bomlás) során egy kémiai elem atomja átalakul egy másik kémiai elem atomjává. (Azt még nem tudhatták, hogy ez atommag-átalakulás, hiszen még nem ismerték az atom összetételét!)

1907-ben Joseph Solange Henri Pellat, 1908-ban pedig Jules Henri Poincaré is felvetette már az atommag létezését. 1911-re a Rutherford irányítása mellett Hans Geiger és Ernest Marsden által végzett szórás-kísérletek be is bizonyították, hogy valóban léteznek az atommag. Rutherford atommoddellje azonban nem adott érdemi magyarázatot a β -sugárzás eredetére, így a kutatások a β -sugárzás energiaeloszlásának vizsgálatára irányában folytak tovább. Lise Meitner, Otto Hahn, Heinrich Schmidt, Otto von Baeyer, William Wilson és Ernest Rutherford számos kísérletet végzett, és vita bontakozott ki arról, hogy a β -sugárzás elektronjainak ener-

gia szerinti eloszlása (β -spektrum) folytonos, vagy vonalakból áll-e. James Chadwick volt az első, aki kimért egy teljes β -spektrumot. Az 1914-ben közölt β -spektrum a $0-E_{\beta,max}$ energiatarományt lefedő folytonos eloszlás. A meglepő eredmény értelmezése nehéz feladatnak bizonyult.

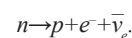
Az 1920-as évek végén, a kvantummechanika megszületését követően világossá vált, hogy továbbra sem tudják leírni a β -bomlást a fizika addig ismert módszerei-

energiamegmaradás elvét is. Ma könnyű ezen mosolyogni, de akkoriban az atommagról alkotott ismereteket nehéz volt rendszerbe szedni, így ezt a hajmeresztő ötletet több megértéssel kell fogadnunk. 1930-ban még nem ismerték a neutronot, és az atommag akkor vélt összetétele is szörnyű kételyeket vetett föl. Tudták, hogy protonnak lennie kell a magban, de azt is tudták, hogy lennie kell másnak is, mert ha egy mag csupa protonból állna, akkor töltése nagyobb volna, mint amit mérnek, kivéve a hidrogén-atommag (a proton) esetét. Ezért úgy képzelték, hogy a protonok töltését részben elektronok semlegesítik, és a β -bomlás során egy ilyen elektron távozik. Csakhogy a magok perdületének értéke ellentmond ennek a feltételezésnek is!

Az is nehéz kérdés volt, hogy miféle erő tartja az elektronokat a piciny magban. Az atomhéjak elektronpályái négy-öt nagyságrenddel nagyobbak, és az atomok mérete éppen annak a tartománynak az alsó határa, ami a határozatlansági relációkkal kompatibilis, ha csak a Coulomb-erő hat. Csak egy sokkal erősebb vonzás lehet képes az elektronokat az atommagok kis térfogatába szorítani. Az efféle rejtélyek miatt még abban is kételkedni lehetett, hogy az atommagokra érvényes-e egyáltalán a kvantummechanika.

A gordiuszi csomót Wolfgang Pauli vágta át 1930-ban. Pauli sejtése szerint a hiányzó energiát egy nem detektált részecske viszi el, amelyet később neutrínónak (pontosabban elektron-antineutrínónak) neveztek el.

Pauli szerint a β -bomlás során a végmag és az elektron mellett keletkezik még egy elektromosan semleges feles spinű (saját perdületű) részecske is, amelynek a kölcsönhatása minden más anyaggal rendkívül gyenge, s ezért nem észlelik a detektorok. A hiányzó energiát minden egyes bomlási eseményben ez a részecske viszi magával (**lásd az ábrát**), így nem vesz el energia, csak éppen a hordozóját nem sikerül észlelni. A bomlásban keletkező két feles spinű részecske perdületének összege csak egész lehet, s ez feloldja a perdület rejtélyét is. Igaz, megmarad a kérdés: honnan, miből keletkeznek a β -bomlásban kibocsátott részecskék? Erre a választ csak 1932 óta sejtethetjük, amikor Chadwick felfedezte a neutronot. Nyilvánvalóvá vált, hogy a mag protonokból és neutronokból áll, és nem kellett többé feltételezni, hogy elektron is van benne. Ezzel a magok perdületének a problémája is megoldódik. Azt kell tehát feltételezni, hogy a β -bomlás során egy neutron átalakulása következik be:



Ez már Fermi β -bomlási elméletének a kiindulópontja. A protonnal és az elektronnal együtt keletkező „lappangó” részecskét Fermi neutrínónak keresztelte el. Ma már tudjuk, hogy az itt keletkező részecs-

vel. Azt várták, hogy a bomlás során kibocsátott elektronok energiája egyenlő az elbomló atommag és a végmag energiaállapotának különbségével. A kísérletek azonban minden esetben továbbra is azt mutatták, hogy nem ez a helyzet, hanem egy adott mag adott állapotának bomlásakor az elektron energiája 0 és a két magnívó különbsége között bármekkora lehet, és jellegzetes eloszlású. A β -bomlási eseményekben eltűnni látszik az energia egy része!

Ráadásul nemcsak az energia, hanem a perdület (impulzusmomentum) megmaradása is sérülni látszott. (A perdület megváltozását a kezdő- és a végállapot perdületének vektori különbsége adja meg.)

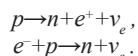
A perdületet a $\hbar = h/2\pi$ redukált Planck-állandó egységeiben (Dirac-állandó) szokás megadni. (A kvantummechanikai leírás során a $\hbar = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Js Planck-állandó használata szokásos, a számértéke megegyezik a $\nu = 1$ Hz frekvenciájú foton E energiájának számértékével az $E = h\nu$ összefüggés szerint.)

A β -bomlás tanulmányozása során azt találták, hogy a távozó elektron \hbar egységben mérve csak félégsz számú, vagyis $1/2$, $3/2$, $5/2$ stb. impulzusmomentumot tud elvinni, amiből az következne, hogy ennyi a kezdeti és a végmag perdületének (vektori) különbsége. Másfelől a tapasztalat azt mutatta, hogy a magperdület egészéből csak egészbe, félégszéből pedig csak félégszbe mehet át, tehát a különbségük mindig egész. Ily módon az atommagok és az elektronok perdületére kapott tények ellentmondtak egymásnak, vagyis valami történt a perdülettel is a β -bomlás során!

A fizikusok zavarba jöttek. Niels Bohr például hajlamos volt feladni még az

ke a neutrínók családjába tartozó elektron-antineutrínó, $\bar{\nu}_e$, de az egyszerűség kedvéért a fizikusok ma is gyakran csak neutrínónak nevezik.

1930-ban Dirac publikálta az elméletét az elektron antirészecskéjéről, a pozitronról. Az 1930–34 között Fermi és Pauli által kidolgozott elmélet már figyelembe vette az antirészecskék létezésének lehetőségét is, és további β -bomlási folyamatokat is lehetségesnek tartott:



Az utóbbi folyamat során az atommag egyik protonja az atom elektronfelhőjének egyik elektronját fogja be (tipikusan a K-héjról). Fermi tehát feltételezte, hogy a neutrínó nem önmaga antirészecskéje. Fermi azt is feltételezte, hogy létezik egy nulla hatótávú „gyenge kölcsönhatás”, amely a magerók, az elektromágneses kölcsönhatás és a gravitáció mellett a negyedik elemi kölcsönhatás. Ma már tudjuk, hogy a gyenge kölcsönhatás hatótávolsága valójában nem nulla, csak nagyon kicsi, a gyenge kölcsönhatást közvetítő mező mindenütt jelen van, ennek ellenére csaknem kizárólag az általa okozott elemi átmenetek révén véteti észre magát, amelyek egyike a β -bomlás.

Ma már az is világos, hogy a β -bomlás az első felismert igazi részecskeátalakulás, ezért a természetének felismerését a részecskefizika kezdetének szokás tekinteni. A részecskefizika fejlődésnek indult, de a β -bomlási folyamat elmélete továbbra is „a levegőben lógott”. A neutrínó léte is csak hipotézis maradt mindaddig, amíg nem volt más bizonyíték, mint a β -bomlás során észlelt energiahiány és a perdületmegmaradás sérülése.

A neutrínók csak gyenge kölcsönhatásra képesek, ezért sokáig lehetetlennek látszott detektálni őket. 1936-ban Alexander I. Leipunski az angliai Cambridge-ben található Cavendish Laboratóriumban végezte el az első olyan kísérletet, amelyben a β -bomlás során kibocsátott neutrínó atommag-visszalökő hatásának kimutatása volt a cél, de az eredmények nem voltak elegendően pontosak.

1937-ben Horace Richard Crane és Jules Halpern az USA-beli Michigani Egyetemén a



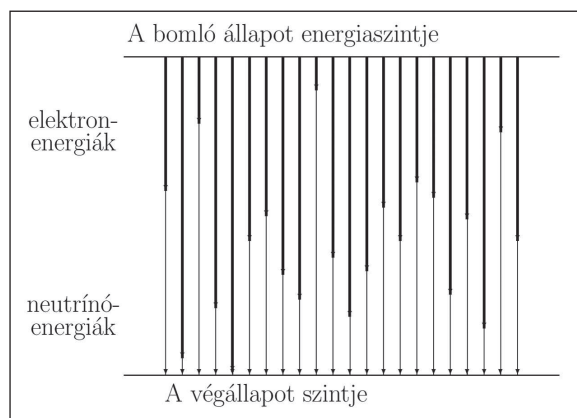
β^- -bomlást tanulmányozták egy sztereo-fényképezővel ellátott expanziós ködkamrával. A bomlás során keletkező elektronok energiáját a nyomuk görbületének mérésével, a meglökött ^{38}Ar atommagok energiáját pedig az általuk keltett

ionokra kondenzálódó cseppecskék megszámlálásával határozták meg. Az energiák alapján meghatározták a két bomlástermék lendületét is, és azt találták, hogy az elektron és az ^{38}Ar által elvitt lendület szignifikánsan nagyobb volt, mint amit csupán az elektron és az ^{38}Ar keletkezésével magyarázni lehetett. Ebből arra következtettek, hogy a neutrínó meglökő hatása felelhet az elektron és az ^{38}Ar atommag többlet lendületéért. Crane és Halpern eredményeit azonban sokan nem találták elég meggyőzőnek akkoriban. Crane és Halpern meg is említette a cikkük végén, hogy a neutrínó visszalökő hatásának kimutatására a ^6He izotóp β -bomlásának megfigyelése sokkal célszerűbb lenne, de ahhoz meg kellene oldani a rövid felezési idejű ($T_{1/2} = 806.7$ ms) ^6He izotóp előállí-

ban készült ilyen eszközt. Végül úgy döntöttek, hogy építenek egy új ködkamrát.

Az elkészült expanziós ködkamra évekig a kutatás, majd az egyetemi hallgatók képzését szolgálta. Jelenleg az MTA Atomki látogatóközpontjában van kiállítva.

A ködkamra egy 28 cm átmérőjű és 5 cm magas üvegfalú henger, aminek a fedőlapja üveg, az alja pedig alumínium koronggal merevített gumimembrán, amin fekete zselatinréteg van. A töltőgáz 200 Hgmm nyomású hidrogéngáz, amibe víz és etilalkohol 50%-os keverékének gőze áramlik. A gumimembrán hirtelen lefelé mozgásával a gáztér fogat 2 ms ideig tartó adiabatikus kitágulását lehetett előidézni, aminek az ideje alatt a gőz túltelítetté válik. A kamra térfogatában mozgó töltött részecskék által keltett ionokra mint kondenzációs magokra le-



A β -bomlás során kibocsátott β -részecske energiája (vastag nyilak) eseményről eseményre változik és rendszerint kisebb a magnívók energiájának különbségénél. Pauli feltételezése szerint a hiányzó energiát (vékony nyilak) egy nem detektált részecske viszi el, amelyet később neutrínónak (majd még később elektron-antineutrínónak) neveztek el

tását és azt, hogy a megfelelő időpillanatban jusson be a ködkamrába az expanzió megkezdése előtt. Ezt az ötletüket azonban nem valósították meg.

Az 1950-es évek elejéig senkinek sem sikerült igazán meggyőző bizonyítékot szolgáltatnia a neutrínók létezésére.

A debreceni kísérletek

A fentiek tükrében aligha meglepő, hogy a debreceni magfizikai iskola megalapítóját, Szalay Sándort is foglalkoztatták a neutrínó kimutatásának lehetőségei. A professzor 1951-ben javasolta Csikai Gyulának, aki akkor II. éves egyetemi hallgatóként externista volt a Kísérleti Fizikai Tanszéken, hogy tanulmányozza az expanziós ködkamrák elvi és technikai kérdéseit, és próbáljon meg üzembe helyezni egy koráb-

csapódó vízmolekulák révén 0,15 s ideig láthatóvá tehető a részecskék nyoma. Ezen időtartam alatt kell oldalról erős fényrel megvilágítani és felülről érzékeny filmre lefényképezni a nyomokat. A kamra felső részén levő vékony fémháló és az alsó fekete zselatinréteg közé 10^2 – 10^3 V egyenfeszültség kapcsolható, amivel folyamatosan el lehet távolítani az érzékeny térfogatóból az ionokat. Ezt az elektromos mezőt 0,01 s-mal az expanzió előtt kikapcsolják, ezért csak az expanzió ideje alatt keletkező ionok vannak jelen a kamrában a megfigyelés (a fényképezés) ideje alatt. A kamra fölött és alatt elektromos áram járta Helmholtz-tekercsek vannak. Az áram által indukált mágneses mező indukcióvonalai a kamra tengelyével párhuzamosak. A mágneses mező eltéríti a töltött részecskéket és így a nyomuk görbületi sugarából meg lehet határozni a sebességüket.

A neutrínó visszalökő hatásának kimutatását megcélzó debreceni kísérlet során a ^6He -izotóp előállítására a $^9\text{Be}(n,\alpha)^6\text{He}$ reakció útján történt $\text{Be}(\text{OH})_2$ port besugározása. A reakcióhoz szükséges neutronokat egy ^{210}Po -Be forrás szolgáltatja, amelyben ^{210}Po radioizotóp és berillium por keveréke volt. A ^{210}Po radioaktív bomlása során keletkező α -részecskék a ^9Be atommagokat bombázva neutronokat keltettek a $^9\text{Be}(\alpha,n)$ reakció révén.

A ködkamrába egy csésze lógott be, aminek a fala szűrőpapírból készült. A csészében finomszemcsés (1–2 μm) $\text{Be}(\text{OH})_2$ por volt. A ködkamra expanziójának megkez-

dése előtt a neutronforrást sűrített levegővel a porral teli csésze fölé lötték, kb. 5 s-ig ott tartották, és a forrásból kilépő neutronokkal sugározták be a $\text{Be}(\text{OH})_2$ port, melyben ${}^6\text{He}$ -atommagok keletkeztek a ${}^9\text{Be}(n,\alpha){}^6\text{He}$ magreakció révén. A ködkamra expanziójának megkezdése előtt 0,3 másodperccel sűrített levegővel eltávolították a neutronforrást a kamra közeléből, és egy árnyékolt tartályba lötték. A keletkező ${}^6\text{He}$ könnyen kijutott a $\text{Be}(\text{OH})_2$ porból, és átdiffundált a szűrőpapíron egy kis térfogatba, ahonnan egy gumizsák összenyomásával bepumpálták a ködkamrába. A ködkamrában elbomlottak a ${}^6\text{He}$ atommagok, és így le lehetett fényképezni a keletkező ${}^6\text{Li}$ atommag és az elektron nyomát. A mérési ciklus 45 másodpercenként ismétlődött. (A kísérlet további részleteiről a Fizikai Szemle 2005. évi 10. számában található cikk [1].)

Az 1950-es évek magyarországi lehetőségei mellett a sztereo-fényképezőgéppel ellátott ködkamra megépítése és üzemeltetése korántsem volt egyszerű feladat. Az alábbiakban a Csikai Gyula által írt sorokat idézzük.

„1953 tavaszán kezdődött a ködkamra építése a KLTE TTK Kísérleti Fizikai Tanszékén Szalay Sándor tanszékvezető professzor irányítása mellett. 1955 elején áttelepítették a berendezést az Atomki főépületének alagsorába. Akkor még Szalay Sándor volt mindkét intézménynek a vezetője. (A „perszonálunió” 1967-ig állt fenn, amikor Csikai Gyula vette át a Kísérleti Fizikai Tanszék vezetését.)

A kamra terének homogén megvilágítására Szajher János üvegtechnikus bevonásával 30 cm hosszú xenon töltésű villanó lámpák kifejlesztésére került sor a Prof által ajánlott pontforrás kondenzor helyett. Ilyen eszközt beszerezni akkor nem lehetett, de mindkettőt kifejlesztettük és demonstráltuk a Profnak az üvegtechnikai műhelyben (a Kís. Fiz. alagsorában, a neutrongenerátor jelenlegi vezénnyeljében). Szűrőpapírra a padlóra tettük őket és 2000 V-os, 50 μF -os kondenzátort töltöttünk fel. Előbb a kicsit villantottuk (a Prof szerint nem rossz), majd jött a vonalalaku. Megkértük a Profot, hogy hajoljon közelebb, hogy jobban lássa a különbséget. Villantottunk. A Prof egy percig csak pislogott, majd annyit mondott „fiúk ennek prémiumszaga van”.

De honnan veszünk hengerlencse kondenzort, kérdezte? Schadek János, az Atomki mérnöke már tervezi a plexi megmunkálását és párhuzamosan a sztereo-fényképezőgépet is. A Profnak köszönhető, hogy kaptunk xenon gázt a miskolci műtrágyagyártól. De hálásak voltunk Veres Zoltánnak, a berekfürdői egykori üveggyárat megalapító mérnöknek is, aki a nagy teljesítményű álló C9 üveget hobbiból kifejleszt-

tette, csakúgy, mint Sávelli Kamilló újpesti iparosnak az alumíniumdugattyú gumírozásáért. Ezek a fejlesztések legalább egy évet vettek igénybe, és késleltették a kamra elkészítését. (Az első közleményem 1955-ben jelent meg a villanólámpákról, a Prof kérésére a vonal-villanólámpát nem is publikáltam, azt szabadalmaztatni akarta, de a neutrínókísérlet fontosabb volt.)

Szintén az Atomki segítségével épült meg az új helyen a Po-Be forrást szállító csőpota, míg a kamra automatikus vezérlésének megoldása közös feladat volt (Bistey Balázs).

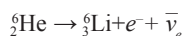
A ködkamra végleges üzembe helyezése, a ${}^6\text{He}$ gáz termelése és a kamra terébe juttatása az érzékeny idő alatt valamint a bomlások sztereofényképezése 1955 végére állt össze.

Így már a neutrínó észlelése lehetett koncentrálni.

A ködkamra építésében Hrehuss Gyula, az ELTE korábbi hallgatója, majd az Atomki munkatársa igen sikeres szerepet játszott.”

1956-ban forradalom volt a fizikában is

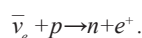
1956 őszére a debreceni erőfeszítések és a szellemes technikai megoldások végül eredményre vezettek. Sikertől olyan felvételeket készíteni, amelyeken jól látható, hogy a



folyamat során keletkező ${}^6\text{Li}$ és az elektron nyomai általában nem esnek egyenesbe, tehát a lendületeik összege nem lehet nulla. Azonban az elbomló ${}^6\text{He}$ mag lendülete (a hőmozgás okozta kicsiny értéktől eltekintve) nulla, ezért ha igaz a lendületmegmaradás törvénye, akkor a keletkező fragmentumok lendületeinek vektori összege is köteles nullának lenni. A lendület megmaradása csak egy nem detektált harmadik részecske keletkezése esetén teljesülhet.

A Csikai–Szalay-kísérlet tehát azt bizonyítja, hogy a β -bomlásban az energia- és a perdületmegmaradás mellett a lendületmegmaradás is megsérülne, ha nem lenne antineutrínó. Ez közvetett bizonyíték a(z anti)neutrínó létre.

A debreceni kísérlettel egy időben a Cowan és Reines által vezetett kutatócsoport közvetlen bizonyítékot publikált a Science folyóirat 1956. július 20-i számában. Az USA-ban atomreaktor mellett végezték a kísérleteiket és a reaktorban keletkező nagyszámú hasadási β -bomlásai során keletkező antineutrínókat fogták be protonnal:



Ez a folyamat a β -bomlás egyfajta fordítottja. Ez a kísérlet Nobel-díjat ért 1995-ben.

A Csikai Gyula és Szalay Sándor által 1957 elején közzétett felvételek elsőként erősítették meg az amerikai kutatók által közölt eredményeket.

A neutrínó létezésének bizonyításával 1956-tól helyreállt a legalapvetőbb megmaradási tételek érvényességébe vetett meggyőződés.

Chen Ning Yang és Tsung-Dao Lee azonban szintén 1956-ban dolgozta ki azt az elméletet, amely szerint a gyenge kölcsönhatás sérti a tértükrözési szimmetriát. Még abban az évben a Chien-Shiung Wu által vezetett amerikai csoport ki is mutatta kísérleti úton, hogy a ${}^{60}\text{Co}$ radioizotóp β -bomlása során valóban sérül a szimmetria a gyenge kölcsönhatás által előidézett folyamatokban. [2].

A paritás (azaz párosság) a hullámfüggvény tértükrözéssel szembeni viselkedésének jellemzésére kitalált fizikai mennyiség. A β -bomlás megsérti a bal és a jobb oldal szimmetriáját, amit az mutat legélesebben, hogy a neutrínó mindig balra „pörög” a menetirányához képest, az antineutrínó viszont jobbra. Tükrözési szimmetria híján pedig a paritás nem marad meg. A paritás nem additív, és a paritásmegmaradás sérülése semmilyen más módon nem halmozódik fel, ezért a paritásmegmaradás sérülésének a makrovilágra nincs megfigyelhető közvetlen következménye. (Közvetett következménye lehet, hiszen például az élővilágban megfigyelhető bal-jobb aszimmetria lehet, hogy a gyenge kölcsönhatástól származik [3].)

Minden megmaradási tétel a kölcsönhatások szimmetriáiból következik. Az energia, a lendület és a perdület megmaradása a kölcsönhatások időbeli és térbeli etolással, illetve elforgatással szembeni szimmetriájából származik. A tértükrözési szimmetria azonban nem olyan általános: a gyenge kölcsönhatásban sérül. A gyenge kölcsönhatás két másik szimmetriát is megsért: az időtükrözést és a részecskék antirészecskéikre való cserélésével (más néven a töltéskonzjugálással) szembeni szimmetriát. Ez nem szép a Természettől! Vigasztaló azonban, hogy úgy látszik, a három külön-külön sértett szimmetriaművelet együttes alkalmazásával szemben a gyenge kölcsönhatás is szimmetrikus („CPT-szimmetria”) [4].

Az is megnyugtató, hogy a szimmetriasérülésekből nem következnek makroszkopikus megmaradási tételek sérülése, így Lucretius több mint kétezer éves bölcsessége, amelyet „De rerum natura” című művében fejtett ki, érvényben marad. Nemes Nagy Ágnes fordításában idézve:

Egy új-zélandi Európában

A 42 ország fizikusait képviselő Európai Fizikai Társulat (EPS) 1968-ban történt megalakulása óta a fizika legfontosabb európai szervezete. John Dudley, a Társulat elnöke az első magyarországi EPS történelmi emlékhely avatásának alkalmából látogatott Magyarországra. Az EPS elnökével Fülöp Zsolt, az EPS vezetőségének magyar tagja beszélgetett.

– Hogyan lehet az, hogy egy Új-Zélandon született fizikus egy európai társulat elnöke?

– Valóban Új-Zélandon születtem, és ott végeztem tanulmányaimat is. Azonban családi okok miatt már gyerekkorom óta rendszeresen utaztam Európába, és Új-Zélandon is lehetett fogni az európai rövidhullámú adókat, így a budapesti adót is. Tulajdonképpen az első fizikai kísérletem is az volt, hogy olyan antennát és rádiót fabrikáltam, amellyel jobban lehetett az európai adásokat fogni. Amikor a PhD fokozatomon dolgoztam, akkor éreztem meg igazán, hogy Új-Zéland milyen messze van a világ vezető kutatóközpontjaitól, és az első adandó alkalommal Európába költöztem. Azóta is foglalkoztat a tudósok elszigeteltségének problémája, és remélem, az EPS tud ebben is előre lépni. Persze az elzártságnak nemcsak a távolság lehet az oka, hanem a kutatásra fordítható szűk pénzügyi keret is, ami Kelet-Európában tapasztalható.

– Az Európai Fizikai Társulat széleskörű tevékenységéből ki tudna-e emelni néhányat?

– Az EPS egyik újkeletű kezdeményezése a történelmi emlékhelyek program, amely olyan helyszíneket jelöl meg Európában, amelyek múltjuk miatt fontosak a fizika szempontjából. Ezek lehetnek épületek, laboratóriumok, egyetemek, akár egész városok is. A fontos az, hogy elismerjük elődeink eredményeit, de egyben felhívjuk a figyelmet a fizika új távlataira is. Ez a program nem várt sikert hozott a Társulat és a fizika számára is, és a tizedik helyszín Európában Debrecenben az MTA Atommagkutató Intézet épülete. Tulajdonképpen ez volt a fő célja magyarországi látogatásomnak.

Egy másik programunk a 2015-ös évet érinti, ugyanis az ENSZ 2015-öt a fény nemzetközi évévé nyilvánította. Ez a program már most 80 országot érint, és kiváló lehetőség arra, hogy a társadalom a fényvel kapcsolatos kutatásokat megismerje. Tudnunk kell azonban, hogy ez a kezdeményezés nemcsak

természettudományos kutatásokról szól, hanem mindenről, ami a fényvel kapcsolatos. Éppen az a lényeg, hogy a társadalom a fény példáján tapasztalja meg a kutatási eredmények és a hétköznapi életünk összefonódását.

Harmadik, hasonlóan fontos kezdeményezésünk egy olyan szakmai anyag összeállítása, amely a fizika példáján keresztül, közgazdasági szakértők segítségével mutatja be, hogy a tudomány milyen mértékben járul hozzá Európa gazdasági fejlődéséhez. Az közhelynek számít, hogy tudományos kutatás és innováció nélkül nem képzelhető el ipari fejlődés, de a tanulmányunkban mi konkrét számadatokat is közlünk az európai gazdaság és a fizikai tudomány kapcsolatáról. Egyik meglepő eredménye ennek a tanulmánynak az, hogy az európai foglalkoztatottság 13%-a valamilyen formában a fizikához kapcsolódik. Ezeket a tényeket közvetítjük az Európai Unió és az OECD döntéshozóinak, de az elemzés letölthető az EPS weboldaláról is.

– A magyarországi útja során mi volt a benyomása a mai magyar tudományról?

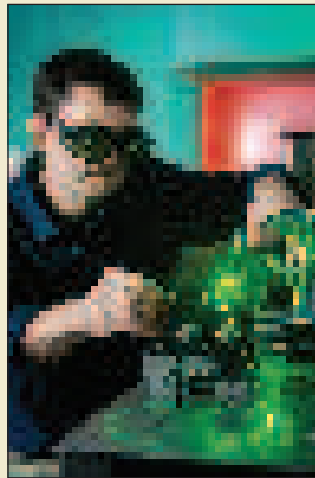
– Magyarország egyike azon országoknak, amelyek a huszadik század nagy fizikai felfedezéseivel büszkélkedhetnek. Sok olyan berendezés, amelyet ma természetesnek tartunk, mint például a személyi számítógép, nem létezhetne magyar tudósok kutatásai nélkül. Tapasztalatom az, hogy a magyar kutatók lelkesedése és tehetsége a mai napig fenntartja ezt a lendületet. Azt azonban látni kell, hogy éppen a gazdasági válság alatt kell emelni a tudomány állami támogatását, mert a tudományra fordított befektetés biztos, hosszú távú befektetés. Érdemes azt is figyelembe venni, hogy

az ipar és tudomány kapcsolatát önálló állami forrásból érdemes támogatni, mert e két terület együttműködése új eredményeket hozhat.

– Elnök úr! Ön mint fizikus boldog és elégedett embernek tűnik. Mit üzen azoknak a fiataloknak, akik még nem döntötték el, milyen pályát válasszanak?

– A fizika számomra elsősorban szenvedély, soha nem tekintetem fizikusi tevékenységemet munkának, és szerintem ezzel a legtöbb kutató ugyanígy van. A gyerekek is azért boldogok, mert számukra minden nap egy új kaland. Fizikusként úgy érzem, ugyanebben az örömben lehet részem nap mint nap. A tudományt lelkesedés nélkül lehetetlen művelni, közepes szinten pedig nem érdemes.

John Dudley fizikus, 1966-ban született, új-zélandi, ír és francia állampolgár; jelenleg Franciaországban professzor. Nemlindenaris optikai kutatásairól szóló egyik közleménye a fizikai tudományok legtöbbet hivatkozott 20 cikke között van.



„Nos, bizonyítottam, hogy nem jön létre a lévő

nem-létből, s ami van, nem tűnhet a semmibe újra,

mégis, mert netalán kételkednél abban a tényben,

hogy nem látni a tárgyban a legkisebb elemecskét,

felsorolok néhány természeti tárgyat, amelyről

megvallod magad is, hogy van, de szemünk sose látja.”

Lucretius ezután számos példát sorol fel létező, de láthatatlan jelenségekre. Ha mű-

vét kétezer évvel később írta volna, a felfedezést bizonyára a neutrínóval kezdte volna.

Összefoglalás

Csikai Gyula és Szalay Sándor jelentős mértékben járult hozzá a modern fizika megalapozásához. Az 1950-es években is igen szerénynek számító debreceni és magyarországi lehetőségek mellett a két kutató elszántsága, a mérnökök és technikusok találatekénysége és a szellemes technikai megoldások tették lehetővé a debreceni neutrínókísérlet sikerét.

Irodalom

- [1]Dóczy Rita: A neutrínó visszalökő hatásának észlelése a ${}^6\text{He}$ béta-bomlásában – 50 évvel ezelőtt, *Fizikai Szemle* **55** (2005) 356-361.
- [2]Patkós András: A neutrínó befejezetlen története, *Természet Világa* **130** (1999) 102-107.
- [3]Szabóné Nagy Andrea, Keszthelyi Lajos: A biológiai homokirállítás, *Fizikai Szemle* **50** (2000) 73-76.
- [4]Horváth Dezső: Antianyag-vizsgálatok a CERN-ben, *Fizikai Szemle* **54** (2004) 90-96.

A debreceni neutrínókísérletről interjút olvashatnak Csikai Gyulával az *Élet és Tudomány* 2014/6. számában.

CSABA GYÖRGY

Szállítmányozás hólyagocskákkal

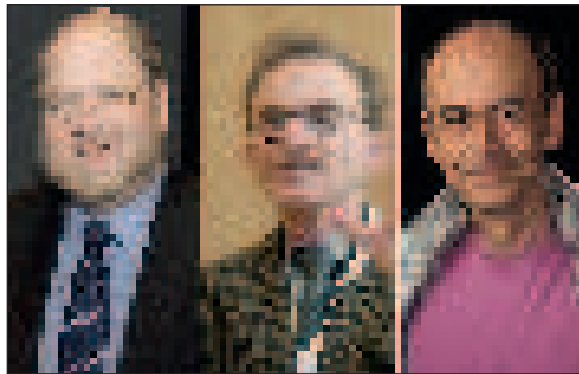
A 2013. évi orvosi Nobel-díjat három, az Egyesült Államokban dolgozó (születésük és képzésük szerint két amerikai és egy német) kutató, Randy W. Schekman, James E. Rothman és Thomas C. Südhof nyerte el, annak a mechanizmusnak a felismeréséért és bizonyításáért, amivel a sejtekben az anyagok célzott, valamint térben és időben meghatározott szállítmányozása történik.

Az élő sejt olyan, mint egy zsák, amelyet a foszfolipidekből és fehérjékből álló plazmamembrán választ el a külvilágtól, illetve köt össze azzal. A mikroszkopikus méretű sejtekben még kisebb zsákok helyezkednek el, melyek vagy a sejt szervecskéit tartalmazzák, vagy olyan anyagokat választanak el egymástól, melyeket a sejt felvett, vagy saját maga állított elő. Ezek az anyagok izoláltak, éppen membránba burkoltságuk miatt, és csak akkor használhatók fel a sejt számára, vagy akkor tudják elvégezni feladatukat, ha egymással, vagy a sejt egyes komponenseivel kapcsolatot tudnak létrehozni, ami a zsákok falának (membránjának) egyesülésével, azaz fúziójával jön létre. Ezután a zsákok tartalmának lebomlása, illetve tovább épülése, vagy a sejtől való kiürülése következik. Ha a zsákok gömbszerűek, hólyagocskáknak (vezikula) nevezzük azokat, az anyagok szállítmányozása tehát a vezikuláris transzport.

A zsákrendszerek

A sejtmembránjából kiindulva és a citoplazmában kiterjedve helyezkedik el a legnagyobb zsákrendszer, melyet endoplazmatikus retikulumnak (ER) nevezünk. Ennek létezése majd 70 éve ismert, míg a másik nagy zsákrendszeré, melyet Golgi-apparátusnak hívunk, már több mint 100 éve. Funkcióikat azonban csak fokozatosan ismerték fel.

A sejtekben a fehérjeszintézis – a DNS információja alapján és az RNS által közvetítve – a riboszómák (kis nukleoproteinből álló szemcsék) felszínén történik. A riboszómák vagy szabadon a citoplazmában, vagy az ER felszínén helyezkednek el, ami a sejt funkciójától, illetve annak aktuális állapotától függ. A szekréciós sejtekben, melyek valamilyen fehérjét „hivatászerűen” választanak el, a riboszómák



J. E. Rothman, R. W. Schekman, T. C. Südhof

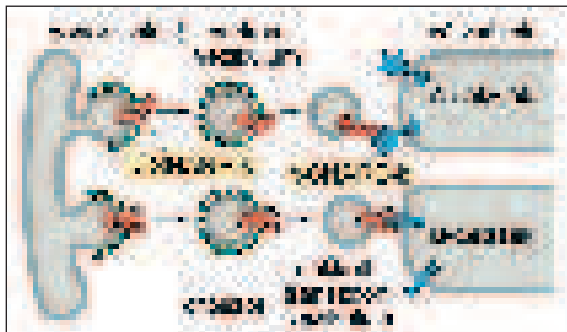
1. ábra. Az endoplazmás retikulum sima területében fehérjetartalmú vezikulumok válnak le és tartanak a Golgi felé, melynek cisz-hálózatába beolvadnak. A transz-Golgiból bimbózó vezikulumok leválnak, és (hormon) tartalmukat a plazmamembránnal való fúzió után a felszínre öntik



80%-a kötött, míg egyéb sejtekben csak 20%-uk. Ahol a felszín riboszómákkal telített, ott durva felszíni ER-ről beszélünk (ez a DER), míg ahol nincsenek rajta riboszómák, ott a felület sima (SER). Azon (szekréciós) sejtekben, ahol a DER a jellemző, ebben szintén vannak SER jellegű területek, míg a túlnyomórészt SER-t tartalmazó sejtekben DER régiók vannak.

A fehérje tehát a riboszómák felszínén szintetizálódik, és innen kerül be az ER üregébe. Ezt a műveletet számos faktor segíti; a riboforinok, melyek támogatják a riboszóma dokkolását, az SRP (szignál felismerő részecske, mely RNS-ből és fehérjéből áll) és az SRP-felismerő hely az ER-en stb. A fehérje az ER membránjában lévő piciny (4–6 nm-es) pórusokon (transzlokonokon) át kerül a riboszómáról letekeredő fehérjetranszport-enzimek és csaperonfehérjék közreműködésével az ER üregébe. A polipeptidláncban lévő jelző szekvenciák döntik el azután, hogy a fehérjének mi legyen a sorsa: maradjon az üregben, beépüljön az ER membránjába, vagy exportálódjon. Ez utóbbi esetben a SER területén apró hólyagocskák válnak le, melyek tartalmukat a másik nagy zsákrendszer, a Golgi-apparátus felé viszik.

A Golgi-apparátus önálló zsákok (sacculusok, illetve cisztemák) csoportja, melyet diktioszómának is nevezünk, és egy átlagos sejtben mintegy 20 ilyen csoport helyezkedik el. Átlagos sejt azonban csak elméletben létezik, így a diktioszómák száma állatfajtól és sejtől függően sejtenként 1 és 25 000 között változik. A diktioszóma első zsákjához csatlakoznak az ER felől érkező vezikulumok (cisz-Golgi hálózat), majd a cisz-, a mediális és a transz Golgi-zsák (ok) következnek. A transz-Golgiból sima, vagy burokkal rendelkező vezikulumok válnak le (transz-Golgi-hálózat), melyek a



2. ábra. A transz-Golgiból bimbózó, majd leváló vezikulumokat különböző v-SNARE-jelzésekkel látták el attól függően, hogy mit tartalmaznak, illetve hová mennek. A vezikulumok burokból válnak le a Golgiból, majd elvesztik burkukat. Így a megfelelő t-SNARE-kkel kapcsolódni tudnak, ami után a membránfúzió létrejön

sejten egyéb helyek felé, illetve a plazmamembránhoz szállítják tartalmukat. Ez az anterográd transzport, de retrográd transzport is létezik, a Golgi elejéig vissza, vagy az ER felé. A sejtfelszín vagy egy másik zsák membránja fuzionál az érkező vezikulumokkal és azok tartalma vagy a sejtfelszínre, vagy a másik zsákba (vezikulumba) ömlik (1. ábra). A Golgi-komplex természetesen nemcsak egy zsákrendszer a fehérjetranszport útjában, hanem számos átalakítási-kiegészítési folyamat színhelye is. Itt történik például a proinzulinnal inzuliná alakulás, az anyagok koncentrációja és glikozilálása, miközben tehát a szállítás halad, a szállított termék is átalakul. Nem szabad arról sem megfeledkezni, hogy nemcsak a vezikulum tartalma ömlik be a célzsákba, hanem beolvad a membrán is, mely sokféle komponenst tartalmaz (1. ábra).

Ott tartunk tehát, hogy tudjuk, a sejten belüli szállítmányozás vezikulumokban történik zsákból zsákba, zsákból a sejtfelszín felé, vagy hólyagból hólyagba. Ezért a felfedezésért 1906-ban *Camillo Golgi*, majd 1974-ben *Albert Claude*, *George Palade* és *Christian de Duve* kapott Nobel-díjat. 1999-ben *Günter Blobel*nek ítéltek oda az elismerést, mert felismerte, hogy a szintetizálódott fehérjék szignálokat tartalmaznak, melyek sejten belüli útjukat és elhelyezkedésüket vezérlik. Ezek után sem tudtuk azonban, mi irányítja a fehérjéket tartalmazó hólyagocskák útját, mi szabja meg, hová menjenek, mibe és hogyan öntsék tartalmukat és mikor. Ekkor – a múlt század nyolcvanas éveiben – jelennek meg *Randy W. Scheckman* és *James Rothman* kísérleti eredményei, illetve azok értelmezése.

A transzport-mechanizmus felfedezése

A két kutató és munkacsoportja eltérő módon és eltérő objektumon közelítette meg a vezikuláris transzport problémáját.

Scheckman modellsejtént az élesztőt (*Saccharomyces cerevisiae*) használta, és elsősorban genetikai oldalról vizsgálta a problémát. Talált 23 gént, melyek alapvetően befolyásolták a hólyagocskák transzportját és fúzióját, és bizonyította, hogy a gének kiesése a mutásokban gátolja a folyamatot. Rothman biokémiai vizsgálatokat végzett, tisztítva és izolálva a fúzióban résztvevő komponenseket. E munkákban a vezikuláris stomatitis vírust használta fel, mert fertőzésének hatására nagymennyiségű vírusfehérje keletkezik a sejten. A VSV-G fehérje Golgiba érkezése észlelhető volt. Így azt is meg tudta figyelni, hogy milyen faktorok szükségesek a fúzióhoz és ezeket izolálta is. Az első általa izolált fehérje az N-ethylmaleimid-szenzitív faktor (NSF) volt. A következő faktort SNAP-nak nevezte el (soluble NSF-attachment protein), amely segítette az NSF membrán kötődését. A továbbiakban agyszövetben vizsgálta a szinapsziseket, és talált egy kapcsoló fehérjét, mely a szállító vezikulumban éppúgy kimutatható volt, mint a célzsákban (hólyagocskában). Ezt SNARE-nek nevezte el (soluble NSF-attachment protein receptor). Ezen kísérletek alapján alkotta meg a SNARE-hipotézist, mely mind a mai napig megadja a sejten belüli transzportképletek fúziójának magyarázatát (2. ábra). Scheckman és Rothman vizsgálataiból az is világossá vált, hogy ez a mechanizmus az evolúció során végig megtalálható és lényegében ugyanúgy történik az élesztőben és az idegsejtekben is. Az alapvető és bevált mechanizmusokat az evolúció megőrzi és itt is ez történt.

A transzport-vezikulumok membránjában v-SNARE, a célzsákok (hólyagok) membránjában t-(target=cél) SNARE található, melyek megfelelnek egymásnak és specifikusak. Ez azt is jelenti, hogy a sejten belüli látszólagos káoszban sokféle v- és t-SNARE-rel rendelkező hólyagocskák jelen és kavarog, de csak az egymásnak megfelelőek találják meg egymást. Ilyenkor a transzport-vezikulum dokkol a célvezikulum

felszínén, majd fuzionálnak (2. ábra). A fúzió a SNARE-k területében cipzárszerűen történik, azonban egyéb faktorok jelenléte is szükséges hozzá. Ezek is fehérjék mint a Rab, egy enzim, mely a guanozin-trifoszfátot (GTP) mint energiaszolgáltatót köti (mintegy 30 ilyenfajta fehérje található meg, és a már említett NSF/SNAP-komplex éppúgy, mint az úgynevezett pályvázó fehérjék, melyek a Rab-fehérjékkel kapcsolódva a dokkolást segítik elő. Egyes fehérjék támogatják a fúzió után a v/SNARE-komplex leválását újra felhasználás céljából.

A Nobel-díj harmadik díjazottja, *Thomas C. Südhof* idegsejtekben tanulmányozta a vezikuláris fúziót, elsősorban annak időbeli rendezettségét. Emellett bizonyította a kalciumion szerepét a neurotranszmitterek (az idegsejtek szabályozó anyagainak) felszabadulásában. Az idegi ingerület tovaterjedése a szinapszisekben történik, ahol a pre- és posztzinaptikus membrán kapcsolódik. Südhof munkássága előtt elsősorban a posztzinaptikus membrán funkciója volt ismert. Érdeklődése középpontjában éppen ezért a preszinaptikus membrán állt, és ezzel kapcsolatban alapvető felismeréseket tett. A kalcium által szabályozott fúzió alkalmával két újabb fehérjét ismert fel, a komplexint és a szinaptotagmint, melyek feltétlenül szükségesek a fúzió létrejöttéhez. Előbbi gátolja a szinaptikus



3. ábra. A SNARE-mechanizmus szemléltetése a szinapszis bemutatásával. A szinaptikus vezikulum és a preszinaptikus membrán fúziója. A vezikulum membránjában lévő szinaptotagmin kalciumot köt, míg a Rab fehérje GTP-t. Ennek eredményeként a v-SNARE (VAMP/szinaptobrevin) és t-SNARE (szintaxin) a SNAP közreműködésével cipzárszerűen kapcsolódik. A neurexin a pre-és posztzinaptikus membrán fúziójában játszik szerepet

vezikulum kiürülését, amíg az ingerület be nem érkezik, majd – konformáció-változás után – elősegíti azt. Ez utóbbi folyamatot közvetlenül a szinaptotagmin provokálja, miközben segíti a vezikulum dokkolását és megköti a kalciumot (3–4. ábra). Ugyancsak felismerte a neuroreoxint és

neurologint, melyek alapvető tényezői a pre- és posztzinaptikus membrán fúziójának. Ezek hibái játszhatnak szerepet az autizmus kialakulásában.

Honnan és hová?

A sejt két alapvető zsákrendszere, az ER és a Golgi – ezekről már volt szó az előbbieknél. Vannak azonban egyéb membránnal burkolt zsákok (hólyagok) is, és ezek a sejt állandó vagy átmeneti képletei. A lizoszómák bontó enzimeket tartalmaznak, melyek, ha szabad citoplazmába kerülnének, a sejt elpusztulna. Ugyanakkor enzimtartalmuk nélkülözhetetlen a sejtekbe endocitózissal felvett, vagy a sejtben feleslegessé vált képletek emésztéséhez és újra felhasználásához. Feltétlenül szükséges tehát az ER felszínén szintetizálódó, majd üregébe és ezután a Golgiba kerülő enzimek vezikuláris transzportja a lizoszómákhoz. Ugyanígy lényeges a sejtől kiválasztódó hormonok vagy enzimek szekréciós vezikulumokba csomagolása és transzportja a plazmamembrán felé, mert csak így kerülhetnek ki a sejtől.

A transz-Golgiból leváló enzimtartalmú vezikulumok tehát vagy a lizoszómák felé mennek, vagy a plazmamembrán felé. Itt a már említett SNARE-mechanizmus segítségével fuzionálnak, és tartalmukat vagy a lizoszómába, vagy a sejt felszínre öntik, miközben a hólyagocskák membránja a célképlet membránjába olvad. A szekréciós szemeskékben szállított hormonok egyértelműen a plazmamembránhoz mennek, kiürülnek a sejtől a fúzió után és helyileg, vagy a vérkeringésben tovább szállítódva fejtik ki hatásukat. A sejtbe bekebelezendő szilárd vagy folyékony anyagok a plazmamembránról befelé bimbódzva kerülnek be a sejtbe és jutnak a lizoszómákhoz, ahol a már ott lévő, vagy újonnan érkező enzimek közreműködésével lebomlanak és felhasználódnak.

Bimbózás kifelé és befelé

Ahhoz, hogy a transzport-hólyagocskák létrejöhessenek, a membránnal burkolt anyagoknak le kell válniuk az ER-ről, vagy Golgiról (2. ábra), vagy éppen – valamilyen anyag bekebelezése alkalmával – a plazmamembránról. Ehhez burokféhéjre van szükség, ebből háromfélével ismerünk. Az egyik a chlatrin, azokat a membránokat veszi körül, melyek a sejtekbe bekerülő membrántranszportra nem alkalmas képleteket szállítják (endocitózis), illetve a transz-Golgitól szállítanak enzimeket a lizoszómák felé. Az endoplazmás retikulumról, vagy a Golgi-

ból leváló egyéb vezikulumokat a COP1- vagy COP2-fehéjék burkolják. A COP2-vel burkolt vezikulumok szállítják a szekrécióra kerülő anyagokat (hormonokat, antitesteket) a Golgi felé, míg a COP1-gyel burkolt vezikulumok vesznek részt a retrográd transzportban a Golgiban, vagy az ER felé. Ahhoz, hogy a transzport-vezikulum fuzionálni tudjon a cél-zsákkal (hólyagocskával), meg kell szabadulnia a buroktól. Ez meg is történik a fúzió előtt, még a szabad citoplazmában.



4. ábra. A SNARE-komplex elektronmikroszkópos képre vetítve. A két szomszédos, fúzió előtti vezikulum membránjának lipid kettős rétege jól látható. A két vezikulum között található (berajzolva) a SNARE-komplex

Míg a chlatrin elsősorban a vezikulum strukturáját alakítja ki, illetve provokálja a bimbózást, addig egyéb (adaptin) fehérjék segítik a chlatrin membránhoz épülését és válogatják ki, hogy mi kerüljön a vezikulumba. A COP fehérjerendszer is a chlatrinhoz és adaptinhoz hasonlóan viselkedik. Egy további fehérje az energiát szolgáltató GTP kötésére szolgál.

Élettani vagy orvosi Nobel-díj?

Bár lehetséges, hogy egy Nobel-díj vagy csak elméleti vagy csak gyakorlati jelentőségű munkát jutalmaz, ritka kivétellektől eltekintve a két szempont összefügg. Például *Alexander Fleming* a Nobel-díjat a penicillin felfedezéséért kapta 1945-ben (orvosi téma), munkája mégis megalapozta az antibiotikumok (élettani téma), melynek eredményeként antibiotikumok sokasága jött és jön létre. De volt olyan Nobel-díj is, mely kifejezetten csak orvosi jelentőségű munkát jutalmazott, mint például *Domagk* (1939) prontosziljái, mely az IG Farben festékgyár szinte összes termékét tesztelve született és pusztította a gennykeltő baktériumokat. A legnagyobb értéke azoknak a Nobel-díjas munkáknak van, melyek széleskörű további kutatásokat indukálnak elméleti és gyakorlati területen egyaránt.

Rothman és társai munkásságának elméleti jelentősége igen nagy. Sikertült megfigyelni, feldolgozni és bizonyítani a sejtben belüli anyagtranszport mechanizmusát, mely nemcsak egyszerűen egy újabb hozzájárulás az élő sejt megismeréséhez, hanem megeremti az esetleg hibás mechaniz-

musba való beavatkozás lehetőségét is. És akkor már nem elméleti (élettani), hanem gyakorlati, orvosi területre léptünk. Valóban, a transzport zavarai számos betegséget megmagyaráznak. A hormonális rendszer kóros állapotai – mint például a 2-es típusú diabetesz – magyarázhatók az inzulintranszport zavarával éppúgy, mint az immunrendszer hibás működése, az antitestek transzportjának hibáival. Az idegrendszerben a neurotranszmitterek szállításának génhibán alapuló zavarai magyaráznak egyes betegségeket, például az epilepszia bizonyos eseteit, sőt akár az autizmust vagy skizofréniát is. Egyes baktériumok, mint a *Clostridium botulini* vagy a *Clostridium tetani* toxinjai az idegrendszeri neurotranszmitter-transzport egyes elemeire hatnak, és ez által okoznak betegséget, vagy halált. Ha ismerjük a jelenségek okát, módunk van megtalálni azok elenszerét is.

Amit a vezikuláris transzportról bemutatunk – és sok részlet, amit nem – nemcsak a Nobel-díjasok munkájának eredménye, hiszen a SNARE-hipotézis továbbfejlesztésébe és igazolásába számos munkacsoport kapcsolódott be, de a széleskörű munkához az alapot Rothman, Schekman és Südhof munkái és gondolatai teremtették meg. A Nobel-díjak odaítélésének igazságosságával kapcsolatban rendszerint sok eltérő vélemény lát napvilágot. Vitatják, hogy miért éppen ez a munka érdemelte meg a díjat a sok egyéb között, vagy egyáltalán azt, hogy díjazásra érdemes-e. Ebben az esetben a jelenségek felismerése és rendszerbe állítása, éppúgy mint azok elméleti és gyakorlati jelentősége, nem teszi kétségessé, hogy ez a Nobel-díj kiérdemelt volt. Mindez azonban nem jelenti azt, hogy a három, anyagilag és erkölcsileg egyenlő mértékben díjazott kutató mindegyike azonos értékkel járult hozzá a sejtben belüli transzport mechanizmusának felismeréséhez. A PubMed, az orvosi élettani adatbázis Rothman mintegy 230, Schekman mintegy 160, Südhof mintegy 450 dolgozatát tünteti fel a témakörben. A dolgozatok száma azonban legfeljebb azt mutatja, milyen aktivitással foglalkozott valaki a témával és publikálta eredményeit, hiszen a DNS kettős spirált és annak korszakos jelentőségét felismerő Watson és Crick egyetlen dolgozatával érdemelte ki a Nobel-díjat. Bár mindhárom kutató munkája Nobel-díj értékű, mégis úgy tűnik, Rothman az, aki talán a legtöbbet tette a mechanizmus feltárásáért, amikor megalkotta a SNARE-hipotézist, mellyel értelmezte és rendszerbe foglalta a kísérleti eredményeket.

Aki kimaradt

Az élettani-orvosi Nobel-díj megosztva legfeljebb három kutató számára adható. Ez a Bizottságnak mindig komoly problémát

okoz, mert esetleg ki kell hagyni azt, vagy azokat, akik ugyancsak érdemben járultak hozzá a díjazott jelenség felismeréséhez és feldolgozásához. Ebben a munkában *Richard H. Scheller* volt az úttörő, aki kiharcolta. Scheller ismerte fel (és izolálta egy tengeri rájából) a VAMP fehérjét (vesicle associated membrane protein), és ezek között a szinaptobrevint, amely alapvető részese a fúziós folyamatnak az idegrendszerben (a szinapszisban). Később az általa szintaxinnak nevezett fehérjét is izolálta, ami döntő szerepet játszik a szinaptikus vezikulum fúziójában, kapcsolódva a szinaptobrevinhez és a SNAP-hoz. Mivel ő már a negyedik lett volna a Nobel-díjban, kénytelen volt megvárni a Lasker-díjjal, melyet a Nobel-díj előszobájának neveznek. „Amerika nobele”, a Lasker-díjazottak közül 86 kapta meg később a Nobel-díjat is, többek között Rothman, aki 2002-ben lett Lasker-díjas és melyet Südhoffal együtt ugyancsak 2013-ban kapott meg éppúgy, mint korábban a Kavli-díjat (5. ábra). Valószínűnek tűnik, hogy a harmadik díjazott kiválasztásában az is szerepet játszott, hogy Scheller korábban megkapta ezt a két jelentős díjat, míg Schekman mindkettőtől kiharcolta. Máskor is előfordult már, hogy valaki nem kapta meg a díjat. Amikor a DNS kettős spirálért *Watson*, *Crick* és harmadikként *Wilkins* kapott Nobel-díjat, kiharcolta *Rosalind Franklin*, mert fiatalon meghalt, és helyette sokkal kisebb érdemmel „ugrott



5. ábra. Scheller fogadja a norvég király gratulációját a Kavli-díj (egymillió dollár megosztva) átadásán, 2010-ben

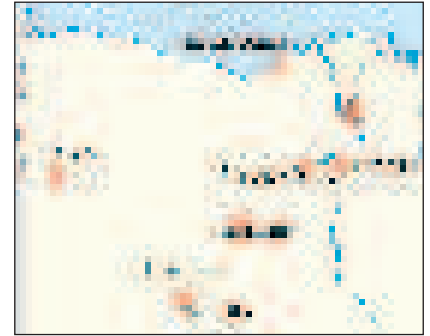
be” *Wilkins*. De *Nils Jerne* a kiváló immunológus is kiharcolta *Madawar* és *Burnet* 1960-as Nobel-díjából, pedig ott még lett volna hely, de elfeledkeztek róla, holott a kettő munkáját ő alapozta meg. Később, kárpótlásként, 1984-ben betették *Köhler* és *Milstein* (monoklonális antitestek) mellé harmadiknak.

Még néhány megjegyzés

Jó néhány fehérjét megneveztünk az írásban, melyek ismerősen csengenek a területen dolgozó szakembernek, aki azonban ennél sokkal részletesebben ismeri a mechanizmust, tehát számára ez kevés. Ugyanakkor túl sok a laikusnak, aki nem mozog otthonosan a sejtbiológiában, ezért érdemes összegezni azt, ami valószínűleg megmarad az olvasóban. Tehát felismertek egy mechanizmust, a vezikuláris transzportot és mechanizmusát, ami megmagyaráz bizonyos sejten belüli történéseket, olyanokat, amelyek a sejt élete szempontjából alapvetőek. Ez csak egy a sok alapvető sejten belüli mechanizmus közül, amely számos – jelenleg még fel sem mérhető – lehetőséget biztosít majd a terápiában is.

Nemcsak egy bizonyos díj jutalmazottainak „befektetése” között van azonban különbség, hanem a díjazott kutatások értéke között is, hiszen a nagyon kiemelkedőről kiderülhet később, hogy szinte értéktelen. Természetesen rangsorolni nagyon nehéz, mert nem tudjuk, mit hoz a jövő. Mégis, ebből a szempontból vizsgálva, bár ez a munka betegségek okainak felderítésében is szerepet játszik, jelen pillanatban úgy tűnik, meg sem közelíti például a DNS kettős spirál felismerésének jelentőségét. Ilyen felismerés évszázadonként egy, ha van. Ugyanakkor a vezikuláris transzport mechanizmusának feltárása sokkal fontosabb, mint számos más, szintén Nobel-díjjal jutalmazott kutatási eredmény.

Egy Nobel-díj mindig felerősíti az adott irányban végzett kutatásokat, így kutatók tömege fog keresni és találni újabb részleteket, melyek kiegészítik a SNARE-hipotézist, illetve bizonyítják, hol nem érvényes. Lehet, hogy az utóbbi kutatásokból újabb teória keletkezik, de bővíthet a teória azáltal is, hogy a műszaki tudományok fejlődésével mélyebb szintre lehet hatolni a mechanizmus megismerésében, ami a díjazott alkotókat örömmel töltheti el. Igazán elégedettek azonban akkor lehetnek, ha a mechanizmus ismerete közkincsé válik, és – akár neveik említése nélkül – bekerül a köztudatba, mint a kettős spirálé, amelyre megvan minden esélye. ♥



Mit kezdjen az ember, ha év vége felé még maradt öt nap szabadsága, de nem bír megülni itthon a fenekén? Túl messzire nem mehetek, ahhoz az idő még két hétvégével együtt is rövid, Európában már mindenütt hideg, vagy legalábbis tél van, és drága se legyen. Akkor bevillant – Egyiptom! Nem, nem valami henyélés egy hotelben valahol a Vörös-tenger partján, de még csak nem is a piramisok és egyéb, több ezer éves műemlékek – azokat már jó-részt láttam. Ami bevillant: valamikor, úgy jó évtizede, Trunkó László, a németországi Karsruheben élő geológus cikket írt nekünk a Líbiai-sivatag csodáiról. A név, mármint, hogy líbiai, ne tévesszen meg senkit; így nevezik az egyiptomi Szahara nyugati részét is. Hosszas keresgélés után találtam a neten egy egyiptomi utazási irodát, melynek programja jól illett az elképzeléseimhez, csak hát elég hűzós áron. Vinnem kell magammal még egy embert! Bálint, az utóbbi években immár rendszeres útítársam, nyilván tucatszor járt Egyiptomban, akkor, 2011 őszén alighanem valahol Kínában bolyongott, csoportot vezetve, nagyjából századszor (nem vicc, most volt ott 129-edszer!). Őt nem érdemes felhívni mobilon, már előfordult, hogy a Machu Picchutól jeletkezett be, úgyhogy ment az e-mail, ha hazaérsz, hívj fel. Hogy mi volt az első kérdése? Szó szerint ez: hova megyünk? Ő ilyen. Az év felét valahol a nagyvilágban tölti, aztán ha hazajön, már újra menne, de nem csoporttal a nyakában. Mi? Hogy még nem voltál az egyiptomi sivatagban? Nem. Akkor megyünk!

Volt még egy bökkenő. Egyiptom az „arab tavasz” óta, mely ott történetesen azon év januárjában kezdődött, forradalmi lázban égett. Mubarak, volt elnök már börtönben, tüntetések, halottak száza, ideiglenes kormány, késő ősztől januárig elnyúló választások. Nos, ez volt az a „kegyelmi állapot”, december eleje, ami még alkalmasnak kínálkozott az útra. Mivel azonban a helyzet napról napra változhatott, abban állapotunk meg az irodával, hogy fennforgások esetén be se megyünk a reptérről, hanem másnap reggel egyből ott vegyünk fel bennünket. (Mert hova is foglaltam szállást én, nagygeszű? Légvonalban nagyjából egy kilométerre a *Tahrir tértől*, a tüntetések

Öt nap szabadság Oázisból sivatagba – Egyiptom

NÉMETH GÉZA



Siwa óvárosa (A szerző felvételei)

Rövid ebédszünet Marsa Matruhban, egy tengerparti kisvárosban, aztán irány a sivatag. A partvidéktől kerekén 300 kilométerre fekvő Siwa jó minőségű, a 80-as években épült aszfaltúton érhető el – de közben (egy túlszűfoltnak semmiképp sem nevezhető büfészerűség kivételével) semmi! Amint elhagyjuk a várost, még úgy 15–20 kilométeren át kísérik a „civilizáció” nyomai; nagyjából eddig hordja el a szél a szemetet, elsősorban a fölöttébb röpképes nejlonzacszkókat.

Már sötétben érjük el Siwát, egyből a hotelbe megyünk. Meglehetősen nagy, újnak tűnő épület a városka szélén – és teljesen üres (aztán a vacsoránál még előkerül egy dél-afrikai fickó). Nem vártam ugyan tömeget, de hogy ennyire...

Siwa a hatalmas kiterjedésű Kattaramélyföldtől nyugatra található, mely bő száz méterrel ül meg a tengerszint alatt; maga Siwa is -13 méteren fekszik, kerekén 40 kilométerre a líbiai határtól. Tőle nyugatra és délre a Líbiai-sivatag homokdűnéi hullámanak. 23 ezren lakják (ami nem ki-



Galambtornyok

csinység ilyen elszigetelt kis világban), főként berberék, akik a berber nyelv egy sajátos, helyi dialektusát beszélik. Nevének eredete bizonytalan, csak a XV. században

szokásos epicentruma közelében.) Végül is erre nem volt szükség. Az állapotokra azért jellemző, hogy az egyiptomi légitársaság közvetlen Budapest-Kairó járatán a 80 személyes gépen harminc-egynéhányan utaztunk, és olyan gyorsan, mint a kairói reptéren, még soha nem kaptam vizumot. Kongott az ürességtől.

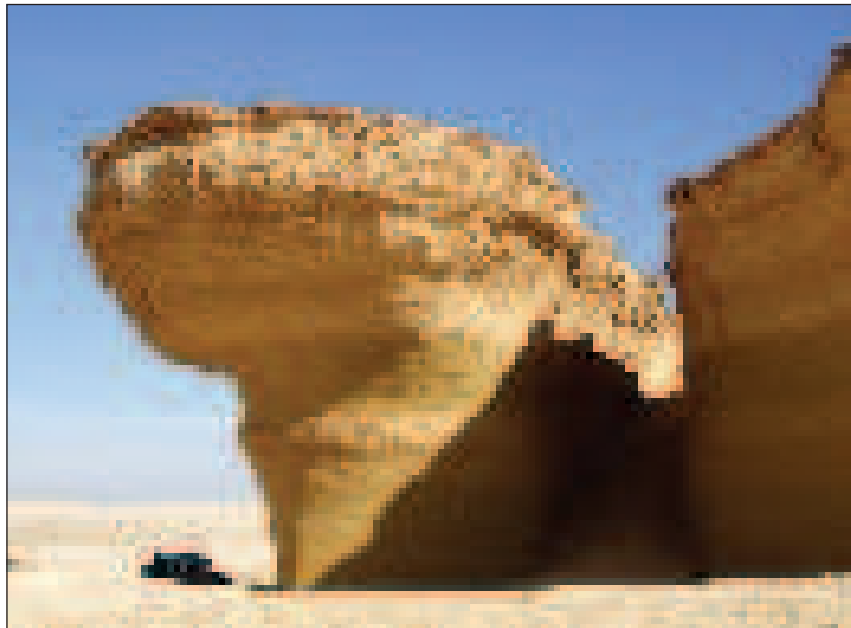
Kettőnkre jutott egy minibusz, sofőrrel, túravezetővel, aztán kora reggel irány Siwa. Előzőleg azt hittem, közvetlenül a sivatagon át közelítjük meg az oázist, ám előbb elhúztunk északnak, Alexandria irányába, majd a várostól úgy 100 kilométerre nyugatra, némiképp váratlan bónuszként, *El Alameinben* találtuk magunkat. Itt zajlott le a második világháború legnagyobb afrikai csatája, 1942 őszén, amikor a *Montgomery* vezette 220 000 szövetséges katona és 1000 harcokosi ütközött meg a *Rommel* tábornok parancsnoksága alatt álló 115 000 fős német-olasz sereggel és 550 tankjával. A szövetségesek végül november 4-én érték el a végső áttörést és mértek megsemmisítő csapást Rommel csapataira (igazából a legtöbbször az olaszok tartottak ki). Ma múze-

um és az ütközetekben részt vevő nemzetek emlékművei idézik fel a hatalmas veszteségekkel járó csatát, több tucatnyi, szabad téren kiállított korabeli harci eszközzel és járművel. A múzeum kissé poros relikviái között meglepetéssel fedeztem fel *Almásy László* fényképét, „Almazy, Hungarian” felirattal. Meglepett, mert igazából mint a sivatag egyik komoly érdekemet szerzett feltáróját ismertem (aki melleleg nem volt gróf, pontosabban az Almásy családnak nem a grófi ágához tartozott). 1941-ben rendelték haza Egyiptomból és besorozták Rommel seregébe mint olyat, aki kitűnően ismeri a sivatagot és repüléseivel jó szolgálatot tehet az ellenséges csapatok felderítésében. Tett is, amiért Rommel vaskereszttel tüntette ki.

El Alameinnek ma kb. 7000 lakosa van, szépen fejlődő kisváros, miként a többi is, ahogy ezt rajtuk áthaladva jó darabig láttuk a Földközi-tenger partvidékén. Tömrdek, jó kinézetű apartmanház nő ki a földből, vezetőnk szerint ide települnek át a túlszűfolt deltavidék jobb módú lakói, vagy csak itt üdülnék.

jelent meg először. I.e. 1000 körül már bizonyosan lakták, és kapcsolatban álltak az ókori egyiptomi birodalommal, miként jóval később a dél-mediterrán vidék görög településeinek lakóival is. Eljutott ideig, a madarak nyomát követve, jóslást kívánván, Nagy Sándor is, később a rómaiak ide száműzték a nemkívánatos személyeket. Lakói az iszlám hódításának keményen ellenálltak, egészen a XII. századig. Sokakat nem kellett megtéríteni; egy 1203-as feljegyzés szerint csupán negyvenen éltek itt. Az első európai utazó, a brit William G. Browne csak 1792-ben keveredett ide, Amon templomát akarta megnézni, mely az ókori világ egyik legfontosabb jósdájának számított (erősen lepusztult, romos állapotban ma is megvannak a maradványai). Hivatalosan 1819-ben csatolták Egyiptomhoz, bár berber őslakossága máig megőrizte sajátos kultúráját, nyelvét, szokásait.

Siwát a víz élte; a források a lakosságon kívül hatalmas olajfaligeteket és még nagyobb datolyaültetvényeket táplálnak, no meg „Kleopátra fürdőjét”. Utóbbi egy kb. 10 méter átmérőjű, kristálytisza kékvizű foglalt forrás, melynek aljáról buborékok emelkednek a felszínre. Mondanom sem kell, Kleopátrának esze ágában sem volt erre járni, pláne megfürödni benne, de így jobban hangzik. Fürödni valahogy



Egy mészköszikla árnyékában a sivatagban

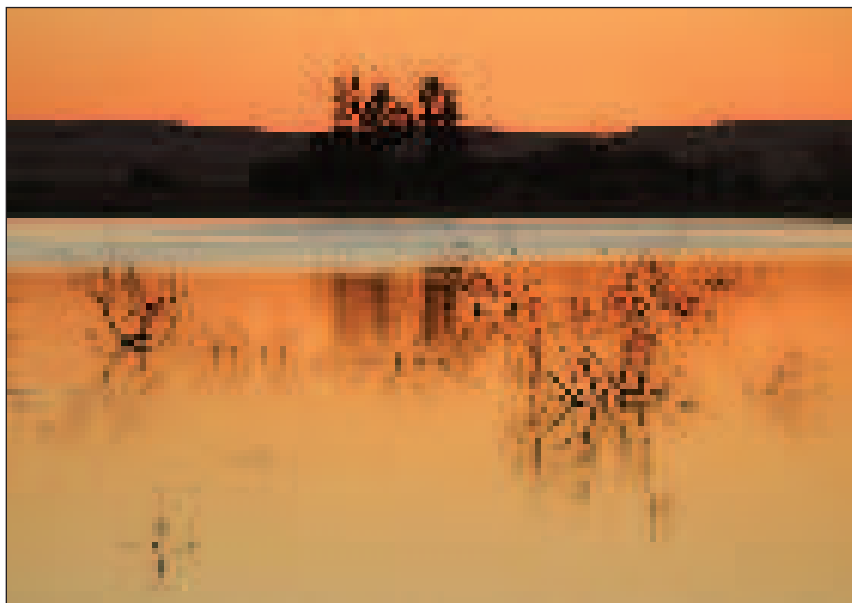
római kori nekropolisz, tucatnyi, kőbe vájt sírkamrával.

Siwa fénypontja a *Shali Ghadi* nevű erődkomplexum egy természetes kis mészkődomb tetején, illetve a körülötte elterülő

kább veszni hagyták és a domb körül építettek új, tartósabb házakat. Elég siralmas érzés az omladozó vályogfalak között bolyongani; az épületek többsége már felismerhetetlen, talán úgy féltucatnyit hoztak rendbe, ezekben laknak is.

Odalenn a városban szemmel láthatóan nem sokat törődnek az esztétikummal. Lapos tetejű házak (az elmaradhatatlan parabolaantennával) fehér betonkockákból, rendezetlenség, szemét, és ha ez még nem volna elég, néhány négyszintes blokkház, afféle lakótelep-stílusban – hogy ez kinek jutott eszébe... A közlekedési- és szállítóeszközök is vegyesek; modern terepjáró, házilag barkácsolt háromkerekes motor, csacsifogat. Nőt az utcákon csak elvétve látni, házastárs vagy férfirokon nélkül ki sem mehetnek a városba, akkor is csak tetőtől talpig beöltözve, lehetőleg arcot is takaró burkában. A siwaiak szinte kizárólag egymás között házasodnak. Azt hallottam viszont, hogy egy időben, a XX. század első harmadáig, teljesen bevett szokás volt a férfiak közötti homoszexuális kapcsolat, sőt házasság is. Ennek oka valószínűleg a krónikus nőhiány volt, másrészt az, hogy a lányért a leendő férjnek igen komoly hozományt kellett adnia, s amíg össze nem jött, más férfival élt együtt. Túravezetőnk, aki nem helybeli és nem meleg, hanem kairói arab, 30-as srác, ugyancsak nőtlen még. Elmondta, még ma is hosszú évekre telik, mire összegyűjti a házasságra valót.

Siwa egy másik attrakciója a várostól nyugatra elterülő sekély, sós vizű tó, melynek nyugati részéből egy Fatnasnak nevezett ki sziget emelkedik ki. Azaz, manapság már félsziget, mert a tó vizét az utóbbi



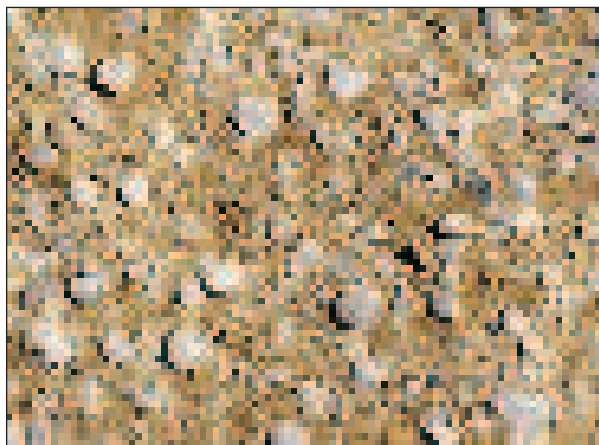
Napnyugta egyik siwai sós tónál

nekünk sem akaródzott, sivatag ide vagy oda, 15–16 foknál nem lehetett több. (Etiópiában láttam „Sába királynőjének fürdőmedencéjét” – na, az se látta soha ott fürödni a neves, ám bizonytalan kilétű nőszemélyt.) Nem kínál különösebb látványlót a Djebel al Mawta, vagyis a „Holtak hegye” sem, ami valójában kis domb, egy

óváros, vályogból, sókőzetekből (ezek a közeli tóból származnak) és pálmatorzsekből, melyek tartóelemként szolgáltak. A XIII. században épült, a beduin támadások elleni védelemül, de volt itt erőd korábban is. Távolról varázslatos látvány, közletről nem az. 1926-ban egy háromnapos esőzés akkora károkat tett az épületekben, hogy lakói in-

időkben kissé lecsapolták, és még fogják is. A helyzet ugyanis az, hogy az alaposan megszaladt mezőgazdasági tevékenységhez ellenőrizetlenül fűt kutakból sok víz került bele és ez már túl sok az oázisnak. Ezek a mélyföldek egyébként tektonikailag „előkészítettek” (preformáltak), magyarán szerkezeti süllyedékek, amikbe aztán, ahol laza volt a kőzetanyag, még jócskán belemart a szélerózió. A tóban amúgy nincs semmi érdekes, de a napnyugta kétségkívül szép, különösen a túlparton emelkedő, lapos tetejű tanúhegyekkel. Ezek arról „tanúskodnak”, hogy ilyen magasságú lehetett itt a felszín a depresszió kialakulása előtt.

Említést érdemelnek még a *galambtornyok*, ezek a szerzte Egyiptomban, így Siwában is látható fehérre meszelt, 5–6 méter magas, kúp alakú építmények. A



Nummuliteszek tömege

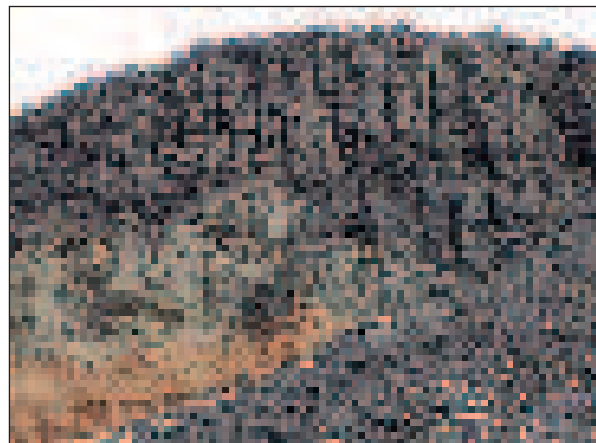
galambtenyésztés, étkezési célra, évezredek múlta tekint vissza e tájon. A tornyok belsejében létra, a még nagyobbakban kis lépcsőház van, hogy a gazda fel tudjon menni; a galambok természetesen a lyukakon át közlekednek. Már 1989-es egyiptomi utam során feltűnt, hogy sok vendéglőben kínálnak sült galambot (nem olcsón), de valahogy mindig kimaradt. Talán azt vártam, hogy a számba repülnek, ám nem tették.

A reggeli továbbindulás előtt a minibuszt terepjáróra cseréljük, bevásárolunk lepénykenyérből, amit frissen szedtek ki a kemencéből. Addig jó (de addig nagyon), amíg meleg, kihűlve már kevésbé. Teljes ellátást kapunk, s bár bevallom, az arab konyha sosem volt a szívem csücske, panaszra nem volt okunk. Vezetőnk egy hivatalból nagy kupac papírral tér vissza a kocsihoz, mielőtt megkezdjük közel 500 kilométeres utunkat a *Bahariya oázis* felé. Elhaladunk egy újabb, a várostól keletre fekvő sóstó mellett, szerencsére az út aszfaltzott és elég jó. Rövidesen kiderül, mire kellenek a papírok. Idő-

ről időre katonai ellenőrzőpontokon haladunk át, papírok rendben, nem macerálnak bennünket. Elképzelni sem tudom, milyen lehet itt szolgálni, a nagy semmi közepén, mert egy kis garnizonon kívül semmi egyéb nincs – csak nyugalom, de az bőven.

A táj eleinte elég egyhangú, semmi látványos homoktenger hatalmas buckákkal; inkább lapos. Az izgalmak úgy ebédidő táján kezdődnek. Megjelenik néhány szépen faragott, szél alakította szikla, pár tanúhegy, dűne, aztán letérünk a műútról, ralizunk kissé és megállunk egy hatalmas, sárgásbarna szikla tövében. Míg „személyzetünk” a tálalással és a bivalyerős tea megfőzésével foglalatoskodik, szemügyre vehetjük a környéket. A főlénk hajló szikla körül szó szerint lapátolni lehet a nummuliteszeket. Ezek az egysejtű, de időnként tenyéryi méretű, már kihalt lények főként az eocén korban (55,8–33,9 millió éve) éltek az errefelé is kiterjedő Tethys-óceán sekély selfengereiben. Nevüket az ókori görög történetudóstól, Hérodotosztól kapták

kély selfengereiben. Nevüket az ókori görög történetudóstól, Hérodotosztól kapták

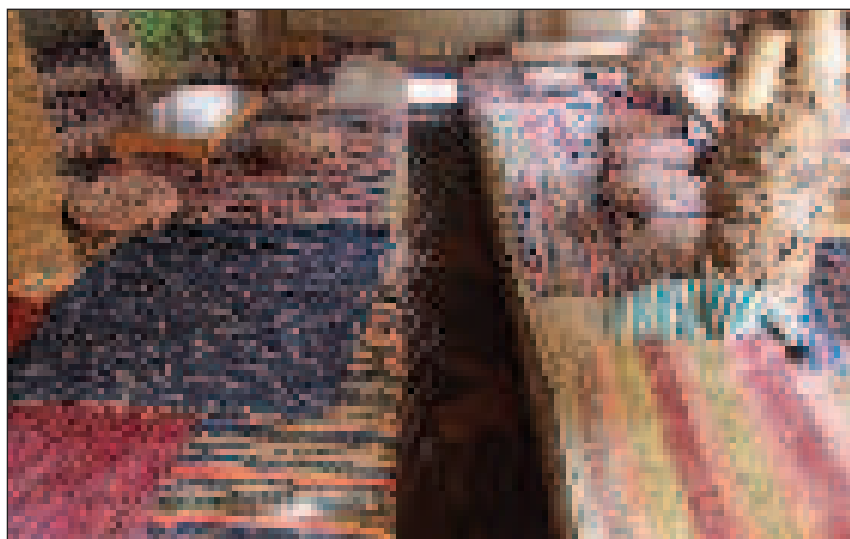


Oszlopos bazaltok a Fekete sivatagban

– a *nummulus* latinul pénzt, érmét jelent; és csakugyan, az itt látottak is olyanformák (nálunk Szent László pénzeként is ismeretes). Nagyjából akkorák, mint egy húszforintos érme. A rétegekben helyenként kőzetalkotó mennyiségben fordulnak elő a fossziliák, néhol 0,5–1,5 méteres vastagságban. Nummuliteszes mészkövet egyébként két gízai piramis és a szfinx építésénél is használtak.

A Bahariya oázis voltaképpen több, egymáshoz közel épült faluból áll, szintén források, kutak táplálják. Már a neolitikumban is lakott volt, aztán szépen végigment rajta az egész történelem. Az 50-es években lakónak száma a fokozódó vízkivétel (és az ebből fakadó vízhiány) miatt erősen csökkent, amikor azonban, egy régi karavánút nyomvonalán, 1973-ban megépült az oázist Kairóval összekötő országút, ismét növekedésnek indult. Lakói nem berberék, hanem mindenféle „jöttek”, letelepedett beduinok és mások, akik a Nílus völgyéből érkez-

Fogadó – saját „patakka”



tek. Hajdan nagyjából 30 méter mélyen már elérték a talajvízszintet, ma ehhez kb. 1000 métert kell fúrni. Datolya- és gyümölcs-zöldségtermesztésből élnek. Őszintén szólva, fogalmam sincs, melyik részén szálltunk meg, de a központtól elég messze, egy bungalóhotelben. Látványosságokról ilyenképpen nem tudok beszámolni, de nem is ezért jöttünk. Bahariyától ugyanis nem messze terül el a Fekete-, illetve a Fehér sivatag.

A *Fekete sivatag* tényleg többé-kevésbé fekete. Ezen a vidéken az alapkőzet jó részét felső-kréta (kb. 95–99 millió év) folyóvízi-tengeri homokkövek alkotják, melyekre később mészkő települt. És ekkor jön a meglepetés: vulkáni kőzetek! A vulkánosság az oligocén végén (kb. 30 millió éve) kezdődött, bazaltos, dolerites jellegű volt, és elég hosszú ideig elnyúlt. A működést nagyjából 18 millió éve hasadékkitörések zárták le, melyek több helyen oszlopos elválású képződményeket is produkáltak. A bazalt sokhelyütt sapkaként fedte be az üledékes alapkőzeteket és ahol tehetette, megvédte őket a lepusztulástól. A táj tele van hasonló magasságú, kúp formájú dombokkal, melyek vulkányszerű megjelenésűnek tűnnek, de nem azok, hanem tanúhegyek, melyeknek az oldalába a szél ösztökélésére már fel-felmászik a sárgás színű homok is.



A Kristályhegy

let belsejében. A turisták nyilván zabálják, csak hát turista mostanság sehol. Aztán szürreális látvány tanúi vagyunk. A fogadó mellett elviharzik egy kb. száz állatot számláló tevecscorda. No de mi abban a szürreális, ha sivatagban tevét lát az em-

alatt sűrű porfelhőt kavarva el is tűnnek a pusztaságban.

A „*Kristályhegy*” nevű képződmény szinte kaput képez a Fehér sivatagba. Először is, nem hegy, ám feltétlenül kristály. Első látásra úgy fest, mint egy felszakadt barlang, de nem az. Amikor a Bahariya és Farafra oázisok közötti utat építették, egyszerűen beleszaladtak és egy részét, merő óvatlanságból, le is rombolták. A kristályok az utóvulkáni működés során feltörő melegvizes oldatokból váltak ki, és bár a legtöbb internetes forrás kvarcnak tünteti fel őket, inkább bízunk egy a terepen hajdan dolgozó szakember helyzetértékelésében, aki kalcitként és baritként írja le őket.

Valahol itt kellene állnia a *Fehér sivatag Nemzeti Park* bejáratának, de azt a forradalom idején felgyújtották (vajon ki és miért éppen ezen élte ki a haragját), a parköröket nem fizették, szerteszét széledtek, így aztán nincs belépődíjsszedés sem. A parkot 2002-ben hozták létre mintegy 3000 négyzetkilométeren. Közetei a kréta időszak folyamán (kb. 100–80 millió éve) itt terjeszkedő tengerben rakódtak le – zömmel laza szerkezetű, apró ősmaradványokkal teli krétamészkövek. A tenger visszavonulása óta, nagyjából 20 millió éve itt az erózió az úr. Amit a szél egyáltalán képes a laza kőzetből kialakítani, azt itt megtette és teszi ma is. Az áramvonalas formák arra utalnak, hogy nagyjából állandó irányú szelek alakítják a tájat. Az ilyen formákat nevezi a szakirodalom az ujjur eredetű *jardang* szóval, amit Sven Hedin svéd kutató 1903-as belső-ázsiai utazása nyomán honosított meg Európában. Nagyon jellegzetesek például a szfinx-sziklák, melyeknek a szél felőli oldala a szfinx



Elvonul a tevecscorda

Megállunk teára egy fogadónál, ahol langyos forrás fakad (ámbar azt hiszem, fűrták), aztán kihülve csorog tova, belevesze a sivatagba. A tulajdonos, fokozva a hely vonzerejét, nagy leleménnyel keresztülvezetett egy kis patakot az épü-

ber? (Egyet, ötöt, tízet láttam már, de ennyit...) Talán az, hogy visszaidézi azokat az időket, amikor még hatalmas karavánok járták a Szaharát, megpakolt tevékkel. Ezek nincsenek fölmálházva, alighanem legelni hajtják őket, s ahogy jöttek, percek

háta, a szélárnyékos pedig a feje. Itt aztán szabadon szárnyalhat a fantázia; bármi-be bármit beleképzelhetünk. Mondjuk, a gomba alakú sziklákhöz nem nehéz gombákat társítani, van is belőlük bőven, száruk már többnyire erősen elvékonyodott. Ennek az az egyszerű magyarázata, hogy a szél mindig a talaj közelében hordja a legnehezebb, legkeményebb homokszemcséket, melyek értelemszerűen az alsó rétegeket erodálják. A gombák kalapja is igen változatos formájú; itt viszont arról van szó, hogy a felépítő üledékrétegek más-más keménységűek, és az egyes rétegek sem homogének, így a lepusztítás eszerint válogat (ezért is nevezik szelektív erózióknak). A „*Sátrak*” nevezetű képződmények erősen lealacsonyodott kis kupacok, simán elmennének díszletként valami sci-fi filmben. Mindegyik az egész tájat átlengi valamilyen földökivültség, különösen így, hogy magunk vagyunk. Két nagy sátor (azok is fehérek) vár itt legalább száz turistára, most éppen kétfős ellátó brigáddal, de a pár óra alatt, amit ott töltöttünk, talán egy kocsit ha eldöcögött a környéken.

Az előzetes tervek szerint itt töltöttük volna az éjszakát, sátorban, csillagfényes romantikával, tábor tüzzel, ám tekintettel a meglehetősen hűvös időre és egyre fokozódó náthámra, no meg elkényelmesedett mivoltunkra, úgy döntöttünk, visszaterünk Bahariyába. Ha már ott voltunk a közelben, beugrottunk a *Farafra oázisba* is. Úgy 5000 lakója lehet, zömmel letelepedett beduinok. Azt mondja az írás, hogy nagyjából száz forrás fakad a területén, látnivaló azonban semmi. Földszíni vályogházak (parabolaantennákkal!), teljesen „szétolvadt” erődrendszer.

Mégis megérte, mert a visszaúton életem talán legsodálatosabb egét (napnyugtát) fotózhattam a sivatag közepén.

Egészen különleges látnivalókat kínál viszont a *Bálnák völgye*, a Wadi Al-Hitan, mely mintegy 150 km-re délnyugatra fekszik Kairótól. Egy idő után le kell térnünk a műútról és először vesszük igazán hasznát a terepjárónak a süppedő homokos csapáson. Az első bálnacsontokat ugyan már 1904-ben felfedezték itt, ám a részletes paleontológiai feltárása csak az 1980-as években zajlott le, jórészt azért, mert a terepviszonyok miatt nehezen lehetett megközelíteni. A hozzáértők talán sehol másutt a világon nem követhetik így a bálnák evolúcióját, mint itt. Talán nem mindenki tudja, hogy a bálnák szárazföldi állatokként kezdték

pályafutásukat, mielőtt tengeri emlősökké váltak. Találtak még itt krokodil-, cápa-, teknős-, rájámaradványokat stb. is, kerekénégyszázat. Valemennyien a középső- és késő-eocén tengerben éltek. A legnagyobb talált bálnacsontváz alapján az állat hosszát 21 méterre becsülik. A legősibb példányoknak még öt ujjban végződő uszonyaik voltak, sőt fejlett és erős hátsó lábaik, fogaik alapján pedig egyértelműnek tűnik, hogy ragadozók, hűsevők voltak.

Amikor a Tethys-óceán fokozatosan visszavonult észak felé, vastag üledékrétegeket hagyott maga után. A legidősebbek (kb. 40 millió év) főként mészkövek, melyekben már megjelentek a cetfélék. Az erre települő homokkővek is bőséggel tartalmaztak ősmaradványokat, többek között



Bálnacsontok a Bálnák völgyében

a nagyméretű Basilosaurust és a jóval kisebb Dorudont. Ezek már tengerben éltek, de a Basilosauruson még jól felismerhetők a csökevényes hátsó végtagok. Bár a cetfélék evolúciójának legkorábbi ismert képviselőit, pontosabban azok maradványait Pakisztánban és Indiában találták, ilyen nagy mennyiségben és ilyen jó megtartásban sehol nem fordulnak elő fosszilis cetfélék, mint itt, úgyhogy nem véletlenül lett e hely természeti világörökség. Rajtuk kívül talán négyen-öten lézengtek a környéken.

Őszintén szólva, engem a bálnafossziliák hoztak a legkevésbé lázba, annál inkább a vidék fantasztikus formakincse. Az idővel is hatalmas szerencsénk volt; a vakítóan kék égen el-elúszkáló felhőkkel csatázó napsütés hol egyik, hol másik erózió fa-

ragta kőalakzatot világította meg. Az uralkodó kőzet itt a homokkő (kisebb részben iszapkő, vagyis aleurolit – agyag- és homokfrakció közé eső szemcsékből összeállt üledékes kőzet), mely köztudottan a szél-szobrász kedvenc alapanyaga. Az ember szinte cukrászdában érzi magát, annyi a minyon formájú alakzat (hogy aztán a fallikus szimbólumokra hajazó formákról ne is beszéljünk), vagy éppen a buddhista sztúpákra emlékeztető kúp. A homokkőveket sűrűn tarkítják *tafonik*, melyek vagy tengerpartokon, vagy sivatagos területeken fordulnak elő, ám kialakulásukra ma még sincs egyértelmű magyarázat (de magának a szónak az eredete is vitatott); csoportosan megjelenő, szövevényes eróziós bemélyedések.

Még egy megálló Kairó előtt, csak mert „benne van” (a programban): félórás csónakázás a *Qarun-tavon*, melyet egy az i.e XVIII. században uralkodó III. Amenemhat fáraó által építtetett csatorna, a Bahr Yussef lát el vízzel, a Nilusból. Ez már itt a *Fayyum oázis*, mely az ókori Egyiptom egyik legfontosabb éléskamrája volt. Láthatóan ma is az, most éppen a paradicsomnak lehet nagy szezonja. Mindenféle rendű-rangú-méretű jármű, rokkánásig rakva paradicsommal, igyekszik Kairó felé. Mi is igyekeznénk, de amikor úgy Giza magasságába értünk (igen, látszottak a piramisok), elkezdett bedugulni minden létező út, amit sofőrünk ismert. Csütörtök este volt, muzulmán barátainknak ez olyan, mint nekünk a péntek délután. De vajon mi vár ránk a városban?

Egy nappal hazaindulásunk előtt értünk vissza Kairóba; azt a napot ágyban, párna közti töltöttem, heveny náthával küszködve. Kora este merészkedtem ki Bálintal az utcára, végül is enni kéne valamit. Vezetőnk előre megmondta, mostanában errefelé úgy megy, hogy péntekenként, ima után, ha esik, ha fúj, tüntetni szoktak a Tahrir téren. Kis szállodánk recepciósa interneten követte a fejleményeket, s amikor elindultunk, már jelezte, hogy tart a szokásos tüntetés. Az utcán (igaz, hogy a Tahrirral ellenkező irányba mentünk) ennek semmi jelét nem láttuk. Családok korzóztak, minden üzlet nyitva... Mire visszaértünk, emberünk jelentette, hogy már van egy halott... aztán még több. A szálloda előtti főútcán mentőautók rohagáltak, amúgy a forgalom egy csapásra alábbhagyott. Elgondolkodtunk, nem kellene-e azonnal taxiba vágni magunkat és kitépni a repülőterre. Végül is maradtunk. Az éjszaka „termése” úgy tucatnyi halálos áldozat volt, ami megfelel a pénteki nagy átlagnak. Nagyon szomorú ezt ilyen ridegen leírni, de ez az egyiptomi valóság. Másnap reggel rendben hazarepültünk. A helyzet azóta gyakorlatilag mit sem változott. 🗿

UJFALUDI LÁSZLÓ

A szépség rejtett dimenziói

Fizika és képzőművészet

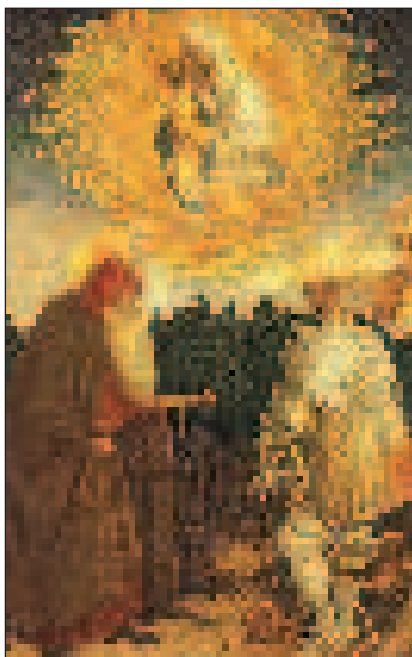
Az ember törekvései a világ megértésére két irányban fejlődtek. Az egyik az ok-okozati összefüggések keresése, vagyis a tudományos megismerés, a másik az intuitív-esztétikai kifejezés, vagyis a művészi ábrázolás. Az egzakt tudományok születése táján (nagyjából Galilei munkássága idején) kezdett a köztudatban gyökeret verni az a meggyőződés, hogy művészet és tudomány egymásnak szöges ellentétei: céljaikban, módszereikben és eredményeikben kölcsönösen kizárják egymást. A XX. századra a humán és a természettudományos műveltség olyannyira eltávolodott egymástól, hogy sokan már a kultúra kettészakadásáról, sőt két kultúráról beszéltek. A kettészakadási folyamat megállítására az elmúlt évtizedekben jelentős kezdeményezések történtek és a század végére már mozgalommá terebélyesedett azok köre, akik a két kultúra újraegyesítését tűzték ki célul.

Fizika és művészet – a mai közgondolkodás normái szerint a szellemi élet területén aligha találhatnánk egymástól távolabb eső régiókat. Igaz, hogy van néhány pont, ahol a fizika és a művészet kapcsolata régóta nyilvánvaló, ezeket azonban egyedinek és elszigeteltnek tekintik. Például a zenei összhangzatokat és a zenei skálákat a fizikai hangtanban is tanítják. Ugyanígy nyilvánvaló a fizika és a képzőművészet szoros kapcsolata a színek felbontása és a színdinamika vonatkozásában, amely az impresszionista, majd főleg a posztimpresszionista festők munkássága nyomán vált közismertté.

Az alábbiakban kísérletet teszek annak bemutatására, hogy a kapcsolat a fizika és a képzőművészet között ennél jóval sokréteűbb és gazdagabb. Egész sor fizikai jelenség, mint pl. az *egyensúly*, a *mozgás*, az *áramlások*, az *erőterek (mezők)*, vagy a már említett *színdinamikai hatások* felfedezhetők egyes műalkotásokon, sőt gyakran a művészi kifejezés fontos elemeivé válnak.

Egyensúly

A testek és a több testből álló rendszerek fizikai egyensúlyával a mechanika „statika”



1. kép. Pisanello: Mária Szt. Györggyel és Szt. Antallal

c. fejezete foglalkozik. A fizikai egyensúly feltétele: a súlypontra vonatkoztatott forgatónyomaték minden irányban egyenlő. A műalkotások vizuális egyensúlyát sokkal kevésbé szigorú feltételek teljesülése esetén is hiánytalanak érezzük, sőt az egyensúly hiánya olykor – esztétikai többletként – különleges feszültséget kölcsönözhet a képnek. A vizuális egyensúly tehát más jelent, mint a fizikai egyensúly.

A háromszöget a legtöbben ösztönösen stabilnak, szilárdnak érezzük (súlypontja magasságának harmadában, tehát alacsonyan van), ezért a háromszög-kompozíció egy festményen a nyugalom és a harmónia érzetét kelti. A háromszög-kompozíció igen gyakori a reneszánsz kori festményeken; elsősorban madonna képeken találunk rá számos példát, de ide sorolható Pisanello Mária Szt. Györggyel és Szt. Antallal c. szép képe (1. kép) és még számos egyházi és világi tárgyú műalkotás. (Pl.

Leonardo Sziklás madonnája*, Giovanni Bellini Mezei madonnája*, vagy a híres Mona Lisa*.)

A négyszög-kompozíció egyensúlya már bonyolultabb. Raoul Dufy, XX. századi francia festő Három napernyő c. képén a középső három napernyő a közepén lobogó francia trikolor színeit ismétli – fordított sorrendben. A leghangsúlyosabb, piros színű ernyő a kép centrumától kissé balra helyezkedik el; ezt az apró egyensúlytalanságot billenti helyre a kép jobb szélén lévő kisebb piros ernyő. További kompozíciós bravúr, hogy a kép közepét uraló zászló-napernyők ferde távlatú együttese megismétlődik a kép jobb szélén. A domináns piros színfoltok így módon kissé jobbra billentenék a képet, de a bal szélén lévő piros tető helyreállítja az egyensúlyt. Hasonló, a piros színekkel való finom egyensúlyozás ismerhető fel G. van Eeckhout: Elizeus próféta és a sunemi asszony* c. képen (a Szépművészeti Múzeum holland gyűjteményében), Francisco de Zurbaran: Szt. Bonaventura imája* c. képe pedig a festői ellenpontozás és egyensúlyteremtés mesterműve.

Mozgás

A futurizmus a XX. század első évtizedeinek művészeti irányzata volt. Alaphangját a mozgalom szellemi vezére, Marinetti adta meg az 1909-ben megjelent Futurista kiáltványban. Fő motívuma a sebesség, a száguldás szeretete volt, amit a kor technikai találmányai: a repülőgép és a versenyautó inspirált. Kiáltványában – többek között – ezt írja: „A veszély szeretetét, az erőre és merészségre való törekvést akarjuk megénekelni.”...„Megállapítjuk, hogy a világ nagyszerűsége új szépséggel gazdagodott: a sebesség szépségével. Egy versenyautó, kirobbanó lélegzetű kigyókhöz hasonlatos, vastag csövekkel díszített

A *-gal jelölt művészek életművének javarésze, illetve a hivatkozott alkotások megtalálhatók a <http://www.nystudios.com/artgallery> honlapon.



2. kép. Raoul Dufy: Három napernyő

motorházával... egy bömbölő autó, mely úgy száguld, mint a kartács, szebb, mint a Szamothrakéi Niké [szobra]. Azt az embert akarjuk dicsőíteni, aki a kormányke-
retet tartja, melynek képzelt rúdja átéri a földet, rohanó futásban, földi pályájának körein.”...„A századok legkiemelkedőbb csúcán állunk!...Miért kellene hátranéz-
nünk, ha ki akarjuk tárni a Lehetetlen rej-
telmes kapuit? Tegnap meghalt az Idő és a Tér. Már a teljességben élünk, miután megteremtettük az örök, mindenütt jelen-
lő sebességet.”

A festészet is hamarosan csatlakozott az új irányzathoz, a festők a modern idő dinamizmusát kívánták képi úton kifejezni. A fotográfia technikájának fejlődése akkoriban már lehetővé tette a mozgások egyes fázisainak képi rögzítését. Az akkor még szenzációnak számító mozgásfotókból kiindulva, de azokat művészileg átlényegítve születtek az első futurista festmények. A futurizmus első számú festője Umberto Boccioni Kerékpáros c. képén (3. kép) az egymás utáni mozgásfázisok képe egymás fölé torlódik és a képen – bár a valóságban a kerékpáros nyilvánvalóan előre halad – nem követhető a haladó mozgás. (Hasonló látvány nagyjából megvalósítható lenne egy szobakerékpárt hajtó személy mozgásfázisainak egymás fölé másolásával.)

A futurizmus a sebesség imádata mellett a gyors társadalmi változást is sürgette, és a háborút dicsőítette, mint a változás szükséges eszközét. Erről így ír Marinetti a Kiáltványban: „A háborút akarjuk dicsőíteni – a világ egyetlen megtisztítóját –, a militarizmust, a patriotizmust, a felszabadultak destruktív magatartását, azokat a szép elveket, melyekért meghal az ember...” Az első világháború kitörésekor ezért nem meglepő, hogy sok futurista művész – köztük Marinetti és Boccioni is – lelkesen csatlakozott a hadsereghez. Boccioni 1916-ban tragikus körülmények

között meghalt, de a futurizmus követői (Giacomo Balla*, Gino Severini*, Marcel Duchamp*) még évtizedekig alkottak ebben a stílusban.

Áramlások

Van Gogh Csillagos éj c. festményén (4. kép) szinte minden áramlik és örvénylik. Az előtérben álló jegenyefa lángoszlop módjára emelkedik az ég felé, amely hatalmas, örvénylő folyamra emlékeztet. (Egyes elemzések a középső, összefonódó

két örvényben a kínai jin és jang szimbólumokat vélik felismerni.) A Hold és a csillagok ábrázolása a képen a forgás érzetét kelti. Van Goghnak minden bizonynyal nem állt szándékában áramlási- és örvényképeket festeni, a Csillagos éj sokkal inkább lelkiállapotot fejez ki (tudjuk, hogy a kép festése idején egyre súlyosbodó elmezavarban szenvedett). Az áramkép korrekt megjelenítése alapján valószínűsíthető, hogy ismert néhányat a XIX. század vége felé gyorsan fejlődő hidrodinamika áramkép-ábrázolásából.

Edvard Munch* Sikoly c. híres festményén egy tengerparti fjord örvényei felerősítik a főalak lelkiállapotának kifejezését,



3. kép. Boccioni: A kerékpáros

vagy inkább – Van Gogh képéhez hasonlóan – a festő itt is a lelkiállapotot vetíti a környezetre. A kép előtérben álló alak feje szinte halálfejjé torzul, kézmozdulata rémületet fejez ki, amelynek forrása a képen nem látható és a háttérben közönyösen álldogáló két alak nyilvánvalóan nem is szerez róla tudomást. A főalak láthatóan igyekszik menekülni, vagy legalább távol tartani magát a ri-

asztó jelenségtől, amit Munch az alak körül kialakuló áramlás fenyegető örvénylésével fejez ki. A képnek több változata létezik, a leghíresebb 1893-ban keletkezett. Egyesek újabban valószínűsítik, hogy a festmény vörös égboltja egy 1883. évi élmény alapján keletkezett, amikor a Krakatau-vulkán (Indonézia) kitörésekor nagymennyiségű kén-dioxid került a sztratoszférába, ott igen távoli vidékekre eljutott, s még Észak-Európában is éveken át vörösre festette az égboltot. Az eseményről a korabeli norvég lapok is beszámoltak. Munch híres képét (pontosabban annak egyik változatát – a szerk.) az utóbbi években kétszer is elrablották az oslói Nemzeti Galériából: először 1994-ben, akkor hamarosan előkerült. 2004-ben fényes nappal fegyveresek hurcolták el, s csak két év után került elő, de igen rossz állapotban, és csak hosszas restaurálás után lehetett újra kiállítani. A kép sokak szerint a XX. század jelképe lehetne; a századvég műalkotása az emberiségre a következő században váró példátlan szenvedéseket vetíti előre.

Színdinamika

A prizma a Nap fehér fényt a szivárvány színeire bontja. A jelenséget már Newton is vizsgálta, de csak a modern fizika derítette ki, hogy a fény elektromágneses hullám és a különböző hullámhosszakat szemünk különböző színeknek érzékeli. A színekhez virtuális hőérzet is társul, így pl. a vöröset és a narancsszínűt meleg, a kéket hideg színnek tartják. (Ez valószínűleg abból az ősi tapasztalatból következik, hogy a tűz vörös és meleg, a kék ég és a víz pedig hideg.) A látás fiziológiája kiderítette azt is, hogy a meleg színű tárgyakat közelebbinek, a hideg színeket távolabb lévőnek érezzük ugyanolyan távolság esetén. A közlekedési lámpák színe is ezen alapszik. A pirosat közelebbinek érezzük, amely tiltó kéz gyanánt emelkedik ki környezetéből, a zöld lámpa ellenben – távolinak tűnve – szabad átjárást sugall. Más források szerint viszont azért történt így a színek megválasztása,

mert a rövid hullámhosszú fény – a kék és a zöld – ködben elnyelődik és így láthatatlanná válik, míg a piros ekkor is jól látszik. Valószínű, hogy mindkét magyarázat helyes és a két hatás egymást erősíti.

Színekhez társított hőmérséklet-képzeteink megtévesztenek bennünket. A sugárzások fizikájából ismeretes, hogy a kék szín energiája a legnagyobb, a vörösé a

legkisebb. A legforróbb kék csillagok felszíni hőmérséklete 20 000-25 000 K, míg a vörös csillagoké 3000-5000 K.

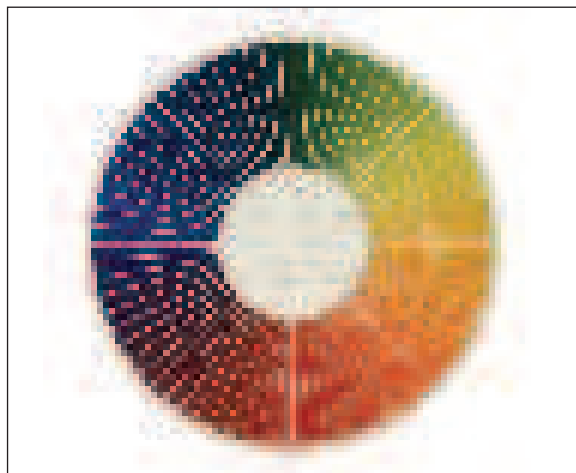
A XIX. század vége felé néhány francia festő (elsőként *Georges Seurat* és *Paul Signac*) az akkoriban már kimerülő félben lévő impresszionizmus módszerein úgy kívántak túllépni, hogy képeiket színes pontokból állították össze. Az eljárás pontillizmus néven terjedt el a köztudatban, ők maguk viszont divizionizmusnak nevezték. A pontok színárnyalatainak előállítását az optikai színkeverés tudományos eredményeire alapozták és csaknem kizárólag alapszínekkel dolgoztak. (Ennek megfelelően pl. egy zöld színű festékpont egy kék és egy sárga, egy bíbor színfolt egy vörös és egy kék szoros egymásmellettségéből jön létre stb.)

A divizionizmus ábrázolási technikája teljes mértékben a korabeli természettudomány eredményein alapult. Valamivel korábban jelent meg Helmholtz alapvető műve a látás fiziológiájáról, francia nyelven Eugène Chevreul színelméleti könyve, majd az amerikai Ogden Rood hasonló tárgyú könyvének francia kiadása, az utóbbi kettő lett *Seurat* és *Signac* legfőbb forrásműve. A színek kör-

a színek különböző hullámhosszakon lépnek be a szemünkbe és csak a retinán keverednek össze. Rood, aki maga is amatőr festő volt, kísérletei nyomán rájött, hogy a vásznon alapszínekből egymás mellé tett két festékpont sokkal fényesebbnek hat, mint az azokból a palettán kikevert színfolt. Ezért azt tanácsolta a festőknek, hogy kevert színek helyett tiszta színekből egymás mellé rakott színfoltokkal dolgozzanak. Ennek érdekében számos gyakorlati útmutatást dolgozott ki.

Ogden Rood gyakorlati utasításai és Chevreul színelméleti könyve alapján készült *Seurat Vásárnap délután a Grande Jatte-on* c. képe (6. kép), amelyet a pontillizmus alapművének tartanak. A Grande Jatte sziget a Szajna jobb partja közelében; akkoriban „a szerelem szigete”, itt sétálgattak a fiatal párok, itt ismerkedhettek az aranyifjak „félvilági” nőikkel. Jellemzően a polgárság képviselőit látjuk a képen. Egy korábbi képen (*Seurat: Fürdőzők Asnières-ben**) a folyó bal partján fürdőző munkásokat, inasokat festette meg, a háttérben gyárképekkel, ipari épületekkel. A két kép tulajdonképpen szociológiai tanulmányoknak is beillik: a párizsi társadalom két – egymástól igen különböző – osztályát látjuk közelről. A Grande Jatte és a Fürdőzők Seurat fő művei – nemcsak a szociológiai tartalom, hanem a természettudományos megalapozottság miatt is. Fontosságukat maga is érezte: mindkét kép nagyméretű (2m x 3m) és évekig dolgozott rajtuk.

A Grande Jatte-ot az impresszionisták 8. és egyben utolsó kiállításán mutatták be 1886-ban. Fogadtatása igen vegyes volt; pályatársa, Paul Signac később így emlékezett vissza: „A két domináns iskola – a naturalisták és a szimbolisták – saját szempontjaik szerint ítélkeztek. *Huysmans, Alexis és Case* a boltosfiúk, *mészároslegények és kalandvágyó nők vasárnapi pihenőjét látták benne. Ezzel szemben Paul Adam a merev figurákat egy fáraó kíséretéhez hasonlította, míg a görög születésű*



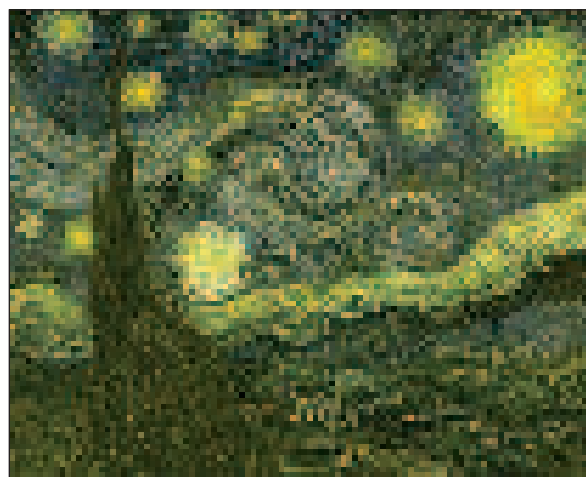
5. kép. Chevreul színgöröngy

Jean Moreas az athéni Akropoliszon végig vonuló díszes felvonulást látott benne. Ezzel szemben Seurat célja egy tiszta, világos kompozíció volt, amelyben a meleg színek és világos árnyékok dominálnak és a legvilágosabb, fehér folt – egy kislány ruhája – a kép közepén ragyog.” [N.B.: Chevreul színgöröngyének – 5. kép – is fehér a közepe.]

A másik kortárs, Félix Fénéon tudományos pontosságú elemzést ad a képről: „*Ha Seurat Grande Jatte-jának bármely egyenletesen árnyékoltt területét nézzük, minden (négyzet-) centiméterén apró pontok örvénylő rajzását találjuk, melyek magukban foglalják a kívánt szín valamennyi elemét. Vegyük például az árnyékos füves területet: a legtöbb pont a fű színét hordozza, de néhány elszórt narancsszínű pont a nap alig észrevehető hatását kölcsönzi. Szórványos bíborszínű pontok a kiegészítő zöld szín hangsúlyozását szolgálják; az enciánkék árnyék szükségszerű a szomszédos napsütötte gyeppellett... A vásznon ezek a pontok egymás mellé felrakva, de mégis külön – a retinán újra egyesülnek, ezért nem a festékszín keverékét látjuk magunk előtt, hanem a fényugarak változatosan kevert színeit.”*

Ez a gondosan kimunkált festési módszer több fényt kívánt bevinni a festménybe, egyúttal az impresszionisták ösztönös színkezelésének tudományosan megalapozott alternatíváját kínálta. *Seurat* és *Signac* nyomán több impresszionista festő átvette ezt a technikát, még *Van Gogh** is festett néhány pontillista képet, de az akkor már híres *Camille Pissarro** és mások is csatlakoztak a mozgalomhoz, amely később „posztimpresszionizmus” néven vonult be a művészettörténetbe.

A pontillizmus és *Van Gogh* kései képei, valamint *Munch* egyes képei bizonyos értelemben a figurális festői kifejezés két szélső határa. Egyik a kép teljes atomizálását, másik (legjellemzőbb módon talán a Csillagos éj – 4. kép) a képelemek nagy ívű összefo-



4. kép. Van Gogh: Csillagos éj

vagy háromszög-alakú diagramokon történő ábrázolása is ekkor bukkan fel először. A Chevreul-féle színgöröngy látható az 5. képen: a körben egymással közelítőleg szemközt (~180°-ra) elhelyezkedő színek a kiegészítő, vagy komplementer színek, pl. a vörösnek a kékeszöld, a kéknek a narancs, az ibolyának a sárga stb. A kiegészítő színek egymás hatását felerősítik, sőt hosszú idejű monokromatikus inger után szemünkben a kiegészítő szín utóképe jelenik meg (utófénylés). A jelenség a szemünkben lévő színérzékelő csapok ingerlésével kapcsolatos: ha pl. a vöröset érzékelő csapok kapnak erős ingert, akkor annak megszűnte után a zöldre érzékeny csapok aktivitása nő meg.

Chevreul és Rood is utal arra, hogy

gását tekinti abszolútnak. Metafizikai értelemben ezek úgy viszonylanak egymáshoz, mint az analízis és a szintézis. Fontos megjegyezni, hogy ugyanekkor kezd a fizikában tért hódítani az atomi szemléletmód és ennek mintegy ellenpólusa, Maxwell nagy átfogású elektromágneses térelmélete. A pointillizmus természettudományos *pendant*-ja az atomizmus, a nagy ívű „áramvonalas” festészetnek pedig az elektrodinamikai elmélet.

A szépség mint bioinformatikai fogalom

Ismeretes, hogy a modern művészetnek milyen rögs utat kellett bejárnia, míg végre elnyerte a közönség tetszését. A ma már oly nagyra értékelt impresszionista festők képei eleinte elutasítás, sőt neveltség tárgya voltak. *G. B. Shaw* írja az 1880-as években: „Rendkívül nehéz jól rajzolni és jól festeni, rendkívül könnyű viszont úgy kenni össze a papírt vagy a vásznat, hogy képhez hasonlatos valami sejtődjék rajta. Abban az időben, amikor az emberek nem tudták megérteni a különbséget egy festékfoltokkal tarkított mázolóanyag és egy *Monet*-tájkép között, rengeteg bazári portékát gyártottak, állítottak ki és túrtek meg ebből a kategóriából. Nem mintha a mázolóanyag ugyanolyan jónak tartották volna, mint *Monet*-t; *Monet*-t tartották ugyanolyan neveltségnek, mint a mázolóanyagot.”

A mai művészetbarát számára nehezen érthető, hogy például *Monet tájképei**, *Van Gogh Csillagos éje (4.kép)*, vagy *Seurat*

nye az impresszionizmus, vagy az avantgárd műalkotásairól? Hogyan fogadjuk be a művészet (vagy akár a tudomány) új, gyakran mehökkentő eredményeit? Hogy lesz a „csúnya” egy idő után „szép”? Hogy lesz az elfogadhatatlan végül remekmű?

A nemrég elhunyt *Greguss Pál* biofizikus behatóan foglalkozott a „szép” fogalom tudatunkban való kialakulásának folyamatával. A problémát informatikai alapon vizsgálta. Ismeretes, hogy az információ feldolgozásához energia szükséges; azt is tudjuk, hogy agyunk az információ legkisebb egységének (1bit) feldolgozásához 3×10^{21} joule energiát használ fel. Központi idegrendszerünk nagyságrendileg 10^{10} neuront tartalmaz, az információfeldolgozás sebessége viszont meglepően kicsi: 50bit/s. Vizuális észlelésünk során szemünk a külvilág tárgyainak pontjait a szem retinájának felületére képezi le, létrejön az optikai lenyomat („imprint”) ezt követi a kép (vagyis a kép információtartalmának) feldolgozása a neuronok aktivitása útján. Eközben folyamatosan végbemegy az új információ összevetése az agyban már korábban tárolt információkészlettel, más néven „referencia-háttérrel”. Az információ értékelésének folyamata alapvetően egy energetikai problémára vezethető vissza.

Minden természeti rendszer energia-minimumra törekszik (*lex minimi-ely*). Ez kétféleképpen értendő: egyrészt a folyamat során mindig alacsonyabb energiaállapot felé törekszik, ezért esik le az eldobott kő, ezért folyik a víz felülről lefelé,

tani, vagyis a folyamat közben minimális energiafelhasználásra törekszik.

Az emberi agy működése során szintén érvényesül a *lex minimi-ely*: a külvilág információinak feldolgozása közben agyunk is minimális energiafelhasználásra törekszik. Ezért egy műalkotás akkor váltja ki a „szépség” érzetét a befogadónál, ha feldolgozása minimális energiát kíván. Ez akkor következik be, ha az általa a retinán létrehozott imprint nem különbözik jelentősen a referenciaháttértől. Az információ feldolgozásához szükséges neuronaktivitás ekkor ugyanis nem tér el jelentősen a szokásos háttéraktivitástól. Ha viszont az imprint túlságosan eltér a referenciaháttértől, akkor a szükséges neuronaktivitás nagy, az információ-feldolgozás nagy energiaigénnyel jár, az ilyen esetekben alakulhat ki a „fúrca”, „nem szép”, vagy „nem tetszik” ítélet. Fontos hangsúlyozni a referenciaháttér, vagy ahogy *Greguss* nevezi: az „a priori tudás” jelentőségét, ami nagymértékben függ a szemlélő szociális helyzetétől, kulturális előéletétől, a tárggyal kapcsolatos előzetes ismereteitől stb. A referencia háttér nem állandó, merev képződmény. Az ismételt találkozás az új információval – legyen az egy műalkotás, vagy akár egy új tudományos tétel – bővítheti referenciaháttér készletünket, egyes elemek maguk is beépülhetnek ebbe a készletbe. Ennek eredményeképp ítéletünk is változhat.

A fentiek alapján érthető, hogy a klasszikus művészetben nevelkedett nemzedék visszataszítóan tartotta és elutasította az impresszionista festészet alkotásait. A helyzet tovább romlott a XX. század elejére: az avantgárd művészet és a közönség ízlése között ekkor már áthidalhatatlan szakadék tátongott. Aztán lassan-lassan kezdték befogadni az impresszionisták, majd az avantgárd alkotásait, ezek egyes stílusjegyei, motívumai maguk is „referencia-háttérre”, „a priori tudássá” váltak, ma már jó néhányat az avantgárd hajdan botránykönek ítélt alkotásai közül „klasszikus” műveknek tartunk. Például *Picasso: Avignoni kisasszonyok** c. képét, vagy *Braque** kubista festményeit, vagy akár *Boccioni Kerékpárosát (3. kép)*.

A szépségről alkotott ítéletünk tehát változhat: az először szokatlan, új stílus lassan új háttérinformációkkal tölti fel emlékezetünket, aminek hatására az új műalkotások információfeldolgozásának energiaszükséglete csökken, és egyszer csak elkezdjük „szépnek” látni, vagy legalább is „megszokjuk” őket, látványuk már nem kelt ellenérzést bennünk.



6. kép. Seurat: Vasárnap délután a Grande Jatte-on

Grande Jatte-ja (6. kép) hogyan válhattak ki a kortárs nézők részéről akkora ellenérzést? Miért tartjuk ezeket ma szépnek? Hogyan változott meg az emberek véleménye

ezért hül le a felmelegített vasdarab, stb. Másrészt a rendszer a folyamat egyes szakaszai közötti átmenetet mindig minimális energiabefektetéssel igyekszik megvalósí-

Hogyan nézzünk képeket?

A lengyel származású, Oroszországban élő *Jakov Perelman: Physics for Entertainment* (Szórakoztató fizika) című, 1936-os kiadású

könyvében hosszú fejezetet szentel a címben feltett kérdésnek. A helyes választ Perelman szerint meglepő módon már fél évszázaddal korábban megadta *William Carpenter*; *Principles of Mental Physiology* (Az agyműködés fiziológiájának alapelvei) című könyvében, ahonnan *Perelman* is idézi a probléma megoldását. Miről is van szó?

Amikor két szemmel nézünk egy képet, az mindig síknak (2 dimenziós) látszik, sohasem térbelinek (3 dimenziós). Ez látá-

mel nézve látásunk sokkal kifinomultabb, mint két szemmel, mert szellemi energiánk így egy helyre összpontosul és erősebbé válik. Ezzel később több külföldi szerző is egyetértett és valamennyien a figyelem nagyobb fokú koncentrációjában látják a hatás magyarázatát. A helyes magyarázat azonban az, hogy amikor két szemmel nézünk egy képet viszonylag közelről, tudatunk arra kényszerül, hogy a látványt síkfelületként értelmezze, míg ha egy szemmel nézzük, tudatunk szabad kezét kap,

Az itt leírt módszerrel elsősorban a geometriai perspektíva-ábrázolások válnak térszerűvé.

Nézzük például a **7. képen** látható katedrálisbelső először két szemmel, majd egy szemmel; a különbség – bizonyos képtávolság esetén – szembetűnő lesz kiváltképp, ha egy papírhenger nyílásán át nézzük a képet, kizárva ez által a környezetet. Hasonló geometriai perspektívát láthatunk számos képen, pl. a perspektíva-ábrázolás úttörőjének tartott *Piero della Francesca Montefeltro-oltárképén**, vagy *Raffaello Athéni iskoláján**. A levegőperspektíva érzete is fokozható egy szemmel való nézéssel, ennek szép példái *Andrea Mantegna Keresztrefeszítés**, vagy *Karel van Mander Scipio kegyelme** c. képe.



7. kép. Katedrális belső tere (Laon, Franciaország)

sunk hiányosságának következménye. Térbeli kiterjedésű tárgy nézésekor a két szem által a retinán létrehozott kép, amint az közismert, nem teljesen azonos. Ezért látjuk a tárgyakat térben; agyunk ugyanis a két kép kombinációjával alakítja ki a térbeliséget. Ha viszont egy sík felületű tárgyra nézünk, pl. egy függőleges falra, vagy egy képfelületre, két szemünk azonos képet érzékel, ami agyunknak azt sugallja, hogy a tárgy, amit nézünk, valójában sík. Mí a megoldás? Egy szemmel kell nézni a képet, akkor érvényesül az ábrázolásnak megfelelő térbeliség, perspektíva és plaszticitás.

Carpenter a következőket írja (idézi: Perelman): „*Régóta ismeretes, hogy ha kitaratóan nézünk egy képet, amelynek perspektíva-leképezése, fény-árvék ábrázolása, a részletek elrendezése pontosan megfelel az ábrázolt valóságnak, az élmény sokkal inkább valóságos és élénk, ha egy szemmel nézzük, nem kettővel. A hatás tovább fokozható, ha a kép környezetét gondosan kizárjuk a látványból, pl. egy árnyékoló kerettel, vagy egy megfelelő alakú és méretű csővel.*” Carpenter a továbbiakban utal arra is, hogy ez a felismerés nem új, de a korábbi magyarázatok hibásak voltak. „Lord (Francis) Bacon szerint *Egy szem-*

mel helyesen értelmezze a perspektívát, és a `chiaroscuro`-t (fény-árvékhatást). Ennek eredményeképp bizonyos idejű nézés után a kép kezd plasztikussá, térszerűvé válni és a modellált valóságot jól kifejezi.”

A fentiekhez három megjegyzés tehető. (1) Carpenter megállapításai a „hagyományos” műalkotásokra érvényesek, amelyek „reálisan” ábrázolják a valóságot, de ide sorolhatók a fényképek is. A XX. századi műalkotások túlnyomó részénél hiányzik a hagyományos térábrázolás, ezekre a leírtak nem érvényesek. (2) A térbeliség érzete egy bizonyos távolságról optimális, ezt a távolságot ki kell kísérletezni („trial and error” módszer). Nagyméretű festmények fotó-reprodukciói gyakran jobb perspektíva-illúziót adnak, mint az eredeti kép. Ez azért van így, mert a kisebb méret miatt csökken a szükséges látótávolság és a fénykép könnyebben nyer domborzati hatást. (3) A kép környezetének kizárása és így a nagyobb figyelem-összpontosítás lehet a célja annak az új keletű szokásnak, hogy a kiállításokon a képeket egyedileg világítják meg, a háttér és a terem egésze sötét. Kár, hogy a nézők figyelmét nem hívják fel arra, hogy egy szemmel nézzék a műalkotásokat.

Epilógus

Öveges József, a lángeszű pedagógus a fizikát az élet minden területén észrevette és megtanított bennünket arra, hogy mi is észrevegyük. Talán nem meglepő, hogy a művészet, az élet tükré, szintén tele van fizikai reminiscenciákkal. Szerény vállalkozásom egyik célja az volt, hogy megkíséreljek ezek közül néhányat felidézni; a példák sorát még hosszan lehetne folytatni. Másrészt Greguss Pál bioinformatikai szemléletmódja felhívja figyelmünket arra, hogy ítéleteink gyakran elhamarkodottak; a műalkotások elmélyült tanulmányozása segíthet megítélésünk árnyaltabbá válásában és új értékek felismerésében. Végül a képek helyes „nézési technikájának” ismerete a síkfelületű képek térbeli látványát idézheti elő. Ily módon a fizikai (tágabb értelemben a természettudományi) vonatkozások felismerése és tudatosítása többletet adhat a műalkotások megértéséhez és élvezetéhez, végső soron hozzájárul ahhoz, hogy feltáruuljanak a szépség korábban fel nem ismert, rejtett dimenziói. ✂

Irodalom

- BERGER, RENÉ: *A festészet felfedezése*. Gondolat, 1973
- DE MICHELI, MARIO: *Az avantgardizmus*. Képzőművészeti Alap Kiadóvállalata, 1978
- DÜCHTING, HAJÓ: *Georges Seurat – The master of pointillism*. Taschen, London 2000
- GREGUSS, PÁL: *Bio-informatical approach to the concept of „beautiful”*. 3rd International Light Symposium, Eger 2001
- KEPES GYÖRGY: *A világ új képe a művészetben és a tudományban*. Corvina, Budapest, 1979
- PERELMAN, YAKOV: *Physics for entertainment*. Foreign Languages Publishing House, Moscow, 1936
- READ, HERBERT: *A modern festészet*. Corvina, Budapest, 1965

VARGA PÉTER

Az 1763. évi komáromi földrengés

„Megmagyarázni nehéz, a zavart mi okozza ilyenkor,
Mert le a földbe ki lát? Senki. Az ok titok így.”

Grossinger János: Elegia de nuperrimo terrae motu Comaromii 1763, 1783.

A történelemtudomány a múltban történeteket számtalan tárgykör síkjában szemléli. Ezek között szerényen húzódnak meg a múltbeli természeti jelenségekkel, köztük a földrengésekkel, foglalkozó kutatások. Pedig a természeti jelenségek történetének feltárása fontos eszköz lehet lényegük megértéséhez és annak megítélésére, hogy egy földrajzi régióban mire számíthatunk a jövőben. Ilyen szempontból van nagy jelentősége a negyed évezreddel ezelőtt 1763. június 28-án Komárom térségében kipattant földrengésnek. Becsült magnitúdója $M=6,3$ a történelmi Magyarország talán legnagyobb, de mindenesetre legismertebb szeizmológiai eseménye, mely azóta is foglalkoztatja a kutatókat, emellett számos irodalmi alkotás ihletője lett és máig élő hagyományok kötődnek hozzá.

A természettudományi emlékek között kiemelt helyet foglalnak el a földrengések. Ez nem meglepő, hiszen a természeti katasztrófák közül ezek okozzák a legnagyobb veszteséget. A XX. században a természeti katasztrófák áldozatai között 51% halálát okozták, míg az árvizekre 29 és a viharokra 17% esett. A maradék 3% a vulkáni kitérések (2%), a nem földrengés keltette cunamik és a suvadások (0,5–0,5%) között oszlik meg. Földrengések következtében városok, sőt egész régiók semmisültek meg, sokszor örökre. A földrengések „történelmének” feltárása elsődleges fontosságú, hiszen segítségével képet kapunk egy földtani régió jelenkori geológiai aktivitásáról, tektonikai folyamatairól. A társadalom számára azért fontos a múltbeli szeizmológiai események ismerete, mert ez eszköz a jövőben várható rengések prognosztizálásához. Különös figyelem övezi a régmúlt idők legnagyobb földrengéseit, és térségünk esetében elsősorban ilyen a 250 évvel ezelőtti komáromi, hiszen ezekről maradtak ránk elsősorban értékelhető dokumentumok.

Amikor a szeizmikus prognózis igényéről beszélünk, másra kell gondolnunk, mint a meteorológiai esetében. A szeizmológusok legfontosabb feladata az, hogy megmondják: egy adott területen és adott időintervallumon belül milyen méretű földrengésre számíthatunk. Az ez irányú kutatások alapjául az a felismerés szolgál, hogy a földrengések egy éven belül várható számának (N) logaritmusára lineá-

ris kapcsolatban van a földrengések méretével vagy más szóval magnitúdójával (M -el)¹:

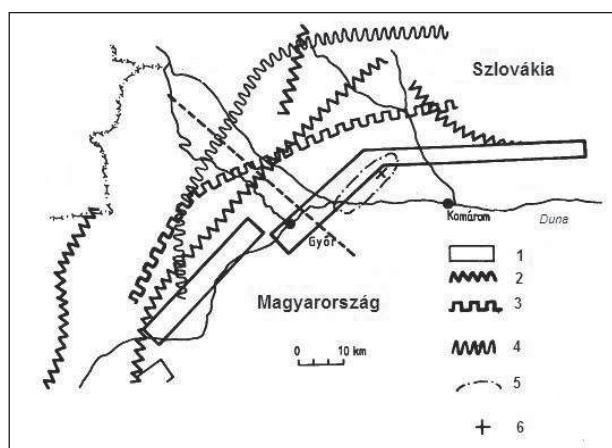
$$LgN = a - b M$$

Látható, hogy a nagy rengések a kisebbeknél lényegesen ritkábbak.

Ahhoz, hogy az egyenlet meghatározása minél megalapozottabb legyen, szükséges minél pontosabban ismerni a múltbeli rengések számát és méretét (magnitúdóját).

Ahhoz, hogy a komáromi térség szeizmicitásának természetét megértsük, fontos megismerkedni az ottani földtani szerkezetekkel. Magyarország és Dél-Szlovákia területe a Pannon-medencében helyezkedik el, mely a kárpáti térség belső részét képezi. A medencének egy sor anomáliás geológiai tulajdonsága van. Az egyik a földkéreg kivékonyodása. A kéregvastagság jellemzően 25 km, ami hozzávetőleg a fele a szokásos értéknek. Ugyancsak kiugró a geotermikus

Skálát –EMS– van használatban). A földrengéshéscsúcs felett a felszínen megfigyelt érték az epicentrális intenzitás. A földrengés magnitúdója közvetlenül csak műszeres megfigyelések alapján határozható meg. A régmúlt rengései esetében az epicentrális intenzitás értékéből becsülhető a méret egy tapasztalati képlet segítségével.



1. ábra. A medence mélységének és a geofizikai mérések maximumainak tengelyei (1 – a Rába-Ógyalla-Diosjenő vonal magnetotellurikus mérések által kijelölt helyzete; 2 – a medence legmélyebb részeinek helyzete; 3 – a gravitációs mérésekből kapott értékek maximumának tengelye; 4 – a földmágneses mérések maximumai; 5 – a mezőgazdaságból élő falusi lakosság kárainak maximuma; 6 – az 1763. évi földrengés epicentrumának feltételezett helye)

gradiens értéke: 50–70 °C/km közötti, szemben az átlagos 30 °C/km értékkel.

Az 1763. évi földrengés fészke egy fiatal üledékekkel kitöltött medencében található, mely a középső részekben átlagosan 5 km vastagságú, de helyenként eléri a 7–8 km-t is. A medence legfontosabb tektonikai szerkezete a Rába-Ógyalla-Diosjenő vonal, mely elválasztja a Keleti-Alpok képződményeit a Dunántúli-középhegység idősebb közettömegétől. A gravitációs és földmágneses mérések érdekes eredménye, hogy azok maximuma a medence legmélyebb részei felé található. A mérések maximális értékeinek tengelye első közelítésben követi a Rába-Ógyalla-Diosjenő vonalat, melynek

¹ A földrengések mérete (magnitúdója) (Richter-skála) a rengést egyetlen számértékkel jellemzi és ez a fészkekben felszabaduló energiával hozható kapcsolatba. A rengés által keltett megrázottság területi eloszlását a földrengés intenzitás segítségével jellemezhetjük (intenzitás skálák felhasználásával; jelenleg az EU országokban az Európai Makroszeizmikus

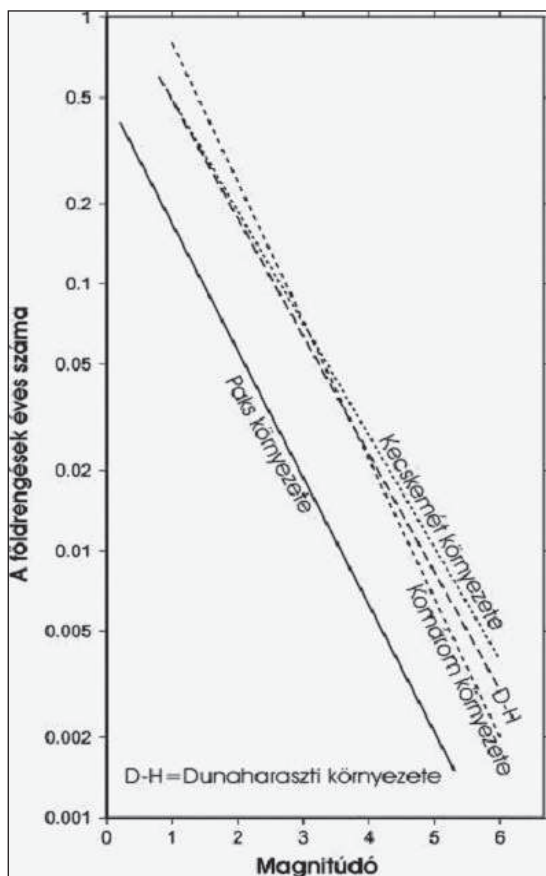
Év	I_0 epicentrális intenzitás	M	Energia (joule)
1599	VIII	5,6	$1,58 \cdot 10^{13}$
1754	V	3,8	$3,16 \cdot 10^{10}$
1759	V	3,8	$3,16 \cdot 10^{10}$
1763	IX	6,2	$1,26 \cdot 10^{14}$
1783	VIII	5,3	$5,62 \cdot 10^{12}$
1806	VII	5,0	$2,00 \cdot 10^{12}$
1822	VI-VII	4,7	$7,08 \cdot 10^{11}$
1822	VI	4,4	$2,51 \cdot 10^{11}$
1851	VII	5,0	$2,00 \cdot 10^{12}$
1857	V	3,8	$3,16 \cdot 10^{10}$
1923	V	3,8	$3,16 \cdot 10^{10}$

A Komáromban kipattant 11 $I_0 \geq V$ földrengés

helyzetét geoelektromos, ún. magnetotellurikus, geofizikai mérések jelölik ki. Ez a vonal nyugaton a Rába vonalát követi, majd a Dunától északra keletre fordul (1. ábra).

Elmondható, hogy Magyarország és Szlovákia szeizmicitása egészében véve mérsékelt. A Komárom, Kecskemét, Dunaharaszti és Paks térségében kipattant földrengések katalógusából megszerkesztett $LgN = a - bM$ egyenese (2. ábra) azt mutatják, hogy Paks térségének földrengés-aktivitása alacsonyabb, mint a másik három – a Pannon-medence viszonyai között – aktívnak mondható területé. Komárom térségének statisztikus alapon meghatározott szeizmicitása lényegében nem nagyobb, mint Kecskemét vagy Dunaharaszti (lényegében Budapest) térségéé. Mindhárom utóbbi esetben kb. 500 évente lehet számítani $M \geq 6$ magnitúdójú földrengésre. Ilyen nagyságrendű földrengésre Földünk egészét tekintve évente néhány száz alkalommal kerül sor.

Grossinger János, az 1763. évi katasztrófa szemtanúja volt az első, aki 1783-ban kiadott, a Magyar Királyság földrengéseivel foglalkozó munkájában (*Dissertatio de terrae motibus regni Hungariae, 1783, Győr*) megkísérelte összeállítani a várost sújtó földrengések listáját. Az általa említett legkorábbi esemény 1599-ben történt, melynek következtében Komárom és Esztergom térségében épületkárok keletkeztek. Ezt követően több mint 150 évig nem tudunk helyi földrengésekről.



2. ábra. A földrengés aktivitás $LgN = a - bM$ egyenlettel jellemezett statisztikus eloszlása Magyarországon

1754-ben, majd ez után 1757-ben, 1758-ban és 1759-ben kisebb, károkkal nem járó földrengések pattantak ki. A számos előrengéssel megelőzött nagy, 1763. június 28-i esemény Komáromban 63 áldozatot követelt, a sérültek száma jóval meghaladhatta a százat. Négy áldozatot követelt a földrengés

Győrben is. Elsősorban a magas, bonyolult szerkezetű, díszített nemesi, egyházi és középületek sérültek. A köznép földszintes, egyszerű, általában fából, vályogból emelt házai ellenállóbbak bizonyultak. A városban hét templomtorny és a városháza tornya ledőlt. 1763-ban a város épületeinek száma 1169 volt. Ebből 279 (24%) teljesen elpusztult, 353 (30%) részben elpusztult, 213 (18%) szorult nagyobb javításra, 219 (19%) esetben került sor kisebb javításokra. Tehát a sérült épületek aránya 91% volt. A fenti adatok alapján Komárom területén a földrengés intenzitása IX volt az EMS-skála szerint.

Az aktivitás 1780-tól kezdődően újra nőtt. 1783. január 4-én földrengés rázza meg Győrt, majd két és fél órával később egy erősebb Komáromot, ahol 500 épületben esett komoly kár, és összeomlott az újonnan épült erőd is. A következő jelentős esemény az 1806. évi rengés volt. Az 1822. évi esemény elsősorban Izsán pusztított, ahol csak 16 épület maradt épségben. Épületkárokat okoztak az 1841., az 1851. és az 1857. évek rengései is. 1857 után nem történt nagyobb földrengés, de kisebbek azóta is jelentkeznek a térségben.

A Komáromban kipattant 11 $I_0 \geq V$ földrengés együttes energiája $\Sigma = 1,52 \cdot 10^{14}$ joule. Ennek 83%-a az 1763. évi eseményhez köthető, melynek során körülbelül annyi energia szabadult fel, mint a Hirosimára ledobott atombomba robbanásakor.

Az 1763. évi földrengés károkkal járt más magyarországi településeken is. A rengés Győrben négy áldozatot követelt és a károk is igen számottevőek voltak. A püspöki palota nagy részben összeomlott (ebédlője falán még ma is látható repedés a hagyomány szerint 1763-ban keletkezett). A város belső részében nem maradt sérülésmentes épület. A karmelita templom tornya középig széthasadt. Használhatatlanná vált több más egyházi intézmény is. A Győr városát bemutató festmény (Maizell, Ausztria) egyértelműen mutatja a templomok kárait. A leírt károk alapján az intenzitás értéke Győrben 7 és 8 EMS között volt.

A hagyomány szerint 1763. június 28. óta Zichy Ferenc püspök rendeletére a földrengésre emlékezve minden évben, a mai napig, körmenetben hordozzák körül Szent László hermáját a városban.

Budán a város tanácsa szerencsés megmenekülésükről ír a Helytartótanácshoz írt jelentésében. Kizárólag kisebb, templomokban esett károkról számolnak be. A ferencesek templomának tornyáról leesett a kereszt, a jezsuitákénak falában repedések keletkeztek.

„...A földrengés, mely június 28-án volt, reggel fél hat után az úr 1763. esztendejében, ereje ... a fölöttem álló ke-



3. ábra. A Győr városában keletkezett károkat bemutató festmény (Maizell, Ausztria). A képen jól láthatóak a templomtornyok sisakjainak megdőlései

resztet levetette...” szöveg volt olvasható a budai 1734-ben épült Ferences templom falának egykori emléktábláján. *Sopronban* kisebb épületkárok keletkeztek. Ennél jelentősebb, hogy milyen részletesen és együttérzéssel írnak a soproni források, jelezve, hogy a XVIII. század közepére az ország lakosságában magas szintre emelkedett a nemzeti együttérzés és segítőkészség. *Esztergom*. „Isten kegyelme folytán épület sehol sem dőlt össze” – jelenti a megye. A város környékén nagyobb kár keletkezett a bajnai Sándor- és az erdődi Pálffy-palotákban. Egyes templomok „csak kellő vigyázattal használhatók”. *Székesfehérvárról* nem érkezett jelentés számottevő kárról. *Pápán* leesett a templom tornyáról a kereszt. *Zsámbékon* jelentős részben összeomlott az 1220 körül épült premontrei prépostsági templom.

Az 1763. évi földrengés okozta károkról Komáromban és más magyarországi városokban (városi károk) összefoglalóan megállapítható:

A károk eloszlása azt mutatja, hogy azok kiterjedése nyugati irányba jelentősebb, mint kelet felé. Esztergomban és Budán alig vannak károk. Kivétel a zsámbéki templomrom. Győrből viszont nagy károkról tudunk.

A Duna vonalától délre a károk mértéke sokkal kisebb, mint a folyó másik oldalán.

A korabeli dokumentumokból megállapítható, hogy más európai kormányzatokhoz hasonlóan a földrengéssel kapcsolatos események és károk iránt nagy érdeklődést mutatott a magyar királyi kormányzat. A XVIII. század közepére az európai uralkodók felismerték felelősségüket a lakosság biztonságának védelme terén. Ezek a tragédiák nagy hatással voltak a korabeli társadalomra is, számos művészt készítettek megszólalásra és a tudósok figyelme is a földrengések felé fordult.

Az elmondottaknak megfelelően járt el az idők legnagyobb természeti katasztrófáját jelentő és egész Európát megdöbbentő 1755. évi lisszaboni földrengést (M=8,7–9,0) követően Portugália minisz-

terelnöke, Sebastião de Melo és húsz évvel később a Nápolyi Királyság kormányzata az 1783. évi kalábriai földrengéssorozat esetében, amikor 1783. február 5. és március 28. között öt M=5,9–M=7,0 földrengés rázta meg Szicília keleti partvidékét).

Az 1755-ös lisszaboni rengés (M=8,7–9,0) Európa negyedik legnépesebb városát (Párizs, London és Nápoly után) érte, 70 ezer áldozatot követelve. Több mint 20 templom dőlt össze, maguk alá temetve a mindenszentek napjára összegyűlt embereket. A város épületeinek közel 90%-a vált rommá. Elpusztultak a történelmi műemlékek, leégett a csak pár hónappal korábban megnyitott operaház, megsemmisült a királyi palota, benne a 70 ezer kötetes könyvtárral, a képtárral, benne többek között Tiziano-, Rubens- és Correggio-festményekkel és a királyi levéltárral, ahol a korábbi évszázadok hírneves portugál utazóinak feljegyzéseit, térképeit őrizték. A király államminiszterét bízta meg a károk felmérésével, az újjáépítés szervezésével, aki Lisszabont alig több mint egy év alatt szinte teljesen újjáépíttette. Munkatársa, Carlos Mardel, eredeti magyar nevén Martell Károly, kidolgozza a földrengésálló építkezés alapelveit (Mardel-féle ház), eljárása kísérleti igazolására rázópadot épít és nagyrészt terve szerint épül fel újra a portugál főváros központja.



4. ábra. A zsámbéki templom romja napjainkban

Az európai történelem addigi legsúlyosabb természeti katasztrófája nagy hatással volt a kontinens kulturális életére. Rousseau megerősítve látta a természethez való visszatérés szükségességét hirdető filozófiáját, Voltaire a lisszaboni földrengésről versben és regényében a *Candide*-ban is megemlékezik. Goethe önéletrajzi művében ír a lisszaboni katasztrófáról mint gyerekkori élményéről. Georg Philipp Telemann „A földrengés” címmel, az 1755.

évi földrengés hatására komponált kórusművét gyakran játszották Németországban a XVIII. század ötvenes éveinek második felétől a század végéig.

A lisszaboni földrengés jelentős hatással volt a tudományos életre is. Kant három szeizmológiai témájú tanulmányt írt 1756-ban a lisszaboni tragédia hatása alatt. E földrengés következményeként született meg a modern szeizmológia. Ekkor íródik az angol John Michellben (1724–1793) „*Feltételezések a földrengés jelenség okáról és megfigyeléséről: különös tekintettel az 1755. november 1-i földrengésre, mely oly nagy hatással volt Lisszabon városára, és melynek hatását oly jól érezték Afrikában és kevésbé Európában*” című dolgozata. Ebben először található meg az a feltételezés, hogy a rengések a Föld belsejében egy bizonyos helyen ható erők következtében keletkeznek, ahonnan, mint egy központból, az általuk keltett vibrációs mozgás tovaterjednek.

A Kalábriát sújtó földrengésekről szólvá is megállapítható a kormányzati felelősségtudatból eredő érdeklődés. A királyság akadémiaja szakértőket küldött a helyszínre, így ez volt az első részletesen, szakemberek által dokumentált szeizmológiai esemény. Katalógust készítettek az utóregésekről is (összesen 1186-ról). Mint Kövesligethy írja, Filagosa városában a földrengés után egyetlen épület maradt épen: az a palota, melyet portugál módra építettek. Ezt látva a nápolyi királyi kormány elrendelte a Mardel-féle elveken nyugvó építkezési eljárás általános bevezetését. A földrengések következményeit két külföldi tudós híresség is megvizsgálta. Az egyik a nápolyi brit nagykövet, William Hamilton (1731–1803) volt, aki felismerte, hogy a károk mértéke függ a földtani szerkezettől. A másik, egy francia geológus, Déodat Gratet de Dolomieu (1750–1801) megállapította a fészkek méreteit és foglalkozik a földrengés keltette elmozdulások meghatározásával.

Az 1763. évi komáromi földrengés után lépéseket tett a város önkormányzata és a magyar királyi kormány is. Az intézkedések között említhető Komárom tanácsának az a döntése, mely megtiltja két- vagy háromemeletes házak építését. II. József 1783-ban meglátogatta Komáromot és a város az évi földrengés okozta „pusztulását nagy szívbeli fájdalommal néz, s unszolta a városi tanácsot, hogy a lakosokkal egyetértően változtassa meg jelenlegi lakhelyét...s költözzön át a Duna túlsó partjára” (Szinnyei József, Vasárnapi Ujság, 1863). A király ezen, az 1763-as tragédiára is gondoló javaslatát, Komárom városa gazdasági okok miatt nem fogadta meg.

A legfontosabb lépés az volt, hogy a falusi népesség kárainak megállapítására (és kárainak enyhítésére) a királynő utasítására

a falvakat a megyék három tagból álló bizottságai (egy megyei tisztviselő, egy ács és egy kőműves) járták be, melyek a károkat egységes árjegyzék alapján határozták meg, külön a középületek, külön az egyházi építmények, a nemesi kúriák és a mezőgazdasági és iparúzó népesség házai esetében. A bizottságok által készített jegyzőkönyvek a Magyar Országos Levéltárban megtalálhatóak (*Acta Terrae motus anni 1763, OL N-98. Ladula CCCFascisculus A-E*). Ez a nagy adattömeg lehetővé teszi az 1763. évi földrengés hatásának részletes vizsgálatát és, a városi károkat is felhasználva, egy megalapozott izoszeisza térkép elkészítését. A falvak mezőgazdaságból és iparúzásból élő lakosainak egy portára eső kárának forintban kifejezett értékei azt mutatják, hogy a legnagyobb, 5 forintot meghaladó, egy portára eső károk Megyerics (Calovec) térségében fordultak elő. A Duna folyásához közel eső területek nagy kárértékei az ottani, a földrengéshatást növelő magas talajvízszinttel kapcsolatosak, a Dunától délre pedig, Ács és Bábolna estében, a népesség jobb anyagi körülményeivel hozhatók kapcsolatba. Guta-Kolárovo esetében a kiugró kárérték az igen kedvezőtlen műszaki földtani viszonyokkal magyarázható.

A fenti adatbázis és a városi károk értékelése alapján elkészítettük az 1763. évi földrengés izoszeisza térképét. Ehhez fontos szempont volt Szeidovitz Győző azon felismerése, hogy a falusi népesség ebben az időben, földrengés-állékonysági szempontból egyforma épületekben lakott (Szeidovitz Gy., 1994, *Acta Geod. Geoph. Hung.*, 29, 197-208), ami lehetővé teszi a keletkezett károk egységes értékelését. A XVIII. század elején a Nyugat-Dunántúlon a fa még kizárólagos építőanyag volt. (Bíró F. 1975: 31–33). Később elterjedt a fonott, tapasztott fal. A tetőszerkezet ágasfás-szelemenés volt jellemző az egész időszakban. A szelemenes tetőszerkezetben a tetőzet súlyát a tető gerincén végig húzódó alátámasztott erős gerenda, a szelemen, viseli.

Hogy egy XVIII. századi földrengés esetében megalapozott izoszeisza térkép legyen készíthető, az kivételes lehetőség, ami annak köszönhető, hogy a jól dokumentált városi károk mellett a vidéki veszteségekről is egységes és részletes dokumentáció készült. Első lépésként az epicentrum helyének becslésére került sor a komáromi és a győri épületkárok alapján. Összehasonlítva a Győr és Komárom esetére kapott intenzitás értékeket (a Pannonmedencére tipikus 10 km fészekmélységet feltételezve), megállapítható, hogy a földrengés epicentrumának a két várostól 25, ill. 10 km távolságban kellett lennie. Ezt a feltételezést támasztja alá, hogy az utórengeket is a két város között lévő falvakban figyelték meg elsősorban.

Arra a következtetésre jutottunk, hogy a földrengés nagyobb volt a korábban feltételezettnél. Mérete meghaladta az $I=9$ és a $M=6,2$ értéket (10 km fészekmélységet feltételezve), sőt akár a $M=6,5$ értéket is elérhette, és fészke a Rába-Ógyalla szerkezeti vonallal hozható kapcsolatba. A Rába-Ógyalla vonal Győrtől délre lévő részének



5. ábra. Carlos Mardel, Martell Károly (1696–1763)

ismert földrengés-aktivitása eltér a Komárom felé eső részétől. A jelenség oka ismeretlen. A térségben lévő nagyobb mérnöki létesítmények földrengés-veszélyeztetettségét a korábban feltételezett kisebb magnitúdó értéket feltételezve határozták meg.

A korszellemnek megfelelően alakult a magyar tudósok és írók földrengések iránt megnövekedő érdeklődése az 1763. évi földrengést követően. Bár az első magyarországi földrengésfelsorolás Istvánffy Miklós grandiózus munkájában már megtalálható (*„Pannonii Historum de rebus ungaricis”* Libri XXXIV, 1622, Köln) hat XVI–XVII. századi magyarországi eseményt felsorolásával, továbbá az első földrengéssel foglalkozó írás (Schnitzler Jakab, 1681: *„Jelentés Isten szaváról és a földrengések természetéről, Eredetük és Jelentőségük annak a nagy földrengésnek alapján, amely néhány nappal ezelőtt, az 1681. év augusztus 19-ének hajnala előtt, negyedórával egy óra után következett be”*) is már korábban napvilágot látott, a magyar természettudósok érdeklődése a földrengések iránt igazán az 1763. évi tragédia után jelentkezett. Az első reakció, melynek szerzője valószínűleg Grossinger János, már 1763-ban napvilágot látott (*Az 1763. július 28-án a Magyar Királyság Különböző*

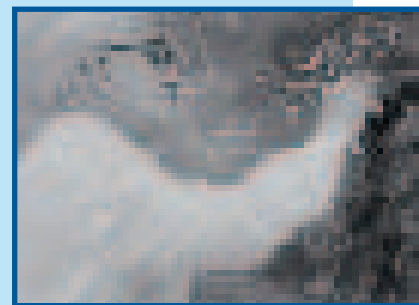
Helyeégeiben Észlelt Ijesztő Földrengés Leírása, amelyet Komárom szabad királyi városban tizennégy napon keresztül éreztek/ mellette egy ének, Buda, Nyomatatva Leopold Frantz Landerernél, a Vízvárosban, 1763). Kaprinai István jezsuita történész adatai, egy a komáromi 1763. évi földrengésről írt tanulmánnyal együtt, napjainkig sem láttak napvilágot, kézírata a budapesti egyetem könyvtárában található. Ugyanitt van, és ugyancsak kéziratban, Kolinovics Gábor történétíró és királyi táblai hites jegyző hazai földrengésekkel foglalkozó 1767-ben írt terjedelmes műve is. A magyar földrengéskutatás büszkesége Grossinger Jánosnak a komáromi Óvár lelkészének 1783-ban Győrben megjelent könyve a *„Dissertatio de terrae motibus regni Hungariae”* (*„Értekezés a magyarországi földrengésekről”*). A könyv első része részletesen foglalkozik a rengések keletkezésének Grossinger által elképzelt magyarázatával. A rengések okozója „a szűk helyre szorított, és nagy hő hatására kitágult levegő”. A mű legfontosabb értékét az a 24 magyarországi földrengésre vonatkozó információ jelenti melyeket „régievkönyveket” átnézve sikerült összegyűjtenie. Grossinger munkája a maga korában az egyik legkorábbi földrengés-katalógusa volt. Sikere jellemző, hogy azt egy a könyv megjelenésének idején Komáromban állomásozó katonatiszt, gróf Johann Sternberg, három évvel később saját neve alatt megjelentette (Sternberg J.: *„Versuch einer Geschichte der Ungarischen Erdbeben”*, Prag - Dresden, 1786).

Részletesen foglalkozik a földrengésekkel Mitterpacher Lajos (1734–1814), a természettörténet, fizikai földleírás rendes tanára a Magyar Egyetemen, két könyve (*„A Földgolyó, rövid természeti története”*, 1774 és *„Fizikai Földleírás”*, 1789), valamint Varga Márton főleg csillagászati tárgyú munkája is (*„A tsillagos égnek és a föld golyóbissának az ő tüneményeinek együtt való természeti előadása s' megesmertetése”*, Nagyvárad, 1809). Már a XIX. század elején, 1824-ben, jelent meg a komáromi kötődésű Holéczy Mihály (1795–1838) dolgozata a *„Tudományos Gyűjtemény”*-ben (*„A komáromi földindulások”*, *Tudományos Gyűjtemény, I, 56-61*). Ugyancsak ebben az évben látott napvilágot Katona Mihály *„Közönséges természeti-földleírás”* című könyve (Pest, 1824). Matematikai, fizikai megalapozottságú elméletet dolgoz ki a földrengések okáról és a hatásterjedés mechanizmusáról Nyiry István 1835-ben *„A földrengések tudományos feldolgozása”* című munkájában (*Tudománytár, VIII, 97-136*).

A komáromi földrengés utáni hazai tudományos közlemények közül a legnagyobb jelentőségű Kitaibel Pál és Tomcsányi Ádám professzorok latinul megjelent és részletes ásványtani, földmérési, hidrológiai és mágneses méréseken alapuló könyve az 1810. évi komáromi földrengésről: „*Értekezés általában a földrengésről s különösképpen az 1810. január 14-i Mór-i földrengésről*”, Budán, a Királyi Egyetemi Nyomda betűível 1814, mely a világ első izoszeiszta térképét is tartalmazza.

Az irodalom részéről jelentkező első reakció még 1763-ban megjelent a már említett – és Grossingernek tulajdonítható –, Budán kinyomtatott röplaphoz csatolt költemény formájában. Grossinger híres „*Dissertatio de terrae motibus regni Hungariae*” című könyve végén egy szép latin nyelvű elégia található, melyet 2006-ban Nagyillés János fordított magyarra. Baróthi Szabó Dávid epikus költeménye „*A komáromi földindulásról*” Kassán látott napvilágot „*Költeményes munkái*”-nak első kötetében, 1789-ben. Irodalmi érdekessége mellett a komáromi rengéssel kapcsolatos adatok miatt is fontos Fábíán Julianna és Gvadányi József verses levelezése („*Verses levelezés, a melyet folytatott gróf Gvadányi József magyar lovas generális nemes Fábíán Juliannával, nemes Bédi János élete párjával, melybe több nyájas dolgok mellett, királyi Komárom városába történt siralmas földindulás is leírtatott és a versekbe gyönyörködők kedvéért kiadattatott*”, Pozsony, 1798). Érdemes megemlíteni, hogy Fábíán Julianna házában megfordult Csokonai Vitéz Mihály is és a hagyomány szerint ott ismerkedett meg 1797 tavaszán Lillával (Vajda Juliannával). Az 1783. évi földrengéssel foglalkozik a bicskei református prédikátor, Csokonai Vitéz Mihály debreceni iskolatársának és barátjának, Kovács Sámuelnek verse (*Mindenek Gyűjtemény 1880*), mely Kecskés Sándor könyvében a „*Komárom az erődök városa*”-ban is megtalálható (*Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1984*). A komáromi protestánsok és katolikusok közti viszályt foglalkozik Jókai „*Elátkozott család*” című regénye, mely folyóiratban 1857-ben, könyv alakban 1858-ban jelent meg és bevezető részében részletes leírást tartalmaz az 1763. június 28-án bekövetkezett tragikus földrengésről. A komáromi születésű Sziyei József grandiózus műve a „*Magyar írók élete és munkái I–XIV.*” (*Budapest: Hornyánszky. 1891–1914*) sok adatot tartalmaz a magyarországi földrengésekkel kapcsolatosan. Külön említendő a Vasárnapi Ujságban (1863) megjelent érdekes és sok máshol nem található adatot tartalmazó írása „*A rév-komáromi földrengésekről*”.

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 versenyközponthoz, 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 nyertesait 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.titmatematika.hu portálon. XLIII. TIT KALMÁR LÁSZLÓ MATEMATIKA VERSENY- NYEL kapcsolatban további információ kérhető a titkarsag@titnet.hu címen és a fenti címen, telefonszámon. Eredményes versenyzést és sikeres lebonyolítást kívánunk.

PIRÓTH ESZTER
igazgató

SÜMEGI PÁL – SCHÖLL-BARNA GABRIELLA – DEMÉNY ATTILA

A Balaton vízszintváltozásainak 20 ezer éve

A Balaton kialakulására vonatkozó első tudományos értékű elméletet még 1732-ben *Bél Mátyás* írta le. Szerinte a tó a Zala-folyó kiszélesedő torkolataként fogható fel. 1782-ben az első osztrák katonai, ún. „*Josefiánus*” térkép kialakítása során elkészült az első, partfejlődési szempontból is jelentős Balaton-térkép, majd *François-Sulpice Beudant* francia geológus végzett igen fontos geológiai megfigyeléseket a területen; felismerte és leírta a holocén tőzeget (*tourbe*), és elkészítette a Balaton első geológiai térképét 1818–1822 között.

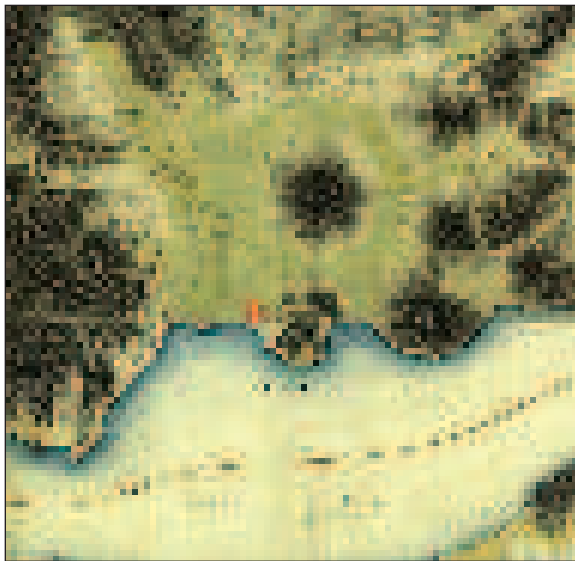
A geológiai felmérések alapján készített tőzegetérképek nyomán a Magyar Királyi

tója nemzetközi szinten is kiemelkedő, az éghajlati tényezőktől a tó földtani fejlődésére is kiterjedő monografikus sorozatban megjelenő limnológiai kutatásokat indított el a Balatonon a XX. század kezdetén. A földtani vizsgálatok nyomán arra következtettek, hogy a Balaton 4 részmedence feltöltődésével alakult ki. Ezt a geológiai fejlődéstörténeti képet támasztotta alá az 1980-as években megkezdett, a Magyar Állami Földtani Intézet vezetésével folytatott komplex földtani vizsgálat is. Ennek nyomán rajzolódott ki, hogy a tó több, egymástól elkülönülő, eltérő korú, többféle tényező hatására, poligenetikus módon létrejött részmedencékből áll és fejlődése a jégkor végén kezdődött el.

Mindezek ellenére, a Balaton kialakulásáról igen sok hipotézis, természetrajzi vízió jelent meg tudományos szinten. A sokféle megalapozatlan elmélet miatt, és a tó környékén a régészeti ásatásokon végzett környezettörténeti, régészeti, geológiai megfigyelések, kutatások nyomán határoztuk el, hogy újabbakat végzünk a Balaton fejlődésének feltáráására. Vizsgálati területnek a Tapolcai-medence déli részét, a Balatonedericsi és Szigliget közötti edericsi öblöt választottuk (**1. ábra**). A fűrészhelyszín kiválasztása után magfűrésszel emeltünk ki egy az utolsó 20 ezer év során fel-

geztünk. Összesen 38 különböző tényező, környezeti változást visszajelző marker szempontjából vizsgáltuk a fűrészt. A mintavételezés olyan sűrűn történt a fűrészszelvény mentén, hogy az egyes minták időbeli felbontása átlagosan 100 évnél adódott, de egyes szakaszokban az időbeli felbontás elérte az 50 évet is. Így az utolsó 20 ezer évre vonatkozóan megközelítőleg évszázados, de egyes időszakokban évtizedes léptékben tudtuk az öslénytani, geológiai, geokémiai tényezők változásait vizsgálni és ennek nyomán a Balaton vízrendszerének és környezetének átalakulásait modellezni.

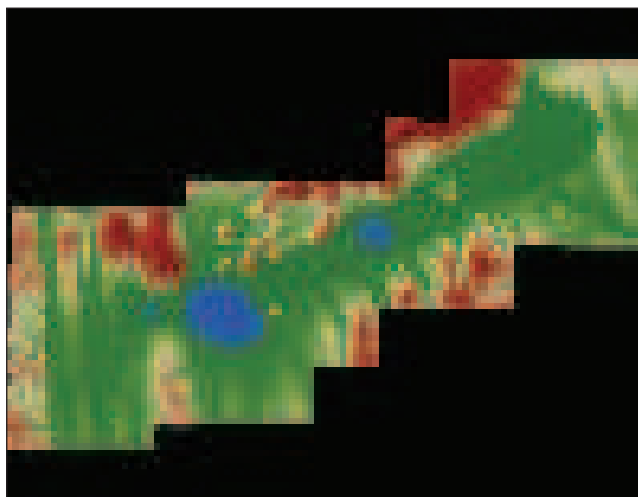
A különböző geológiai és öslénytani markerek alapján a következő változásokat lehetett a tómederben és környezetében elkülöníteni. A fűrés és a balatonedericsi öblöt fenékszintjét egy 20–21 ezer évvel ezelőtt kifejlődött folyóvízi kavicsos homokréteg alkotja. Ez a folyóvízi réteg az edericsi öblöt is magába foglaló süllyedék, a mai Balaton egyik részmedencéjének kialakulási szintje. Ugyanis a vizsgált terület süllyedése nyomán a magasabb térszínről induló patakok nagymennyiségű mállatlan szilikátot, folyóvízi törmelékét szállítottak a kialakuló üledékgyűjtő medencébe, a Balaton megszületőben lévő legősibb részmedencéjébe. A szerveslétlen anyag mellett hidegtűrő, hidegkedvelő csigák héjai, és hidegkedvelő, napjainkban csak tundrán, tajgában élő növényfajok maradványai, közülük magok és növényi opalitok (fitolitok) kerültek elő. Bármilyen meglepőnek és ellentmondásosnak tűnik, az ebből a szintből kiemelt kagylók és csigák héjain végzett oxigén- és szénizotópos elemzések nyomán hideg, jégkori végi, de relatíve szárazabb (kisebb csapadék bevitelű) éghajlati szakasz kifejlődésére következtethetünk. Így a nedvességet kedvelő, illetve a vízi fajok megjelenése a szelvénynek ezen a szakaszán elsősorban a jelentős lehűlés nyomán kialakult páratartalom növekedésének és nem a csapadékmennyiség emelkedésének köszönhető. Az izotóp-geokémiai elemzések nyomán a hideg, száraz éghajlati szakasz folytatódott 18 ezer évet követően is, de az üledék jellege megváltozott, és a barnamoha-láp



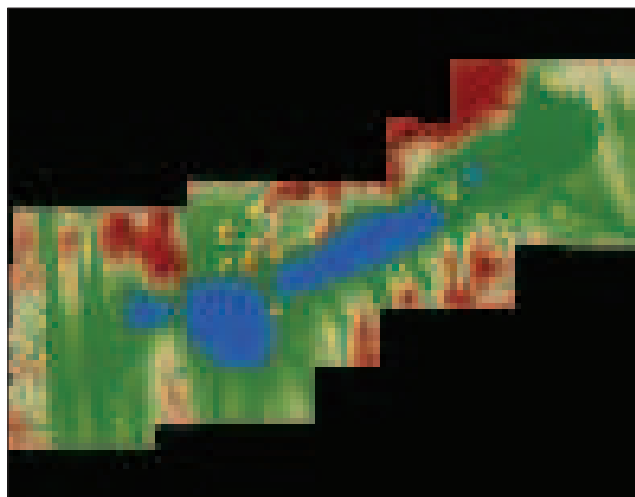
1. ábra. A balatonedericsi magfűrés helyzete a Balaton szabályozása előtt az 1782-ben készült első osztrák katonai térképen

Földtani Intézet geológusa, *László Gábor* ismerte fel 1911-ben, hogy a Balaton történeti és őstörténeti időkben jelentősebb kiterjedésű volt, mint a szabályozás előtt. A Balaton a legnagyobb kiterjedések során elérhette a 110 m tengerszint feletti magasságot is, amely a mai, szabályozott szinthez (104,3 mBf) képest több méterrel jelentősebb vízborítást mutat. Ezt követően *Lóczy Lajos*, a Földtani Intézet igazga-

lalmazódott 520 cm-es folyamatos kifejlődésű rétegsort. A szelvényen a balatoni és a magyarországi negyedidőszaki fűrészek közül egyedülálló módon, több mint 20 radiokarbon kormeghatározást, teljes üledékföldtani elemzést, geokémiai, szerves geokémiai, izotópgeokémiai, makrobotanikai, pollenanalitikai, növényi opalit (fitolit), valamint csiga- és kagylómaradványokra kiterjedő malakológiai vizsgálatokat vé-



2. ábra. Az edercsi részmedencében kialakult barnamoha-láp és lápos tó, valamint a hegyközi és a keszthelyi mélyedésekben kialakult tavak 16 ezer évvel ezelőtt



3. ábra. Az edercsi részmedencében kialakult tó, valamint a hegyközi, keszthelyi és füredi mélyedésekben kialakult tavak 13 ezer évvel ezelőtt

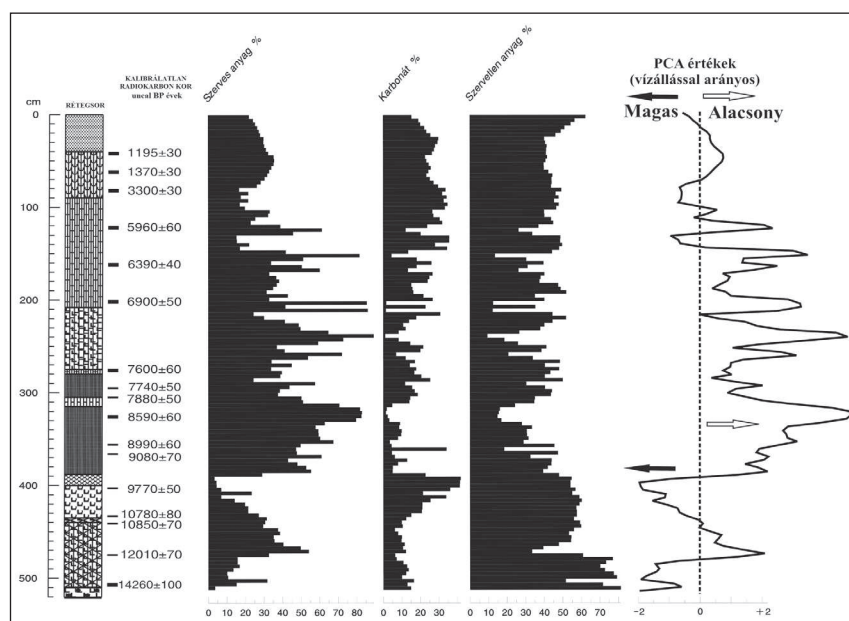
borítása nyomán tőzegréteg fejlődött ki. A barnamoha-láp tőzegéből nagymennyiségű tundralakó lápi mohafaj, valamint magcsákó, apró- és törpenyír, fenyőszövet, mohaspóra, fenyő-, nyír-, törpenyírfapollen, növényi opalit és kifejezetten hidegtűrő csiga-, és kagylófauna került elő. Ezek a leletek jelentős lehűlést, és lokálisan párák, hideg környezetet jeleznek ebben a szintben. A barnamoha-láp kifejlődését az utolsó jégkori végi hidegmaximum, az észak-atlanti fűrészek elemzése nyomán elnevezett Heinrich lehűlések egyes (H1) szintjével párhuzamosítottuk. Viszont önmagában ez a globális szinten különböző területeken (jégtakarók, tavak, lápok rétegsorában) kimutatott, 16,8 és 14,5 ezer nap-tári évek között kialakult markáns lehűlési szint nem lett volna elegendő a karbonátos és mezotróf szubarktikus környezetre jellemző barnamoha-láp kifejlődéséhez. Valószínűsíthető, hogy ezzel párhuzamosan bár lelassult a medence további mélyülése, és egy tál alakú mélyedés, hidegzug fejlődött ki a legősibb balatoni mederrészben. Ez a mélyedés ideális felszín lehetett a barnamoha-fajok megtelepedésének (2. ábra). A rendkívül jelentős mennyiségű fenyő- és nyírmaradvány (virágporszemek, szövetdarabok, magvak, szenült fadarabok) nyomán feltételezhető, hogy a barnamoha-lápnak legalább egy részét nyírral kevert fenyves boríthatta. Ugyanakkor a tavi káka, a gyékény, a sás, a békaszőlő, a barna palka, a torzsika boglárka jelenléte alapján a lápon belül szezonális tavak is kialakulhattak, elsősorban nyáron, amikor a fagyott felszínek kiengedtek. A lápos tó kialakulását elősegítette, hogy 15 ezer évvel ezelőtt az éghajlat jelentős változáson ment keresztül, az izotóp-geokémiai és a geológiai adatok alapján egyértelmű-

en csapadékosabb klímafázis fejlődött ki a vizsgált területen.

Ez a csapadékosabb klímafázis a relatíve hidegebb hőmérsékleti viszonyok (júliusi középhőmérséklet 13–17 °C közötti lehetett) mellett a vízszint fokozatos emelkedéséhez vezetett. A vízmélység növekedését az erőteljesebb süllyedés is elősegíthette, és az éghajlati változások és talán a süllyedés nyomán a Balaton legősibb medencerészében egyre nagyobb vízborítás, lápos tavi állapot alakulhatott ki. Az első ilyen vízmélység-maximum a

makrobotanikai elemzések alapján 13,6 ezer évvel ezelőtt alakult ki, míg az üledékföldtani, geokémiai, malakológiai és pollenadatok ennél kicsit későbbre, 13 ezer évvel ezelőttre teszik a részmedence jelentős kimélyülését. Nagyon sokan úgy gondolhatják, hogy ekkor az egész Balaton medrében jelentős vízborítás alakulhatott ki, de úgy tűnik, hogy a jégkor végén a tó még négy kisebb részmedencéből állt, és közöttük idősebb geológiai rétegekből álló üledékes gátak húzódtak (3. ábra). Ugyanakkor nem könnyű az itt bemutatott fűrés-

4. ábra. A balatonedericsi fűrés rétegsora radiokarbon korokkal, a tavi vízborítással arányos karbonát-, szervesanyag-tartalom, valamint a lápi, tőzeges környezet indikátoraként felfogható szervesanyag-tartalom változásai nyomán rekonstruált, a vízállás-változásokkal arányos trendek (a balatonedericsi vízérce)





szelvény oldalirányú összefüggéseinek, a Balaton vízborításának térbeli feltárása, mert ez ideig ilyen részletes vizsgálatokat más balatoni szelvényen nem végeztek, illetve a korábbi fúrásoknál hiányoztak a sorozatban végzett kronológiai elemzések. Ugyanakkor a vízmélységre vonatkozó adatoknál látható, hogy ezek nem a parti vízborítással arányosak, hanem az adott szelvényénél, az adott részmedencénél kimutatható vízmélységet jelzik. A jégkor és jelenkor (pleisztocén – holocén határán: 11,6 ezer naptári év – a fúráson belül megközelítőleg 400 cm-nél), illetve a jelenkor (holocén) kezdetén alakult ki a legjelentősebb vízmélység a balatonedericsi – öbölben és az üledék jellege (4. ábra), a rétegsorból előkerült növényi és állati maradványok összetétele fokozatosan megváltozott. Érdekes, hogy valamennyi geológiai, geokémiai, paleontológiai paraméter fokozatos változást mutatott, és nyoma sincs a sok szerző által drasztikus hidegszintként

kagylósrák- (*Ostracoda*), csiga- és kagylófauna, valamint jelentős mennyiségű csilárkamoszat töredéke került elő ebből az átmeneti és kora holocén szintből. A csigafaunában, hasonlóan a makrobotanikai anyagokhoz, a mezoooligotróf, karbonátban gazdag, legalább 2–3 méteres vízborítást kedvelő vízi fajok domináltak. A csigafaunában a jégkor végén domináns hidegtűrő, mint a ritka kerekcsájú csiga (5. ábra), és a holocén kezdetén elterjedő enyhébb éghajlatot kedvelő elemek ebben az átmeneti és kora holocén szintben még együtt jelentek. A tó valamennyi részmedencéjére, köztük a Kis-Balatonra is kiterjedő súlyyedés intenzívebbé válása nyomán ebben a fejlődési szakaszban alakult ki a Balaton egységes vízfelszíne is, megközelítőleg 11–10,5 ezer évek között. Az egységes vízborítás kialakulásában a holocén kezdetén felerősödő süllyedés, és az ekkor kialakult csapadékosabb éghajlati szakasz kifejlődése játszották a döntő szerepet.



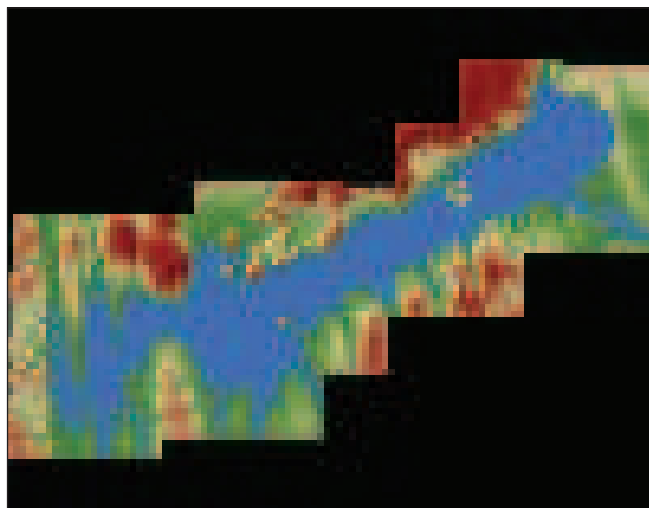
5. ábra. A jégkor végén és a holocén kezdetén lerakódott üledékrétegek egyik jellegzetes csigafaja a ritka kerekcsájú csiga (*Valvata pulchella*)

értékelt legutolsó jégkori lehülés, az ún. *Dryas III. szint* és a kora holocén felmelegedés közötti ugrásszerű változásnak. A jégkor és a jelenkor határán a barnamohaláp tözeges anyagának szervesanyag-tartalma fokozatosan csökkent, és előbb szürke, majd fehéresszürke színű tavi üledék, kalcitot, magnezitokalcitot is tartalmazó tavi mészszipa fejlődött ki a jégkor végén képződött barnamoha-láp rétegének felszínén. Ugyanezt a fokozatos átalakulást támasztják alá az izotóp-geokémiai, valamint pollenadatok is. Ez utóbbiak esetében már a jégkor végén jelenlévő melegkedvelő, mérsékeltvívi erdőelemek arányának fokozatos növekedése, majd uralomra jutása figyelhető meg, miközben a boreális erdőkre jellemző fenyő- és nyírdominancia fokozatosan csökkent 12 és 8,5 ezer év között. Ezekkel a változásokkal párhuzamosan igen gazdag

Az egységes, több részmedencét elborító vízfelszín, a mai értelemben vett Balaton megszületését követően, a balatonedericsi öblözlet környezete és vízborítása átalakult. Ebben szerepet játszhatott a megnövekedett hőmérsékleten kialakult intenzívebb párolgás, a holocén kezdetén kialakult jelentősebb növényzeti borítás vízmegkötő szerepe, a vízparti növényzet kiterjedése, a háttér emelkedése és a medencerészek süllyedése következtében fokozatosan felerősödő erózió, valamint pont az a tényező, hogy a részmedencék közötti gátak elmosódtak és a víz valamennyi részmedencét elborította. Ezen változások nyomán a vízparti növényzet elborította a szelvény környékét, ugyanis nád- és gyékénymaradványokat tartalmazó tőzeg alakult ki, de a tőzegréteget kisebb-nagyobb vastagságú mészszipos sávok tagolták.

Így alakult ki a jégkor végi és jelenkor kezdeti erőteljes éghajlati változások és a jelenkor kezdetének intenzívebb mozgásait követően a balatonedericsi öblözletben a holocén vízmérce állapot, az alacsonyabb vízállások során a tőzeganyag, és a magasabbak során tavi mészszipa halmozódott fel 1–4 cm-es sávokat alkotva. A radiokarbonos vizsgálatok szerint a csapadékosabb és szárazabb éghajlati ciklusok hossza 130 és 420 év közöttiek voltak, de ebből a horizontból kiemelt, alig 30 évet átfogó részminták elemzése alapján egy finomabb, évtizedes ciklus is kirajzolódott az évszázadokat átfogó vízszintingadozások mellett. Az izotóp-geokémiai adatok alapján a jégkor végi szárazabb, majd a jégkor/jelenkor határán és a holocén első fázisában kialakult csapadékosabb éghajlati fázist 10 és 8,5 ezer évek közötti szárazabb szakasz váltotta fel, de ezt az 1500 éves szárazabb éghajlati periódust több 130 éves és 30–60 éves csapadékosabb klímacyklus szakította meg. A jelenkor (holocén) kezdetén, 10–8,5 ezer évek közötti szárazabb éghajlati szakaszokban a vízparti, sekély, felmelegedő, szervesanyagban gazdag vizeket kedvelő növény- és állatfajok, mint a gyékény, a nád, a gyűrűs stüllőhínár, a lapulevelű madárkeserűfű, és a kétéltű, valamint a borostyánkő csigák domináltak. Ezeknek a bioindikátor elemeknek az előretérése mellett megemelkedett ezen szinteknek a növényi opalit- (fitolit) tartalma is. Ugyanakkor a szárazabb szinteket megszakító csapadékosabb éghajlati fázisokban a tőzegréteget tavi mészszipaszintek szakították meg. A mészszipos szintekben a fitolitok, a vízparti környezetben élő növények és csigák mennyisége erőteljesen lecsökkent, ezzel párhuzamosan a mélyebb tavi környezetet jelző elemek, mint a csilárkamoszat, a fehér tündérrözsza és más hínármaradványok aránya megemelkedett. A pollenváltozások alapján a tavat ekkor már tölgyes erdők övezték.

A 8500 és 7800 évek közötti időszakra megfelelő fúrászelvényben sötétszürke tavi réteg húzódott. Ebből a szintből tuskéshínár, csilárkamoszat, tavi tündérrözsza, tavi káka, békaszőlőfélék és fillércsiga maradványainak tömege került elő. Ezek a bioindikátorok egy szerves anyagban gazdag, de jelentősebb vízmélységű tavi fázis kialakulását jelzik a fúrás környezetében. Ennek nyomán ebben az időszakban egy csapadékosabb éghajlati fázis kialakulását és erőteljes vízszintnövekedést rekonstruálhattunk. Ezeket a változásokat az izotóp-geokémiai elemzések is alátámasztották. Ezt a csapadékosabb és a tavi környezet kiterjedésével jellemezhető fázist egy hosszabb, relatíve szárazabb éghajlati fázis követte 7800 és 3500 évek között. Ennek nyomán az edercsi öblözletben döntően nádból álló tőzegréteg fejlődött ki, de ezt a



6. ábra. A Balaton legjelentősebb természetes kiterjedése a bronzkor végén és a vaskor kezdetén

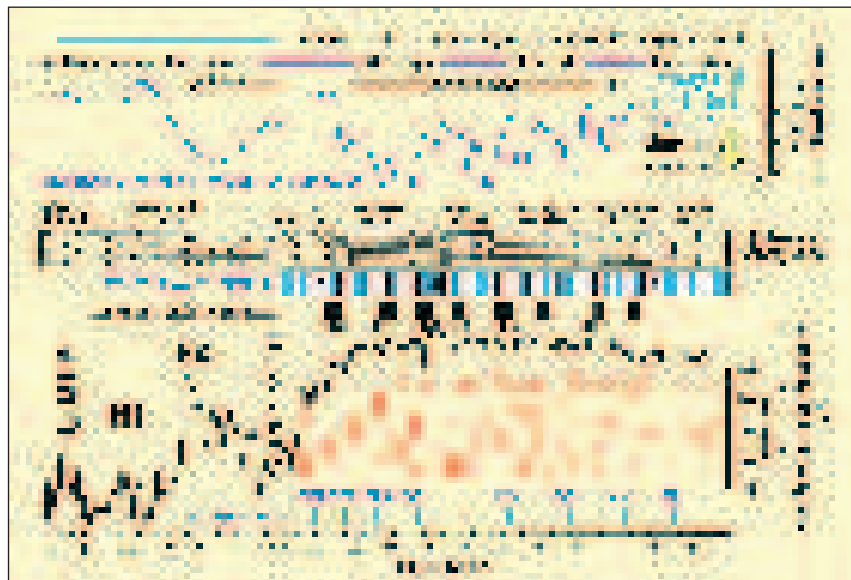
tőzegréteget több szinten is laminált, szürkés színű tavi üledék szakította meg, jelezve a rövidebb néhány száz évet, vagy csak néhány évtizedet átfogó csapadékosabb éghajlati fázisokban megemelkedő vízszintet és kiterjedő tavi környezetet. A tőzegrétegben a domináns nádmaradványok mellett elsősorban a nádasokhoz kötődő növények, mint a sédkender és a közönséges rence maradványai, valamint a szerves anyagban gazdag, lápi-mocsári környezetet jelzi a lapos kerek-szajú csiga és a borsókagylók héjainak tömege található. A pollenvizsgálatok alapján a tó környezetében ebben a fázisban már megtelepedtek a termelő kultúrák, és hullámszerű, de egyre erőteljesebb hatással voltak a tavi rendszer környezetére, a parti zóna feltöltődésére. A fapollenek arányának csökkenése, a gabona- és gyompollenek egyre erőteljesebb megjelenése alapján a termelő gazdálkodást folytató közösségek megtelepedése és fejlődése az erdőterületek csökkenésével, a növénytermesztési és állattenyésztési övezetek, utak, települések és ezzel együtt az erózió és a talajbemosódás ciklikus növekedésével jártak.

Adataink azt bizonyítják, hogy a neolitikum kezdetétől a középső bronzkor végéig tartó 4500–5000 éves időtartam viszonylag kiegyenlített, mezőgazdasági termelés számára kifejezetten kedvező éghajlati feltételekkel jellemezhető. Ekkor a Balaton vízszintje, a mai szabályozott szintnél mindenképpen magasabban, 106 méter tengerszint feletti magasság körül stabilizálódott. Ugyanakkor a rövidebb idejű, néhány évtizedet, maximum 130–260 évet átfogó csapadékosabb éghajlati szakaszokban 1–2 méteres vízszintnövekedések is kialakulhattak, és ezek a magasabb vízállással jellemezhető csapadékos klímaszakaszok igen nehéz helyzetbe hozhatták közvetlenül az őskori Balaton part-

ján lakó termelő közösségeket. Valószínűsíthető, hogy a Balaton déli partján, az autópálya építkezéseket megelőző, nagyfelületű régészeti ásításokon megfigyelt vízvezető árok, településeknél megfigyelhető magasabb szintre költözések ezekkel az éghajlati változásokkal mutatnak összefüggést.

Ez a középső holocénre jellemző, relatíve kiegyenlített éghajlati kép mintegy 3500 évvel ezelőtt megszakadt, és barnásszűke színű, meszes tavi üledékréteg fejlődött ki a balatonedericsi fúrásszelvényben. Ebből a rétegből a nyíltvízi életformák, elsősorban kagylósrakok, lemez- és fillércsigák héjai, valamint jelentős számú csilárkamoszlat meszes töredékei kerültek

karbon-adatok alapján ez az igen erőteljes vízszintemelkedés 3500 és 2500 évek között játszódott le. Úgy tűnik, hogy ekkor fejlődött ki a Balaton egységes vízfelületének kialakulásának kezdetétől, 11 ezer évtől számítva az egyik legjelentősebb vízszintemelkedés. Feltételezhető, hogy ekkor alakult ki a Balaton legjelentősebb vízfelülete is. Ezek az adatok jó egyezést mutatnak az általunk a Balaton déli partján, egy régészeti ásításon megfigyelt, bronzkor végére és a vaskor kezdetére tehető árokrendszert 109 méteres tengerszint feletti magasságig kitöltő tavi üledék kifejlődésével. Ez lehetett a Balaton rendszerének természetes úton kialakult legjelentősebb kiterjedése, amikor a vízszint elérhette a 110 méter tengerszint feletti magasságot is (6. ábra). Ezt a rendkívül csapadékos és hűvösebb éghajlati szakaszt egy relatíve szárazabb éghajlati szakasz követte 2500 és 1800 között, és ennek nyomán ismét a nádasok és a nádasokhoz kapcsolódó élővilág terjedt el, és a nádtőzeg képződése vált dominánssá a balatonedericsi öblötben. Ennek a tőzegrétegnek a felszínközeli része a Balaton szabályozása nyomán talajosodott. Így a császárkornál fiatalabb szinteket bár megvizs-



7. ábra. A Balaton rekonstruált vízszintváltozásai az edericsei fúrásszelvény alapján, az észak-atlanti, grönlandi és nyugat-európai paleoklimatológiai adatokkal összehasonlítva az elmúlt 18 ezer évben

elő, és a nád maradványai teljes mértékben kiszorultak az üledékből. Ez utóbbi azért is érdekes, mert a nád két méternél mélyebb vízben már nem képez állományokat. Valamennyi indikátorelem, környezeti paraméter a vízszint erőteljes, legalább két méteres emelkedését, és az éghajlat hűvösebbé válását jelzi. A radio-

gáltuk, de a vízszint-változásokra vonatkozóan már nem értelmeztük.

Összefoglalva az öskörnyezeti vizsgálatok eredményeit elmondhatjuk, hogy az eddigi legteljesebb, a Balaton szinte teljes múltját feltáró fúrásszelvényt sikerült kialakítanunk a balatonedericsi öblötben. Az elmúlt 20 ezer év éghajlati és környe-

zeti változásait megőrző szelvény elemzése és a nemzetközi vizsgálatokkal történő összehasonlítása azt mutatta, hogy a Balaton, egészen pontosan az edericsei részmedencében kialakult tavacska átmeneti helyzetben volt a Balkán-félsziget és Északnyugat-Európából leírt vízszintváltozások között. Ugyanis a jégkor végén még a Balkán-félsziget tavaira jellemző vízszintváltozásokat mutatta, vagyis a lehűlések során magasabb, az interstadiálisok során alacsonyabb vízszintek alakultak ki, az észak- és nyugat-európai tavakra jellemző jégkori alacsony vízszinttel szemben. A holocén kezdetén az edericsei részmedence és a többi mélyedésben kialakult tavacska egységes vízborítás alá kerültek, és kialakult a természetes Balaton egységes vízfelülete. Innentől kezdve lehetséges a tó vízszintváltozásainak szélesebb nemzetközi eredményekkel történő összevetése is (7. ábra). A trendek nyomán látható, hogy a tó vízszintjének alakulása a kora holocéntól kezdődően megközelítőleg jól, bár késleltetve követi a nyugat-európai, az északatlanti és az alpi térségben kimutatott éghajlati változásokat (7. ábra). Ugyanakkor a Balaton természetes hidrológiai rendszerének átalakulásai nem automatikusan követik ezeket a változásokat. Ugyanis a Balaton vízgyűjtő területén az atlantikus éghajlati hatás mellett jelentős szubmediterrán és kontinentális hatások is jelentkeztek, és ezeknek az éghajlati effektusok nyomán rendkívül kiszámíthatatlan mintázatú csapadékeloszlás és vízszintváltozás alakult ki. Ezt bizonyították az izotóp-geo-kémiai vizsgálatok is, amelyek nyomán kilenc csapadékosabb és hét szárazabb időszakot lehetett elkülöníteni az elmúlt 20 ezer év során. Így a Balaton jelenlegi és jövőbeli életében is a folyamatos, szeszélyes éghajlati és vízbevételei változásokra, azaz mind a víz tárolására, mind a vízszint aktív szabályozására kell felkészülnünk, ha azt akarjuk, hogy ezt a 20 ezer éve fejlődésnek indult csodálatos tavat még az unokáink, majd azok unokái is láthassák. 🌳

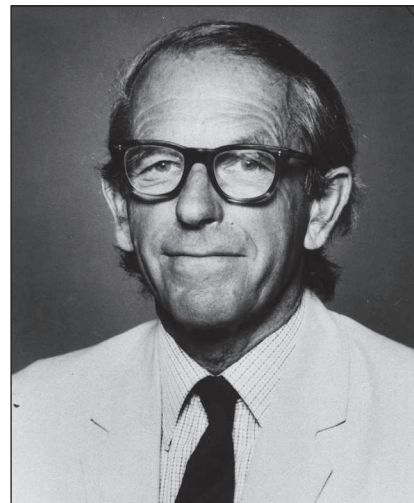
Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Bodor Elvirának, Hetényi Magdolnának, Gulyás Sándornak, Jakab Gusztávnak, Juhász Imolának, Majkut Péternek, Persaits Gergőnek, Sümegi Baláznak és Töröcsik Tündének a fűrés kialakítása, feldolgozása és dokumentálása során nyújtott segítségért. Az izotópgeokémiai vizsgálatokat a K-68343 sz. OTKA-pályázat, a környezettörténeti vizsgálatokat az T-034392 sz. OTKA-pályázat tette lehetővé.

Elhunyt a nagy szekvenátor: Frederick Sanger

2013. november 19-én, 95 éves korában elhunyt a tudománytörténet egyetlen kétszeres kémiai Nobel-díjasa, a brit Frederick, vagy, ahogy mindenki nevezte: Fred Sanger. A hangsúly a kétszeres kémiai Nobel-díjon van, mert Nobel-díjat kétszer mások is kaptak: Marie Curie, Linus Pauling és John Bardeen, de az előbbieket csak egy kémiai, a másik fizikai, illetve béke Nobel-díj volt. A negyedik duplázó Bardeemnek mindkét díja fizikusi. Sanger kémiai díjazása ellenére – korszakalkotó munkássága révén – elsősorban a biológia számára bizonyult fontosnak, hiszen ő dolgozta ki az élővilág legfontosabb molekulatípusai, mindhárom *információs makromolekula* (1. a keretes anyagot) szerkezetének megállapítására szolgáló legjobb módszereket.

A fiatal vegyész a múlt század negyvenes éveiben a Cambridge-i Egyetemen egyedül fogott neki egy akkor szinte reménytelennek tűnő feladat megoldásának. Azt a célt tűzte ki, hogy elsőként meghatározza egy fehérje, az inzulin teljes aminosav-sorrendjét. Ez nemcsak azért volt hallatlanul merész vállalkozás, mert tökéletesen hiányoztak a megfelelő módszerek, hanem azért is, mert akkoriban még abban sem volt biztos a tudományos közvélemény, hogy a különböző fehérjéknek van-e egyáltalán jól definiált egyedi szerkezete. Sanger – későbbi vallomása szerint – ezt szilárdan hitte, különben hozzá sem kezdett volna a munkához. Az inzulint azért választotta, mert aránylag kis méretű fehérje és kereskedelmileg kapható volt, tehát a kiindulási anyag összegyűjtésével nem kellett fáradnia. A kutatást sok éven át egyedül végezte, csak később csatlakozott hozzá az osztrák *Hans Tuppy*, akivel 1951-ben, majd 1953-ban közölték az inzulint alkotó két fehérjelánc teljes aminosav-sorrendjét és a két láncot összekapcsoló diszulfidhidak helyzetét. Ezt az eredményt jutalmazta az 1958-ban kapott első Nobel-díj. Ezután évtizedekig minden újabb (egyre nagyobb) fehérjemolekula szerkezetmeghatározása a Sanger által kijelölt úton haladt, noha ez nem jelentett univerzális receptet, csak bizonyos alapelvek és bizonyos metodikák különböző kombinációkban történő alkalmazását, és még sokáig fáradtságos, idő-, munkaerő- és invencióigényes feladat maradt. Az elem-



(1918–2013)

zés átlagos sebessége Sanger kezében 10–20 aminosav/kutató/év volt, de még 1968-ban is csak a 80 aminosav/kutató/évet érte el.

Sanger azonban az első Nobel-díj után elhagyta a fehérjekutatást, és a nukleinsavak szerkezetének meghatározásával kezdett foglalkozni. 1965-ben közölt egy új univerzális módszert az RNS nukleotidsorrendjének megfejtésére, amellyel 1967-ben meghatározták egy 120 nukleotid hosszúságú molekula, az úgynevezett 5 S RNS teljes szekvenciáját. Noha akkor (sőt mindmáig) ez volt a legjobb RNS-szekvencia meghatározási módszer, ezért nem járt Nobel-díj és nem is vált általánosan elterjedté, két okból. Egyrészt, mert nem ez volt az első RNS, amelynek szekvenciáját meghatározták, ez a dicsőség Robert Holley-t illette, aki 1965-ben közölte egy transzfer-RNS-molekula szerkezetét, és ezért 1968-ban a genetikai kód megfejtőivel, Nirenberggel és Khoranaval együtt részesült a díjban. Holley és Sanger eltérő utakon jártak, a korabeli szakmai zsargon szerint Holley „oszlopos”, Sanger „papíros” ember volt, vagyis az előbbi döntően oszlopkromatográfias, az utóbbi pedig papírkromatográfias és papírelektroforézis módszereket használt az elemzésnél. A másik ok az volt, hogy Sanger (Holley-énál jóval egyetemesebb érvényességű, és sokkal kisebb anyagigényű) módszerének sikeres alkalmazása igen nagy ügyességet és/vagy

rutint igényelt. Sanger maga vallotta később, hogy mindig is idegenkedett a tudomány- népszerűsítésben gyakran idézett „heurka” pillanatoktól, de egyszer életében mégis érzett ilyet, amikor munkatársa, Barrell először mutatott meg neki olyan kétdimenziós papírkromatogramot, amelyen nem elmosódó maszatok, hanem világos, jól elkülönült oligonukleotid-foltok voltak.

A hatvanas évek végén Sanger ismét váltott, a DNS szekvenciájának meghatározásával kezdett foglalkozni. Ez – számos, itt nem részletezhető okból – jóval nehezebb feladatnak ígérkezett, mint a fehérje vagy az RNS szekvenciaelemzése. Azok a megközelítésmódok, amelyek ott alkalmazhatók voltak (különböző szekvenspecifitási bontóenzimek használata, részleges emésztés, végcsoportok azonosítása), a DNS-nél nem bizonyultak használhatónak, és a legkisebb természetes DNS-molekulák mérete is nagyságrendekkel nagyobb, mint a kis RNS-eké és fehérjéké. Sanger és munkatársa, Coulson, egy teljesen újszerű, rendkívül szellemes, korábban semmilyen területen nem alkalmazott módszert dolgozott ki, amelyet „plusz és minusz” technikának neveztek el és 1975-ben publikáltak. Ez az eljárás szakított a kémiai elemzés két alapelveivel. Egyrészt a szó szoros értelmében nem analízis, hanem szintézis volt, azaz kihasználva a DNS-polimeráz enzim másolási képességét, a vizsgálandó DNS-szal mellé megszintetizálták a kiegészítő szálát, és ez volt az elemzés tárgya. Másrészt – szemben azzal a kémiai gyakorlattal, amely lehetőleg az alkalmazott kémiai reakciók teljes véghezvitelére törekszik – az ő módszerük a részleges, tökéletlen szintézisen és vala-



Az 1958 évi Nobel-díjasok (középen áll az akkor 40 éves Sanger)

ennyi lehetséges, véletlenszerűen létrejött reakciótermék elválasztásán alapult. Ezzel a technikával kezdték el a legkisebb ismert természetes DNS-molekula, a ϕ X174 nevű bakteriofág 5386 nukleotid hosszúságú ge-

Információs makromolekulának az élőlények három legfontosabb molekulatípusát: a DNS-t, az RNS-t és a fehérjéket nevezik. Ezek mindhárom néhány, kissé különböző szerkezetű alapegység (4 nukleotid, illetve 20 aminosav) hasonló kémiai kötésekkel lineárisan kapcsolódó polimermolekulái, amelyekre jellemző, hogy szemben a természetes és mesterséges polimerek egyéb típusaival (pl. műanyagok, cellulóz, keményítő), a különböző alapegységek sorrendje rendkívül fontos biológiai információt hordoz. A DNS esetében a nukleotidsorrend adja az örökletes információt. Az RNS egyes típusaiban a nukleotidsorrend a genetikai információt közvetíti az öröklési anyagtól a fehérjékhez, más típusokban különböző szabályozó vagy szerkezeti funkciókkal rendelkezik. A fehérjék aminosavsorrendjét a DNS nukleotidsorrendje határozza meg és e sorrendtől függ a fehérjelánc feltekercsedése, térbeli szerkezete és biológiai funkciója. Mindhárom molekulatípus esetében az alapegységek sorrendjének meghatározását a kutatói zsargon szekvenálásnak nevezi.

netikai anyagának sorrendmeghatározását. E munka közben kifejlesztették a módszer még szellemesebb, a munkát nagyban egyszerűsítő változatát (ennek neve: „láncterminációs módszer”), és az új, jobb módszert, majd a fág teljes DNS-szekvenciáját 1977-ben közzölték. Ezért kapta Sanger a második Nobel-díjat 1980-ban. Ezen azonban osztoznia kellett az amerikai *Walter Gilbert*tel, aki egy teljesen más elveken nyugvó és hasonlóképpen szellemesen újszerű DNS-szekvenciameghatározási metodikát fejlesztett ki Sangerrel egyidőben (a harmadik 1980-as díjazott *Paul Berg* volt, a génebeszeti technika felfedezésért). A Sanger- és a Gilbert-módszer a következő évtized során egyenrangúan fontosá vált. Hogy ki melyiket alkalmazza, nagyrészt személyes preferenciákon alapult. (E sorok írójának laboratóriumában például Gilbert-módszerrel történtek az első hazai DNS-szekvenciameghatározások). 1986-ban azonban megjelentek a világgiacon az első automata szekvenáló készülékek, amelyek működése a Sanger-módszeren alapult. A Gilbert-technika alkalmazhatóságára bizonyult az automatizálásra és ezért hamarosan eltűnt a gyakorlatból, tudománytörténeti epizóddá vált. A következő húsz év során a Sanger-módszer egyeduralkodó volt a DNS-szekvenciameghatározás területén. Érdemes megemlíteni, hogy az 1990-ban indult nagyszabású Humán Genom Program, amely az ember teljes DNS-szekvenciájának megfejtését tűzte ki célul, tervbe vette azt is, hogy a Sanger-eljárásnál hatékonyabb, olcsóbb szekvenálási módszert fejleszt ki. A program célkitűzései közül ez az egy nem teljesült, nem sikerült ilyen módszert találni, a program végig a Sanger-módszert használta és a sikeres befejezést ünneplő protokolleseménynek Sanger volt a díszvendége. Az ilyen típusú ünnepléseket és kiténtetése-



A második kémiai Nobel-díj átvétele 1980-ban

ket Sanger egyébként egész életében kerülte (a lovagga ütést visszautasította), szerényen megállapította magáról, hogy rossz előadó (ebben igaza volt), rossz tanár, rosszul ír, egyetlen erénye, hogy ügyes a laboratóriumban. A sajátkezűleg végzett laboratóriumi munkához a két Nobel-díj után is ragaszkodott, utolsó munkanapján is kísérletezett, majd 65 évesen nyugdíjba vonult és többé be sem tette a lábát az intézetbe. Azt azonban nem tudta megakadályozni, hogy Európa legnagyobb genomikai kutatóintézetét Hinxtonban róla nevezzék el.

Noha a tudományos teljesítmények idézetség alapján történő mérését sok (jogos) kritika is éri, Sanger felfedezéseinek jelentőségét és súlyát azért jól mutatja, hogy 86 közleményére eddig 229 400 idézetet kapott (összehasonlításképpen érdemes megjegyezni, hogy 10 000 feletti idézetszámot már kiemelkedőnek szoktak tekinteni, és ilyenrel elég kevesen büszkélkedhetnek).

VENETIANER PÁL

KÉT CSAPÁS A SÖTÉT ANYAGRA

A Világegyetem anyagának nagyobb részét kitevő, mindeddig ismeretlen, úgynevezett sötét anyagra az eddig legígéretesebb jelöltek az gyengén kölcsönható, nagy tömegű részecskék (WIMP) voltak. Két újabb kísérlet azonban megkérdőjelezi az eddigi eredményeket. A sötét anyag definíció szerint nem lép kölcsönhatásba a fényel, ezért nemcsak sötét, hanem átlátszó is. Jelenlétéről csak gravitációja, például a galaxisok forgására gyakorolt hatása árulkodik. A WIMP-ek elmélete szerint a titokzatos részecskék a gyenge magerővel is kölcsönhatásra lépnek, ezért a WIMP részecskék nagyon ritkán előforduló ütközései nagy atommagokkal kimutatható jelet hoznának létre. A mérési eredmények egymásnak ellentmondóak voltak, egyes detektorokban kimutatta 10 GeV körüli tömegű WIMP-eket, másokban azonban nem. Legújabbban amerikai fizikusok a korábbi hasonlónál hússzor érzékenyebb LUX (Large Underground Xenon) kísérletben próbálták kimutatni a WIMP-eket. Az elmélet szerint a kísérlet működésének első 85 napja alatt 1550 jelet kellett volna detektálni – helyett egyetlen egyet sem találtak. Most az elméleti fizikusokon a sor, ám nemcsak a WIMP-ek hiányát kell megmagyarázniuk, hanem a korábban más kísérletekben a WIMP-eknek tulajdonított jeleket is értelmezniük kell.

A WIMP-ek standard elmélete szerint ezek a részecskék egyben saját antirészecskéik is, tehát, ha valahol a világűrben találkoznak egymással, akkor a tömegüknek megfelelő energiájú gammavillanás formájában annihilálódnuk kellene. A NASA gammatartományban működő Fermi-űrtávcsővel megpróbálták ilyen gammasugárzás nyomára bukkanni, azonban 25, a Tejútrendszerhez közeli törpegalaxis alapos átvizsgálása ellenére nem találtak. Egyelőre persze a Fermi-távcső negatív eredményei sem zárják ki egyszer és mindenkorra a WIMP-ek létezését, mert az eredmények megfelelő értelmezéséhez pontosabban kellene ismerni a WIMP-ek egymással és a közönséges anyaggal való ütközési valószínűségeit. A Fermivel dolgozó kutatók mindenesetre folytatják a megfigyeléseket, és bíznak abban, hogy hamarosan mégis rábukkanhatnak a WIMP-ek annihilációjából eredő gammajelekre. (*www.skyandtelescope.com, 2013. október 30.*)

SZUPERVULKÁNOK A MARSON

Régóta tudjuk, hogy vulkánok tekintetében a Mars jócskán felülmúlja a Földet. Legnagyobb vulkáni kúpja, a Nix Olympica leg-

alább 22 kilométerrel emelkedik a környező síkság fölé. Az űrszondák méréseinek legújabb elemzéséből azonban az derül ki, hogy a bolygó felszíne alatt még ennél is hatalmasabb tűzhányók, valószínűleg egy szupervulkán maradványai rejtőznek. A Földön azokat a nagy kiterjedésű, alacsony vulkánokat nevezzük szupervulkánoknak, amelyek alkalmanként legalább 1000 köbkilométer vulkáni hamut és lávát dobnak ki. (A Mt. St. Helens 1980-as kitörésekor a kidobott anyagmennyiség csupán 1 köbkilométer volt.) A Föld történetében csak néhány szupervulkán kitörésének a nyomait ismerjük. Az amerikai kutatók véleménye szerint valaha a Marson is előfordulhattak hasonló, gigantikus kitörések. Az űrfelvételken a bolygó mélyebben fekvő északi és magasabb déli félgömbje határára elhelyezkedő Arabia Terra területet vizsgálták meg. Hét szabálytalan alakú, 20 kilométert meghaladó kiterjedésű mélyedést fedeztek fel. Értelmezésük szerint ezek azoknak a tál alakú vulkáni krátereknek a maradványai, amelyek akkor keletkeztek, amikor a felszín alatti magmakamra robbanásszerű összeomlásakor a magma kidobódott. Ezeket a marsi mélyedéseket korábban becsapódások nyomainak gondolták, a részletesebb vizsgálat azonban több hasonlóságot mutatott a földi vulkáni kalderákkal, mint a becsapódási kráterekkel. Amennyiben az Arabia Terra óriási mélyedései valóban kihunytt tűzhányók, akkor egykori működésük magyarázhatja a Mars egyenlítői vidékén több helyen megtalált, hamuszerű törmelékkel álló, vastag üledékréteget. (Ezt az anyagot már a NASA Opportunity roverje is vizsgálta, újabban pedig a Curiosity is megtalálta a nyomait a Gale-kráterben.) (*www.skyandtelescope.com, 2013. október 2.*)

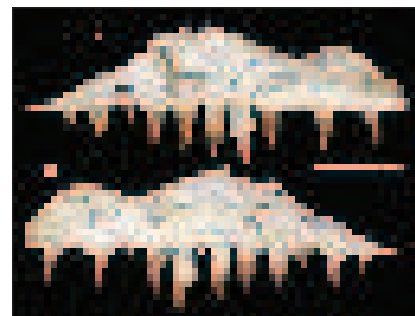
AZ URÁNUSZ KÜLÖNÖS KÍSÉRŐJE

Lagrange munkássága óta tudjuk, hogy a bolygók pályáján a bolygó előtt és mögött 60 fokkal létezik egy-egy gravitációsan stabil pont, vagy inkább környezet (L_4 és L_5). Az ennek környékén keringő apró égitestek keringési ideje megegyezik a bolygóéval, amelyhez tartoznak. A legtöbb trójai kísérőt a Jupiter mondhatja magáénak, közel hatezret (bár a felfedezések tempóját figyelve, mire e sorok megjelennek, már bizonyára meg is haladja a számuk a hatezret). Egyes becslések szerint a Jupiter trójai kísérőinek száma (egy kisbolygóöbven keringő testek számát. A Neptunuszhoz mindössze kilenc jutott, bár az elméleti megfontolások szerint tízszer többnek kellene lennie, mint a Jupiternek. Sőt, néhány éve tudjuk, hogy a Földnek is

jutott egy, nevezetesen a 2010 TK₇ jelű apró égitest. Érdekes, hogy a két óriásbolygó trójai kísérőinek kétharmada, valamint a Földé a rendszereik L_4 pontjai körül mozognak.

A trójai kísérők száma azonban nem a bolygók méretétől függ. Az űrdinamikával foglalkozó szakemberek kimutatták, hogy a Szaturnusz és az Uránusz úgynevezett trianguláris Lagrange-pontjai nem stabilak. Éppen ezért meglepő, hogy a Brit Columbiai Egyetem csillagászai az általuk felfedezett 2011 QF₉₉ égitestről kimutatták, hogy az Uránusz L_4 pontja körül végzi a mozgását. A 14 hónapon át végzett megfigyelések és a számítógépes szimulációk eredményeképpen kimutatták, hogy a 60 km átmérőjű égitest valószínűleg csak ideiglenesen kíséri az Uránuszt. A bolygó valószínűleg csillagászati értelemben a közelmúltban, legfeljebb 100 000 évvel ezelőtt fogta be a kis égitestet, amely az elkövetkező évmilliók során spirális pályán haladva fokozatosan kiszabadul az Uránusz gravitációs kötelékéből. Ezek után azt is megvizsgálták, milyen gyakran fordulhat elő az ilyen átmeneti együttkeringés. Meglepő eredményre jutottak, azt állapították meg, hogy az eddig feltételezettnél sokkal több égitest időzhet trójai kísérőként a Neptunusz, illetve az Uránusz környezetében. A Naptól 34 csillagászati egységnyel nem távolabbi objektumok 1%-a kötődik ideiglenesen az Uránuszhoz, 2%-a pedig a Neptunuszhoz. Az új eredményből a Naprendszer korai dinamikai fejlődésére vonatkozóan is következtetéseket próbálnak levonni a csillagászok. (*www.skyandtelescope.com, 2013. szeptember 30.*)

KANNIBÁL MOSASAURUSOK ANGOLA PARTJAINÁL



A mosasaursok 98 millió évvel ezelőtt jelentek meg, majd a kréta időszak végén (66 millió éve) tűntek el a dinoszauruszokkal egyidejűleg. Őseik szárazföldi állatok voltak, de mintegy tízmillió év alatt olyan tökéletesen alkalmazkodtak a vízi életmódhoz, hogy hamarosan tengeri csücs-

ragadozók váltak belőlük. A mai orkához hasonlóan félelmetes ragadozók halszerű teste akár a kilenc méteres hosszúságot is elérhette. A paleontológusok Angola déli részén, a Bentiaba nevű lelőhelyen találták a jelenleg még intenzív vizsgálat alatt álló fossziliát. A leletet 2006-ban fedezték fel a kréta időszakban lerakódott tengeri homokkőben, de csak 2010-ben sikerült teljesen kiszabadítani a kőzetből. Ekkor fedezték fel, hogy a Prognathodon kianda nevű állat gyomrában további három, különböző fajhoz tartozó mosasaurus példány helyezkedik el. A legkisebbet egyben nyelte le, a másik kettő csontvázából azonban csak a fejet és a gerincet találták meg. A kutatók szerint ez a mosasaurus faj dögvész életmódot folytatott és az elhullt állatokból csemegézett.

Az egykor Afrika partjainál fekvő gazdag lelőhely már korábban is számos érdekes ősmaradványt szolgáltatott. Az egykori tengeri élőhely diverzitását jól mutatja, hogy eddig a lelőhelyről hét mosasaurus fajt, két plesiosaurust, kilenc cápát és ráját, négy teknőst és számtalan halat írtak le. (*Live Science*, 2013. november 1.)

ÖREGEDÉS ELLEN ÉDESVÍZI POLIPPAL

Mi a közös az emberben és a Bdelloidea osztályba tartozó kerekese férgekben? Első ránézésre azt mondanánk: nem sok: a Homo sapiens elérheti a 100 évet, a kerekese férgek élete alig tart tovább 60 napnál. Az emberek az ivaros szaporodás lelkes hívei, a Bdelloideák ezzel szemben évmilliók óta megtagadják fajtársaival a genotípus kicserélését. Am absztrakt szinten életünk nagyon hasonlóan zajlik, mint a filigrán apróságoké. Az emberhez hasonlóan a kerekese férgek átélnek a termékenység nagyon rövid szakaszát, melyet a meglepően hosszú terméketlen idősebb kor követ. S hozánk hasonlóan a Bdelloideák halandósága magasabb életkorban rendkívül megnövekszik. A fenti szempontok alapján inkább hasonlítunk a kerekese férgekhez, mint a csimpánzokhoz.

A kutatók tanulmányukhoz 11 emlős-állat, 12 más gerinces, 10 gerinctelen, 12 cserepes növény, valamint 1 zöldalga termékenységét és halandóságát vizsgálta egész élettartamukon át. Megfigyelésük kiindulási pontját a kor jelentette, melyben az állat vagy növény termékenyvé vált, a végpontot pedig, amikor az egyedeknek már csupán 5 %-a élt.

Az összehasonlítás néhány különlegeséget hozott napvilágra. Nézzük csak az édesvízi polipot: a megfigyelt fajok közül ez az egyetlen, melynek termékenysége és halandósága élete során semmit nem válto-

zik. Ezen kívül az életkort illetően a hidrák tartják a rekordot. Meglepő tulajdonságokkal rendelkezik a kaliforniai üregteknős is: nála a halandóság valószínűsége minden egyes évvel csökken – termékenysége ezzel szemben nő. Olyan, mintha nem ismerne az öregedést.

A megfigyelt élőlények termékenységi és halandósági adatait ábrázoló diagramokra jellemző jelzők sokfélesége tanácstalanságot okoz a kutatóknak. Valahogy nem akar egy igazi minta kikristályosodni. Bár az emlősök életkorának előre haladtával halandóságuk többnyire nő, a növényeknél ugyanez stagnál vagy csökken. Más gerincesekre és gerinctelenekre ezzel szemben tulajdonképpen az egész spektrum jellemző.

Mit tanulhatunk ebből? Nyilván a fennálló öregedési elméletek – mint például mely szerint a testnek korlátozott tartalékait okosan be kell osztania a termékenységi időre és a sérülések gyógyulására – csak részben igazak. Bár az öregedés közvetlen mechanizmusait elméletek számai próbálják megmagyarázni, az alapvető evolúciós okok teóriái még gyerekcipőben járnak. Miért öregszik némely faj, míg mások ennek semmi jelét nem mutatják? Az ember, a kerekese férgek, a vízibőlhák és oroszlánok diagramjai csupán véletlenek? Vagy egykor összehasonlítható evolúciós kihívásoknak voltak kitéve? E kérdések egyelőre még megválaszolatlanok. (*www.wissenschaft.de*, 2013. december 8.)

CSONTTÖRÉSRE DNS-PASZTA

A balesetek során bekövetkező csonttörések gyakran annyira bonyolultak, hogy a sebészeknek egészséges csontszövetet kell beültetniük, ami azonban nem mindig áll rendelkezésre. A másik lehetőség az, hogy a hiányt kalcium-foszfátból készült mesterséges anyaggal való feltöltése. Ez azonban rosszul gyógyul, nagyobb a fertőzés veszélye és a szilárdság is kívánni valót hagy maga után.

Alternatívát kínál a Matthias Epple és kutatócsoportja (Duisburg-Essen Egyetem) által kifejlesztett módszer: egy speciális nukleinsavakkal bevont nanokristályokból álló paszta. A pasztát a csonthiányos helyekre injektálják, ahol a sejtek abszorbeálják a nanorészecskéket. A kalcium-foszfát feloldódik és a szabaddá vált DNS két fehérjével találkozik. Az egyik a BMP-7, amely a csontképződést serkenti, a másik a VEGF-A, ami a véredények letkezéséért felelős. Az újonnan képződött csont így tápanyaghoz jut.

A kutatók már három sejtípusnál sikerrel próbálták ki a módszert, azonban a baleseti sebészetben történő alkalmazá-

sig még további kísérletek szükségesek. Az új módszertől azt remélik, hogy talán a csonttrikulást is kezelni lehet. (*Bild der Wissenschaft*, 2013. 7. szám)

VÉRZÉKENY BETEGEK REMÉNYE

Vérzékenységben (hemofiliában) manapság 1000 férfiből körülbelül egy szenved. Ennek a betegségnek az oka olyan génhiba, melynek következtében akadályozott a VIII. alvadási faktor képzése, melynek feladata, hogy egy keletkező seben a vér becsomósodjon és a vérzés elálljon. Ha azonban hiányzik ez a fehérje, nem működik a véralvadás, s amennyiben a beteget nem kezelik, az ízületekben és a belső szervekben fellépő vérzés súlyos következményekkel járhat, de akár kisebb sérülések is elvérzéshez vezethetnek.

A vérzékenység többnyire nagyon jól kezelhető: a hiányzó véralvadási fehérjét rendszeresen az érrendszerbe juttatják, így kompenzálják a hiányzó fehérje-előállítását. Am ez az eljárás sem problémamentes: az esetek 30%-ában antitest képződik az idegen fehérjével szemben, ami meggátolja a bevitt fehérje hatását. Többek között az ilyen betegek segítése céljából végeznek arra vonatkozólag kísérleteket, hogy a véralvadási faktor termeléséért felelős gén hibáját génkezeléssel javíthatassák ki. A kísérlet során infúzióval a vérbe juttatott adenovírusok látják el a géntranszfer szerepét, melyek a „megjavított” gént adott májsejtbe juttatják, amik aztán a szükséges fehérjét termelik. Ez a kezelési módszer azonban még kezdetleges stádiumban van, s a máj veszélyeztetettsége miatt a betegek harmadában a módszer szóba sem jöhet.

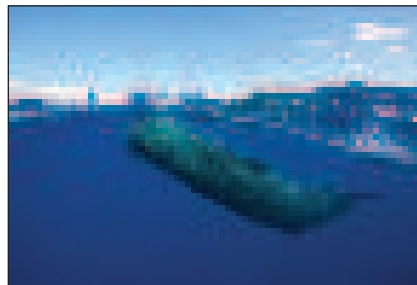
A kutatók ezért olyan eljárást fejlesztettek ki, amely a génhibát más módon oldja meg – mégpedig a szervezeten kívül: a betegtől vér összejet vesznek, melyet speciális táptalajokon tenyésztnek. A keletkezett sejt kultúrákat lentivírussal vegyítik, melyek a megjavított géndarabot hordozzák s a vérsejtekbe juttatják. Az így helyrehozott vér összejeteket aztán szaporítják, végül infúzióval a betegbe juttatják. A vérben az összejete vérelemzőket termelnek, melyek leadják a szükséges véralvadási faktort. A módszer nagy előnye, hogy a folyamat a szervezeten kívül zajlik, tehát kisebb a nem kívánt mellékhatások és az immunrendszer ellenreakciójának kialakulásának a veszélye.

A súlyos vérzések kialakulásának megakadályozására kifejlesztett eljárást három kutyán végzett vizsgálaton tesztelték: a kezelést követően a véralvadási faktor koncentrációja az állatok vérplazmájában még mindig lényegesen alacsonyabb volt,

mint egészséges állatoknál. Mivel azonban a fehérjét közvetlenül a vérlemezkék adták le, még az alacsony koncentráció is elegendő volt ahhoz, hogy a helyi sebgyógyulást megindítsa és a tartós vérzést megakadályozza. A három kutya közül egyiknél sem képződött a véralvadási faktort gátló antitest. Sőt, két kutya 2,5 évvel a kezelést követően vérzésmentes volt. A tesztvizsgálatok tehát bizonyították, hogy a hemofiliában szenvedő kutyáknál a módszer a vérzést hosszú távon megakadályozta. (*www.wissenschaft.de* 2013. november 19.)

ÁLLATI NAPOZÁS

Barna bálna nem létezik. Még akkor sem, ha napozik. De a prém vagy tollazat nélküli állatok, amiknek a bőre hasonlít az emberéhez, védtelenek a napsugárzással



A túl sok napozás a tengeri emlősöknek is árt

szemben – mint ahogy azt egy angol-mexikói kutatócsoport vizsgálatai bizonyították.

A kutatók 3 éven át 184 kékbálnát, ámbrás cetet és közönséges barázdásbálnát figyeltek meg, valamint bőrpróbát vettek tőlük, amit aztán mikroszkóppal vizsgáltak. Kiderült, hogy a különböző bálnafajok más-más módon védekeznek a napsugárzással szemben.

A kékbálna például sötétkék színű lesz a fokozott melanintermelődés következtében kialakuló erősebb pigmentációnak köszönhetően. A folyamat ugyanaz, mint az embereknél, csupán a bőr alapszínében van különbség. A közönséges barázdásbálnák bőrszíne ezzel szemben egész évben alig változik, mivel bőrük – az afrikai emberek bőréhez hasonlóan – eleve nagyon sötét a trópusi UV-sugárzással szembeni védekezés miatt.

Az ámbrás ceteknek pedig saját módszerük van a leégés elkerülésére. Ha túl sok UV-sugár éri bőrüket, két, úgynevezett javító gén aktiválódik a bőr sérüléseinek ellensúlyozására. Ez az ámbrás ceteknél még fontosabb, mint bármely más bálnafajnál: ők maradnak legtovább a vízfelszí-

nen, s ezzel ők vannak a leghosszabb ideig – akár hat óráig – kitéve a napsugárzásnak.

Kérdéses azonban, hogy a bálnák védekező mechanizmusai a jövőben is képesek lesznek-e őket védeni a bőrsérülésektől. A hároméves megfigyelési idő alatt ugyanis a sejsérülések megduplázódtak, a hólyagképződések pedig háromszorosukra növekedtek. Ez valószínűleg a vékonyabb ózonrétegnek köszönhető, amely nem képes kellő mértékben távol tartani az UV-sugarakat. Reményre adhat azonban okot, hogy amerikai kutatók szerint az ózonréteg erősödik. (*www.geo.de* 2013. november)

GLOBALIS ERDŐTÉRKÉP

Tizenöt egyetem, a Google és több kormányzati szervezet összefogásával elkészült az első nagyfelbontású globális erdőterkép, mely a világ erdeinek fogyatkozását, illetve növekedését mutatja. Ez a kutatás segít megérteni az emberi beavatkozást, illetve a természetes folyamatokat, melyek érdeinket érintik, lokális és globális szinten egyaránt.

A felmérések szerint 2000 és 2010 között 2,3 millió négyzetkilométernyi erdőt vesztettünk el és csupán 500 ezer négyzetkilométer új erdő keletkezett. A trópusokon évente 2100 négyzetkilométer erdő veszett el. Az utóbbi évtizedben Brazíliában mérséklődött az erdőpusztítás üteme, eközben viszont nőtt Indonéziában, Malajziában, Paraguayban és másutt.

Az erdőtakaró változásai rengeteg környezeti tényezőre kihatnak: az ökoszisztémára, a klímára, a szén tárolására, a biodiverzitásra, a víz megtartására, ám mostanáig nem volt részletes, pontos műholdas méréseken alapuló és széles körben hozzáférhető adatsor arról, hogyan változott a globális (és lokális) erdőtakaró. Létrehozása hatalmas munka volt. Az Egyesült Államok Geológiai Szolgálatánál hozzáférhetőek voltak az 1999 és 2012 között készült Landsat-7 műhold felvételei. A térképhez kerekén 670 ezer Landsat-képet dolgoztak fel, melyek egyenként kb. 30 méteres felbontásúak, ami igen jónak tekinthető, és lehetővé teszi, hogy az erdőtakaró változásait pontosan nyomon követhessék, több mint egy évtizedre visszamenően. Az adatbázist a következőkben évente bővítik, és azt is ki tudják szűrni, hogy a veszteség például fakitermelésből, erdőtüzből, viharkárokból, vagy a fák megbetegedéseiből ered-e. Korábban az erdőterület változásaira vonatkozó adatokat csak az egyes országok által szolgáltatott, megbízhatónak egyáltalán nem nevezhető adatok alapján szerezhették.

A legnagyobb változásokat a szubtrópusi régiókban tapasztalták, aminek fő oka

a fokozódó területfelhasználás volt, az erdők kárára. A legkomolyabb veszteségek Kambodzsa, Malajzia és Paraguay erdeit érték, utóbbi az éllovas a negatív listán. Aránylag jó hír, hogy a trópusi területeken némileg csökkent az erdőirtás üteme. Brazíliában, Indonéziában viszont épp az ellenkezője történt; számottevő veszteség, és éppen 2011–12-ben. (*Science Daily*, 2013. november 14.)

AZ EDDIGI LEGRÉGBBI NAGYMACSKALELET

A kutatók az eddigi legrégebbi nagymacska maradványait találták meg egy tibeti paleontológiai ásatások során. A fosszília az őskori leletek sorában jelentkező hatalmas hiányt tölti be. A Panthera blytheae-nak elnevezett új fajtól származó koponyát Jack Tseng, a New York-i Amerikai Természettudományi Múzeum kutatója és munkatársai tárták fel és írták le. A lelet azt bizonyítja, hogy a nagymacskák evolúciós eredete sokkal korábbra nyúlik vissza, mint ahogyan azt eddig feltételezték.

A DNS-vizsgálatok szerint az úgynevezett „nagymacskák”, azaz a párducformák (Pantherinae) alsaládjá (ide tartozik többek között az oroszlán, a jaguár, tigris és leopárd) 6,37 millió évvel ezelőtt vált el a legközelebbi evolúciós rokonaitól, a macskaformáktól (Felinae). A nagymacskák eddigi legrégebbi lelete a Mary Leaky által Tanzániában, Laetoliban, a híres hominida-lelőhelyen feltárt fogtöredék is csupán 3,6 millió éves. Tsengék a koponyalelet korát 4,10–5,95 millió évesre becsülték.

A fosszília nemcsak a nagymacskák evolúciójáról kialakult korábbi feltételezést vitatja, hanem segít az evolúció földrajzi elhelyezésében is. A lelőhely olyan területen található, amely átfedésben áll a jelenlegi nagymacska-életterek nagy részével, ami arra utal, hogy a párducfélék Közép-Ázsiában alakultak ki, majd innen terjedtek el.

A legújabb lelettel cáfolják azt az eddigi feltételezést is, hogy a Panthera és a Neofelis nemzetségek egészen 3,72 millió évvel ezelőttig nem váltak szét.

Tseng és felesége 2010-ben fedezte fel a koponyát egy Pakisztán és Kína közötti távoli határterületen. Több mint száz csontot találtak egy vízmosásban, ahol egy antilop maradványai alatt feküdt az összetört, de majdnem teljes koponya. Az elmúlt három évben anatómiai és DNS-vizsgálatok alapján állapították meg, hogy a lelet egy új fajt képvisel. A tudósok a terveik szerint a nyáron visszatérnek a lelőhelyre, hogy újabb minták után kutassanak. (*sciencedaily.com* 2013. november 13.)

Változik hazánk szélklímája?

A szélenergia hasznosítása

BARTHOLY JUDIT–RADICS KORNÉLIA–PÉLINÉ NÉMETH CSILLA

Ha az emberiség energiafelhasználásának történetét elemezzük, azonnal szembeötlő, hogy nem csupán a Föld lakóinak száma nő robbanásszerűen, hanem az egy főre jutó felhasznált energia mennyisége is gyors ütemben emelkedik. A földi hagyományos energiakészletek csökkenésével egyre nagyobb szerepet kell, hogy kapjanak a „kifogyhatatlanul” rendelkezésre álló ún. megújuló energiaforrások, köztük a szélenergia is. A szélenergia hasznosításának több ezer éves hagyományai vannak. Mégis, látszólagos végnapjait élte a XX. század közepe táján, mikor az 1970-es évek olajkrízise, majd a rákövetkező évtizedekben a globális melegedés problémája újra a szél – mint megújuló energiaforrás – felé fordította a tudósok, fejlesztők és a közvélemény figyelmét.

A Föld potenciálisan kiaknázzható szélenergiakincse értelemszerűen az adott ré-

vítésára. Ezen fejlesztések közül a legfontosabbakat mutatja be az **1. ábra**. A szélgenerátorok oszlopmagassága, valamint a rotorátmérő növekedése hozta a kinyerhető energiamentiség legjelentősebb növekedését.

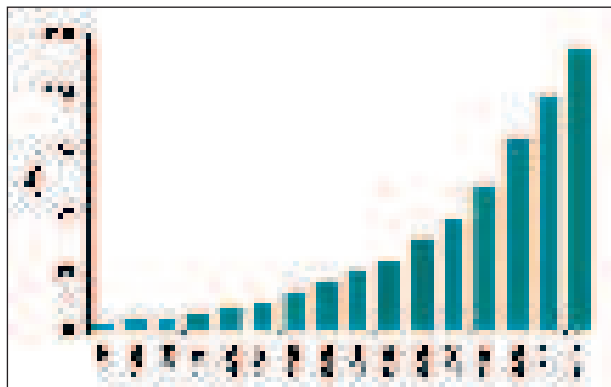
Hogy valójában milyen mértékben növekedett meg a fejlesztések eredményeként a világ szélenergia-termelő kapacitása, arról a **2. ábra** alapján kaphatunk képet. Napjainkban, amikor már elfogadott ténynek tekinthető, hogy az ember

tevékenység befolyásolja a Föld éghajlatának alakulását, megnövekedett az igény a klímaváltozás globális és regionális hatásainak elemzésére, következményeinek becslésére. Az egyes meteorológiai paraméterek átlagos értékeinek elmozdulása mellett kiemelt figyelmet igényel a szélsőséges időjárási és éghajlati események esetleges gyakoriságváltozása is. Az 1990-es években megkezdett hazai szélenergetikai vizsgálatokból még hiányzó szélsőérték-vizsgálatok és tendenciaelemzések (melyek a szélerőművek optimális elhelyezését szolgálják) is nélkülözhetetlenek a várható energiatermelés becsléséhez. Ezért az ELTE Meteorológiai Tanszékén közel húsz éve elindult szélklimatológiai kutatások

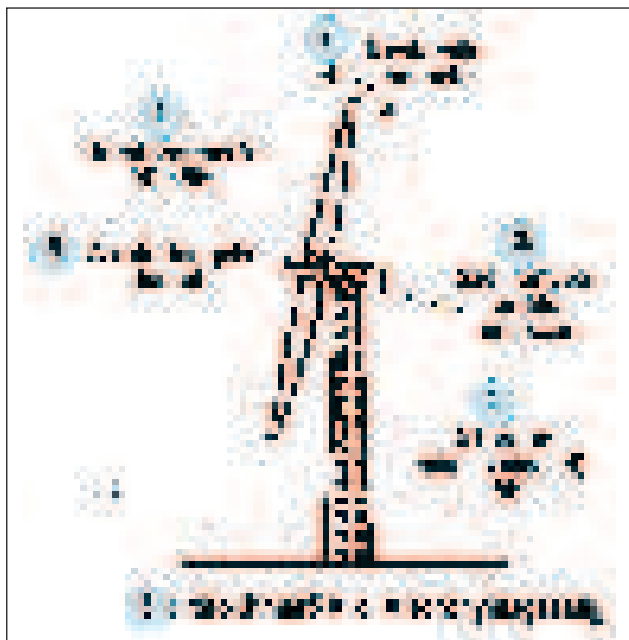
egyik fő célja a regionális szélklíma átlagos értékeinek, szélsőségeinek és tendenciáinak részletes elemzése volt.

A folyamatos gazdasági növekedést és – ezzel párhuzamosan – a környezetünkre gyakorolt káros hatások mérséklését jelenlegi tudásunk szerint csupán az egy főre jutó energiafelhasználás jelentős mértékű csökkentésével és a megújuló energiaforrások (így például a szélenergia) egyre nagyobb mértékű felhasználásával érhetjük el.

A potenciális szélenergia regionális változékonyságának elemzése során a természetes felszínek, így a domborzat és az érdesség áramlásmódosító hatásának becslését a dán fejlesztésű Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP) felhasználásával (Mortensen *et al.*, 1993) végeztük. Svédországi mérési adatsorok elemzésével értékeltük a WASP modellezési korlátjait (Bartholy és Radics, 2001; Radics, 2004), majd a hegyhátsági toronymérés négy szinten (10 m-en, 48 m-en, 82 m-en és 115 m-en) mért széladatainak segítségével igazoltuk a WASP modell hazai adaptálhatóságát. A hosszú mérési sorok segítségével lehetőség nyílt a modellezési eredmények ellenőrzésére. A széladatokat horizontális és vertikális extrapolációjára esettanulmányokat végeztünk (Radics és Bartholy, 2002; Bartholy *et al.*, 2003), továbbá a domborzat és az érdesség áramlásmódosító hatását elemeztük azzal a céllal, hogy megismerjük a



2. ábra. A világ szélenergia-termelésének növekedése az 1996–2011 időszakban



1. ábra. Az elmúlt időszak jelentősebb szélgenerátor-fejlesztései

gióban uralkodó szélviszonyok függvénye. Az elmúlt egy-két évtized során számos új technológiát dolgoztak ki a szakemberek a szélenergia-hasznosítás hatásfokának ja-

lyezését szolgálják) is nélkülözhetetlenek a várható energiatermelés becsléséhez. Ezért az ELTE Meteorológiai Tanszékén közel húsz éve elindult szélklimatológiai kutatások

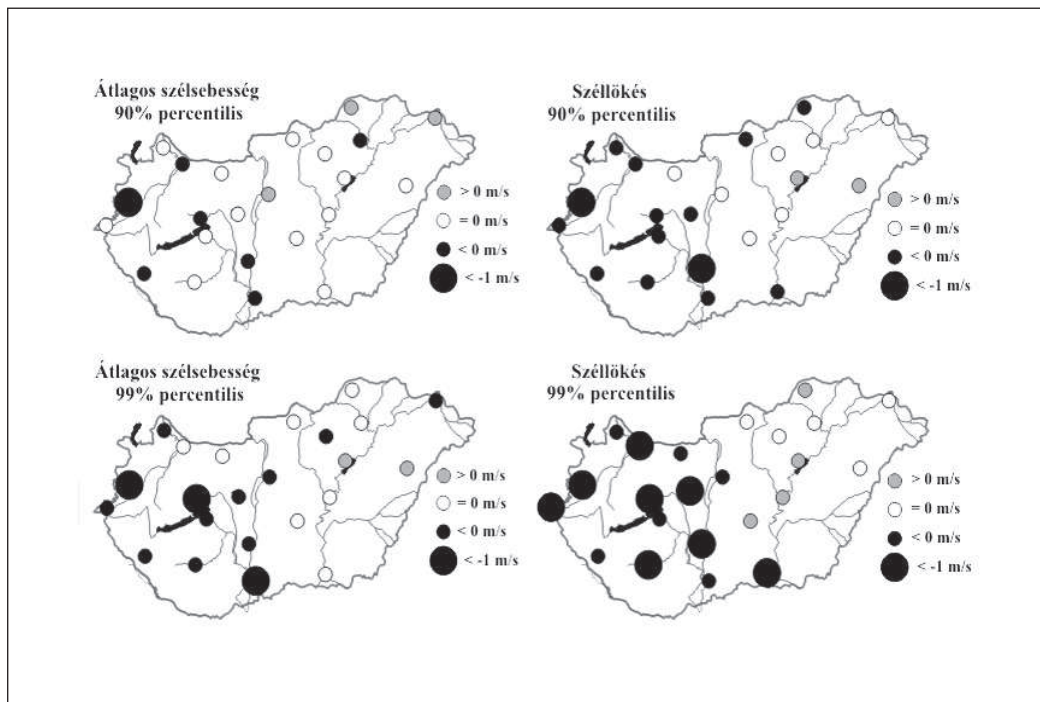
rendelkezésre álló szélmező legfontosabb sajátosságait. A szélenergetikai kutatások befejező részében az ország egész területére modelleztük és megszerkesztettük az átlagos szélsébséget és rendelkezésre álló szélenergiát (3. ábra) ábrázoló térképeket (Radics, 2004).

Magyarországon a potenciális készletek megbízható becsléseinek hiánya is nehezíti a szélenergia hasznosítását. E becslések csupán abban az esetben készíthetők el, ha megfelelő minőségű, egységes, homogenizált mérési adatsor áll rendelkezésre. Kutatásaink során a hazai szinoptikus meteorológiai állomások (36 mérőhely) 36 éves (1975–2010) adatsorainak szélenergetikai szempontú komplex statisztikai elemzését végeztük el. Az adatsorokra vonatkozó minőségi és mennyiségi ellenőrzés, majd homogenizációs és adatkorrekciós feladatok megoldása után – a globális klímaváltozás regionális hatásainak becslése céljából – átfogóan elemeztük a szélmező klimatológiai szempontból lényeges átlagos és szélsőértékeit (Radics és Bartholy, 2008). Az óras szélsébség-, szélirány- és szellőkés-adatokat tartalmazó idősor felhasználásával becsültük a szélklíma legfontosabb paramétereinek és szélsőértékeinek évek közötti változékonyságát, azok térbeli és időbeli tendenciáit (Radics et al, 2010).

A regionális skálán várható éghajlatváltozás is befolyásolhatja hazánk szélklímáját, illetve az extrémumok előfordulásának gyakoriságait. Ezért kutatásaink következő szakaszában a sem térben, sem időben nem homogén, pontszerűen mért állomásadatok és az ERA40, valamint az ERA Interim adatbázis által rendelkezésre álló homogén reanalízis mezők összehasonlítását végeztük el. Vizsgálataink során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a térben és időben hiányos szélmérési adatokat helyettesíthetjük-e a hiánymentesen

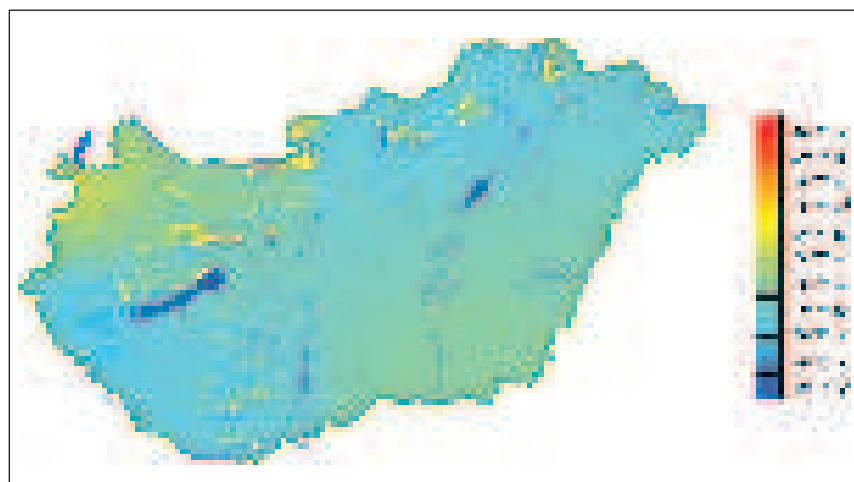
rendelkezésre álló, s számos nemzetközi forrás által minőséginek értékelt reanalízis idősorokkal (Radics et al, 2010, Péliné et al, 2011). Ennek ismeretében meghatározható, hogy a XXI. század közepére, végére készült modellszimulációk mennyire alkalmazhatóak a regionális szélklíma tendenciáinak, illetve a – változó klimatikus viszonyokkal együttesen módosuló – megújuló energiaforrások potenciáljának becslésére.

Kutatásunk befejező részében az ECHAM regionális klímamodell segítségével



4. ábra. Az átlagos szélsébségre és a szellőkésre vonatkozó percentilis értékek (90%, 99%) tendenciájának (1997–2007) területi eloszlása hazánkban

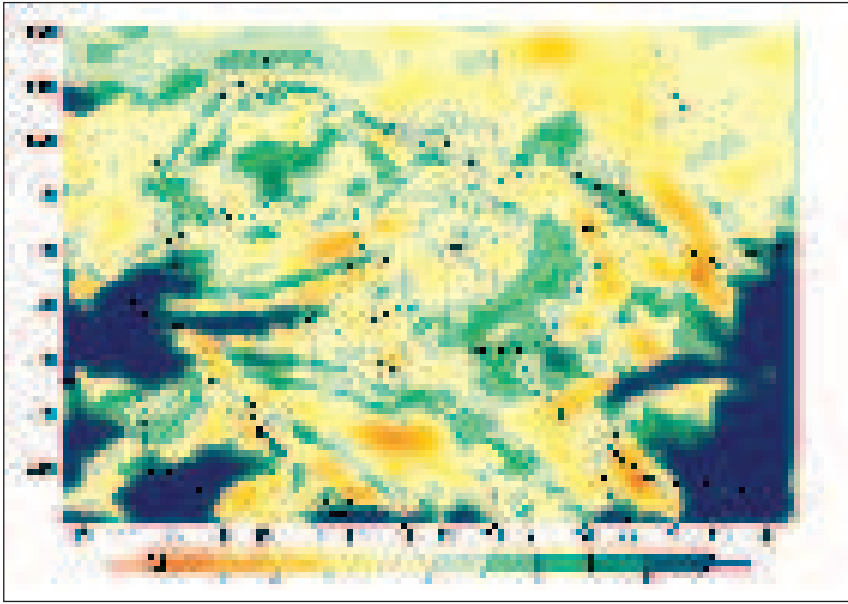
3. ábra. A modellezett rendelkezésre álló szélteljesítmény-mező a 120 m-es szinten (forrás: Radics, 2004)



vel elemeztük a Kárpát-medence szélklímájának a XXI. század során a várható változásait. A közeli és távoli jövőre (2021–2050 és 2071–2100) vonatkozóan becsültük a szélmező átlagos és extrém értékeit. A területi korlátok miatt az alábbiakban csupán néhány példát kiragadva mutatjuk be a közel két évtizede folyó kutatás legfontosabb eredményeit.

Hazánk az európai szélosztályozás kategóriáit követve a mérsékelt szél tartományba sorolható, s az átlagos és maximális szélsébség nagy térbeli változékonyságot mutat. Az uralkodó szélirány relatív gyakorisága alacsony. A szélcsendes időszakok aránya néhány térségben kifejezetten magas értéket vesz fel.

Szélklímánk az év során kiegyenlítettnek mondható. Az ország területén belül viszont jelentős eltérések mutatkoznak a szélsőérték-



5. ábra. A Kárpát-medence tavaszi szélesebesség maximumainak várható változása (m/s) a 2021–2050 időszakban (ECHAM szimuláció, referenciaidőszak: 1961–1990)

kek előfordulásának gyakoriságában, azok területi eloszlása azonban jól követi az átlagos szélesebességi mezőt.

Az átlagos szélesebesség 90%-os percentilise az ország jelentős részén időben (1997–2007) változatlan értéket vesz fel (4. ábra). A vizsgált percentilis értékének növelésével (99%) az ország egyre nagyobb területén jelenik meg csökkenő tendencia. A percentilis érték növelésével a csökkenés mértéke is jelentősen nő. Minden esetben kirajzolódik a Dunántúlra és az alföldi régiókra jellemző eltérő viselkedés. Míg a dunántúli területeken a szélsőértékek általában csökkenő tendenciát mutatnak, addig az Alföld jelentős részén nem mutatható ki a percentilis értékek időbeli változása, vagy azok növekedése jelenik meg.

A potenciális szélenergia becsléséhez a magyarországi mért állomási adatok mellett eredményesen alkalmazható a pontosabb területi lefedettséget biztosító ERA-40 és ERA Interim reanalízis adatbázis is (Radics et al, 2010, Péliné et al, 2011).

Az ECHAM regionális klímamodell szimulációk alapján a tavaszi hónapok maximális szélesebesség-értékei változnak a közeljövőben (2021–2050). A várható területi eloszlás megegyezik az elmúlt évtizedekben már megfigyelt tendenciákkal. A széllokések várható 99%-os percentilisének a 5. ábrán mutatjuk be. Míg a dunántúli területeken a szélesebesség-maximumok nagymértékű csökkenése valószínűsíthető, addig az Alföld jelentős részén a maximális szélesebességek növekedése várható a modellfuttatások alapján. *

Irodalom

- Bartholy J., Radics K., 2001: Selected wind characteristics and potential use of wind energy in Hungary. Part I. *Időjárás* 105, 109-126.
- Bartholy J., Radics K., Bohoczky F., 2003: Present state of wind energy utilisation in Hungary: policy, wind climate, and modelling studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 7, 175-186.
- Gipe, P., 1995: *Wind Energy Comes of Age*. John Wiley & Sons, Inc., 481p.
- Mortensen, N.G., Landsberg, L., Troen, I., Petersen, E.L., 1993: *Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP)*. Risø Nat. Labs, Roskilde, Denmark, 126p.
- Péliné N. Cs., Radics K., Bartholy J., 2011: Seasonal variability of wind climate in Hungary. *Acta Silv. Lign. Hung.* 7, 39-48.
- Radics K., 2004: A szélenergia hasznosításának lehetőségei Magyarországon: hazánk szélklímája, a rendelkezésre álló szélenergia becslése és modellezése. *Doktori értekezés*, ELTE Meteorológiai Tanszék, 137p.
- Radics K., Bartholy J., 2002: Selected wind characteristics and potential use of wind energy in Hungary. Part II. *Időjárás* 106, 59-74
- Radics K., Bartholy J., 2008: Estimating and modelling the wind resource of Hungary. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12, 874-882.
- Radics K., Bartholy J., Péliné N. Cs., 2010: Regional tendencies of extreme wind characteristics in Hungary. *Advances in Science and Research* 4, 43-46.

A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat és a Doktoranduszok Országos Szövetsége ismeretterjesztő cikkpályázatot hirdet a doktoranduszi tanulmányaikat határainkon belül, valamint külföldön jelenleg folytató, tudományos fokozattal még nem rendelkező fiatal kutatóknak. A pályázat célja, hogy a doktoranduszok saját kutatásaikat, illetve azok tudományos hátterét és összefüggéseit közérthető módon közkinccsé tegyék.

A pályázatot három kategóriában lehet benyújtani:

1.) **Élet és Tudomány kategória:** a pályázók ebben a kategóriában a széles nagyközönség számára írott, figyelemfelkeltő, az Élet és Tudomány stílusában készülő népszerűsítő cikkel pályázhatnak. A cikk terjedelme: 10-12 ezer n (szóközökkel). Ehhez 4-6 színes kép vagy ábra, grafikon, illusztráció is csatolandó.

2.) **Természet Világa kategória:** a pályázók ebben a kategóriában a természettudományok és a műszaki tudományok iránt érdeklődő olvasók számára írott, figyelemfelkeltő, a Természet Világa stílusában készülő ismeretterjesztő közleménnyel pályázhatnak. A cikk terjedelme: 15-18 ezer n (szóközökkel), amihez színes illusztráció is csatolható.

3.) **Valóság kategória:** a pályázók ebben a kategóriában a társadalomtudományokhoz kapcsolódó, figyelemfelkeltő, a Valóság stílusában készülő cikkel pályázhatnak. A cikk terjedelme: 35-40 ezer n (szóközökkel).

Pályázni csak eredeti, máshol még nem közölt, illetve máshova közlésre be nem küldött cikkel lehet. A pályaműveket a három lap szerkesztősége, a TIT, valamint a Doktoranduszok Országos Szövetsége által felkért zsűri bírálja el. Mindhárom kategória első három helyezetteje díjazásban részesül. Az egyes helyezések megoszthatók. A pályamunkákat egy nyomatott kéziratos és négy elektronikus (CD) példányban kérjük kizárólag postai úton benyújtani. A képeket, illusztrációkat a CD-n külön-külön kép file-ban kell elmenteni, a szövegben csak az ábra helyét kérjük feltüntetni. A szerkesztőségek jogot formálnak arra, hogy a díjazásban nem részesült, de közlésre alkalmas cikkeket – a szerzőikkel egyeztetett szerkesztés után – megjelentessék. A pályázat beküldői a pályázaton való részvétellel egyben hozzájárulnak cikkük online közzétételéhez is a lapok internetes változatában. Kérjük, hogy a pályázó a cikk végén tüntesse fel nevét, levélcímét, e-mail címét, telefonszámát, doktori iskolájának és témavezetőjének a nevét!

A pályamunkákat a TIT címére kérjük küldeni: **1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.** A borítékra írják rá: „**Doktorandusz cikkpályázat**” és a kategória nevét.

A pályázatok feladási határideje: **2014. február 28.**

Díj egy mikroszkópvezérlő szoftverért

Beszélgetés Balázs Bálint bionikakutatóval

2013. november 18-án, a Magyar Tudományos Akadémián a Magyar Tudomány Ünnepe alkalmából szervezett rendezvénysorozat egyik fontos eseménye volt az Országos Tudományos Diákköri Tanács által odaítélt díjak átadása. A Pro Scientia Aranyéremmel kitüntetett hallgatók között volt Balázs Bálint, a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai Karának végzett diákja, aki a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatalának különdíjában részesült a szimmetrikus egy-sík megvilágítású mikroszkóp fejlesztésében elért eredményéért.

– Sokat fejlődött a világ a mikroszkóp feltalálása óta. Segítséggel már nemcsak megfigyelhetővé váltak az addig szabad szemmel nem látható tárgyak, hanem sokmilliószoros nagyításban beléjük is nézhetünk, egy sejt életfolyamataiba bepillanthatunk, nanoméretű anyagokat vizsgálhatunk, és a sort még folytathatnánk. A hétköznapi ember már el sem igazodik a legkülönbözőbb – fizikai, kémiai, geológiai, biológiai stb.– célokra kifejlesztett mikroszkópok között, a működésükről pedig csak halvány fogalma van, legfeljebb annyi, hogy vannak például fényvel, elektronsugárral, szondázással „nagyítók”. Szinte már az is felsorolhatatlan, hányféle tudományterületen használnak a legkülönbözőbb módokon működő mikroszkópokat.

Miért kezdett mikroszkópjelvezéssel foglalkozni? Informatikus-hallgató lévén a számítástechnikai megközelítés volt a motiváció vagy valami más?

– Mindig is érdekelték a biológiai problémák. Eredetileg a Semmelweis Egyetemen kezdtem felsőfokú tanulmányaimat. Orvos azonban nem akartam lenni, az alapkutatás jobban érdekelt, így átjelentkeztem a Pázmány Péter Katolikus Egyetem molekuláris bionika szakára, majd az info-bionika mesterképzésen folytattam tanulmányaimat. Ez a szak multidiszciplináris szemléletet ad erős matematikai és informatikai háttérrel úgy, hogy közben betekinthezünk valamelyest a neurobiológiába, a sejtbiológiába és a biokémiába is. Így teljesen másfajta gondolkodásmód alakul ki, mintha csak az egyik tárgyra koncentrálnánk.

Mivel a biológiai kérdések megválaszolásának egyik nagyon fontos eszköze a képkalkotás, ezen belül is kiemelt a mikroszkópia, engem is izgatott a dolog. Ez a terület tipikusan multidiszciplináris feladat elé állítja az embert, hiszen a mikroszkópok megtervezéséhez, összeállításához és használatához a biológiai ismereteken kívül szükség van fizikai (optika), kémiai (speciális jelölőmolekulák tervezése) és



informatikai (eszközök vezérlése, képfeldolgozás) ismeretekre. Ezekon felül a kihívás is megvan, hiszen egyik mikroszkóp sem tökéletes, mindig van igény újabb és újabb megoldásokra.

– Milyen elvárásoknak kell megfelelnie ma egy mikroszkópnak?

– Ez főként az alkalmazási területtől függ, de általánosságban elmondható, hogy a minél nagyobb felbontás és a minél gyorsabb képkalkotás elérése a cél. Biológiai területen egyéb speciális követelményeknek is meg kell felelnie, például alkalmas kell, hogy legyen az élő minták vizsgálatára, mégpedig úgy, hogy közben ne tegyen kárt bennük. A fluoreszcens mikroszkópoknál használt lézernyaláb például, ha nem megfelelő a beállítás, nagymértékben károsíthatja az élő szöveteket.

– Mit illene tudnunk a szimmetrikus egy-sík megvilágítású mikroszkópról? Mit jelent például az egy-sík megvilágítás?

– Az egy-sík megvilágítású mikroszkóp, vagy szelektív sík megvilágítású mikroszkóp, a fluoreszcens mikroszkópia egyik speciális alkalmazása. Ezek a mikroszkópok két objektívet is használnak, az egyik a képkalkotáshoz, a másik a megvilágításhoz kell. Ez a második objektív az elsöre merőlegesen helyezkedik el, és így

oldalról világítja meg a mintát egy vékony, síkba fókuszált lézernyalábbal. A mintának tehát csupán nagyon vékony szeletét éri a fény, amiről egy egyszerű, széles látóterű mikroszkóphoz hasonlóan történik a képkalkotás. A trükk tehát a megvilágításban rejlik, ezzel a módszerrel ugyanis a mintának csak éppen azt a kis részét világítjuk meg, amiről a kép is készül. Gyakorlatilag optikailag szeleteljük fel a vizsgált objektumot. Ha egymás után több szeletről is készítünk felvételt, háromdimenziós képet kapunk a mintánkról, amellyel sokkal részletesebben tanulmányozhatók a különféle fejlődésbiológiai folyamatok.

– A szimmetrikusság mit jelent ebben az esetben?

– A szimmetrikus itt arra utal, hogy mindkét objektívvel azonos az optikai elrendezés, ezért mindegyik használható megvilágításra és detektálásra is. Ezt úgy lehet elérni, hogy a lézert egy nyalábosztóval kettéválasztjuk, így a két különböző irányú megvilágításhoz elég egyetlen lézerforrás. Azt, hogy éppen melyik objektívet használjuk detektálásra és melyiket megvilágításra, kétállású, motorikus tükrökkel tudjuk kiválasztani. Így rendkívül gyorsan tudunk váltani a két különböző irány között.

– Fejlesztése nélkül mit tudott eddig az eszköz?

– A mikroszkópok között már eddig is ez volt az egyik legalkalmasabb az élő biológiai minták vizsgálatára. Több előnyös tulajdonsága is van a manapság leggyakrabban használt konfokális lézermikroszkópiával szemben. Ez a technika sokkal kevesebb lézert használ, mondhatni gyengédebb a mintákkal, aminek köszönhetően igen hosszú ideig végezhető a megfigyelések. A konfokális lézermikroszkóppal egy minta megfigyelésére körülbelül 3–4 órán át van lehetőség, ezen felül a lézer már túlzottan károsítja a sejteket. Egy-sík megvilágítással viszont már akár napokon át is végezhetőek a mérések a minta károsítása nélkül. Ezen kívül a képkalko-

tás sebessége is nagyságrendekkel gyorsabb, tehát ez a módszer nemcsak a hosszasan tartó, lassabb változások nyomon követésére használható, hanem alkalmas a rövidebb, de gyorsabb folyamatok vizsgálatára is. Egy teljes ecetmuslica-embrió „beszkennelése” például 3 másodperc alatt is megtörténhet (200–300 sík), míg a konfokális lézermikroszkóppal egyetlen síkról telik ennyi időbe a képalkotás.

– *Mennyivel tud többet ma az innovációval a mikroszkóp? Megfogalmazná pontosan, mi az Ön újítása, fejlesztése a be rendezésen?*

– A szimmetrikus megvilágításnak számos előnye van. Ezek közül a legfontosabb a háromdimenziós felbontás javítása. A hagyományos mikroszkópok esetében az objektív optikai tulajdonságai miatt az objektív tengelyében sokkal rosszabb a felbontás, mint erre merőlegesen. Korábban ez nem jelentett problémát, hiszen általában metszetekről készültek a felvételek két dimenzióban. Háromdimenziós képalkotás esetében azonban nagy problémát jelent az, hogy a három irányból az egyikben a kép sokkal rosszabb felbontású, mint a másik kettőben. A szimmetrikus megvilágításnak az az előnye, hogy így az egyik objektív rosszabb felbontású irányának a másik objektív jobb felbontású irányának felel meg, tehát így több információt nyerhetünk a mintánkról. Ez ugyan elérhető a minta forgatásával hagyományos elrendezésben is, de ez általában sok időt vesz igénybe, és bizonyos esetekben nem is lehetséges.

Ahhoz, hogy egy ilyen mikroszkóp megfelelően működjön, és kényelmesen lehessen használni a napi gyakorlatban, abban nagyon fontos szerepe van a mikroszkópot vezérlő szoftvernek. Ennek fejlesztésében volt fontos szerepem. Egy ilyen programnak számos eszköz működését kell precízen összehangolnia annak érdekében, hogy a mikroszkóp megfelelően működhessen a legkülönbözőbb beállítások mellett is. A program általában specifikusan készül egy adott eszközre, azonban ebben az esetben olyan moduláris rendszert dolgoztunk ki, melyet a későbbiekben más felépítésű egy-sík megvilágítású mikroszkóppal is használni lehet.

– *Milyen biológiai objektumok vizsgálhatók így?*

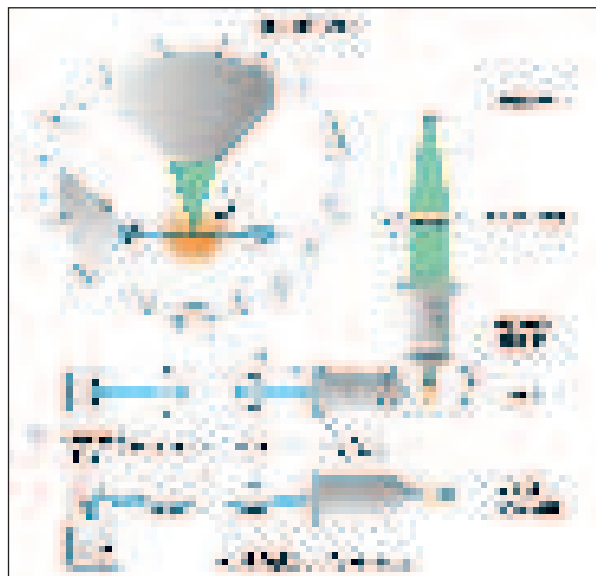
– Kisméretű, maximum 1mm nagyságú minták, például fejlődésben levő embriók, de ezek ennél jóval kisebbek, nagyjából 200 és 500 µm közöttiek.

– *Milyen tudományterületen érhető el esetleg valamilyen áttörés segítségével?*

– A speciális alkalmazás miatt valószínűleg a fejlődésbiológiában hoz majd valamilyen áttörést.

– *Mi adta az ötletet a fejlesztéshez? Szabadalmaztatta az újítását?*

– A mikroszkópon az Európai Molekuláris Biológiai Laboratóriumban (EMBL), Heidelbergben dolgoztam, amikor 5 hónapot töltöttem ott 2012-ben gyakornokként Lars Hufnagel csoportjában. A kutatócsoport már korábban is a light-sheet mikroszkópiával foglalkozott, tehát az alaptéma adott volt. A fejlesztés a labor egyik tagjának, Uroš Kržič PhD-dolgozatának eredményein alapul, ez adta az ötletet a megvalósításhoz. Szabadalmaztatásra még nem került sor, de az eredeti fluoreszcens egy-sík megvilágítású mikroszkópot is az EMBL-ben fejlesztették ki, és erre a szabadalom is az EMBL-é.



Az egy-sík megvilágítású mikroszkóp sematikus felépítése. A minta megvilágítása egy második objektívén keresztül történik (világító objektív), ez fókuszálja a lézert a megfelelő helyre. Egy gyorsan mozgó tükör és megfelelő lencsék segítségével a lézernyalábbal végig lehet pásztázni a minta egy szeletét, ezzel létrehozva egy virtuális „fénysíkot”. Ez a pásztázás elég gyors ahhoz, hogy egyenes megvilágítást biztosítson a kamera expozíciós ideje alatt

– *Ösztöndíjjal sikerült Heidelbergbe kijutnia? Már akkor is a mikroszkópokban rejlő lehetőségek érdekelték?*

– Heidelbergben először 2010 tavaszán jártam. Szabad János professzor úr szervezte azt a néhány napos látogatást az EMBL-be, amin öten vehettünk részt. Ekkor ismertem meg Lars Hufnagelt is, aki részletesen bemutatta, hogy mivel foglalkoznak a laborban, és nagyon megtetszett az ott folyó munka. Ekkor már tudtam, hogy jó lenne visszamenni oda több időre is, úgyhogy felvettem a kapcsolatot a laborral egy lehetséges szakmai gyakorlattal kapcsolatban. Ugyan a megfelelő időpont egyeztetése nem volt egyszerű,

végül sikerült megegyezni a 2012 február és június közti 5 hónapban. Igen szerencsés voltam, mert az EMBL erre az időszakra tudott szállást biztosítani, és Erasmus-ösztöndíjat is kaptam.

– *Léteznek hasonló megoldású mikroszkópok itthon vagy a nagyvilágban?*

– Magyarországon nem tudok róla, és a nagyvilágban is csak néhány helyen használnak ilyet. Ezek közül a legfontosabbak talán az EMBL Heidelbergben, a Max Planck Intézet molekuláris és sejtbiológiai részlege Drezdában és az amerikai Janelia Farm, de egyre többen fognak bele hasonló mikroszkóp építésébe.

– *Nemzetközi visszhangja is van a találmánynak?*

– Természetesen nagy az érdeklődés az ilyen típusú mikroszkópok iránt, hiszen teljesen új oldalról képes megmutatni az élő biológiai folyamatokat. Egyre több munkacsoport foglalkozik az ilyen mikroszkópok tervezésével, építésével, általában igen szép eredményeket elérve, melyeket rangos nemzetközi folyóiratokban publikálnak. A nemrég az EMBL-ben megrendezett „Seeing is Believing”, az élő folyamatok képalkotásáról szóló igen fontos konferencián már külön szekció volt az egy-sík megvilágítású mikroszkópiának.

– *Még friss a diploma a zsebében, de a jövőn gondolkodni soha sem lehet elég korán...*

– Tavalgy szereztem meg a mesteri diplomát az info-bionikán, szeptemberben pedig elkezdtem a doktori képzést a Hufnagel-csoportban az EMBL-ben, ahol folytathatom a mikroszkópfejlesztéssel kapcsolatos kutatási témát a következő 3–4 évben is. Egyelőre tehát a célom a doktori képzés sikeres befejezése, addig pedig megböven van időm kitalálni, hogyan tovább.

Úgy tudom, jó úton halad a Pázmány Péter Katolikus Egyetem és a Semmelweis Egyetem közös új kutatóközpontja, a Bionikus Innovációs Központ létrehozása, mely remek terepet nyújthat a fiatal bionikus kutatóknak. Természetesen nagy a csábítás, hogy külföldön maradjak, de a központ jó alternatíva lehet a munka hazai folytatásához.

Az interjút készítette:
KAPITÁNY KATALIN

Békés vírusok agresszív rokona

A HIV

MOKOS JUDIT

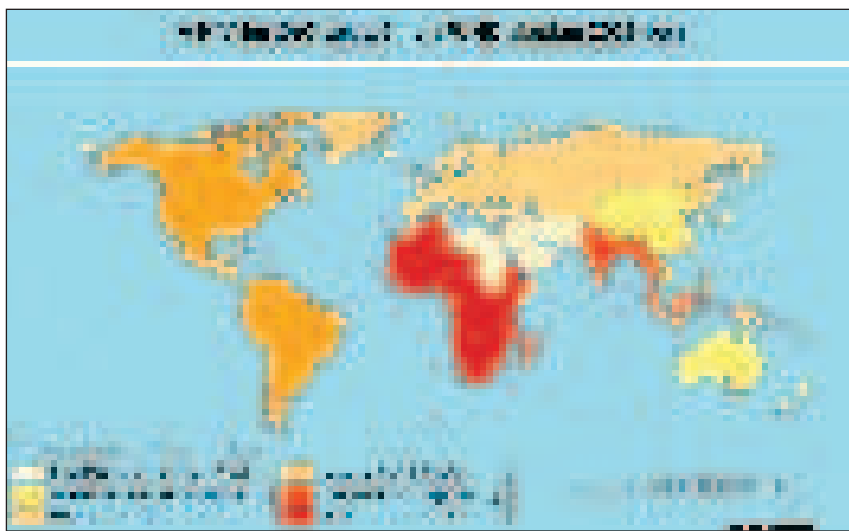
A humán immundeficiencia vírus, vagyis a HIV napjainkban az egyik legtöbb halálozásért felelős kórokozó. A WHO 2013-as becslése szerint világszerte kb. 35 millió HIV-fertőzött él, és egy év alatt 1,6 millióan haltak meg a vírus miatt (1. ábra). Ez több, mint amennyi ember 1945 óta a háborúkban meghalt. A fertőzöttek száma arányaiban is nagy, a szexuálisan aktív populáció 1%-át érinti a Földön.

A HIV viszonylag fiatal vírusnak számít, kevesebb, mint egy évszázada van jelen a humán populációban (2. ábra). Járványának kezdetét az 1950–60-as évekre teszik, azaz alig fél évszázad alatt hódította meg a világot. Ma, mondhatni, nem ismerünk olyan országot, ahol ne élne HIV-fertőzött.

A HIV-fertőzés jelenlegi tudásunk szerint nem gyógyítható, csupán szinten tartható. Aki egyszer elkapja, annak élete végéig a vírussal kell élnie. Bár a modern gyógyszereknek hála, az időben diagnosztizált és folyamatosan kezelt fertőzött ember nagyobb eséllyel hal meg autóbalesetben, mint HIV miatt, a vírus által okozott immunhiányos tünetegyüttes, az AIDS csak 2012-ben 1 600 000 ember haláláért volt felelős. A fertőzés kezelését nehezíti az akár tíz évnél is hosszabb lappangási idő. A HIV ijesztő voltát növeli az a tényező is, hogy az AIDS-es betegek halálát a szó szoros értelmében nem a vírus okozza, hanem azok a fertőzések, amelyeket a legyengült immunrendszer nem tud kezelni. Azaz a halál okozója lehet akár egy tüdőgyulladás, vagy valamilyen gombás megbetegedés is.

A HIV agresszivitása a fertőzöttek magas számában, a vírus gyors terjedésében és a fertőzés gyógyíthatatlanságában jelenik meg. A HIV legközelebbi rokonai, a majmokat fertőző (angol szakszóval: simian) immundeficiencia vírusok (SIV) természetesen előforduló változatai „békés” vírusok. Nem okoznak AIDS-et, viszont a majmfajok egy részében sokkal elterjedtebbek, mint a HIV az emberek között.

Vizsgáljuk meg, miben is tér el a két rokon víruscsoport sikere, és vajon hogyan lehetnek a közeli rokonok ennyire különbözőek.



1. ábra. A HIV-fertőzöttek száma 2011-ben a World Health Organization felmérése alapján. A leginkább veszélyeztetett terület Dél-Afrika, ahol minden ötödik embert érint a HIV (Forrás: http://gamapserver.who.int/mapLibrary/Files/Maps/HIV_all_2011.png)

A HIV és a SIV rokonsága

A SIV-rokonság afrikai eredetű. Körülbelül 30–40 Afrikában őshonos majomfajnak ismerjük már a SIV vírusfajtáját. Összesen hét leszármazási vonalat különböztetünk meg. A HIV valószínűleg valamelyik SIV-fertőzött majomról került az emberre fertőzés útján, esetleg egy vadászbaleset során, amikor a zsákmánymajom vére a vadász véráramába került. A megfertőződésnek, átugrának többször is meg kellett történnie, mivel ma többféle HIV-et ismerünk, amelyeket két leszármazási vonalba sorolunk: HIV-1 és HIV-2.

A HIV-1 legközelebbi rokonai a csimpánzok és a gorillák SIVcpz és SIVgor vírusai, amiből arra következtethetünk, hogy a fertőzés vagy csimpánzról (ez a valószínűbb) vagy gorilláról került át az emberre. A genetikai vizsgálatok azt mutatják, hogy a HIV-1 nem egyetlen majom-ember átadódás eredménye, hanem valószínűleg legalább négyé. Eszerint jelenleg négy típusát (a virológia szóhasználatában „csoportját”) ismerjük; az M-, N-, O- és P-csoportok mind egy-egy független, fajok közötti átadódással jöttek létre.

Az M-csoport felelős a világjárványért, a többi változat sokkal kevesebb embert fertőzött meg, sokkal kisebb területen. Az O- és a P-csoport genetikailag közelebb áll a gorilla vírusához, de elképzelhető, hogy ezek is a csimpánz közvetítésével kerültek át az emberre.

A HIV-2 a kormos mangabék vírusához, a SIVsm-hez áll a legközelebb. Az átugrás tehát erről a majomról történhetett meg. A HIV-2 (néhány kivételtől eltekintve) nem tudott kitörni Afrikából, és ott is „csupán” 2–3 millió fertőzöttért felelős. Nagy változatosságot mutat, összesen nyolc átugrást élhetett meg, ami arra utal, hogy az átugrás nem is olyan ritka esemény.

A továbbiakban a világjárványt okozó HIV-1 M csoportjával foglalkozunk.

Hogyan fertőz a HIV és a SIV?

Bár közeli rokonok, a HIV és a SIV vírusok által okozott fertőzések lefolyása markánsan eltér egymástól. A HIV és SIV vírusok is vérrel és nemi váladékkal terjednek. Fő gazdasejtjük az immunrendszer egyik alkotója, a CD4+ T-limfocita. Aki

elkapja a HIV-et, az első pár hétben influenzaszerű tüneteket észlelhet magán. Ez idő alatt a vérben mérhető vírusszám megugrik, míg a CD4+ T-sejtek száma hirtelen csökken (**3. ábra**). Néhány hét elteltével a vérben mérhető vírusszint leesik a kezdeti töredékére, és a CD4-sejtszám is normalizálódni kezd, de a fertőzés előtti szintet soha nem fogja elérni. Ez idő alatt a fertőzött sokkal jobban fertőz, mint bármikor a későbbiekben.

A SIV-fertőzés is így kezdődik: az első pár hétben magas vírusszint mérhető a vérben, ám amíg a HIV-fertőzött embernél ez a vírusszint csökken, majd 8–12 évig viszonylag alacsonyan marad, a SIV-fertőzött majomnál ez a csökkenés gyakran nem figyelhető meg. Ellenkezőleg, a vírusszint a majom életének a végéig magasban marad, olyan magasban, amit a HIV-fertőzött ember már nem élne túl.

A HIV-fertőzés esetén a kezdeti magas értékek után következő 8–12 tünetmentes évet nevezünk lappangási időnek. Ez idő alatt a vírusszint a vérben lassan, de biztosan nő, míg a CD4+ T-sejtek vérben mérhető szintje ugyanilyen lassan, de észrevehetően csökken. Ilyenkor a HIV átadásának esélye sokkal alacsonyabb, mint a kezdeti hetekben: minden ezer nemi együttlétekből csupán egyszer adódik át, ám ezt az arányt több dolog is megváltoztathatja. Az egyéb nemi betegségek (pl. szifilisz, gonorrhoea, de akár egy egyszerű genitális herpesz) megkönnyítik a HIV dolgát, mivel annak át kell jutnia a fizikai védelmet nyújtó nyálkahártyán. A fertőzésektől sérült (fekélyes vagy gyulladt) nyálkahártya könnyebben engedi át a vírust, ráadásul a gyulladással nagyobb számban vannak jelen CD4+ T-sejtek, így a vírusok gyorsabban és nagyobb valószínűséggel találkoznak a gazdaszejtjeikkel, ami szintén növeli a fertőzés esélyét, akár több tízszeresére is. A férfiak körülmetélése ugyanakkor akár harmadára is csökkentheti az átadás valószínűségét, feltehetően azért, mert a bőr elszarusodik, ami sokkal nagyobb akadályt jelent a vírusnak. Egyes tanulmányok emiatt párhuzamot is vonnak aközött, hogy Afrika nyugati és középső részén a körülmetélés elterjedt szokás, és ott alacsonyabb is a HIV-fertőzöttek száma, mint a déli régiókban, ahol kevesebb a körülmetélt férfi. A lappangási idő vége felé a vérben mérhető CD4+ T-sejtek száma erősen csökken, ugyanakkor a HIV vírusok szintje a vérben megnő. Ekkor beszélhetünk immunhiányos állapotról, azaz AIDS-ről, amikor a beteg ember immunrendszere, többek közt a CD4+ T-sejtek hiánya miatt nem tud megbirkózni a fertőzésekkel, még azokkal sem, amelyeket eddig az ember észre sem vett. A jól működő immunrendszer számára a hétközna-

pi herpeszvírusok, amelyek minden olvasóban ott lapulnak, nem okoznak gondot, ám az AIDS-es betegnek a herpesz, a tüdőgyulladás vagy a gombás megbetegedések halálosak lehetnek. A HIV-fertőzötteket a szó szoros értelmében nem a HIV öli meg, hanem a legyengült immunrendszeren átjutott kórokozók. A HIV-fertőzés során megnő a rákos megbetegedések kockázata is.

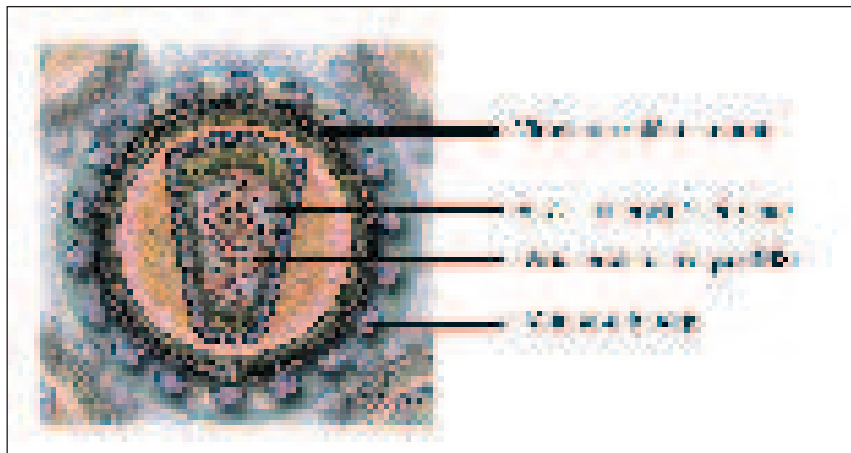
A SIV-vel fertőzött majomnál a lappangási időszaknak nincsen vége. Természetes fertőzés esetén – ami alatt azt értjük, hogy a majmot az adott fajhoz alkalmazkodott SIV-változat fertőzte meg – a kezdeti pár hét után a vérben mérhető vírusszint magasban stabilizálódik. Amíg a HIV-fertőzött embernél a HIV szintje a vérben 10^4 – 10^5 vírus/ml, addig a SIV szintje gyakran a 10^5 – 10^6 vírus/ml-es szintet is eléri, és évekig ennyi is marad. Ilyen magas HIV-szinttel egy fertőzött ember néhány év alatt meghalna. Az emberi HIV-fertőzésben markáns CD4+ T-sejtfogyást tapasztalhatunk. A SIV-fertőzött majomnál ez nem fordul elő, és nem alakul ki AIDS-es állapot sem. A HIV-vel való túlélési idő átlaga 8–10 év, míg a SIV-vel fertőzött kormos mangabék 20–30 évig is élnek

netek alakulnak ki, mint a HIV-fertőzött embernél, majd a fertőzés végén AIDS-es állapot is megjelenik. Ez az átvitel nemcsak kísérleti körülmények között, hanem a véletlen folytán is megtörtént: egy amerikai kísérleti majomtelepen Afrikában nem őshonos ázsiai makákókra került át kormos mangabék SIV-je, és mire a kutatók észrevették ezt, az átjutott vírus már alkalmazkodott is az új gazdafajhoz. Az így kialakult vírussal fertőzött makákók AIDS-re emlékeztető tüneteket produkálnak, és igen rövid idő alatt el is pusztulnak. A makákókban talált vírus agresszív volta arra enged következtetni, hogy közvetlen vér-vér kapcsolattal jutott át a vírus egyik fajtából a másikba.

Minnek is köszönhetjük, hogy két ilyen közeli rokon, mint a SIV és a HIV, ilyen különbözően viselkedik?

A különbségek lehetséges okai

A legfeltűnőbb érdekesség, hogy a SIV rögtön a HIV-hez hasonlóan kezd viselkedni, ha nem a saját gazdafaját fertőzi meg. Kézenfekvő tehát a lehetséges magyarázat: nem a SIV vírusok „szelidek”,



2. ábra. A HIV felépítése (Forrás: http://hu.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Human_Immundeficiency_Virus_-_stylized_rendering.jpg)

a fertőzéssel, ami figyelembe véve, hogy az emberek átlag élettartama magasabb, mint a majmoké, arányaiban nagy eltérés. Gyakorlatilag a SIV nem befolyásolja a várható élettartamot. Éppen ezért a SIV sokkal nagyobb mértékben elterjedt némelyik majompopulációban, mint a HIV az emberek között.

A SIV egy esetben okoz AIDS-et: ha a fertőzés nem természetes, vagyis az adott SIV-fajta nem a saját gazdafaját fertőzi meg. Ha például SIVsm-mel (a kormos mangabék SIV-jével) fertőződik meg egy ázsiai majom, akkor nála is hasonló tü-

hanem a gazdafajaik alkalmazkodtak hozzájuk, és képesek elkerülni a magas vírusszint „mellékhatásaként” jelentkező patogén hatást. A SIV vírusok korát mértéktartó becsléssel legalább 32 ezer évre teszik, de könnyen lehet, hogy ennél lényegesen ősbbeek. A becslés alapját a Kameruntól nyugatra elhelyezkedő Bioko-szigeten talált SIV-félék adták. A Bioko-sziget mintegy 10–12 ezer évvel ezelőtt vált el Afrikától, a rajta élő majompopuláció ez idő óta nem találkozhatott afrikai rokonaival. A majmokban mégis megtalálható többféle SIV is, sőt találtak olyan SIV-fajtát is,

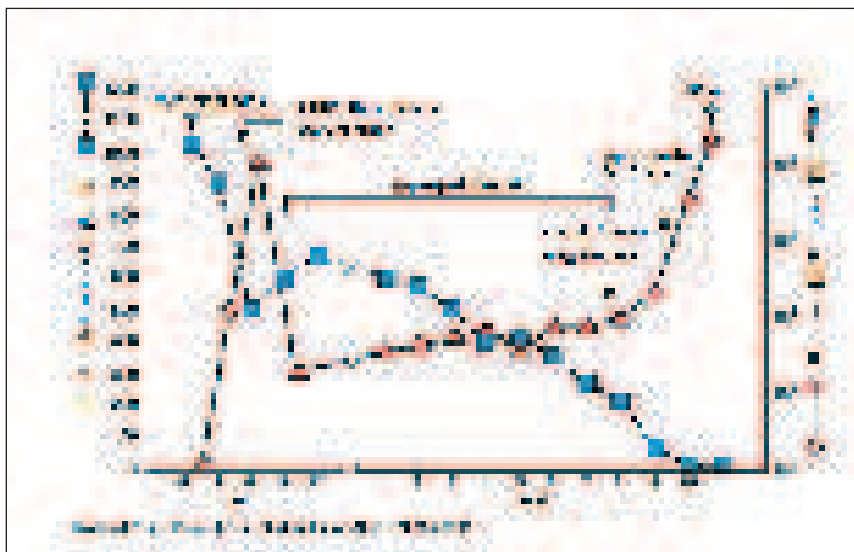
ami eddig ismeretlen volt: a biokoi drill (*Mandrillus leucophaeus poensis*) SIVdrl-Bioko vírusa nagyon hasonló afrikai rokona, a *Mandrillus leucophaeus leucophaeus* SIVdrl-jéhez. A szigeten lévő majompopuláció és a SIV-féléik legalább 10 ezer éve izolálódtak a szárazföldi majmoktól, de a szigeten megfigyelhető diverzitás arra enged következtetni, hogy az izoláció akár hamarabb is létrejöhetett. A szigeten talált SIV-minták segítségével új korbecsléseket készítettek. Ha az afrikai és a bioko-szigeti SIV-félék szétválásának feltételezett időpontját felhasználjuk az összes SIV-féle

sul a becslések szerint a (gyógyszerekkel nem kezelt) fertőzöttekben tapasztalható átlagos vírusszint éppen „ideális” a vírus terjedése számára, tehát a HIV evolúciója – legalább rövid távon – a jelenlegi vírusszint és az ezzel járó betegítő hatás stabilizálása mellett hat. SIV-félék többször is átugorhattak az emberre, ám csak nagyon kevés esetben lettek sikeresek, nagyobb járványt pedig csak a HIV-1 M csoportja tudott kialakítani, ami egyben a legagresszívabb HIV-féle is. Ez valószínűleg annak is köszönhető, hogy a HIV-1 M csoportja eleve agresszívabb SIV-féléből alakulha-

tözés agresszivitása – amiben a *nef* génnek jelentős szerepe van – a HIV-1 M korai evolúciója során megnöhetett.

Az emberi szervezet aktívan küzd a HIV ellen, de nem csak a HIV ellen hatékony (a vírust felismerő) immunsejtek aktiválódnak. A fertőzés hatására általános immunaktiváció alakul ki, amely az immunrendszer egészét érinti, így bizonyos értelemben tekinthetjük a fertőzést egyfajta mellékhatásának. A SIV-vel természetes módon fertőzött majmok szervezete ugyanakkor nem küzd hatékonyabban a SIV ellen, hanem képes „tolerálni” a vírus jelenlétét: általános aktiváció nem alakul ki. Lehet, hogy az AIDS kialakulásában nagyban közrejátszik az emberi test védekezése.

Még ma sem tudjuk, hogy pontosan mitől alakul ki az AIDS az embereknél. Kifárad az immunrendszer? Vagy talán a vírusok pusztítják el a CD4+ T-sejteket olyan mértékben, hogy az így megsebesített immunrendszer már képtelen védekezni az opportunista fertőzések ellen? Vagy nem közvetlenül a vírus okozza a CD4+ T-sejt fogyását a vérben? Azt sem tudjuk, hogy vajon megszelídíthető-e a HIV, azaz meg tudjuk-e változtatni a terjedés feltételeit úgy, hogy a kevésbé agresszív változatok jobban terjedjenek, és így a HIV evolúciója a békés és észrevehetetlen együttélés útjára lépjen a SIV-hez hasonlóan. Ismerjük már a SIV szelídségének milyenségét, de még nem ismerjük teljesen a miértjét. Az AIDS ellen való küzdelemben egyet tehetünk: próbáljuk megakadályozni a HIV terjedését. 🛡



3. ábra. A HIV-fertőzés lefolyása. Az ábrán jól megfigyelhető a három stádium: a kezdeti magas vírusszint, a lappangási időszak, majd az AIDS (Forrás: <http://la.wikipedia.org/wiki/Fasciculus:Hiv-timecourse.png>)

törzsfajának kalibrálására, akkor a közös körülbelül 76 (de legalább 32) ezer évvel ezelőtt élehetett.

A SIV-félék tekintélyes múltjához képest a HIV a maga alig száz évével igen csak kezdő. Megeshet, hogy amíg a több tízezer év alatt a majmok és a vírusaik alkalmazkodtak egymáshoz, és olyan stratégiát valósítottak meg, ami mind a két fél számára elviselhető (vagyis a vírusnak elég erőforrás jut a gazdaszervezettől ahhoz, hogy replikálódjon és tovább terjedjen másik majomba, addig a majomnak elég marad ahhoz, hogy ne betegedjen meg), ami a HIV-nek és az embernek még nem sikerült. Talán csak idő kérdése, hogy az ember és a HIV között is kialakuljon az a békés viszony, ami a SIV és a majmok között már megvalósult. De az is meglehet, hogy a HIV-félék soha nem fognak „megszelídülni”. A világjárványt is okozó HIV-1 különösen agresszív, és a mostani eredmények azt mutatják, hogy megjelenése óta nem hogy lecsendesedett volna, de még kicsit agresszívabb is lett. Ráadá-

tott ki, amely a csimpánzokban – a természetből ismert SIV-változatok közül egyedülként – betegséget is okozhat.

A HIV-1 M-csoportjának sikere abból is fakadhat, hogy a HIV-változatok közül egyedülként képes hatékonyan gátolni a tetherin nevű fehérje működését. A tetherint az emberi T-sejtek termelik védekezésként a HIV-hez hasonló vírusok ellen: amennyiben aktív, megakadályozza, hogy az újonnan képződött vírusrészek elhagyják az őket termelő sejtet. A legtöbb SIV-változat – ide értve a csimpánzok SIVcpz-jét is, ami a HIV-1 M-csoportjának közvetlen őse – a *nef* gén termékét használja a tetherin elhallgattatására. Az emberi tetherin viszont ellenáll a *nef* termékének. Annak az egykori SIVcpz-nek, amiből később a HIV-1 M alakult ki, meg kellett küzdenie a problémával, hogy nem tudja hatástalanítani az emberi tetherint, és erre egy másik vírusgén, a *vpu* evolúciója adott választ. Egyes feltételezések szerint ez a „csere” – a *nef* funkciójának átvétele a *vpu* génre – hozzájárulhatott, hogy a fer-

Márciusi számunkból

Elekes Zoltán–Fülöp Zsolt: Szupernóvák: csillagok halála, elemek születése
Ángyán Annamária Franciska–Gáspári Zoltán: Új fehérjék a semmiből
Inzelt György: A Volta-oszlop
Schiller Róbert: Regényes vegytan
Dálya Gergely–Hanyecz Ottó–Szabó Róbert: Új feladat vár a bolygóváadásra
Szabó György: Snóblizás a sakkasztalon
Kéri András: Andorra, a parányi óriás
Freud Róbert: Komplex kalandozások
 Fried Ervin emlékére
Szerényi Gábor: Az Amadé-gerinc és a Nagy-patak völgye
Mező Szilveszter: Déri Frigyes természetrajzi gyűjteménye
Radnai Gyula: Károlyházy Frigyes eltávolítása az Eötvös Collegiumból 1949-ben

A 2013-as ősz időjárása

PÁTKAI ZSOLT

Az átlagosnál enyhébb és napsütésben gazdagabb őszben volt részünk, ugyanakkor a csapadék eloszlásában nagy különbségek mutatkoztak. Szélsőségesnek mondható időjárási esemény ezúttal nem történt. A következőkben az őszi időszak fontosabb időjárási eseményeit emeljük ki.

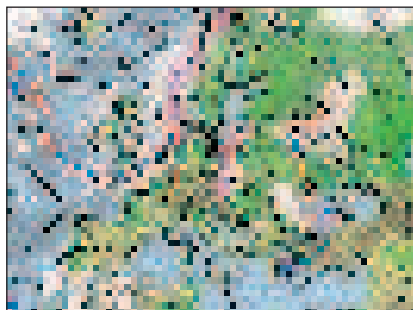
Szeptember

A hónap első dekádjában a hamisítatlan nyárutót élvezhettük, a sok napsütés mellett a csúcshőmérséklet jellemzően 24 és 29 °C között változott. A száraz időt biztosító anticiklon leépülésével párhuzamosan egy lassan mozgó hidegfront érte el térségünket. A frontális felhőzetből 9-én és 10-én ország-szerte esett az eső. Míg északkeleten csupán néhány mm-t mértek, addig a Dél-Dunántúlon, valamint a főváros környékén a kétnapos csapadékösszeg helyenként elérte a 20–40 mm-t. Ez a csapadék hullás valójában két részletben történt, a közties éjszakán, 10-re virradóan nagy területen képződött köd, sőt Szolnokon és Budapest-Pestszentlőrincen több órán keresztül sűrű köd volt, csupán 100 m-es látástávolsággal.

Ezt követően egészen a hónap végéig mozgalmassabb időjárásban volt részünk, gyakran érték el ciklonok Közép-Európát. A következő jelentősebb csapadék hullás 14-én következett be. Ekkor, bár nem esett sok eső, a csapadék a szokásostól eltérően nem a hideg- vagy melegfront mentén, hanem egy úgynevezett visszahajló okklúzió felhőzetéből hullott (1. ábra). Az okklúzió a ciklonfejlődés befejező stádiuma, amikor a spirálisan felcsavarodó felhőzet a ciklon hátoldalán is okoz csapadékot.

Ezután néhány napos felmelegedés következett 20 °C-t meghaladó maximumokkal, ami már előjele volt a 16–17-i markáns hidegfront betörésének. Ismét ország-szerte esett, a legtöbb csapadékot ezúttal Sopron térsége kapta (40–45 mm). Lehűlt a levegő, az országos napi középhőmérséklet csupán 12 °C volt.

A hónap utolsó időszakában lassanként visszatért az ilyenkor átlagos idő, ami fagymentes éjszakákat és 20 °C körüli nappalokat jelent. Azonban 27-én tartós lehűlés kezdődött. Egy mediterrán ciklon hátoldalán, majd később északkeleti áramlással, hi-



1. ábra. A 2013. szeptember 14-i 0 UTC-s európai helyzetkép a visszahajló okklúzióval

deg és száraz, kontinentális eredetű levegő árasztotta el hazánkat. A ciklon kiadós esőzést okozott a Dél-Dunántúlon és az Alföld déli részén (általában 20–55, de Alsószentmártonon 62 mm), ugyanakkor másutt egy csepp eső sem esett.

Mindezek eredményeként a szeptember csapadék eloszlása nagyon egyenlőtlennek bizonyult. A Dunántúlon és a Dél-Alföldön átlagos vagy azt jóval meghaladó mennyiség esett, de északon, északkeleten csapadékhiány lépett fel. Ennek megfelelően a legnagyobb havi csapadékösszeget a Baranya megyei Alsószentmártonon mérték (156 mm), a legkevesebb eső pedig a borsodi Cserépfaluban esett (17 mm). A hónap legmagasabb hőmérsékletének a szeptember 8-án Baján mért 29,6 °C bizonyult, a legalacsonyabb értéket pedig Nyírlugos tartja a szeptember 29-i -2,0 °C-val.

Október

Folytatódott, sőt tovább fokozódott a hideg levegő uralma a hónap első tíz napjában. A lehűlés mélypontjának október 4-e bizonyult, amikor az országos napi középhőmérséklet a lehetséges maximális napfénytartam ellenére alig haladta meg a 4 °C-t. Ez mintegy 9 °C-kal maradt el a harmincéves átlagtól. Ez a hideg tehát száraz, felhőmentes idővel járt, és egyben október leghidegebb időszaka volt. Ezt követően egyre inkább enyhébb, melegebb lett az idő, az átlaghőmérséklet több mint 10 °C-ot emelkedett október második felére, miközben a sokévi átlaghőmérséklet 5–6 °C-ot csökkent a hónap végéig.

10-ét követően már kialakult egy rövidebb meleg periódus. Ekkor egy lassan mozgó ciklon meleg szektorában helyezkedett el Magyarország. A hőmérséklet maximuma 12-én Körösszakállon elérte a 28,6 °C-ot. A hónap derekáig gyengülő félben lévő frontok olykor ugyan elérték hazánkat, ám számottevő csapadék nem alakult ki. Azonban nem ez volt a helyzet október 16-án, amikor egy nyugatról érkező ciklon frontrendszer lelassult, és hullámot vetett a Kárpát-medence keleti része felett. Ennek eredménye kiadós esőzés lett, főként a Dunától keletre. Több megyéni területen hullott 20–30 mm csapadék, sőt Kunmadarásról 59, Nagyivánról pedig 94 mm-t jelentettek.

Az egyre inkább enyhe, sőt lassanként meleg idő a magasban délnyugat felől folyamatosan áramló enyhe légtömegeknek volt köszönhető. Az időjárás kegyeibe fogadta az október 23-i ünnep résztvevőit, hiszen ez a nap volt a legmelegebb ebben a hónapban. A csúcshőmérséklet 25 °C körül, a hajnali órák hőmérséklete pedig 10, 15 °C között változott. Október 21 és 24-e között minden nap megdőlt az adott napra vonatkozó maximum-hőmérsékleti rekord: 21-én 24,7 °C, Baja; 22-én 24,3 °C, Sellye; 23-án 27,3 °C, Baja; 24-én 26,1 °C, Paks.

Végül a hónap utolsó napjaiban nyugat felől több frontálzóna is áthaladt térségünkön, így az indián nyár is véget ért. Október második felében gyakorlatilag nem volt csapadék.

A hónap legmagasabb hőmérsékletéről már szóltunk. A legalacsonyabb értéket Zabar jegyzi (-9,3 °C, október 4.). A legtöbb csapadék a Jász-Nagykun-Szolnok megyei Nagyivánon hullott (108 mm), amelynek 90%-a október 16-án esett, a legkevesebb eső ezúttal Baranya megyében volt (Királyegyház, 9 mm).

November

A hónap túlnyomó részében az átlag fellett alakult a középhőmérséklet, bár ez a hónap jóval változatosabb volt az előzőeknél. November 3-án nyugat felől markáns hidegfront vonult át gyorsvonati sebességgel. A legerősebb szélhőkészek ezúttal nem a Dunántúlon, hanem az Alföldön következtek be (90 km/h; Kecskemét,



2. ábra. A 2013. november 15-i 15 UTC-s műholdkép és a magaslégköri áramlásokat jelző szélvektorok

Szentes). Ráadásul nem is volt tartósan erős a légmozgás, csupán a front betörésekor támadt fel a szél rövid időre. Ennek oka abban keresendő, hogy a tartós, erős szélhez szükséges nagy légnyomáskülönbség nem állt fent. Mindazonáltal a nagytérségű időjárási helyzet nagymértékben hasonlított a 2004. november 19-i tátrai viharhoz.

Az ezt követő napok időjárásáról összefoglalóan a következőket lehet elmondani: a gyakori frontátvonulások több-kevesebb csapadékkal is jártak. A legtöbb csapadék november 5-én hullott, ekkor országsszerte legalább 10 mm eső esett, sőt Iklódbördöcéről 35 mm-t jelentettek. Lokálisan jelentősebb csapadék előfordult még 9-én (37 mm, Szentgotthárd), 11-én (34 mm, Nemeskiszfalud), valamint 23-án (22 mm, Iklódbördöce). Ezen időszak alatt a hőmérséklet kevéssel, de folyamatosan az átlag felett alakult.

Érdeemes még kiemelni a november 15–17. közötti időszakot. Ekkor egy úgynevezett fordított S-típusú blocking helyzet alakult ki, amely onnan kapta a nevét, hogy ilyenkor a magaslégköri áramlás egy fordított S betűhöz hasonló alakzatot vesz fel (2. ábra). Ebben az időjárási helyzetben az északi megyékben sűrű köd képződött. A köd sűrűsége és függőleges vastagsága olyan mértékűvé vált, hogy a budapesti Liszt Ferenc repülőtér emiatt nem tudott gépeket fogadni. A köd még sűrűbb volt a Győr melletti péri repülőtéren, ahol több órán keresztül csupán 50 méter volt a horizontális látástávolság.

A hónap vége meghozta a tél első fuvalatát is. A 24-én érkező markáns hidegfront mögött sarkvidéki eredetű levegő árasztotta el a Kárpát-medencét. Másnap az esőzést az Alföldön néhol havazás váltotta fel, de a pozitív hőmérséklet miatt összefüggő hóréteg nem tudott kialakulni, csupán a magasabb hegycsúcsokon maradt még néhány cm hó (Kékestető 3 cm). Ezután már hideg és száraz maradt az idő. November leghidegebb napjának 28-a adódott, a középhőmérséklet az országos átlagos $-0,5^{\circ}\text{C}$ volt. Nagy területen volt erős fagy, azaz -5°C alatti hőmérséklet, sőt Zabaron $-10,4^{\circ}\text{C}$ -ig hűlt le a levegő.

November hónap szélsőségei a következők: a legmagasabb hőmérsékletet ($23,1^{\circ}\text{C}$ -ot) november 8-án Sellyén regisztrálták. A legalacsonyabb hőmérsékletnek az előbb említett zabari mérés adódott. A legtöbb csapadék (181 mm) Iklódbördöce térségét áztatta, míg Nyírlugoson csupán 31 mm esett.

Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy az őszi az átlagosnál $0,9^{\circ}\text{C}$ -val melegebbnek adódott. Ehhez kapcsolódva a napsütéses órák száma is jelentősen magasabb volt a szokásosnál, különösen az Alföldön, ahol 60–80 órával többet sütött a nap a 30 éves átlaghoz képest. A csapadékot tekintve a Dunántúl 30–60 mm csapadéktöbbletet könyvelhetett el, míg keleten 0–20 mm-vel kevesebb hullott a szokásoshoz képest. Ennek eredményeként a Dunántúlon nagy részt megszűnt a vízhiány a talaj felső egy méteres rétegében, ugyanakkor a Tiszántúlon még több mint 100 mm vízmennyiség hiányzott a talaj telítődési állapotához. *

E számunk szerzői

DR. ABONYI IVÁN fizikus, egyetemi docens, ELTE, Fizikai Intézet, Budapest; DR. BARTHOLY JUDIT, az MTA doktora, tszv. egyetemi tanár, ELTE, Meteorológiai Tanszék, Budapest; DR. CSABA GYÖRGY professor emeritus, Semmelweis Egyetem, Genetikai, Sejt- és Immunbiológiai Intézet, Budapest; DR. DEMÉNY ATTILA akadémikus, az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földtani és Geokémiai Intézet igazgatója, Budapest; DR. FENYVESI ANDRÁS tudományos főmunkatárs, osztályvezető, MTA Atomki, Debrecen; DR. FÜLÖP ZSOLT, az MTA doktora, az MTA Atomki igazgatója, Debrecen; KAPITÁNY KATALIN szerkesztő, Természet Világa, Budapest; DR. LOVAS REZSŐ akadémikus, professor emeritus, MTA Atomki, Debrecen; DR. MATOS LAJOS szívgyógyász, Szent János Kórház, Budapest; MOKOS JUDIT egyetemi hallgató, ELTE TTK, Budapest; NÉMETH GÉZA szerkesztő, Természet Világa, Budapest; PÁTKAI ZSOLT meteorológus, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest; PÉLINÉ NÉMETH CSILLA őrnagy (meteorológus főtiszt), MH Geoinformációs Hálózat, Budapest; DR. RADICS KORNÉLIA PhD, az Országos Meteorológiai Szolgálat elnöke, Budapest; RIGÓCZKI CSABA, Mérei Ferenc Fővárosi Pedagógiai és Pályaválasztási Tanácsadó Intézet, Budapest; DR. SCHÖLL-BARNA GABRIELLA geokémikus, MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földtani és Geokémiai Intézet, Budapest; DR. SÜMEGI PÁL geológus, régész, Szegedi Tudományegyetem, Földtani és Őslénytani Tanszék, Szeged, MTA Bölcsész-tudományi Kutatóközpont, Régészeti Intézet, Budapest; DR. UJFALUDI LÁSZLÓ, tszv. egyetemi tanár, Eszterházy Károly Főiskola, Fizika Tanszék, Eger; DR. VARGA PÉTER, a geofizikai tudományok doktora, MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Geodéziai és Geofizikai Intézet, Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium, Budapest; DR. VENETIANER PÁL akadémikus, MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Biokémiai Intézet, Szeged.

Orvosszemmel

CUKORADÓ-EMELÉS AZ EGÉSZSÉGÉRT

Az egészségügyi közgazdaságtan külön fejezete foglalkozik azzal, hogyan csökkenthető az egészségre ártalmas élelmiszerek fogyasztása az adó vagy a vételár emelésével. A szakértők bonyolult számításokkal igyekeznek tisztázni, hogy a káros szenvedélyek, például a dohányzás, vagy az egészségtelen élelmiszerek, mint a transz-zsírok, vagy a konyhasó kereskedelmi forgalmának fékezésével a mortalitás vagy a kórházi felvételek száma milyen mértékben csökkenthető.

Mivel évek óta több tanulmány jelezte, hogy a túlzott cukorfogyasztással párhuzamosan növekszik az emberek testtömege és a 2-típusú cukorbetegség előfordulása, több ízben fölvetődött, hogy különféle módszerekkel, például az édességek árának emelésével kell megpróbálni az embereket a cukorbevitel korlátozására szorítani.

Most az Egyesült Királyságban, Oxford és Reading Egyetemén egy kutatócsoport *Adam D. M. Briggs* vezetésével azt vizsgálta, hogy a cukor adójának növelésével, vagyis a cukortartalmú ételek-italok árának emelésével milyen mértékben lehetne a szigetország közegészségét javítani. Ha a cukor adója 20%-kal emelkedne, az számításaik szerint ez az Egyesült Királyság kövér állampolgárainak arányát 1,3%-kal csökkentené. Ez így szerény eredménynek tűnhet, de valójában 180 000 kövérrel kevesebb lenne Angliában, a súlytöbblettel küszködők száma pedig 285 000-el fogyna.

A dolgot szerzői hangsúlyozzák, hogy a hatás jelentőségét az is fokozná, hogy a csökkenés a számítások szerint elsősorban a 16–29 éveseket érintené, mert ők fogyasztják a legtöbb cukrozott üdítőitalt és a társadalom egészsége szempontjából e korosztály egészségi állapota kulcsfontosságú kérdés. A cukros italok hizlalnak, növelik a 2-típusú cukorbetegség gyakoriságát és rontják a fogakat is.

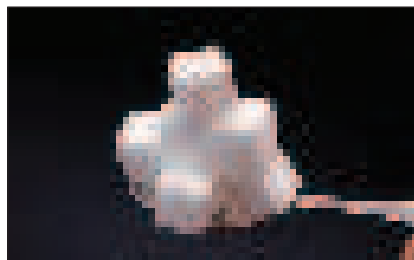
Ez a pénzügyi lépés az állami bevételek számottevő növekedését is jelentené: feltételezések szerint mintegy 326 millió eurónak megfelelő éves bevétel-többletet jelentene, és az egészséges károsító enni-innivalók fogyasztása várhatóan 15 %-kal csökkenne.

Szinte az angol munkacsoport cikkével egy időben jelent meg a Credit Suisse kutatóintézetének tanulmánya „Sugar: Consumption at a crossroads” címmel. Az egész világra kiterjedő hatalmas munka a legkülönbözőbb országok szakorvosainak megkérdezésével készült. A doktorok véleménye egyértelmű-

en az volt, hogy a 2-típusú cukorbetegség legfőbb oka a cukor, melyhez kedvelői ugyanúgy ragaszkodnak, mint a kábítószerekhez kötődők a heroinhoz.

Előzőleg az Association of Chocolate, Biscuit and Confectionary Industries (CAOBISCO) úgy véleményezte, hogy ne folytassák az élelmiszerek adóemelésére vonatkozó javaslatokat, mivel nem létezik egészségtelen ennivaló, csak egészségtelen étrend. A svájci tanulmány idézi az Amerikai Szív Szövetséget, mely szerint nőknek napi hat kávéskanálnyi cukor járma, a férfiaknak pedig kilenc. Ezzel szemben a világ átlagfogyasztása 17 kanálnyi, de sok országban még ennél is több: Mexikóban például 35.

A Credit Suisse szakértői szerint a 2-típusú cukorbetegség gyakorisága évi 4%-kal növekszik, miközben 370 millió kövér van a világban. 2012-ben csaknem 4,8 millió ember halt meg cukorbetegség következtében.



Hangsúlyozzák, hogy a magasabb jövedelmű és iskolázottságú rétegek kevesebb cukrot fogyasztanak.

Figyelemre méltó, hogy a tanulmány a legtekintélyesebb pénzügyi nagyhatalom kutatóintézetéből ered, melynek anyaszája Svájc, a világ legnagyobb csokoládé-exportőre.

ÁTVIRRASZTOTT ÉJSZAKA UTÁN TÖBBET ESZÜNK

Számos közleményből tudjuk, hogy a rendszeres, nyugodt alvás milyen egészséges és mennyire fontos. Időnként azonban szinte mindenki előfordul, hogy valamilyen okból egyáltalán nem kerül ágyba. Az Uppsala University svéd kutatói különleges vizsgálatot tanulmányozták az alvás hiányának következményeit, melyről az *Obesity* legújabb számában számoltak be.

Colin Chapman és munkatársai 14 egészséges fiatal férfit vontak be vizsgálatukba, akik átlagos életkora 23 év volt, testsúlyuk

a normális határokon belül mozgott. A kutatók arra voltak kíváncsiak, hogy az egyébként megfelelően táplálkozó fiatalok élelmiszervásárlási szokásait megváltoztatja-e az alváshiány.

Egy hónap időeltéréssel, véletlenszerű sorrendben, a résztvevők először egy kényelmes vizsgálóhelyen aludtak zavartalanul. Reggel nyolckor megfelelő reggelit kaptak, majd délből ebédeltek, délután 3,30-kor uzsonna következett, és este nyolckor vacsoráztak.

Ezt követően egy éjszakát ismét a vizsgálóhelyen aludtak addig, amíg kedvük tartotta, egy másik alkalommal viszont nem fekhettek le, alvás nélkül kellett tölteniük az éjszakát. Idejüket ülő helyzetben olvasással, játékokkal, filmnézéssel tölthették, kétszer félórányi sétával fűszerezve. Vízet kedvük szerint fogyaszthattak, ennivalót azonban nem kaptak. Reggel ismét reggelizhettek, hogy a végső feladatnak ne éhesen kezdjenek.

Mind a második átaludt, mind az ébren töltött éjszaka után 50 dollárnyi készpénzt kaptak, mellyel egy 40 különböző ennivalót kínáló „bevásárló helynek” berendezett laboratóriumban választhattak ételt, melyek fele alacsony kalóriatartalmú, másik fele viszont kalóriadús volt. „Feltételeztük, hogy a teljes alváshiány éhessé tesz és megzavarja a döntési képességet” – mondotta a vizsgálat vezetője.

A vizsgálati alanyok a nyugodt alvás (kontroll) állapotához képest az éhen átvirrasztott éjszakát követően 9%-kal több kalóriát és 18%-kal nagyobb ételsúlyt raktak a bevásárlókosárba.

Elektroencefalográfiás és elektromiográfiás vizsgálat mellett a kísérletben meghatározták a fiatal férfiak vérében az éhséggel összefüggő hormon, a ghrelin szintjét. Ezt a 28 aminosavból álló peptidhormont főleg a gyomor enterokromaffin sejtei termelik, de az idegrendszer bizonyos részeiben is előfordul. Hatására nő az étvágy és a hormon tartós adagolása jelentős súlygyarapodással jár.

A fiatal férfiak vérének ghrelin-koncentrációja az átvirrasztott éjszaka után megemelkedett, de másnap már ismét normális értékű volt. Colin Chapman professzor azzal zárta a vizsgálatot, hogy „a kalória bevitel és a testsúly megfelelő szinten tartása egészséges, normál alvási szokásokat igényel”. Hangsúlyozta, hogy további tanulmányokra van szükség annak tisztázására, hogy a részleges alvásmegvonás milyen viselkedési változásokkal jár.

(Forrás: *Weborvos*)



(2014. november 16.)

A FÖLD EMBER NÉLKÜL

Azon már sokan eltöprengtek, milyen lenne a Föld egy emberek utáni világban; hogyan, mennyi idő alatt pusztulnának el építményeink, használati tárgyaink, miként hódítaná vissza a természet az általunk időlegesen birtokba vett környezetet. Most próbáljuk elképzelni azt a világot, melyben soha meg sem jelent az ember, képzeletben görgessük vissza az idő kerekét. Először is azt látnánk, hogy minden egyes percben tíz futballpályányi erdőterülettel lenne több. Évente nagyjából egy Dániányi terület erdősödne be, és csupán 150 év elegendő volna ahhoz, hogy az összes erdő, ami 125 ezer éve létezett, visszaálljon akkori állapotába. Ezzel párhuzamosan zsugorodnak a városi területek, a lebetonozott világ. Folyóinkról eltűnőnének a gátak, a tengeraljazatról a lefektetett távközlési kábelek és a hajóroncsok. Az ózonpajzs ismét ép lenne. A becslés szerint az eddig élt 108 milliárd ember maradványai eltűnének a földből, viszont visszakérlőnének a mélybe azok a fosszilis tüzelőanyagok, fémek és egyébek, amiket a történelmünk során kibányásztunk. A légkör megtisztulna attól a tömegtelen szennyező anyagtól, amit az ember kiengedett. Végül elérnénk a 125 ezer évvel ezelőtti időponthoz, amikor már semmi nyoma nem lenne annak, hogy valaha ember élt a Földön.

Akkortájt egy interglaciális uralkodott, enyhe klímával, mely nagyjából 15 ezer évig tartott. Kicsit melegebb volt, mint napjainkban, a tengerszint is kissé magasabb volt. Ennek az enyhe és stabil klímának a fő hasznélvezője a Homo sapiens volt. Elődünk, nagyjából 200 ezer éve tűnt fel Afrika keleti részén. 125 ezer éve a Föld teljes népessége 10 ezer és 100 ezer között lehetett. Természetesen nem voltunk egyedül. Legalább három hominidafaj élhetett a Földön, a sapiensen kívül a Homo erectus Kelet-Ázsiában, illetve a neandervölgyiek Európában. Rajtuk kívül még lehetett néhány hominidafaj Afrikában, azok azonban nem hasonlítottak a modern Homo sapiensre.

És természetesen kortársaik voltak hatalmas állatok, az óceánokban nyúzsögték a cetfélék, a szárazföldeken pedig hatalmas csordákban legeltek a növényevők, vadásztak a nagyragadozók. Aztán egyszer csak minden megváltozott. Pontosabban, először az ember változott meg, aztán a világ. Mindez úgy 100 ezer éve kezdődött. Az ember elkezdett kilépni természetes környezetéből és megkezdte a maga képére formálását. Úgy négyezer éve már több tízmillió ember élt

a Földön, a XVIII. század elejére már 600 millió, ma pedig már több mint 7 milliárd. És akkor még mindig csak az emberekről van szó. Tenyészünk kb. 1,4 milliárd szarvasmarhát, 1 milliárd sertést és juhot, 19 milliárd baromfit. Energiafogyasztásunk egyre gyorsuló ütemben nőtt. Csak a XX. században 16-szorosára. 1870 óta a becslések szerint 135 milliárd tonna olajat termeltünk ki, és csak 2011-ben az Egyesült Államok, több mint egymilliárd tonna szenet bányásztak, Kínában pedig háromszor annyit.

Környezetünket szinte a felismerhetetlenségig megváltoztattuk. Ahol erre alkalmas az éghajlat és a terepviszonyok, a természetes vegetációt nagyrészt művelt területek váltották fel. A szárazföldnek kb. a 30-40 százalékát így vagy úgy felhasználja az ember, a Föld hozzáférhető édesvízkészleteinek pedig több mint a felét csapoljuk meg. Különösen a rizstermesztés tüntetett el egész ökoszisztémákat.

A modern világban, Európában, már alig találunk olyan vidékeket, ahol az ember ne hagyta volna ott a keze-lába nyomát. Fokozatosan valamennyi kontinenten benépesítettük. Akárhová is mentünk, vittük magunkkal háziállatainkat, de sokszor állati potyautasokat is. Ezek néha annyira felborították a természetes ökoszisztémákat, hogy visszafordíthatatlan károkat okoztak. Mi, magunk is igen hatékony gyilkosok vagyunk. Több fajt is teljesen levadásztak az ember, vagy a természetes környezetet változtatta meg olyan mértékben, hogy az már alkalmatlanná vált bizonyos fajok számára. Az egyik legnagyobb pusztítást Amerikában vitte végbe az ember mint újonnan megjelenő faj. A „Vadnyugat” fajgazdagsága és állatsűrűsége nagyobb volt, mint ma a Serengeti Nemzeti Parké, ám mindez kb. 15 ezer évvel ezelőtt megszűnt.

Kiüresítettük az óceánokat, tengereket is. Egy 2010-es FAO-becslés szerint a világ partvidéki halászterületeinek több mint fele túlhalászott. Még rosszabb a helyzet a bálnákkal; a bálnavadászat előtti időszakban becslés szerint 1,5 millió hosszúszárnjú bálna élt a tengerekben, napjainkban csupán kb. 100 ezer.

Átformáltuk a légkört is, aminek drámai hatása van az éghajlatra. A gleccserek többsége visszahúzódik, az északi-sarkvidéki tengeri jégtakaró mérete nyaranta újabb és újabb rekordokat döntöget.

Ha azt a parányi embercsoportot, amely kb. 125 ezer évvel ezelőtt élt Kelet-Afrikában, valami betegség, katasztrófa elpusztította volna, ma egészen másképpen nézne ki a Föld. Vagy mégsem? Vannak olyan vélemények, melyek szerint ha a Homo sapiens nem teszi meg mindazt, amit tett, megette volna más. Nem tudhatjuk, hogy felemelkedett volna-e egy másik hominidafaj, keresztülment volna-e a mienkhez hasonló evolúción.

Ha így is történt volna, valószínűleg egészen más utat jár be, de nyilvánvalóan alaposan megváltoztatta volna a környezetét.



A CSILLAGÁSZAT LEGNAGYOBB REJTÉLYEI

A lap 2013-ban „A csillagászat 60 legnagyobb rejtélye” című különszámában gyűjtött össze egy nagyobb csokorra való izgalmas kérdést, amelyeket neves szakemberek próbálnak meg körüljárni és a hátteret megvilágítani. A „rejtélyeket” vagy inkább ma még megválaszolatlan kérdéseket tematikus csoportokba rendezik, kisebb részük a Földre és a Naprendszerre vonatkozik. Egy nagyobb csoportba kerültek az exobolygókra és a földönkívüli életre vonatkozó kérdések. Távlabbi vidékekre vezetnek a csillagokkal, szupernóvákkal és fekete lyukakkal, illetve a galaxisokkal és a Világegyetem egészével foglalkozó témák, végül a sort az úr felderítésének sci-fibe hajló problémái zárják.

Ízelítőként az exobolygók és a földönkívüli élet témaköréből a „Milyen gyakoriak a bolygók, ahol technikai civilizációk élhetnek?” problémáját választottuk ki. A kérdésről Geoffrey E. Marcy, a Berkeley-i Kalifornia Egyetem csillagásza fejtű ki véleményét. Marcy annak a kutatócsoportnak a tagja, amelyik a jelenleg ismert, több mint 600 exobolygó többségét felfedezte. Ők fedezték fel többek közt az első több bolygót tartalmazó idegen rendszert, az első Szaturnusz tömegű, az első Neptunusz tömegű és az első Földhöz hasonló méretű exobolygót.

Nos, a Kepler-úrtávcső mérésein alapuló becslések szerint a Tejútrendszer milliárdnyi, a Földhöz hasonló méretű bolygót tartalmazhat. Elkápráztató szám. Az élet kifejlődéséhez vízre van szükség, ám a technikai civilizációk fejlődését száraz körülmények közt könnyebb elképzelni. A milliárdnyi bolygó közül számunkra azok az igazán érdekesek, ahol létrejöhet egy (vagy több) intelligens faj és kifejlődhet az úgynevezett technikai civilizáció. Kérdés, hogy mennyi jöhet szóba az egymilliárd bolygó közül, ha technikai civilizációkat szeretnénk keresni.

Az általunk ismert élet előfeltétele a folyékony víz. A vízben mint oldószerben egyesülhettek valaha a szerves molekulák az élet építőköveivé, aminosavakká, fehérjéké és DNS-sé. A mikrobáktól az emlősökig nincs olyan faj, amely számára ne lenne létfontosságú a víz. A technikai civilizációk lét-

rejöttéhez azonban szárazföld is szükséges, nem csak víz. A fémkohászat, az elektronika és a rakéatechnika aligha képzelhető el víz alatti környezetben. Nehezen hihető, hogy egy idegen égitest intelligens halfaja feltalálná a mobiltelefont. Emberi kultúránk sem nélkülözheti a száraz élőhelyeket. Ha tehát olyan exobolygót keresünk, amelyiken kialakulhat a technikai civilizáció, akkor szabjuk feltételül, hogy a bolygón szárazföld és víz egyaránt jelen legyen.

A kőzetbolygók a kőzeteket és jeget tartalmazó kisbolygók és üstökösök összetömörülésével jönnek létre az újszülött csillagok körüli protoplanetáris korongokban. A Marshoz hasonló méretű testek becsapódásai növelik a bolygókezdemények tömegét, de egyben szárítják is azokat. Mindemellett, a kőzetbolygók keletkezésekor jelen lehet a víz, a becsapódó kis testek, üstökösök és aszteroidák még növelhetik is a víz mennyiségét. A Naprendszerben még a kisbolygók anyaga is mintegy 5% vizet tartalmaz. A jeges testeket a Jupiter nagyságú bolygók – feltéve persze, hogy az adott bolygórendszerben vannak ilyenek – gravitációs hatása fokozatosan a rendszer belseje felé sodorja.

Az, hogy végül egy a lakható zónában keringő bolygón mennyi víz marad, elsősorban ezeknek a folyamatoknak az egyensúlyától függ. A helyzetet számítógépes szimulációval próbálták modellezni, különböző pályán keringő, különböző tömegű Jupiter-szerű bolygókkal és a protoplanetáris korong különböző tömegével. A modellszámítások eredménye szerint vannak olyan kőzetbolygók, amelyek csak a Föld vízkészletének 10%-át tartalmazták, másokon viszont a földi víz mennyiségének 10–100-szorosa is előfordulhat. A víztartalom tehát akár 1000-szeres határok között is változhat.

Naprendszerünkben a Földdel egy időben és a Föld közelében keletkezett Merkúr, a Vénusz és a Marson nincs, vagy nagyon kevés a víz. A Föld gyanús oázis a Föld típusú bolygók sivatagában. Ha viszont a Földön a jelenleginél kétszer több víz lenne, akkor alig lennének szárazföldek, csak a Himalája legmagasabb csúcsai emelkednének ki a hullámokból. Ha viszont egy kőzetbolygón fele annyi víz van, mint a Földön, akkor annak nagy része elnyelődik a köpenyben, alig marad belőle a felszínen. A száraz kéregben leáll (vagy ki sem alakul) a szén-dioxid-háztartás, és így a hőháztartás szempontjából fontos kontinensvándorlás. A Földön éppen megfelelő mennyiségű víz található tehát, ami szerencsés véletlennek mondható. Nem szabad csodálkozni azon, hogy a Föld olyan ritka szerencsés kozmikus helyzetű, hogy kialakulhatott rajta az értelmes élet. Erre – mint oly sok más hasonló, ritka szerencsés véletlennek betudható egybeesésre – az szokásos válasz az, hogy ha nem éppen a megfelelő mennyiségű víz lenne a Földön, akkor mi, a *Homo sapiens* nem lennénk itt.

Becslések szerint – a víz mennyiségére korábban említett határokat figyelembe véve – a kőzetbolygók talán 1 százalékán lehet elegendő víz ahhoz, hogy ne kopár sivatag borítsa a felszínét. Azt is figyelembe kell venni, hogy a Naprendszerben a kisbolygók vélhetően szárazabbak, mint más bolygórendszerek hasonló égitestjei, mert viszonylag gyakori bennük az alumínium-26 izotóp, amely radioaktív bomlásával fűti, ezáltal pedig szárítja ezeket az égitesteket.

A Tejútrendszerben feltételezhető, Földhöz hasonló nagyságú bolygókra említett egymilliórd körüli szám igen nagy. A víz mennyiségére vonatkozó megfontolások azonban máris két nagyságrenddel csökkentik az érdekes bolygók számát. Néhány további, hasonló feltétel azonban drasztikusan tovább csökkentheti az igazán érdekes exobolygók számát.



(2013. november 27.)

AGYAFÜRT CSIKÓHALAK

A csikóhalak nem éppen a leggyorsabb, de a legagyafürtabb tengerlakók közé tartoznak. Finom orrocskájuk segítségével még a fürge evezőlábú rákokat (Copepoda) is el tudják kapni.

Az evezőlábú rákok éberek: ha hal tart feléjük, sokszor már előre, a hullámszáron, a víznyomás minimális változásán észreveszik, hogy valami közeledik hozzájuk. Erre aztán azonnal válaszolnak: csupán 2-4 millimásodperc alatt két hosszú evezőlábuk erős csapásaival kilövik magukat a veszélyes zónából.

A menekülés során több mint 500 testhossz sebességét képesek elérni másodpercenként – számoltak be a Texasi Egyetem kutatói, Brad Gemmel és munkatársai. Ez megfelel annak, mintha egy ember 3200 km/h sebességgel szelné a vizet. Aki azonban a rákokat szemelte ki zsákmányának és el szeretné kapni, annak kész stratégiát kell kiagyalnia, hogy az evezőlábú rákok figyelmeztető rendszerét kijátssza.

A túhalakhoz (Singnathus) tartozó tengeri csikók egyik kedvenc ételle az evezőlábú rák. A probléma azonban az, hogy a karcsú, inkább röviduszonyú tengeri csikók nem tartoznak az igazán gyors úszók közé, így esélyük sincs az evezőlábú rákokat menekülés-kor elkapni. Ezért más stratégiát alkalmaznak: először óvatosan odalopóznak a rákokhoz és fejüket ferdén a rákok alá helyezik. Majd hirtelen fellendítik a fejüket és orrukat, s szó szerint beszippantják az orruk előtt menekülő rákokat.

Van azonban egy bökkenő: a csikóhalnak nagyon közel kell kerülnie zsákmányához, hogy az említett stratégia működjön. Csak akkor csaphat le, ha a rák kevesebb, mint 2 milliméterre van az orrától. Ilyen minimális távolságban azonban normál esetben a víz hulláma el kellene árulnia jelenlétét. Hogyan viszik mégis sikerre módszerüket a tengeri csikók?

A Texasi Egyetem kutatói nagysebességű kamerák segítségével és 3D-s mérésekkel jártak utána. Vizsgálatukhoz Hippocampus zosterae fajba tartozó törpe csikóhalat helyeztek egy kis vízmedencébe, melyben több evezőlábú rák (*Acartia tonsa*) volt. Közben pedig feljegyezték az állatok és a víz mozgását, majd mindkettőt kielemezték.

A felvételek leleplezték, hogy a tengeri csikók lopakodásuk során egyáltalán nem jellemző, atípusos hullámszárt keltenek. Ahelyett, hogy örvényhullámot tolnának maguk előtt, orruk fölött ferdén egy nyugodt, viszonylag zavartalan mező keletkezik a vízben. Még ha a tengeri csikó 1 cm/másodperc sebességgel is lopózik a rákhoz, a hidrodinamikus zavarok ebben a nyugalmi mezőben az alatt a küszöbérték alatt vannak, amely a ráknál a menekülési reflexet kiváltja. További előny, hogy a nyugalmi mező éppen abban a zónában található, amelyben a zsákmány ideális esetben el kell úsznia ahhoz, hogy a csikóhal el tudja kapni.

De mi okozza ezt a szokatlan nyugalmi mezőt a hullámszáron? Erre a kérdésre egyfajta választ adnak a tengeri csikóhal, valamint vele közeli rokonságban lévő halak fejének anatómiaiailag teljesen megegyező utánzatával végzett kísérletek, melyek rámutattak arra, hogy a szokatlan hullámszám a fej, de különösen az orr formájára vezethető vissza.

A vékony, meghosszabbodott orr lehetővé teszi, hogy a csikóhal könnyebben és kevesebb örvénnyel haladjon a vízen, mint tompább, szélesebb fej esetében. Mivel a csikóhal szája éppen a vékony orr végén található, ha a csikóhal a rák közelébe ér, a szája a rák közvetlen közelében van, még mielőtt a rák sejtethné, hogy valami készülődik.

A kísérletek rámutatnak arra is, hogy az egész vadászat csak akkor sikeres, ha a csikóhal és a rák megfelelő szögben állnak egymással. Ha ugyanis a csikóhal túl meredeken közelít zsákmányához, a rák elkerüli a nyugalmi mezőt, s helyette arra a területre kerül, ahol a víz hullámok lényegesen erősebbek, s ennek következtében elmenekül, mielőtt még a csikóhal beszippantná. Ha azonban elég közel kerülnek egymáshoz, a ráknak szinte esélye sincs: a csikóhal a zsákmányt az esetek 90 %-ában sikeresen elkapja.

A csikóhalak képesek tehát a vízi világ egyik leghatékosabb menekülőművészenek érzékelőit kijátsszani. Az ember, ha ragadozókról beszél, nem is gondolna a tengeri csikóra – pedig a ragadozók kifejezetten ügyes képviselői.

„Az élő Világegyetem”

Grandpierre Atilla (újabbán így írja nevét – egy t-vel és két l-lel) csillagász kollégánk, aki már több mint három évtizede dolgozik a napfizikában. Publikációi megoszlanak a szorosabban vett napfizika és az élet kozmikus problémái között. Cikkei előkelő nemzetközi fórumokon jelentek meg, pl. az *Astronomy and Astrophysics*, az *Astrophysics and Space Science* oldalain, vagy nemzetközi konferencia-kiadványokban.

Mindezt azért bocsátjuk előre, mert a most bemutatandó könyve meglehetősen különös. Részben azért, mert a rendkívül ügyesen tállalt elvi kérdéseit egy mesésnek tűnő borító takarja (ami szerintünk kissé félre is vezetheti a laikusabb olvasókat – vásárlókat), részben azért, mert a tárgyalt kérdéskör korántsem olyan egyszerű az úgynevezett szakmai szempontból.

E kötet a szerző kutatómunkájában fokozatosan kialakult, nemcsak szorosabban szakmai (napfizikai) tudományos eredményekről számol be, hanem az ezek során felmerült – és részletesebben a megfelelő nemzetközi szakmai fórumokon is publikált – új filozófiai nézeteit ismerteti.

Bár a könyvben a most érintendő téma nem elől szerepel, megemlítjük, hogy a harmadik fejezetben a szerző a saját, a naptevékenységre vonatkozó eredményeinek összefoglalásából indul ki. Ezeknek az eredményeknek a felsorakoztatása után előkerülnek egyéni filozófiai meglátásai is. Arról ír, hogy a Nap fizikai tevékenysége mögött – az egész Napra gondolva – szerinte egy „szuperélőlény” állhat. Ennek a szuperélőlénynek a „kozmosz élet”, az életerő és az „életerő” koncepcióját a szerző a tragikus sorsú Bauer Ervin gondolatának felélesztésével hozza kapcsolatba. Erre alapozva törekszik könyvében arra, hogy a Világegyetemben látott megnyilvánulásokat (amik nagyrészt a mai ártatlan szóval természet-tudományiak), valamilyen kozmikus tudat komplex hatásainak értelmezze.

Az a benyomásunk, hogy a gondolatok közlésének itt van egy komoly problémája: óhatatlanul felvetődik az emberi nyelv és fogalomalkotás, az antropomorf gondolkodás (sajátos, de talán alig elkerülhető) módja, az „élet” és „értelem” szóképződményeinek túl szorosan emberközeli vonatkozása. Az az olvasó érzése, nem eléggé világos

az a kifejezőerő erre a célra, hogy a világ, amiben élünk, és aminek mi magunk, a róla gondolkodók is cselekvő részesei vagyunk (a magunk kis skáláján), kapcsolatunkat kozmikus irányítóként a „tudat”, „szellem” fogalmaival jelöljük meg.

A szerző végső soron arra a következtetésre jut, hogy az emberi világnézet nem állhat meg a tudattól független anyag fogalmánál a filozófia alapjait illetően. Az anyagfogalom mellé nemcsak a mozgás tág fogalomköre kell, hogy járuljon, hanem a biológia és a pszichológia fogalomköre is szükségképpen társul (természetesen az egészséges pszichére gondolunk). Valahogyan úgy és azért, mert a mozgó anyag nem meríti ki a biológiai valóság (fizikát meghaladó) létformáit, ahogy természetesen mindezek együtt sem adhatnak számot a tudat tevékenységéről.

Már csak a tevékenységi lehetőségeinek számosságát illető szerény becslésből származó szorzószámok ugrása tekintetében sem.

Egy szó mint száz: ez a kötet, ami a korábbi próbálkozások sokkal kidolgozottabb formája, hitet tesz és minden eszközt megragadva érvel többek között egy filozófiai továbblépés érdekében (is). Érvelési rendszerre igen tanulságos, nemcsak saját korábbi munkáira hivatkozik, amelyek rangos nemzetközi folyóiratokban jelentek meg, hanem a mintegy 150 hivatkozás között szép számban vannak „bölcsész” művek is.

Gondolkozni való van bőven, erről Grandpierre Atilla e könyvében elég példát vetett fel. Műve bemutatta, hogy egy kis, szűk területen elkezdett természettudományi (csillagászati, asztrofizikai) kutatás hogyan terebélyesedik ki lényeges filozófiai problémák területei felé. Érdekesnek tűnhet, hogy aránylag kevesen haladnak Grandpierre Atilla nyomán a szakma sikeres kutatói közül. Sokakat életre szólóan leköt a szakma szűkebb területe. Kívánjuk, hogy minél több olvasó érezze meg, hogy vannak ilyen problémák, mint amilyenek Grandpierre Atilla könyvében láthatók. A nagy probléma, amiről beszélni, eszmét cserélni, vitázni érdemes, és amihez meg kell keresni a megfelelő fogalomhoz illőbb szavakat is. Igazából az elsők között kell ezen a téren Grandpierre Atilla próbálkozásait számon tartani.

(Grandpierre Atilla: *Az Élő Világegyetem Könyve, Titokfejtő Lap- és Könyvkiadó, 2012*)

ABONYI IVÁN

Könyv madárbarátoknak

Még a 2000 körüli években volt szerencsém angol madarászok jóvoltából kézbe venni hasonlóan színvonalas könyveket. Csodálkoztam is, irigykedtem is, főleg azon az elkételezett és nem hivalkodó magatartáson, ami Albionban százereket állít csatasorba a madárvédelem



érdekében. Mert a szeretet nem elég, napjainkban talán már sehol sem; mi, emberek túlságosan kiterjeszkedtünk szinte minden madárterritórium fölé. Kellenek hát az aktív madárbarátok, akik télen-nyáron segítenek a madarakon. Vagyis nemcsak a téli etetést tartják számon, hanem az itatást, fürdést is. És hogy még mi mindent kell, vagy lehet számon tartani, meg főképpen, hogy miként, erről ad nekünk hasznosítható tanácsokat Orbán Zoltán.

Az alapkérdéseken túl bőségesen szól a fészekodúkról, fészkelési szokásokról, madárproblémákról és -védelemről, a madárfotózás alapszabályairól és sok másról, ami egy madaras kertben örömet vagy aggodalmat okozhat. És persze nagy kedvet ébreszt az olvasóban egy hangulatosabb kert megteremtéséhez, már akinek persze adódik rá lehetősége. Madarak, lepkék, gyíkok, méhek és darazsak, sünök, itatók és fürdőmedencék nélkül meglehetősen szegényes a kert, túlzottan emberszabású.

Az angol természet-közeliség nem csak a főúri angolkertek luxusa tehát; egy szeletkéje még a családi házak körül is megvalósítható. Dicséret, elismerés illeti Orbán Zoltánt, hogy a madarakért és értünk fáradozva átnyújtotta nekünk ezt az igazán színes kötetet.

(Orbán Zoltán: *Madárbarátok könyve, Cser Kiadó, Budapest, 2013*)

SZILI ISTVÁN

Diákok az Akadémián

BESZÉLGETÉS STÉPÁN GÁBOR AKADÉMIKUSSAL

Milyen szerepet töltenek be életünkben a rezgések, miként érvényesül az időkézés a „szűk folyosó hatás” kialakulásában, és mi köze lehet az erőszabályozásnak a társastáncokhoz? – mindezekre és egy sor egyéb izgalmas kérdésre adott választ *Stépán Gábor* akadémikus a „Vannak-e reflexeik a robotoknak, avagy az egyensúlyozástól a forgalmi dugóig?” című, a „Diákok az Akadémián” rendezvény keretében középiskolásoknak tartott, nagy sikerű előadásában. A rendezvényen jelen volt *Palinkás József*, a Magyar Tudományos Akadémia elnöke. Csépe Valéria, az MTA főtitkárhelyettese köszöntőjében rámutatott: a Magyar Tudományos Akadémia kiemelt feladatának tekintti, hogy felkeltse a fiatalok érdeklődését a tudomány rejtélyes világa iránt. Ennek jegyében immár sokadik alkalommal rendezik meg a Magyar Tudomány Ünnepe keretében a „Diákok az Akadémián – Tudomány a diákok nyelvén” című rendezvényt, amelynek keretében neves kutatók, akadémikusok tartanak tudományos igényű, mégis közérthető előadásokat. Az idén központi témául a szervezők a velünk élő tudományt választották, hogy bemutassák, miként kerülnek át a gyakorlatba, változtatják meg mindennapjainkat a mindössze néhány évvel ezelőtt tett felfedezések.

A november 14-i rendezvény egy tudományos szintű, mégis a diákok nyelvén elmondott előadás volt a fizika törvényeiről. Közel 200 középiskolás tudhatta meg, hogy mi a közös egy motorbaleset, egy pohárból kilöttyenő víz, a robot kézfogása, az álmában felboruló kisbaba és egy forgalmi dugó között. között. Az előadót, *Stépán Gábort*, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Széchenyi-díjas tanszékvezető professzorát a nap végén kérdeztük tapasztalatairól.

– Ön egyetemi oktatóként fiatal felnőttekkel dolgozik. Most azonban a kamasz korosztályt kellett megszólítani. Nehéz kihívás ez? Van egyáltalán különbség?

– A közép- és felsőfokú oktatás előtt álló közös kihívás, hogy miként lehet átadni a kö-

vetkező generációnak, ami mondjuk Newton óta történt. Ez lassan 350 évnyi tananyag. Ráadásul azt is meg kell tanítani, amit a kortársak az elmúlt 15–20 évben hozzáraktak. Szinte lehetetlen vállalkozás 4–5 évben megtanítani ezt az ismeretanyagot.

– A tanulási életkor is kitolódik, egyre tovább vagyunk az iskolában és egész életen át tanulunk.

– Önmagában ez nem volna elég. Egyre magasabb absztrakciós szinteket kell be-

– *Háttérismeret nélkül a kérdéseik is furcsák a gyerekeknek.*

– Nagyon szeretek a gyerekekkel beszélgetni. Fantasztikus érzés, hogy az ember tanítja esetleg 10–20 éve ugyanazt, amiről úgy érzi, hogy letisztult ismeret, és akkor egyszer csak valaki kérdez valami olyasmit, amit korábban senki nem kérdezett meg. Olyat, ami addig senkinek nem jutott az eszébe. És akkor döbbenet álllok, hogy miként lehetséges ez. Ez borzasztó érdekes.

– És a gyerek választ vár...

– Igen, és amikor válaszolni akarok, akkor nem tehetem meg, hogy ismételtetem saját igazságomat, mert ő nem ugyanazt a logikai gondolatmenetet akarja újra hallani, hanem azt szeretné megérteni, hogy a saját logikai rendszerében ez miért nem stimmel. Bele kell, hogy éljem magam az ő helyzetébe és el kell képzelnem, hogy mi az a váltópont, ahol az ő gondolkodása „félrement”. Így kell megtalálnom a választ a kérdésre.

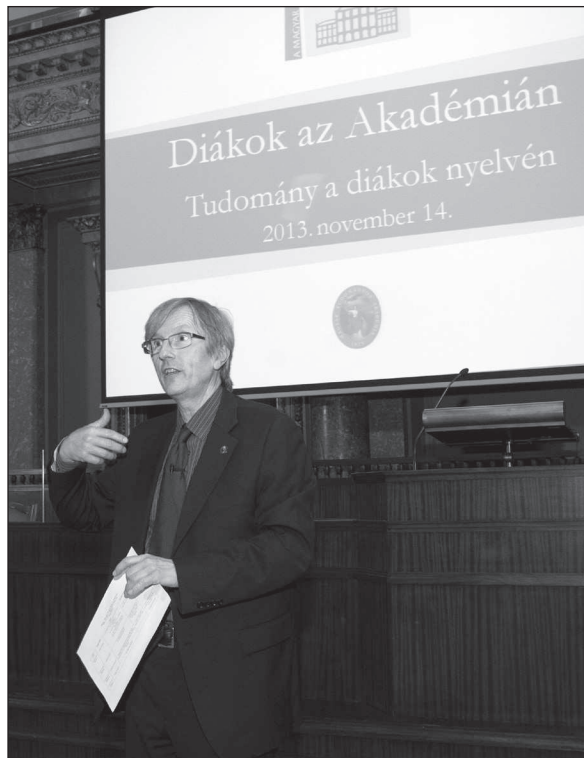
– *Ahhoz adottság kell, hogy az oktató ember ki tudjon lépni saját gondolati keretei közül, úgy, hogy amit mond, az mégis koherens maradjon.*

– Igyekszem. Nagy segítség persze, amikor az embernek gyerekei vannak, és esténként nekik is kell mesélni. Amikor együtt nézünk filmeket, akkor is próbálok felhívni a figyelmüket az érdekes részekre, amik tudományos kérdéshez kapcsolódnak.

– „A szellem saját gondolatai börtönébe zárkózik” – tanítja a zen bölcsélet. A gyerekek agya –

ahogy ön is mondta – még nincs bezárva becsatornázza. Ön szerint ezért van, hogy a NASA, a CERN és más, csúcstechnológiai kutató intézetek világszerte toborozzák a gyerekeket – Budapestről is többször voltak kint a legtehetségesebbek.

– A friss agyoknak valóban vannak új gondolataik, absztrakcióik, olyan kombinációik, amik ott vannak az orrunk előtt és egyszerűen nem jutnak eszünkbe. És Magyarország valóban híres arról, hogy a matematikai középiskolai lapunk (jó ideje



Stépán Gábor előadást tart az Akadémián a fiataloknak

építeni ahhoz, hogy a mind nagyobb tudásanyagot összerendezzük és eljussunk a mai legjobb eredményekig. A középiskolásokkal dolgozva épp az jelenti a legnagyobb kihívást, hogy nem lehet velük azt az absztrakciós szintet használni, mint az egyetemi hallgatókkal. Nincsenek például olyan matematikai ismereteik. Meg kell találni azokat a legegyszerűbb, számukra is elérhető, tapasztalható példákat, amiken keresztül azután el tudják képzelni a kutatás élvonalába tartozó eredményeket.

már fizikai feladatok is vannak benne) kifejezetten nehéz, kombinatív példákat ad fiataloknak, amit az idősebbek nem tudnak megcsinálni. Olyan kombinációs készség kell ehhez, ami tényleg csak a fiatalokban van. De annak, hogy az említett szervezetek valóban gyűjtik a fiatalokat, van egy magasabb társadalmi küldetése is. A jóléti társadalmak fiataljai ugyanis olyan biztonságban nőnek fel, hogy nem tudják, miért is kellene küzdeniük. Nem kell félni az éhségtől, fázástól, ami alapvető fizikai kényszerrel megadja az élet értelmét. Ők már nem az életben maradásért küzdenek, és ezért sokszor célt tévesztenek. Az említett szervezetek, vagy az ENSZ nemcsak a friss, még nem beskatulyázott agyakban lévő gondolatok miatt gyűjtik maguk köré a tizenéves korosztály legjobbjait, hanem azért is, mert ennek a generációnak nagyon fontos látni azt, hogy az életben igenis vannak kihívások, amik megoldása az ő felelősségük.

– Az, hogy a friss agyban ott a lehetőség, felveti a középiskolai oktatás jelentőségét. Hogyan lehetne „hatékonyabb agyakat” termelni?

– Ez az egyik legnehezebb kérdés.

– A hatvanas évek stílusában kérdezem: mit üzen a tanároknak?

– Mi a helyes út? Azt hiszem, az, amit a többség ma is jár. Például, akik elhozták tanítványaik a „Diákok az Akadémián” rendezvényre. És az, hogy ők, a pedagógusok személy szerint is érdeklődnek a tudomány eredményei iránt. Az egyetemi oktatóknak kötelező a kutatás. Csak

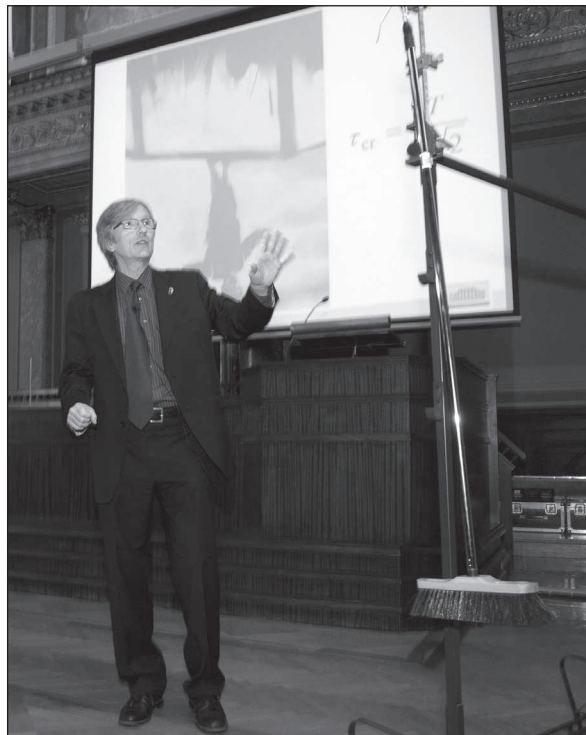
fejlődését.

– *A newtoni axiómák mégiscsak ugyanazok 350 éve.*

– A törvény ugyanaz, de a környezet, amire kihat, amin keresztül tapasztaljuk a mindennapi életünkben, az folyamatosan változik. Úgy kell átadni a középiskolásoknak, hogy lássák a mindennapi értelmét az ő világukban. Ezt mindig az aktuális tudományos eredményeken keresztül lehet megvilágítani.

– *A tanárnak × órát kell tanítani, számos adminisztratív feladata és kötelező munkarendje van. Egy konferenciára például ő nem tud elmenni, mert azok főleg délelőtt vannak. Ide, az Akadémia nagyszerű rendezvényére is, aminek apropóján beszélgetünk, az esti szabadidejükben hozták a diákokat. Ez az idő a tanár számára nem elszámolható, vagy lecsúsztható.*

– Valóban, a tudósok világa és a középiskolai tanárok világa között az átjárás nehezen megoldható. Közvetítő szükséges. Ez többek között lehet a pedagógiai szolgáltató intézetek felelőssége. Médiumok ők is a szó klasszikus értelmében – közve-



me sincs a tanításnak, ha nem szórakoztat, mert az információ nem megy át az előadó és hallgató között. De ez is tehetség dolga, nem?

– Van, aki szürke ruhában kiáll a katedrára, csak beszél, mint egy *one man show* előadója, a hallgatóság mégis csüng a szavain. Más tárgyi eszközöket hoz a terembe, és azzal motivál. A tanárnak meg kell találni a saját útját.

– *Klinghammer István mondta egy Juhász Árpádot méltató beszédében, hogy az ismeretterjesztés, vagy a motiválás nem egyenlő a szórakoztatással, hanem sokkal több annál.*

– A célunk az ismeretátadás és ennek eszköze az érdeklődés fenntartása pl. videókkal.

– *A videó viszont nagyon időigényes műfaj, az iskolai órakeret pedig, ahogy mondani szokták, nincs gumiból, nem nyújtható.*

– Valós probléma, hogy adott időkeretben kell elmondani a tananyagot, ami – miként előbb mondtuk – egyre csak duzzad. De az időnek egy részét akkor is érdemes motiválásra fordítani, mert ha egy diákban felkeltjük az érdeklődést, akkor a kevesebb átadott ismeretből is jobban meg fogja érteni a jelenséget, mint hogyha többet próbálunk elmondani, de nem válik érdekeltté abban, hogy megtanulja. Ha viszont megnyertük az ügynek a fiatal, akkor ő a szabadidejéből is erre fog áldozni, aminek már nemcsak egyéni, tudományos, hanem egyéb társadalmi haszna is van.

Az interjút készítette:
RIGÓCZKI CSABA



(Szigeti Tamás felvételei)

akkor lehet valaki jó oktató, ha kutatási eredményeket is produkál. Ez a középiskolai tanároknak is egyfajta kötelessége kell, hogy legyen. Akkor lesznek jó tanárok, ha folyamatosan figyelik a tudomány

títt az információt a tanárok és rajtuk keresztül a diákok felé. Például ezt a rendezvényt is, hogy jövőre még többen jöjjenek.

– *Előadása közben a közönség többször hangosan felnevetett. Úgy hiszem, értel-*

XXII. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

„Fiatalember, maga miért nem mászik fára?”

Kós Károly kérdése Gy. Szabó Bélához

DARVAY BOTOND

Báthory István Elméleti Liceum, Kolozsvár, Románia

Gy. Szabó Béla, erdélyi magyar gépészmérnök, grafikus festő, író, a romániai képzőművészet Erdemes Mestere, Szabó Béla néven látott napvilágot 1905. augusztus 26-án Gyulafehérváron, vasutas szülők gyermekeként. Elemi és gimnáziumi tanulmányait szülővárosában végezte, kitűnő matematikus volt. Ott, a Katolikus Főgimnáziumban a kálvinista diák évfolyamelsőként érettségizett, de gyakran hangoztatta, hogy református mivolta soha semmilyen hátrányt nem jelentett számára. A gimnáziumban kiváló rajztanára volt, Reithofer Jenő, aki Budapesten Székely Bertalan és Edvi Illés Aladár tanítványa volt.

Reithofer azonnal felismerte tanítványa kivételes rajz tehetségét, készségét, de ismerve a művészpálya nehézségeit, ő is és szülei is a gépészmérnöki pálya felé irányították. Ötven év távlatából így vall Reithofer Jenőről: „Kivitt a szabadba, leült egy megfelelő helyre..., és akkor azt mondta: Na, fiam, én most ezt a témát megfestem. Nézz ide! S közben magyarázta, hogy mit csinál. Ez nagyon ritka dolog pedagógusoknál...” A rendkívül szófogadó, jó fiú 1923-ban beiratkozott a budapesti Műegyetem gépészmérnöki karára, ahol 1927-ben oklevelet is szerzett. Egyetemi tanulmányai idején is sokat rajzolt. 1928-ban hazakerült szüleihez, majd 1928–29-ben katonai szolgálata következett.

1931-től Kolozsvárt telepedett le, s abban az évben álláshoz jutott: a kolozsvári Energia Villamossági Gépgyárban lett tervezőmérnök, de csak 1933 júliusáig dolgozott, mivel a gazdasági világválság miatt a gyár megszűnt, munkanélküli lett. Vallomásaiban fanyar humorral így em-



Fáramászó

lékezik a mérnök munkáról, felvételnél: „Felvettek 5000 lej kezdő fizetéssel háromhavi próbaidőre, ugyanakkor fölvettek egy gépiró kisasszonyt, szintén 5000 lej fizetéssel véglegesen. A gépiró kisasszony szép volt, én nem voltam az.” Mérnökként is, esztétiként tovább képezte magát, rajzai, metszetei jelentek meg a Pásztortűzben (a pásztortűzet ábrázoló fejléc is az ő munkája).

1932 telén a Károli Gáspár Irodalmi Társaság kolozsvári kiállításán mutatkozott be. Itt hangzott el a címben is szereplő kérdés. „Fiatalember, maga miért nem mászik fára?” – ezt a kérdést tette fel neki Kós Károly az erdélyi magyar művészek kolozsvári kiállításán kiállított hat szénrajz láttán. Gy. Szabó Béla biztatásnak vette a nagy mester szavait, s megkezdte a „fára mászást”, azaz a fametszést.

1975-ben jelent meg első metszetkönyve, az ötven fametszetet tartalmazó album a Liber miserorum (Szegények könyve).

Magasabb művészi igényei kielégítésére 1936 őszén ismét Budapesten találjuk a Magyar Képzőművészeti Főiskolán (1936–39). Varga Nándor Lajos tanítványaként szakképzettséget nyert.

Szabadidejében rajzfelszerelésével és kis székével Európa legszebb tájait barangolta be. Festett és élményt gyűjtött Olaszországban, Dalmáciában, Bulgáriában, Görögországban és 1939-ben megjelenik a Liber vagabundi (Barangolókönyv) című albuma.

Közben megbetegedett, de betegsége és lábadozása alatt is dolgozott. Szankon kezelte magát a református parókián. Hálából Szanknak 560 grafikát ajándékozott, mely a falu múzeumának feltve őrzött kiállítási anyaga.

Szankon készült rajzaiból 1941-ben Homokvilág című albumát adta ki.

1952-ben a Román Népköztársaság Állami Díját kapta meg.

1951–65-ben a Tizenkét hónap című metszeten dolgozott, melynek anyaga képezi a Hónapok című albumát.

Közben kiállításai voltak Kolozsváron, Bukarestben, több belga városban. Liège városa kiállításáért díszpolgári címmel jutalmazta.

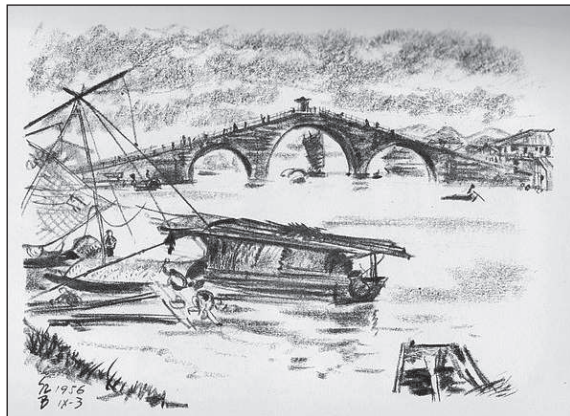
1956–57-ben kétszer járt Kínában. Távol-keleti élményeiről írásban és képeiben számolt be a Kínai útvázlatok című útikönyvében.

1969–72 között Balaton partján, nyári tanulmányúton találjuk.

1972–73-ban kiállítással egybekötött mexikói tanulmányút következik, majd 1980-ban és a 80-as években az NSZK-ban, Kolumbiában és Finnországban is jár tanulmányúton.

1965-ben Dante Divina Commediáját 20 grafikával illusztrálta. Metszetalbuma 1976-ban jelent meg Kolozsváron.

Utolsó nagy témáját a Bibliából merítette, A jelenések könyve írásait, szövegét tanulmányozva az apokalipszist, 22 lapot tartalmazó fametszetsorozattal jelenítette meg.



Hangsoui híd

A fametszők koronázatlan királya 1985. november 30-án „örök tanulmányútra” távozott a kolozsvári Házsongárdi temetőbe.

A budapesti Műegyetem szerzett tudását kamatoztatta festészeti, grafikai és írói munkásságában is. Alig van olyan írása, amelyben ne szerepelne olyan kitétel, amelyből kitűnik a kiváló matematikus, a magasan képzett reálműveltségű műveltségű. Szinte mi is átéljük a földrengést az „És mégis mozog ...” című írásában (2. 37. old), a „Számvetés a Mexikói-öböl felett” című írásában, pedig az alábbiakat olvashatjuk: „Ezerkilencszázhetvenkettő december tizennegyedikén a repülőgép üléséhez kötözve van min töprengem. Párizstól tizenegy órát repültem egyfolytában, a Grönland csücskénél, befagyott hajók fölött szálltunk. Az Öt-tó behavazott vidékén átsuhanva, majd az Államok felett Houstonig vitt a gép. Pihenés után, a háromórás utolsó szakaszon Mexikó felé trópusi vihar tört ránk a behemót felhők között. A szél ütemesen rázza a gép szárnyát, s ez bizony le is törhet... Ebbe már az én hajdani gépészmérnök szívem is beleremeg. Botorkálunk, bukácsolunk a nyomasztóan sötétszürke légben, a göröngyösnék tűnő úton.”

Az előbbieken már említettem, hogy tervezőmérnökként – sajnos csak este, éjszaka jutott rá ideje – sokat rajzolt, metszetalapokat készített. 1931-ben a „Pásztortűz”-ben rajzai és metszetei jelentek meg. A ké-

sőbbiekben, pályája során számos folyóiratban nagyszámú rajza, metszete jelent meg: az Erdélyi Helikonban, a Hittelben, majd az Utunkban, az Igaz Szóban és a Korunk folyóiratban.

1933-ban az Erdélyi Szépművészeti Céh felkérésére Nyíró József Kopjafák és Dsida Jenő Nagycsütörtök című kötetét illusztrálta, mint ahogy Csokonai, Petőfi, Arany, Simó Gyula, Böződi György és Faragó József műveit; Nagy István: Réz Mihályék kóstolója című ifjúsági regényét, Szabó T. Attila: Haja, haja virágom című virágének gyűjteményét Ferenczy Júliával közösen.

Első nagy formátumú metszete a Fáramászó. Erről a metszetről idézni szeretném Ferenczy Miklóst, református lelképítőt, a Gy. Szabó Béla Emlékház gondozóját „a Fáramászon sokan látnak szimbólumértéket, az erdélyi kisebbségi sorsnak küzdelmes voltának, olykor kilátástalanságának sajátos jelképét. A fára mászó hiába kapaszkodik felfelé az ágakon, a fa derékba tört, nincs csúcspont ahova eljuthatna, de van egy távolba tekintő kilátás, amit az ember meglát, hat és másokkal is megláthat. Az erdélyi ember a hegyes tájat szereti, hosszabb időre nem szívesen marad sík földön, távol erdélyi tájainktól, hacsak az élet nem kényszeríti rá.”

Első metszetei híven tükrözik a kor szellemét: az 1930-as évek gazdasági válságának körülményeit, a munkanélküliség sorsát, az elkeseredést ábrázolja, mutatja be első metszetskönyve a „Liber miserorum” (Szegények könyve) 1935-ből.

„Művészeti írásaira jellemző a nagyon pontos megfigyelőképeség, a látvány mögötti háttér intuitív földerítése, a köznapi valóság megéreztetése az olvasóval.” (11, 146. oldal) A fentiek illusztrálására, a „Mexikói tél” című útírázatában, útkönyvében levő 57 gyönyörű leírás közül a „Nagy ugrásból” (61–62. oldal) idéznék: „Említsd Acapulco nevét bárhol, csaknem mindenki a vakmerő ugrómutatványokra emlékszik, pedig csak mozifilmekből ismeri... a kampósan beugró félszigeten van ez a híres hely, neve La Quebrada, vagyis Szakadék. A név találó...”

A meredek, szürkésrőt sziklafal egyik harmincnegyzet méteres kiszögellése a legalkalmasabb a tengerbe való ugrásra, de

csak viszonylag. Mert a fal nem függőleges, és kis ferdesége miatt az ugrónak alaposan el kell rugaszkodnia odafent, ha életben akar a tengerbe érn.

Szerencsétlenség is fordult már elő ...

Az egyszerű nép fiai a keskeny öböl innenső partjának oldalán gyülekeznek, ki amilyen helyet talál. A gazdag turisták a fent épült szállodák fedett teraszán, kényelmes nyugszékeken várják az eseményt.

Beilleszkedem a néptömegbe, fehér ruhás indiók között támaszkodom a kőről. Februári este van, a tenger felől szellőfutatok csapnak meg, egy szál rövid ujjú ingben sem fázom ...

A közelben fémpénzeket rázogatók egy nagy bádoperselyben: félreérthetetlen felhívás arra, hogy ami nekünk élvezet, az az ugrónak kockázat, azt meg kell fizetni. Mégis demokratikus ez a megoldás, ki-ki a képessége szerint adakozik.

Az izgalom fokozódik.

Megjelenik a főszereplő, de az innenső parton. Vagy hat–nyolc méter magasból veti be magát, tempósan átúszik a színhelyre, bemelegít..., mint a fúrge gyík, úgy tornászva fel magát a meredek sziklafalon ...

Egykettőre felérkeznek, s megkezdődik a hosszúnak tűnő előkészület... Körültekint, a mélybe néz, latolgat, nyújtózkodik, légzőgyakorlatokat végez hosszasan, és közben a nézősereg is egyre sokasodik.

Nagy terefere, gyermekiáltság mindenfelé, de ünnepélyes csend lesz, amikor a fiatal ember a sziklába vágott kis oltár előtt



Havas erdei út

letérdel és imádkozni kezd.

Ezalatt maradék fizikatudásom segítségével kiszámítom, hogy mennyi ideig tart az esés... Hát bizony harmincnegyzet méter magasról a szabadon eső testnek csak két egész háromnegyed másodperce van szüksége...

Fohászat befejezve, hősünk feláll a

helyére, talpát törli, lábát emeli, megint lenéz, mint aki az iszonyú mélységet becsli. Újra tornászik, talán a hangulat fokozásáért, elgondolkozik, aztán hátramegy, keres valamit, igen, két fáklyát hoz elő, a közönség egyre jobban izgul, nagyokat sóhajt mindenki, mintha neki kellene ugrania. Aztán az oldalt odakészített tűznél meggyújtja a fáklyákat, s elérkezik a nagy pillanat. Feláll, a fáklyákat széttartja, lekuporodik s idegtépő kiáltással dobja magát előre. Nyomban elalszik minden fényszóró s háborgatóan szép, ahogy a két fáklyával köröz a vaksötétben, mint sügő a kezével.

Sohasem fogom – hacsak lázálmomban nem – megismerni ezt az érzést: zuhanni a sötét mélységben, abban a reményben, hogy ezúttal is sikerülni fog. De neki közben arra is



Négy lovas

élesen figyelnie kell, hogy melyik pillanatban vessen el a fáklyákat, nehogy a lángokra essék.

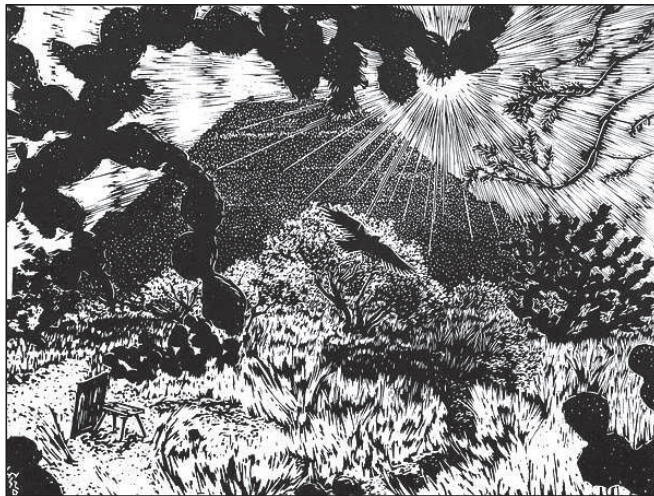
A lángcsóvák kétfelé repülnek, karja elörelendül, s ugyanakkor a fényszórók is kigyúlnak. Szinte nappali fényben fürödik teste a habokba.

Könnyedén úszik ki a tajtékozó vízből, valószínű a jóleső érzéssel, amilyent a sarkkutató érez sikeres útja végén ...

Nagy tapsvihár fogadja. A közönség is morajlik.

Sport? Vagányság? Pénzkereset? Dicsőséghajhászás? Vagy mindez együtt? Nehéz eldönteni... Ismerve a mexikói viszonyokat, érthető, hogy a jobb megélhetésért az életét is kockáztatja...

Másnap délelőtt megfestem a La Quebrada-szakadékat jó magasról, egy



Nappiramis

házikó árnyékába bújva, s egy kőfalnak nekitámaszkodva.”

A fenti „Nagy ugrás” sorai híven tükrözik írásainak kifejezőmódját: egyszerű és közvetlen, kerül a bonyolult körülírásokat, leírásokat, s így írásai igen élvezetes olvasmányok.

„Az első benyomások” (2, 6. oldal) című írásából idézve „Nehéz az alvás, mert kettős ablak nincs, a forgalmas utca zaja behatol. A nyolc óra időeltolódás miatt sem tudok elaludni. Ejfél van, de odahaza már reggel nyolc. Kimegyek a teraszra, nézem a vörös levelű Mikulás-virágot, az aranyozott angyalszobrot, amely az alvó város fölött örködik, s az ég bársonyán jó magasan szikrázó Síruiust. Alatta ismeretlen csillagok. A hold meg éppen a fejem fölé kúszott. Félelmetesen érzékelteti azt a roppant erőt, amivel az ember a földtől elszakadhat...”

Lihegek, a fejem fáj, és kábultan tántorodom be a szobába. Bámulom azokat a sportolókat, akik a mexikói olimpián részt vettek, még ha nem nyertek is érmet. Ezen a magaslaton erőt kifejtteni, nagy teljesítmény...”

Piramison (2, 13–14. oldal) „Amióta az ember önmagára eszmélt, örökké akar valami nagyot alkotni és magasba torni. Kezdetben halmokat, majd piramisokat hordott össze. Ma felhőkarcolókat épít.

Valahogy a piramisok mindig jobban érdekelték...”

A Nappiramisról két szénrajz is marad meg emlékeim között... Alapja kétszáz méternél is hosszabb, magasságra hetven méter, s közel százmillió száritott téglából építették...”

Ötödik könyvében a „Kínai útivázlatok”-ban első és második újtárról nemcsak szebbnél – szebb rajzokban, pasztellekben, fametszetekben számol be, hanem 16 illetve 20 élvezetes leírásban is. Ót idézve: „Személyes élményem volt

minden, ... Nem túlzok, nem kendőzők ... A borítólapra szándékosan tettem egy dél-kínai anya és gyermeke arcképét. Írásban is, ha a kínai a „jó” fogalmát akarja kifejezni, a „nő” fogalmi jegye mellé szorosan odairja a „gyermek” jelét. „Mert mi lehet jobb a családnál?”

Két kínai utamon sok jót és szépet tapasztaltam, így sok jót és szépet kell mondanom Kínáról és új életet építő dolgos népéről. Szívem szerint tehetem.”

Munkásságát bemutató csoportos vagy egyéni kiállításai voltak Nagybanától Bukarestig szinte minden

városban, de Magyarország számos városában is. Kiállításokkal járt Ausztriában, Belgiumban, Olaszországban, az NSZK-ban, Szovjetunióban, Finnországban, de eljutott a tengeren túlra is az Egyesült Államokba, Kanadába, Mexikóba. Kínában kétszer járt.

Dante Isteni színjátékáról így vall: „Már 1944 táján tanulmányoztam Dantét. Nos, a Pokol természetesen első sorban drámái hangulatú, a Purgatórium viszont túlnyomóan lírai. Úgy mondják, hogy a Paradicsom sikerült a legjobban. A lírai rész. Egyben a legnehezebb. Hússzor is



Petőfi

elolvastam azt a részt Babits fordításában, és ráakadtam az olyan kitételre, hogy „itt nincs más csak fény és szeretet”. Ebből indultam ki az ábrázolásnál.”

Nagyapám mesélte, hogy amikor az osztályát elvitte a Dante Divina Commedia

metszeteinek kiállítására, a mester készségesen ismertette a fametszet készítés művészetét és egy kis fahasábot és vést is adott a tanulók kezébe, hogy ők is próbáljanak metszetet készíteni.

2011-ben, a kitűnően megszervezett gazdag programú II. Kolozsvári Magyar Napok egyik rendkívül érdekes eseménye volt a Bolyai utcai Gy. Szabó Emlékház látogatása. A tárlatvezető – Ferenczy Miklós, az Emlékház gondnoka – nagy szakértelemmel és színes előadásával vezetett végig az Emlékház termein, ahol az olajfestményein, pasztelljein, metszetein, könyvein kívül megcsodálhattuk szerszámaikat és eszközeit is. Tőle tudtuk meg, hogy Gy. Szabó számára olyan volt, mint egy jó nevelőapa.

Egy alkalommal – meséli Ferenczy Miklós – valaki megkérdezi Gy. Szabót, hogy a Gy. mit jelent és miért került a neve elé. Erre humorosan azt válaszolta, hogy is legyen a nevében.

Dolgozatomat két idézettel szeretném befejezni. Az elsőben Gy. Szabó monográfiáiróját Murádin Jenőt idézem „Nemcsak kiállításával, hanem metszetlapjainak terjesztésével is hathatósan járult hozzá a művészet szélesebb társadalmi rétegeket átfogó népszerűsítéséhez.”

Ferenczy Miklós, a Gy. Szabó Béla Emlékház gondnoka mindannyiunk számára megszívlelendő sorait idézem: „Nekünk pedig az az öröm adatott meg, hogy látván lássunk. Látni a lényegét, ami a jelenségek mögött rejlik. Látni azt, ami az Élet titka.”

Irodalom

Gy. Szabó Béla: Kínai útivázlatok, Bukarest 1960, Állami Irodalmi és Művészeti Kiadó.
Gy. Szabó Béla: Mexikói tél. Útívázlatok., Dacia Könyvkiadó, Kolozsvár-Napoca, 1974.
Gy. Szabó Béla: Vallomásai életének pillanatai-

ról, a hivatásáról, utazásairól <http://gyszabo.hu/vallom.html>.

Banner Zoltán: Hónapok könyve. Utunk 1973/52.

Ferenczy Zsolt: Gyűjteményes tárlat nyílt a Fehér Galériában, In. : Szabadság XXIII évf. 159. Sz.

Ferenczy Miklós: Gy. Szabó Béla grafikusművész élete és művészete <http://gyszabo.hu/bio2.html>.

Gábor Dénes: Gy. Szabó Béla emlékezete, <http://www.muvelodes.ro/index.php/Cikk?id=202>.

Huszár Sándor: A nagy munkálkodó. Utunk 1957/6.

Kós Károly: A Károli Gáspár Társaság művésztárgyjainak kiállítása. Erdélyi Helikon 1933/1.

Murádin Jenő: Gy. Szabó Béla Monográfia, Kriterion Könyvkiadó, 1980.

Murádin Jenő: Gy. Szabó Béla, In: Romániai Magyar Irodalmi Lexikon, főszerkesztő Balogh Edgár. Kriterion Könyvkiadó, Bukarest, 1991.

Egy új élet kezdete

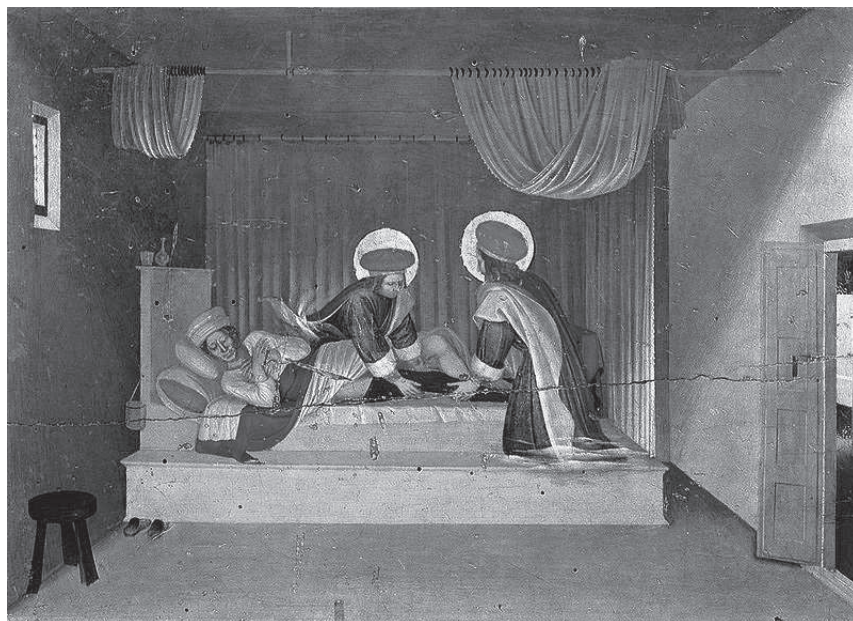
HERNOLD ESZTER

Budapesti Fazekas Mihály Általános Iskola és Gimnázium

Transzplantáció után

(Tóth Ágnes verse)

*Ha tőlem kérzed: hogy vagyok?
Súlya van a szónak,
jelentősége annak,
hogy VAGYOK.
hogy még, hogy mégis, hogy újra.
S ha azt mondod: egy az élet
– És egy a halál
Én mosolygok: számtalan!
És az új életnek új íze van.
Új öröme, új jelentősége a szónak,
hogy
VAGYOK.
Hogy újra tanultam mindent, mindent:
Enni, inni, nevetni, sírni,
Járni, örülni, szeretni, félni
S nem várni a holnapot.
Örülni a ma minden percének
Minden mosolynak, napsugárnak
Minden apró bosszúságnak.
Te nem tudod
Milyen jó mindent újra látni,
Nem félni, hogy holnap meghalok.
Ne kérdezd hát tőlem, ha nincs időd
meghallgatni, hogy
HOGY VAGYOK!*



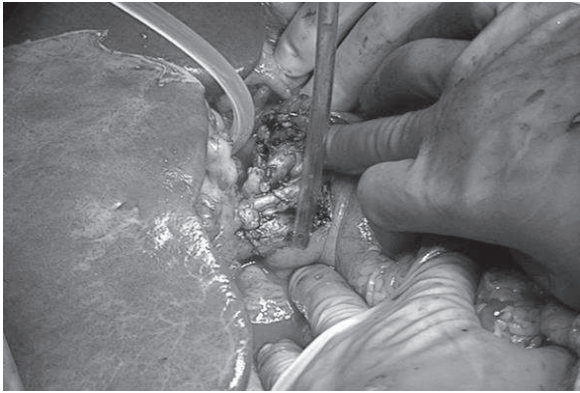
Szerte a világon naponta súlyos betegek százai esnek át szervátültetésen, mely a beteg szerv kicserélése révén egy egészségesebb, aktív élet lehetőségét teremt meg számukra.

Mi a transzplantáció?

– „Amikor a hasamba raknak egy vesét, a nyakamba egy csövet, a kukimba meg egy izét...” (9 éves fiú)

– „Amikor szerveket operálnak másba.” (9 éves fiú)

Mit gondolsz az új vesédről?



– „Hogy jó. Mert műanyagból van...”
(7 éves lány)

– „Szerintem pár évig működni fog. Húsból van és úgy terem valahol.” (11 éves fiú)

– „Az jó, hogy megkaptam, hogy én kaptam meg, a rossz pedig az, hogy másik gyerekek kellett meghalnia.” (9 éves fiú)

Miben változott meg az életed a transzplantáció óta?

– „Lehet enni..., meg inni..., meg pisilni!” (8 éves lány)

– „Mindenben! Még kólát is ihatok, meg a Balatonban is fürödhetek!” (12 éves fiú)

– „Azóta minden jobb. Nekem is mindent lehet, mint az osztálytársaimnak.” (12 éves fiú)

Nyáron, egyik szombat reggelihez készlődtem, apukám váratlan kérdéssel fogadott. „11 órától lenne egy májtranszplantáció, meg szeretné nézni?” – kérdezte. Még alig nyitottam ki a szemem, de igent mondtam, hiszen ilyen alkalom nem mindenkinek adatik meg az életben. Ez az élmény inspirált arra, hogy kissé jobban elmélyüljek a szervtranszplantáció kérdéseiben, azon belül is, hogy megvizsgáljam, milyen változások történtek a hazai első sikeres (1995. január 5.) májtranszplantáció és napjaink gyakorlata között.

A májátültetés eredményessége rendkívül sokat javult az első transzplantáció óta. Húsz évvel ezelőtt a betegek 35%-a volt életben az átültetést követő első év végén. Mára a betegek több mint 90%-a él az első év végén. Írásomban igyekszem összegyűjteni ennek a pozitív változásnak a lehetséges okait.

A transzplantáció rövid története

Már középkori festmények is kifejezik az ember vágyát, hogy egy-egy beteg végtagot egészségesre cseréljenek. Domján és Kozma Diocletianus császársága idején (284–305) keresztény mártírhálalt haltak, és később szentté avatták őket. Történetük a modern transzplantológia, a szervek és a szövetek átültetésének minden alapelemét hordozza. A templom sekrestyésének amputálni kel-

lett a lábát. Tudták, hogy egy vele egykorú fekete nő az előző napon halt meg. Kimentek a temetőbe, levágták és elhozták a lábát. Italokkal álmat bocsátottak a sekrestyésre és átültették a mór lábát. Domján és Kozma egyiptetűi ikrek voltak, egyikük belgyógyász, másikuk pedig sebész. Ők már megvalósították a különböző szakmák együttműködését. A képen az látszik, hogy a fehér embernek fekete ember lábát

ültettek át. Ez jól kifejezi a transzplantáció örök nehézségét, hogy egy „idegen” szervet kell a transzplantált beteg szervezetével, immunrendszerével elfogadtatni.

A szervátültetés megvalósításához hosszú út vezetett. Először vesét kizárólag állatokon végzett élettani kísérletek során, majd az érvaratok technikájának tanulmányozása céljából ültettek át. Az első adatot egy kutya veséjének nyaki erekre történő átültetéséről Emerich Ullmann (Ullmann Imre 1861–1937) jegyezte fel, aki pécsi születésű magyar orvos volt, de Bécsben praktizált. Sajnos a szakkönyvek magyar voltáról rendre megfelelnek.

Alexis Correl lyoni (Franciaország) orvos érvarat-technikájáért 1912-ben Nobel-díjat kapott. Az első emberen végzett, de nem embervese-átültetés Correl tanítója, Jaboulay ne-

indultak.

Az első hazai veseátültetések a Szegedi Orvostudományi Egyetem I. sz. Sebészeti Klinikáján történtek. Itt Németh András végezte a legelső ilyen műtétet Petri Gábor professzor irányításával (1962), nem sok sikerrel, hiszen a beteg csak 79 napot élt ezután. Magyarországon 1973-ban indult meg újra a veseátültetés, most már hivatalos programként, az Egészségügyi Minisztérium által finanszírozva. 1973-ban Szegeden, Miskolcon, majd Budapesten végeztek átültetéseket. Az első sikeres, még ma is élő betegnél 1973. november 16-án végeztek veseátültetést a SOTE I. sz. Sebészeti Klinikáján. Ehhez nélkülözhetetlen volt az immunológiai alapok előzetes megteremtése, megfelelő szakmai előtanulmányok végzése és számos intézet szervezett együttműködése. Az 1994-es év fordulópont volt a hazai szervátültetés történetében. Januárban kezdte meg működését a SOTE Transzplantációs és Sebészeti Klinika. Egy év alatt 151 veseátültetést végeztek. Emellett napjainkban Szegeden, Debrecenben és Pécsen is folyik veseátültetés.

Az első szívatültetést hazánkban 1992-ben a SOTE Ér- és Szívsebészeti Klinikáján végezték, Szabó Zoltán professzor vezetésével. A májátültetés meglehetősen sokáig váratott magára. 1983-ban a SOTE I. sz. Sebészeti Klinikáján történt az első ilyen műtét, amely sikertelen volt, de itt már az 1960-as évek közepétől Szécsény professzor vezetésével komoly májsebészeti műtétet végeztek. Több mint 10 év szünet

Szervkivételek – átültetések alakulása 2012-ben

Megvalósult szervkivételek száma:.....	90
Veseátültetések száma:.....	129
Májátültetések száma:.....	24
Kombinált vese- és hasnyálmirigy-átültetések száma:.....	4
Szívatültetések száma:.....	20
Tüdőátültetések száma, magyar donorból, Bécsben:.....	19

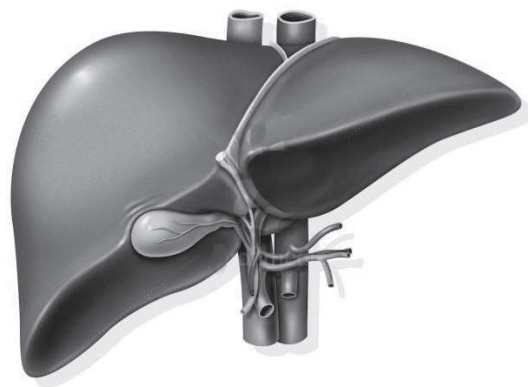
(legutóbb frissítve: 2012. 08. 30. 09:10)

véhez fűződik, aki sertés- és kosvesét varrt veseelégtelen betegek alkar-ereihez (ezt később Ullmann is megkísérelte), de a vesék csak egy órát működtek. Az első emberi átültetés Párizsban történt anyából fiúba, a vese három hétig működött, majd kilöködött. Az első, hosszabb távon is sikeres veseátültetést Bostonban végezték 1954-ben, egyiptetűi ikrek között. Az 1960-as években fellendítették a veseátültetést, hiszen lehetőség nyílt a művesekezelésre, így jobban előkészített betegeket operáltak. Az emberi fehérvércsoportok felfedése lehetővé tette a sejteken lévő ún. HLA (Human Leukocya Antigen) alapú tipizálást, s az ennek alapján történő donorrecipiens megfeleltetést, kiválasztást. A 60-as évek közepén a halottból történő szervkivételek, s így a cadaver veseátültetések is meg-

után a SOTE Transzplantációs és Sebészeti Klinikáján 1995 januárjában végezte Perner Ferenc professzor és csapata az első sikeres májátültetést, amelyben édesapám is részt vett mint aneszteziológus. Napjainkban a veseátültetést négy centrumban végzik (Budapest, Szeged, Debrecen, Pécs), máj- és szívatültetést csak Budapesten végeznek. A csontvelő-átültetés úttörője hazánkban Kelemen Endre professzor volt a SOTE I. sz. Belgyógyászati Klinikáján, azóta több intézetben is végzik a beavatkozást. Tüdőátültetés hazánkban még nem történt, de előkészületek folynak, hogy a jelenleg Bécsben dolgozó magyar tüdősebész csoport hazánkban folytathassa munkáját. Hasnyálmirigy-átültetést a SOTE Transzplantációs Klinikáján végeznek.

Donorok, recipiensek – a várólisták alakulása

A szervet adományozót donoroknak nevezzük. Alapvetően kétféle donorcsoportot különböztetünk meg. Az egyikbe az élő, a másikba a halott donorok tartoznak. Halott donornak tekintjük azokat, akiknél egy orvosokból álló bizottság megállapította az agy végleges pusztulását, az ún. agyhalált. Agyhalál bekövetkezhet, ha a teljes agy meghal, ha az agykérgi működés szűnik meg, vagy ha az agytörzsi rész hal el. Régen az agyhalált 80–90%-ban agyüződést követően állapították meg, manapság a legtöbbet agyvérzés után diagnosztizálják. (Az agyhalál megállapításának alapvető módszereit 1960-ban, a Harvard Egyetemen dolgozták ki.) Régen az agyhalál megállapítása után az agyhalottat ellátó intenzív osztályról először a regionális, majd a koordinációs központba telefonáltak, ahol meg kellett adni a donor paramétereit (kora, vércsoportja, testmérete, mellkasának



körfogata, vérnyomása, laborok és vírusvizsgálat eredményei, gyógyszerei), mára ezeket a funkciókat a Szervkoordinációs Iroda vette át, koordinálja.

A donor, illetve a recipiens viszonya alapján négyféle transzplantáció létezik. Az első az autotranszplantáció, amikor a beteg donora saját maga. Isotranszplantációról beszélünk, ha az átültetés egypetéjű ikrek között történik. Homotranszplantációnak nevezik, ha a donor és a recipiens azonos fajból származik és heterotranszplantációnak, ha más fajból.

Milyen várólista a szervtranszplantációs várólista?

Szemben az általánosan ismert fogalommal (pl. csípőprotézis műtéti várólista stb.), a szervtranszplantációs várólistán nem időrendben, felkerülésük sorrendjében jutnak szervhez a listán lévő betegek, hanem a donor testméretei, vércsoportja, a rendelkezésre álló szerv immunológiai jellemzői, továbbá a listán lévő betegek aktuális állapota alapján

gyakorlatilag minden egyes donáció, minden egyes szerv esetén új, aktuális lista képződik. Így fordulhat elő, hogy valaki akár éveket is várhat egy új szervre, míg más esetleg hetek alatt új szervhez juthat. Hazánkban a transzplantációs várólistákat az Országos Vérellátó Szolgálat (OVSz) tartja karban, s honlapjukon (www.ovsz.hu) a lista, a lista alakulása, illetve a kiválasztási kritériumok teljesen transzparens módon követhetőek.

Saját élményeim, gondolatok egy májátültetés kapcsán

A májátültetést, amelyen részt vettem, a SOTE Transzplantációs és Sebészeti Klinikán végezték. A donor egy 49 éves nő volt, aki agyvérzésben halt meg. A recipiens egy 55 éves, 64 kilós és 152 centiméter magas nő volt, aki C típusú hepatitis vírusfertőzés (HCV) következtében kialakult májműködési elégtelenség miatt került fel a transzplantációs listára, majd

betegsége kapcsán köldöksérve is képződött. A műtét délben kezdődött. A műtöben egyszerre négy orvos dolgozott, rajtuk kívül még két aneszteziológus asszisztent, két műtősnőt és két műtősfűt számoltam meg. Nagy volt a sürgés-forgás. Két aneszteziológus orvos a beteg altatását, illetve a megfelelő artériás és vénás kanülök behelyezését végezte, addig két sebész az ún. „back table” munkálatokat végezte, ami a beültetendő szerv megtisztítását, beültetésre alkalmassá tételét jelenti. Érdekes volt látni, hogy egy fém „lavórban”, jeges vi-

zes textílián, egy magában álló emberi májat operálnak. Az eljárás során átmosták a szervet egy olyan oldattal, ami a sejteket konzerválja és közben befoltózták a máj erein lévő lyukakat, elvárják az esetleges kisebb felszíni, szöveti sérüléseket. 12:40-kor elrakták a beültetendő májat és két új sebész jött a műtöbe, akik az addigra elaltatott, előkészített beteg hasát mosták le, majd steril kendőkkel való „izolálást” követően 12:55-kor felnyitották a beteget.

Számos mérőműszer között álltam, melyek folyamatosan rengeteg adatot közöltek a beteg állapotáról. Amit még én is elsőre megérttem és megjegyeztem, hogy fél egykor a beteg hőmérséklete 36,1 Celsius fok volt. Mint kiderült, ennek is nagy a jelentősége, mert ha a páciens kihűl, akkor az egész transzplantáció sikere veszélybe kerülhet. El is kezdték melegíteni a beteget.

Negyed kettőkor kifeszítették a hasát, majd fél óra múlva lekötötték az artériáját és hazaküldték a tartalékbetegget, mert ettől

kezdvé már biztos volt, hogy ennek a betegnek ültetik be a donor májat. 14:15-kor bekapcsolták a „vérmentő” cell-saver-t, melynek lényege, hogy a kifolyó vért átmossa, centrifugálja, sóoldatba visszaoldja, így az visszaadható lesz a betegnek. A beteg testhőmérséklete ekkor már 36,9 °C-os volt.

Negyed négykor kezdték meg a köldöksérve helyrehozását, majd negyedóra elteltével már a rossz, göbös májat vették ki. Öt perc múlva berakták az új májat. Háromnegyed négykor indították az alsó véna cava felső érvarratának (anastomosis) elkészítését, ami tíz perc múlva kész is volt, majd fél óra múlva már az alsó is készen lett.

16:30-kor kezdték meg a véna portae megvarrását. 16:50-kor felengedték a portae-t, majd 18:30-kor az artériát is. Tíz perc múlva jött két radiológus orvos, akik ultrahanggal megvizsgálták a májat és leellenőrizték a keringést. Ezen vizsgálat alapján jöttek rá 18:50-kor, hogy nem jó a vérkeringés a véna portae rendszerében, ezért az érvarrat lebontásáról, újra elkészítéséről döntöttek az operáló orvosok.

19:30-kor, az új varrat elkészülte után, újabb ultrahangos vizsgálat következett, ami most már megfelelő áramlásokat mutatott. Este kilenckor bezárták, majd az intenzív osztályra vitték át a műtöből a beteget. A rákövetkező napokban a páciens állapota, a beültetett szerv működése sajnos nem javult, ezért újabb átültetésre szorult, ami már sikeresnek bizonyult.

A szervtranszplantáció mai fejlődése

Élődonoros transzplantációk előtérbe kerülése

A transzplantáció technikájának fejlődésével egyre kisebb veszélyt jelent egy élő donorra szerv, vagy szervrészlet adományozása. Így egyre több családtag adományozza veséjét valamelyik szerettének, illetve szülők a májuk egy részét adományozzák kicsiny gyermeküknek. Egyes kultúrákban (pl. Japán) teljesen elutasítják a halottból történő szervkivételt (így pl. szívátültetés nincs is a szigetországban), ezeken a területeken még inkább fejlett az élődonoros átültetés. Mind az élő-, mind a halott donorból történő szervkivétel rengeteg etikai problémát vet fel, gondoljunk csak a Kína gyakorlatára, hogy a halálraítéltek szerveit felhasználják, vagy a transzplantációs turizmusra, ahol a gyógyulni vágyók szegény országokba utaznak, hogy pénzért szervet vásároljanak maguknak, nem is beszélve a kriminalisztikai oldalról. Hazánkban – számos európai országhoz hasonlóan – az a gyakorlat, hogy azon felnőttről, aki életében nem tiltakozott a szervkivétel ellen, halála után ki szabad venni a szerveket. Gyermeknek esetében a szülők hozzájárulása szükséges, mely a betegágy mellett mindig nagyon ne-

héz döntés. Van olyan gyakorlat is, hogy csak abból lehet szervet kivenni, aki életében abba beleegyezett. Létezik vegyes megoldás is, ahol a nem tiltakozás alapvetően beleegyezést jelent, de a jogosítvány átvételkor nyilatkozni kell a szervkivétel engedélyezéséről, vagy elutasításáról. Az is bevett gyakorlat, hogy aki tiltakozik, az utána kizárja magát a transzplantációból, azaz aki nem ad, az nem is kaphat szervet.

Donor befogadási kritériumok változása

A donorok jobb ellátásának, a szervkivételi technika javulásának, illetve a recipiensek jobb előkészítésének köszönhetően ma már „öregebb” donorokból is vesznek ki szervet transzplantációs céllal. Régen csak a fiatalabb donorok jöttek szóba, ma már nemcsak idősebb, hanem „non-heart beating” (szívhalál) donorok is látótérbe kerültek.

Hazánk csatlakozott az Eurotransplanthoz

2011. november 3-án az Eurotransplant International Foundation és az Országos Vérellátó Szolgálat előzetes együttműködési megállapodást írt alá a Nemzeti Erőforrás Minisztérium Egészségügyért Felelős Államtitkárságán. Ezzel több, régen fennálló probléma megoldása felé tettünk jelentős lépéseket. Pl.: a ritka immunológiai státuszú betegek – a nagyobb populáció, szélesebb merítés miatt – jobb eséllyel és átlagosan sokkal hamarabb juthatnak megfelelő szervhez, továbbá sürgős esetben – mivel a sürgős esetek prioritást élveznek – általában 24–48 órán belül jut megfelelő szerv a rászoruló betegnek, míg korábban ezeket a betegeket sajnos jórészt elvesztettük.

Helyi transzplantációs koordinátorok

A Szervkoordinációs Iroda 2007. január 1-jén kezdte meg munkáját az Országos Vérellátó Szolgálat Központjának szervezeti egységként. A Szervkoordinációs Iroda központi szervezési feladata a magyarországi szervkivételek szervezésében a 323/2006. (XII. 23.) Korm. rendelet alapján, a donorjelentéstől a transzplantációs céllal eltávolított szervek szállításának befejezéséig tart. A koordinátor hálózat fejlesztési pilot program 2010. április 1-jén indult, és 2011. március 31-én fejeződött be. A program bebizonyította, hogy a bevont 4 vidéki és 5 budapesti kórházban rendszerezett helyi szer-donációs felelős jelentősen javíthatja a donorjelentési aktivitást.

Gyorsult a teljes transzplantációs folyamat

A transzplantációs folyamat során nagyon fontos szerepe van az időnek. Amikor egy beteg agyműködése visszafordíthatatlanul leáll, olyan folyamatok indulnak be a szervezetben, melyek a még működő szervek fokozatos leállításához, elhalásához vezetnek. Ezért nagyon fontos, hogy az agyhalál beálltán megállapítása mielőbb megtörténjen.

Hazánkban 2012-ben változtak meg az agyhalál megállapításának kritériumai. Lényege, hogy bizonyos eszközös vizsgálatokkal kiválthatóak várakozási idők, melyek hatására az agyhalál megállapítása órákkal, esetleg napokkal korábban lehetővé válik. A donorok kezelésének javulásával több és jobb állapotú szerv áll rendelkezésre. További gyorsulást jelentett, hogy elérhetővé vált a donor véréből történő szerotipizálás. Így már az agyhalál végső kimondása előtt lehetséges a potenciális donor immun-szerológiai csoportjának felmérése, s így a lehetséges recipiensek kiválasztása is megtörténhet. Régen csak a donorból származó lép darabjából volt lehetséges a tipizálás, mely csak az agyhalál tényleges megállapítását követően, a szervkivétel során vált vizsgálhatóvá.

Javuló műtéti technika

A kivételi-, illetve betételi sebészeti technika is nagyot fejlődött az elmúlt időszakban. Megváltozott a kivétel során alkalmazott hűtő-átmosó-konzerváló oldat összetétele, így tovább maradnak életben a kivett szerv sejtjei. A sebészeti műszerpark is jelentős fejlődésen ment keresztül. Ma már az ereket kikerülő intelligens vágóeszközök segítik a sebészek munkáját, csökkentve a vérvesztést, a műtét alatti vértranszfúziós igényt. Az endoszkópos eszközök fejlődésével már alkalmazhatók azok a technikák is, melyek a szervek endoszkópos – azaz fedett – kivételét teszik lehetővé, tovább csökkentve az élődonoros transzplantációk során a szervet adó fél műtéti megterhelését. A műtét utáni, illetve a műtét utáni betegellátás is sokat változott. Az aneszteziológusok felismerték annak fontosságát, hogy mind a műtét alatt, mind a műtét utáni időszakban rendkívül fontos a beteg keringési, vérárvadási, vérviszkózitási paramétereinek folyamatos monitorozása, élettani határokon belül való tartása.

Több és jobb immunszuppresszív szer

A kezdetek kezdetén csak néhány, szűk hatásspektrumú (hatásspektrum = a hatékony, de még nem kártékony gyógyszerdózis tartomány), számos mellékhatású, nehezen adagolható „immungyengítő” szer állt rendelkezésre. Bár a ma ismert valamennyi immunszuppresszív gyógyszernek vannak mellékhatásai, a mellékhatások csökkenthetőek több szer kisebb adagban való alkalmazásával. Néhány immunszuppresszív gyógyszer életműködésig szedni kell (úgynevezett fenntartó kezelés; Cyclosporin, Tacrolimus, Azathioprine stb.), míg másokat a kilökődés megelőzésére (Daclizumab, Basiliximab), illetve a kialakult kilökődési reakció kezelésére használnak (ALG – Antilimfocita Globulin, ATG – Antitímocita Globulin,

Muromonab CD3). Érdekes, hogy egyes humán limfocita-ellenes antitesteket nyulakban, illetve lovakban „tenyésztnek” ki, és adják be embereknek.

Merre tart a transzplantáció?

A távoli jövő transzplantációja szerintem merőben más lesz, mint amit ma látunk. Az egyszerű szervcserét fokozatosan egyéb szervpótló eljárások váltják fel. Egyre többen beszélnek az összejitterápiáról, hogy egyes szervek újránöveszthetők lesznek, vagy a régi szerv sejtjei megújulhatnak (szívizom regenerációja, agyi sejtek regenerációja Parkinson-kórban stb.). Kísérletek folynak főként malacokon, hogy genetikai módosítással szerveik emberi transzplantációra felhasználhatóak legyenek (allotranszplantáció).

Véleményem szerint sok szervet mesterséges úton előállított szintetikus sejtekkel, szervekkel fognak pótolni. Nagyon érdekelne, hogy valaha lehetővé válik-e az agy, illetve leginkább a tudás, illetve a sze-



mélyiség „átültetése” valamilyen mesterséges környezetbe (biológiai, vagy tisztán elektronikus).

Egyszóval még nagyon sok, izgalmas dolog történik ezen a téren majd, és az egész orvostudomány előtt még nagy fejlődés áll. ➤

Irodalom

Nyitókép: Fra Angelico (1395 február 18. – 1455, Firenze) műve; „Szent Damian és Szent Kozma gyógyít egy justiniánust” <http://www.paintingall.com/Fra-Angelico-The-Healing-of-Justinian-by-Saint-Cosmas-and-Saint-Damian-Oil-Painting-Reproduction.html>

Gondolatok a szervátültetett emberek életéről. Pharma Press, 2012, Kiadja a Magyar Szervátültetettek Szövetsége.

<http://www.ovsz.hu>

http://weborvos.hu/egeszsegmagazin/majtatultetes_helyzete_magyarorszagon/189994/

<http://csepppek.hu/node/77>

Magyar közlöny 2012. 105. szám – Az agyhalál megállapítása. 1. melléklet a 12/2012. (VIII. 6.) EMMI rendelethez „2. számú melléklet a 18/1998. (XII. 27.) EüM rendelethez

A képek forrásai: internet

A színek hatása a szellemi teljesítményre

DARADICS NOÉMI

Budapesti Fazekas Mihály Általános Iskola és Gimnázium

„A szín élet. A színek nélkül halott lenne a világ. Őszemék a színek, a kezdettől való színtelen fénynek és ellentétpárjának, a színtelen sötétségnek a gyermekei. Mint a láng a fényt, úgy hozza létre a fény a színeket.”
Johannes Itten, 1970

A színek nélkülözhetetlen szerepét a mindennapi életben mindenki megtapasztalja. Azt azonban kevesen tudják, bár a modern orvostudományban is bizonyítást nyert, hogy a színek módosítják a hangulatunkat és a lelkiállapotunkat, ami kihat a testi funkcióinkra is. Milyen hatás-

sem látunk azonban tisztán olyanok amilyen, hanem csak ahogy már megváltoztatták az idegen színek, vagy a világosság és a sötétség; a tárgyat láthatjuk napfényben vagy árnyékban, gyengén vagy erősen megvilágítva, különböző szögben dőlve, a szint mind egyik esetben másilyennek látjuk.”

A továbbiak során a festészetben is fontossá vált a színek vizsgálata. Kiemelt szerepet kapott az impresszionizmusban, ahol a formákat kizárólag a színek révén érzékelhetjük. Felismerték, hogy minden szín kiegészítő színével színezi a környezetet, az árnyék is színes.

A színek hangulati hatása jeles tudósokat is foglalkoztatótt. J. W. Goethe természet-tudományi vizsgálódásai során több helytálló felfedezést tett a színek érzelmi hatásairól. Pozitív és negatív színekre bontotta szét a skálát. Úgy gondolta, hogy a pozitív oldali színek „serénynyé, élénkké és küzdővé hangolnak”, míg a negatív oldalon levő színek „nyugtalan, szelíd és epekedő érzületeket ébresztenek”.

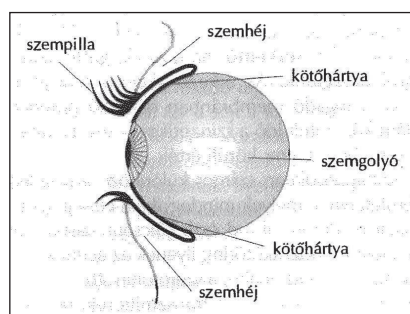
Jelentőségüket fizikai-optikai szempontból Isaac Newton vizsgálta 1676-ban,

aki kísérleti úton bizonyította, hogy a Napból érkező fehér fényt prizmával olyan színeképpé lehet bontani, ami az emberi szem által érzékelhető spektrum minden alapszínét tartalmazza.

A látás

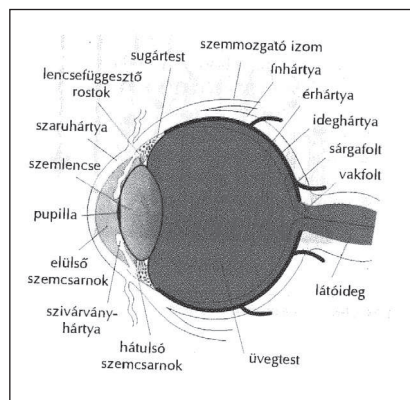
A szem felépítése és működése

A látás szerve a szem, ami a szemüregben elhelyezkedő szemgolyókból és a járulékos szervekből, a szemhéjából és a könnymirigyekből áll.



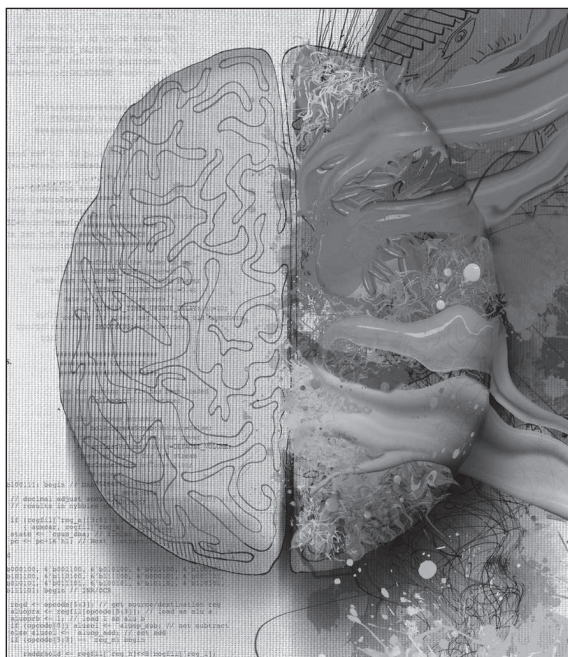
A szemgolyót kívülről a fehér inhártya veszi körül. Ezen tapad meg a mozgatókat végző három pár szemmozgató izom, melyek szemünket a tér mindhárom irányába mozgatni képesek.

Az inhártya elülső folytatása az átlátszó szaruhártya, a cornea. Az ideghártya és az inhártya között a hajszálekkal dúsan átszőtt érhártya található. Elülső, gyűrű alakú megvastagodott része a sugártest. A középben található kerek nyílás a pupilla. A szivárványhártyában, ami az érhártya erősen



pigmentált szaruhártya mögötti folytatása, a pupillát tágitó és szűkítő izomrostok találhatóak. Ezek segítségével változtatható a szembe jutó fény mennyisége.

A pupilla mögött helyezkedik el a fénysugarakat összegyűjtő szemlencse, amelyet



sal is vannak ránk? Hogyan befolyásolják a szellemi teljesítményünket? A következőkben erre keresem a választ.

A színek és hatásuk sokakat foglalkoztatott a történelem során. Források az ókori Hellaszba vezetnek vissza, egy görög filozófushoz és gondolkodóhoz, Arisztotelészhez (i.e. 384–322). A színek vizsgálata során úgy vélte, hogy összesen hét alapszín létezik: öt keveretlen szín, valamint a fehér és a fekete. Továbbá filozófiai szemszögből is megközelítette a témát. Metafizika c. művében a színekről kifejtett álláspontja: „Egyetlen színt

a lencsefüggesztő rostok kapcsolnak a sugártesthez. A sugártest és a lencsefüggesztő rostok segítségével a szemlencse fénytörő képessége változtatható. Ez teszi lehetővé az éleslátáshoz szükséges alkalmazkodást.

A szaruhártya és a szivárványhártya közötti üreg az elülső szemcsarnok, a szivárványhártya és a lencse közötti üreg a hátsó szemcsarnok. A szemcsarnokokat csarnokvíz tölti ki. A csarnokvizet a sugártest termeli a hátsó szemcsarnokban. Onnan az elülső szemcsarnokba kerül, majd az ér-hártya hajszálérhálózatán keresztül a vénás rendszerbe ürül. A szemlencse és az ideghártya közti teret a kocsonyás, magas víztartalmú üvegtest tölti ki.

A fénylátás

A fénylátás helye a retina, amely a szemgolyó belső falán érzéksejtekkel módosult idegsejtekből és gliasejtből kialakult fényérzékelő ideghártya. A retinát több sejtréteg építi fel. A legbelső réteg egy pigmentréteg, amely az erős fény, különösképpen a szórt fény ellen védi a mélyebben elhelyezkedő rétegeket. Ez előtt helyezkednek el a fényérzékelő receptorok, a csapok és pálcikák. A csapok a centrális tárgylátást és a színlátást szolgálják, a pálcikák a fény intenzitását (fény-árnyék viszonyok) érzékelik.

Mindkét típusú receptorsejt két részből áll: sejttestből és az ún. fényérzékelő részből. Ezek belsejét korongszerűen egymásra épülő membránrendszer alkotja, amely a látás kémiai anyagát, a látóbírbort tartalmazza.

Foton hatására a pálcikák fényérzékeny vegyülete, a rodopszin, opszinra és A-vitaminra bomlik. A folyamat fotokémiai reakció, amely elektromos potenciálváltozást kelt. A sötétben az opszin A-vitaminnal újra rodopszinná kapcsolódik össze. A pálcikák fényérzékenységét a bennük lévő rodopszin mennyisége szabja meg. A pálcikák ingerküszöbe jóval alacsonyabb, mint a csapoké. A pálcikáknak már egy foton fényenergia elegendő ahhoz, hogy ingerületi állapotba kerüljenek, míg a csapoknak kb. hat foton energiára van szükségük ehhez.

A csapok és pálcikák egyaránt bipoláris neuronokkal állnak kapcsolatban, melyek a dúcsejteknek adják át az ingerületeket. A retinából a dúcsejtek axonjai látóideget alkotva lépnek ki. A látóideg kilépési helyén nincsenek sem csapok, sem pálcikák, ezért fényérzékelés sincs. Ez a vakfolt.

A színlátás

A színlátás a csapok működéséhez kötött élettani folyamat. A receptorok a fény hullámhosszokat nem különböztetik meg, csupán bizonyos hullámhosszú fényeket hatékonyabban nyelnek el, mint máso-

kat. Így kategorizálhatjuk a csapoknak három fajtáját, aszerint, hogy milyen fényt nyelnek el:

- kékesibolya fényre érzékeny (~400 nm)
- zöld fényre érzékeny (~540 nm)
- sárga és vörös fényre érzékeny (~600 nm)

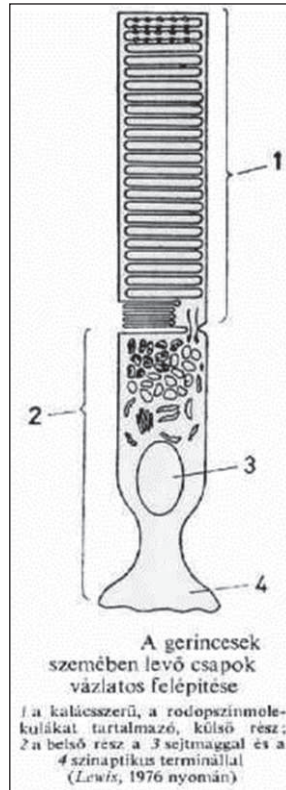
A Young–Helmholz-féle háromszín-elmélet szerint a három receptor segítségével a szemünk a teljes színképet érzékelni tudja, az ingerületi állapotban lévő csapok arányával. Ennek feltétele, hogy a háromféle csap közel azonos arányban forduljon elő. Ha mindhárom színérzékelő elem azonos mértékben kerül ingerületi állapotba, akkor a fehér szín érzete alakul ki.

A látás folyamata tehát a következő: a szemet érő fénysugarak a levegő és a szaruhártya határán megtörnek, majd a szemcsarnok elülső részén keresztülhaladva a pupillán át jutnak a szemlencsébe, amely újabb fénytörő közeg. A lencse a különböző szög alatt érkező fénysugarakat az üvegtesten keresztül a retina egyetlen pontjára gyűjti össze. A retinán a fénysugaraknak a dúcsejteken és a bipoláris neuronokon is keresztül kell hatolniuk, hogy elérjék a receptorsejteket. A domború lencse optikai tulajdonságaiból következik, hogy a retinán fordított állású, kicsinyített, valódi kép keletkezik.

Az itt képződött képet a látóideg végződéseinek pontok sokaságaként érzékelik. Ezek ingerületként az idegrostokon keresztül az elsődleges látóközpontba jutnak, amely az agykéreg alatt helyezkedik el. Itt az ingerületek rendszerezése történik, de elindulnak izgalmi folyamatok is, amelyek különféle érzelmeket (kellemes-kellemetlen) hoznak létre. Ezután, az immáron rendezett ingerületek, az agykéregi látóközpontba jutnak, amely az agykéreg nyakszirti lebenyében helyezkedik el. Itt az ingerületek a látott tárgy képét hozzák létre.

Az a tény, hogy a látott dolgokat felismerjük, azonosítjuk és megértjük, arra enged következtetni, hogy a látóközpontnak magasabb rendű idegtevékenységekkel van kapcsolata. A látási élmények tudatos értelmezése és értékelése, és ennek alapján magatartásunk és cselekedeteink megfelelő irányítása a gondolkodás nélkül elképzelhetetlen volna.

Az értelmi feldolgozásokkal párhuzamosan bizonyos érzelmi folyamatok is



létrejönnek, ezek lehetnek pozitív és negatív érzelmek egyaránt. Ezen érzelmek a szervezetre serkentő, vagy gátló hatással vannak. Ugyanis az elsődleges látóközpont működése kapcsolatban van az agykéreg alatt elhelyezkedő hipotalamusszal, ahol a szervi működéseket irányító vegetatív központok helyezkednek el.

Ilyen módon a látási folyamat során kialakuló benyomások, élmények, hangulat és közérzet a teljesítményünket alapvetően befolyásolják.

Mérés:

Mérésemet 11 segítőkész ismerős és családtag közreműködésével végeztem. Naponta maximum 1 mérésre kerül sor személyenként, hogy a fáradtság ne befolyásolja az eredményt.

A tesztlap elvégzése-re egy fehér, bútorozatlan szobában került sor, ahol

különböző megvilágításokat alkalmaztam.

A megvilágítások a következők voltak:

- citromsárga
- vörös
- zöld
- kék

A tesztek előtt az alanyok 15 perccel töltötték a megvilágított szobájában, hogy a környezet kifejthesse a hatását.

A felmérést egy gyakorlati pszichológiában használatos teszttel, a Bourdon-teszttel végeztem, amit 1895-ben Bourdon figyelemkoncentráció és fáradékonyság vizsgálatára hozott létre. A teszt lényege, hogy egy lapon a vizsgálatvezető számára ismert rendszerben elhelyezett betűk vannak, a vizsgálati személynek megadott betűket kell áthúzniuk a megadott betűhalmazból. Nehezítésként, a betűk aláhúzását különböző feltételekhez kötöttem (pl. csak akkor kell aláhúzni az adott betűt, ha az egy magánhangzót követ). Az alanyoknak minden percben új sort kellett kezdeniük, így vizsgálhattam az időegységre jutó teljesítményt is. Tehát az eredményben jól láthatók a figyelmi blokkok is, a periodikusan jelentkező szakaszok, ahol a teljesítmény időlegesen csökken.

A tesztek egyenként 20 percig tartottak, mindegyik elején egy 3 perces próbával.

Az alanyok egy kontrollt is elvégeztek természetes fényben.

A tesztelőtök életkorát három kategóriába csoportosítottam:

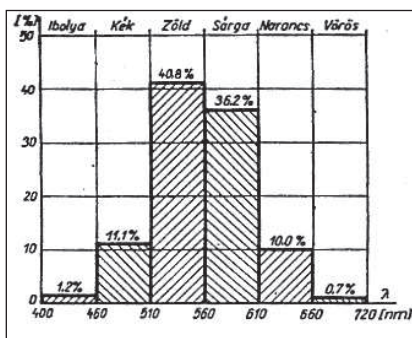
- fiatal (16-18 év közötti gimnazista diákok)
- felnőtt (23-50 éves dolgozók)
- idős (60-70 éves nyugdíjasok)

A tesztben a percenként elért teljesítményt táblázatba foglaltam az alanyok eredménye és kora szerint.

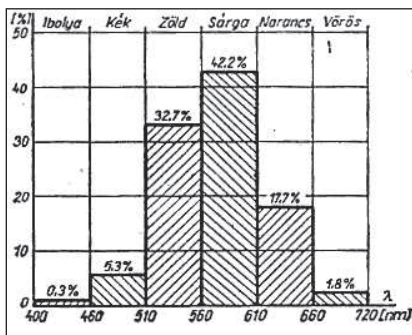
Eredmény:

Méréseim során két kategóriára bontottam az általam használt színeket. Az első kategóriába tartoznak az ember számára nagy mennyiségben is természetesnek vélt színek: a sárga és a zöld. Az alábbi képeken látható, hogy a mindennapi életünkben jelen levő fény fő komponensei ezek a színek, emiatt vélhetőek természetesnek az ember számára.

a) nappali fény



b) izzólámpa

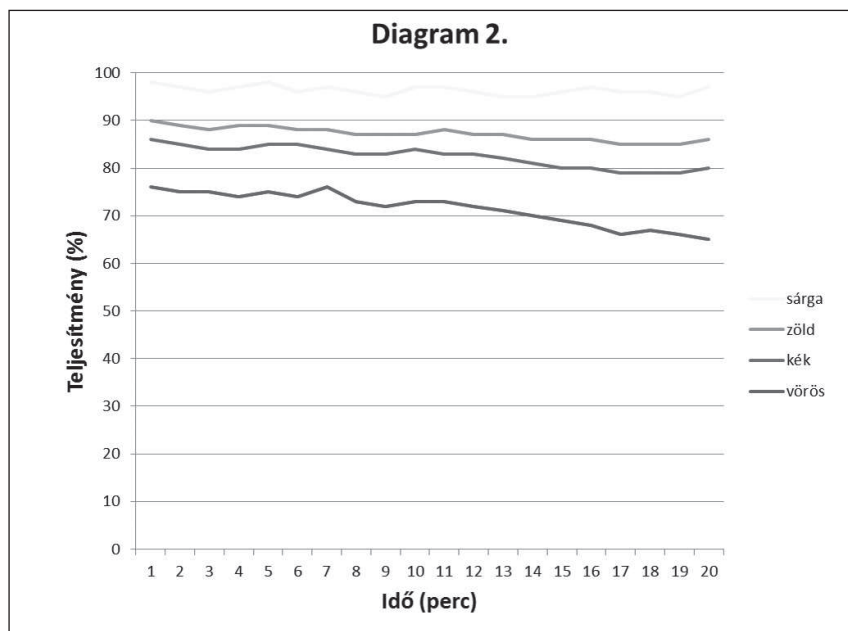
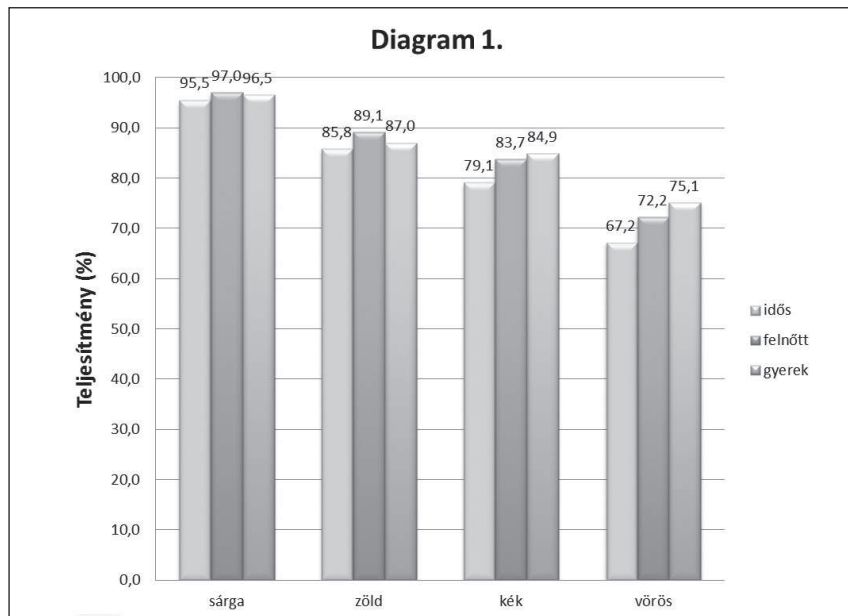


A második kategória az emberi szem számára szokatlan, természetellenes színek; ide a vörös és kék színek tartoztak.

Az első fontos megfigyelésem a természetellenes, számunkra nem megszokott fény különböző korosztályokra való hatásáról volt. Míg a természetes színeknél a korosztályok közötti eltérés nem volt számottevő, addig a vörös és kék színek esetében a fiatal korosztály teljesítménye jóval a felnőtt, de főképpen az idős korosztály fölött van.

Az eltérés magyarázata, amit egyes kísérletek is bizonyítanak, a fiatalok jobb alkalmazkodóképessége az idősekéhez képest.

Következő fontos megfigyelésem a szellemi munka romlásával, fáradékony-sággal kapcsolatban volt, az általunk nem



megszokott színek hatására.

Látható a természetes színek esetében, bár figyelmi blokkok itt is megfigyelhetőek, hogy a koncentráció szintje az idő előrehaladta ellenére is stagnál. Ám a vörös és kék színek hatására a teljesítmény láthatóan csökken, az alanyok fáradékonyabbá válnak.

Végül, megfigyeléseim alapján, szeretnék választ adni a dolgozat legfontosabb kérdésére. Hogyan stimulálják, ill. rontják a színek a szellemi teljesítményt?

A tesztben elért eredményeket a természetes fényben elvégzett kontrollhoz hasonlítottam. Méréseim alapján a legrosszabb hatással a vörös szín van figyelmünkre, 22,6% a teljesítmény csökkenése. Ez nem meglepő, hiszen a vörös szín ma-

gasabb vérnyomást okoz, ami bizonyítottan negatívan befolyásolja a gondolkodást, az emlékezést és a tanulási képességet. Szellemi leépülés gyakrabban alakul ki magas vérnyomástól szenvedő betegeknél.

Kevésbé jelentős teljesítményromlás eredményez a kék (11,5%-os teljesítménycsökkenés) és a zöld szín (7%-os teljesítményromlás). Viszonylagos negatív befolyásuk a szellemi munkára ugyancsak a szervezetre gyakorolt hatásukkal magyarázható. A kék szín csökkenti a pulzus és a légzés ütemét is. A zöld szín hasonlóan befolyásol, csökkenti a vérnyomást, nyugtató hatású. Ezért használatosak ezek a színek kórházakban. Ám kutatások szerint az éberségi szint csökkenését eredményezik, ami szellemi tel-

jesítményünkre romboló hatással van. Ezt mutatja a táblázat, mely Linsley (1952) nyomán készült, és megmutatja az összefüggést a teljesítmény és az éberségi szint között:

Ezek alapján a zöld és kék színek kis mennyiségben alkalmazhatók pl. a stressz elkerülésére, ami segíthet a koncentrációt a munkára visszaterelni, ám nagy mennyiségben (mint egy egész szoba megvilágítása) gátló hatással vannak teljesítményünkre.

Az eddigiek alapján, úgy véltem, hogy a természetes fény eredményezi a legjobb teljesítményt, ám a sárga fényt ezt megcáfolta. Az így megvilágított szoba, a sárgának kevésbé intenzív árnyalatát öltve, 1,9%-os teljesítménynövekedést eredményezett.

Tehát általánosságban kijelenthetjük, hogy a színek kis mértékben stimulálhatnak, vagy megnyugtathatnak, ami pozitív hatással van a tanulásra, ill. a munkára. Kivételek ez alól a sárga kevésbé intenzív árnyalatai, amik nagy mennyiségben is fokozzák teljesítményünket. ♦

Irodalom

Dr. Berend Mihály–Gömöri András–Dr. Szerényi Gábor: Biológia IV., Műszaki könyvkiadó, 2010

Czigler István: Figyelem, Scientia Humana, 1994
Czigler István: A figyelem pszichológiája, Akadémia kiadó, 2005

AKTIVÁCIÓ, ÉBERSÉG, TELJESÍTMÉNY			
VISELKEDÉS	EEG	ÉBERSÉGI SZINT	HATÉKONYSÁG
Erősen emocionális állapotok, (félelem, szorongás, düh).	Deszinkronizáció: alacsonytól közepes amplitúdó, gyors kevert frekvencia.	Korlátozott: megosztott figyelem, diffúz, konfuzus állapot.	Gyenge, a viselkedés kevésbé ellenőrzött, szervezeten.
Élénk éberség.	Részleges zsinkronizáció, főként gyors, kis amplitúdójú hullámok.	Szelektív figyelem, de a figyelem válthat. Koncentráció, beállítódások.	Jó, szelektív, gyors reakciók, zervezett válaszok.
Oldott, ellazult éberség.	Szinkronizált: optimális alfa ritmus.	A figyelem vándorol, nem akaratlagos. Az asszociációk szabaddok.	Jó, rutinációk és kreatív gondolkodás.
Álmosság.	Redukált alfa, és időnként kis amplitúdójú lassú hullámok.	Határhelyzet, részleges hatékonyság. Álomszerű állapotok.	Gyenge, összerendezetlen, időben koordinálatlan válasz-szervezés.
Felületes alvás.	Orsó és lassú hullámok, az alfa elvész.	Jelentősen redukált tudatosság.	Hiányzik.
Mély alvás.	Nagy, igen lassú hullámok, rövid ideig szinkronizált, ill. véletlenszerű.	A tudatosság teljességgel elvész.	Hiányzik.

Lukács Gyula: Színmérés, Műszaki Könyvkiadó, 1982
Gorzsás Zsolt: A megvilágítás pszichodinamikai

hatása a munkavégzés hatékonyságára
Dr. Süveges Ildikó: Szemészet, Medicina Kiadó, 2010

A marosújvári sóbánya felemelkedése és hanyatlása

MAGYARI MELINDA

Bethlen Gábor Kollégium, Nagyenyed, Románia

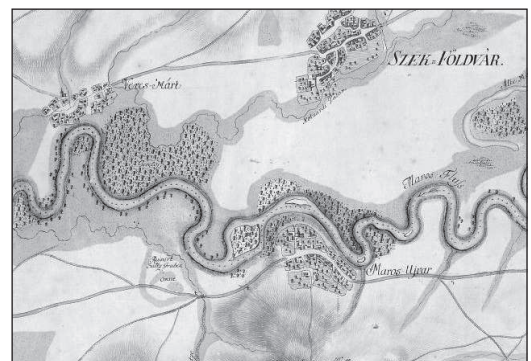
„Bérczes kis honunk a természet számtalan áldásaival, s azok közt sóval oly gazdagon van megáldva, mint kevés országa földtekéinknek; ez országrész minden táján gazdagon mutatkozik az életfenntartásra oly nélkülözhetlen só, több helyen van az bányászat alatt, még több helyen hever használatlanul; de e bányáink egyike sincsen oly kedvező helyzetben, mint a marosújvári, a mennyiben mindenik a könnyű és olcsó közlekedés vonalától kisebb-nagyobb mértékben távol esik.” – írta Erdély legnagyobb sóbányájáról Orbán Balázs. Ennek a bányának a történetét szeretném összefoglalni és bemutatni az odalátogató vendégek benyomásai alap-

ján, a korabeli sajtó és a róla készült leírások segítségével.

Az erdélyi sótelepek

Az Erdélyi-medencét valamikor tenger borította. Amikor a víz visszahúzódott és a só kikristályosodott, nagy kiterjedésű tömzsoket képezett. Az Erdélyi-medencében három sóvonulatot figyelhetünk meg. Az egyik Parajdtól Marosvécsig húzódik, a másik a désaknai, a harmadik és leghosszabb a Szék-Kolozs-Torda-Marosújvár-Vizakna sóvonulat. A geológusok sze-

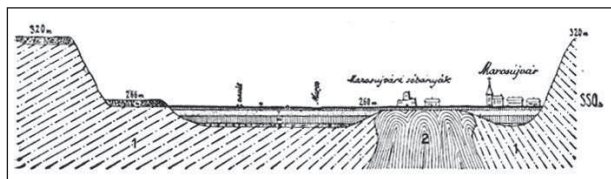
Marosújvár 1780 körül (A sótelep környéke lakatlan volt.)



rint valamennyi sótelepünk összefüggésben van egymással, mindenikük esetében a kősót hatalmas erő nyomta felszínre. E hatalmas sótömeg Dél-Romániában is felszínre tört, és összefügg az Erdélyi-medence Észak-Dél irányban követhető sóvonulatával, amelynek egyik kiemelkedő pontja a marosújvári sótelep. A kolozsi és a széki bányák a legöregebbek, utánuk következnek a désaknai, a parajdi és a tordai bányák, a legfiatalabb sóbánya Marosújvárt a XVIII. század utolsó éveiben nyílt meg. Akkoriban még nem léteztek hűtőberendezések, a sónak nagyon fontos szerepe volt az élelmiszerek tartósításában. Az erdélyi bányákból főleg víziúton, a Szamoson és a Maroson szállították a sót az Alföldre és Szerbiába.

A marosújvári bánya története

A marosújvári só porhanyóbb és likacsosabb, mint a többi erdélyi sótelepről származó ásvány, ezért értékeesebbnek számított. Az itteni sótelep már az ókorban ismert volt, erre találunk utalást Alsó-Fehér Vármegye Monográfiájában:



A marosújvár sótömsz keresztmetszete

(Schaffer X. Ferenc Általános geológia, <http://mek.oszk.hu/02700/02736/html/kepek/360.jpg>)

„Északkeleten a Maros áradása ellenében hatalmas védgátak vannak emelve, délkeleten és délen az ev. ref. templomnál, nyugaton a Józsefakna közelében, a sötést határánál pedig egy mély árok maradványát találjuk, mely szohagyomány szerint a sötömsz egész testét magába öleli. Ezen árkolat, a mint látszik, a rómaiak vagy tán még a Dákok idejében kellett hogy készüljön, mert magában az árokban s meg a töltésében is hamuval telt urnák találtak. Ezen töltés vagy mint erőd, vagy a Maros áradásai ellenében szolgál gátul, vagy pedig azon földnek lerakodási helyét jelzi, melyet el kellett hordani, hogy a kősónak külszinen való fejtéséhez hozzá férhesse-nek. A régi művelet a sötömsz egész déli vonalán észlelhető.” [1, 143 old.]

A rómaiak a helyet Salinae-nak nevezték el. A só kitermelést már ők elkezdték, a IX. században a dunai bolgárok folytatták, majd a honfoglaló magyarok is termeltek itt sót. A só kitermelése azonban csak a felszínen történt, a sötést délkeleti részén, amely távolabb esett a Marostól. Mivel a folyó nagyon közel volt, rendszeres kiöntése iszappal borította be a telepet. Emiatt hosszú ideig felhagytak a sófejtéssel, a

többi erdélyi sóbánya termelése elegendő volt nemcsak az ország rész, hanem Magyarország keleti részének ellátására is. A mocsaras helyet erdő borította be, a só létezéséről azonban tudomása volt a közeli román lakosságnak, mert falujukat Szaraturának nevezték el, ami sós talajt jelent.

Ruszbatzky bánya-mérnököt azzal a feladattal bízta meg a bécsi udvar, hogy tárja fel a sötömszöt. A feltárást 1791-ben kezdte el, és 1793-ig tartott. Földcserével megszerezték a Mikes grófok birtokát, ahol a sótelep és Szaratura falu területeit, és Mészáros György belényesi bánya-mérnök vezetésével beindult a só kitermelése. Kezdetben a katonaság is segített a munkában. Adókedvezményekkel sikerült odacsalogtatni désaknai és kolozsi bányászokat, úgynevezett sóvágókat is. Később

Székelyföldről toboroztak bányászokat és 1860 után, amikor a torockói vasbányászat hanyatlásnak indult, onnan is számos bányász telepedett át Marosújvárra. Mészáros alkalmazta először a spirális kosárrendszer elvén működő sófelvonót, amely biztonságos volt abban az esetben, ha elszakadt a felvonó kötele. Már 1792-ben megnyílt meg a Ferenc- és a József-akna, 1813-ban megnyitották a Ferdinánd-aknát, és 1821-ben a két Karolina-aknát. Ezek képezték a később Óbányának nevezett részt.

Amikor Széchenyi István 1821-ben Mikes János gróf felsőújvári kastélyában vendégeskedett, a település akkori viszonyairól a következőket írta: „Marosújvár a legkiválóbb akna. Az új bányászati módszerek szerint 35 év óta művelik. Viszont találtak nyomokat, melyek azt sejtetik, hogy már a rómaiak ezekről a helyekről vitték a sót, azonban a bányászatban tapasztalatlanul, saját aknáikat beomlástól félve, hamarost el kellett hagyniok – vagy a söt esőnek, nedvességnek annyira kiszolgáltatták, hogy tönkrement. – Egyébként ha az ember nem akarna a sófejtésben valamely takarékoságot bevezetni, ami a töméntelen mennyiség miatt teljesen feleslegesnek látszik, akkor mi sem volna könnyebb annál: a só a föld alatt 3-4 ölnyire¹, meg-



Így látta Marosújvárt Orbán Balázs

számlálhatatlan mennyiségben hevervén, egyszerűen csak ki kellene vágni onnan.” Tehát ő is utalt a római kori sókitermelésre.

A XIX. század második felében Erdély legfontosabb sóbányájává vált, hajómal-mokat építettek, heti vásárokat tartottak itt, és Alsó-Fehér vármegye Marosújvár járásának székhelye lett. 1900-ban a marosújvári sóbánya kerületébe tartozott a désaknai, a parajdi, a tordai és a vízaknai sóbánya. Míg a marosújvári bánya adatairól a következőket olvashatjuk: „Marosújvári sóbánya, Alsó-Fehérmegye; 28,063 m² talpművelési terület, 2 bánya



Marosújvári sókristály

(Forrás: Tasnádi Kubacska András - Tildy László: Színes ásványvilág Gondolat, Budapest, 1973, 128. old.)

23 nyílt aknatorokkal és 26 napra nyíló tárnával; 11 gőzgép. Termelés: 588,615 mázsa kősó, ebben 82,249 mázsa iparsó. [...] 532 munkás. Társaspénztári vagyon: 430,940 kor.” – addig a kerülethez tarto-

¹ 1 magyar öl (bécsi öl) = 1,89 m

zó többi bánya összesen csak 334 munkást foglalkoztatott. A bánya 254 380 mázsa söt termelt évente, társpénztári vagyona pedig majdnem egyharmaddal kisebb volt, mint a marosújvári letét (161.618 korona).

A sókitermelés módjai

A rómaiak a só külső bányászásával is foglalkoztak, és rájöttek arra, hogy ahol nagyobb tömzsekben fordul elő, ott nagyobb üregeket is lehet veszély nélkül bányászni. Viszont a sót a föld felületén az eső és

külön aknákkal közlekedtek a külvilággal. Itt meg kell jegyeznünk azt, hogy a bányászok *akna* név alatt azt a függőleges üreget értik, amely a föld mélyébe lehatolnak. *Tárnának* nevezik a vízszintesen haladó, folyósószerű, keskeny üregeket. A *bánya* az a föld alatti nagyobb üreg, amelyekben a kitermelés folyik.

A marosújvári sóbányák

Az *Óbánya* -180 méter mély volt és a XIX. század végén a Rudolf-aknán keresztül volt kapcsolatban a külvilággal. A bánya falai fával voltak burkolva, belőle egy vízszintes tárnán haladva lehetett átjutni a sötést területre a tulajdonképpeni bányába. Ezen keresztül hozták ki a sót, és szivattyúzták ki az összegyűlt vizet. Az *Óbánya*nak egy másik aknája is volt, a Ferencz-akna, ezen viszont csak a sós vizet húzták ki. A bányákban összegyűlő sós víznek egy részéből konyhasót

vontak ki, a többit az akkoriban felépített sósfürdőhöz vezették, és fürdésre használták. A tulajdonképpeni bánya 60 méter mélységben kezdődik. A bányának hét kamrája volt. Ezek közül három régebbi, omladozó állapota miatt be volt zárva, egy tartalékként volt fenntartva, és a másik háromban folyt a kitermelés.

Az *Új- vagy Stefánia-bánya*, akkoriban a világ egyik legszebb és legjobban berendezett bányáinak számított. 1870-ben kezdték el a művelését, amelyet előre meghatározott terv szerint végeztek. A látogatók csak ezt a bányát nézhették meg. A bányába sószállító kosárral lehetett lejutni, amelyeket gép engedett le, illetve húzott fel.

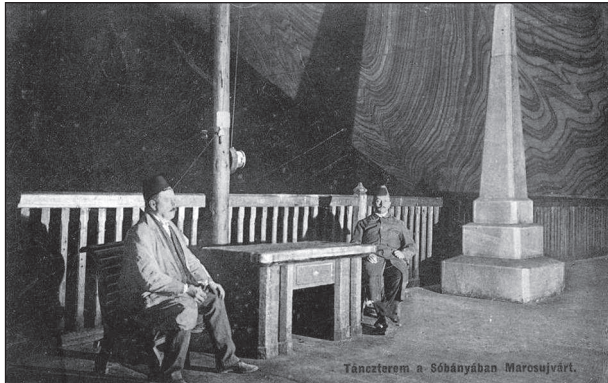
A felvonó biztonságos volt, abban az esetben, ha a kötél elszakad, nem zuhant volna le, hanem azonnal megakadt volna. 60 méterrel a föld alatt egy 250 méter hosszúságú főcsarnokot tekinthettek meg a látogatók, amelynek minden oldala sóból volt kifaragva. Mennyete 16–48 méter szélességű volt. A bánya fenekén az oldalfalak leírhatatlan szépségűek voltak, sima rétegződésükkel tündek ki.

A *Rudolf-bánya* avatásáról a *Közérdek* című nagyenyedi hetilap 1883. január 21-i számában találtam beszámolót: „A marosújvári bányatelepen egy újabb bányát ma nyitottak meg nagy ünnepélyességgel. Juchó Ferencz bányatanácsos és az egész bányaszemélyzet jelen volt az ünnepélyen. E bányatorkot 1879. április 20-án a király 25 éves jubileuma napján kezdték el ásni és 1881. május 10-én, amikor a trónörökös esküvője volt fejezték be. Az épületet a múlt évben építettek, mely bányászat terén eddig a legkitűnőbb módon rendezték be. A bánya mélysége 74 öl és igen szép sót tartalmaz. A szakértők véleménye szerint 200 évre elegendő só van benne. A só kitermelést egy 60 lóerű kifogástalan gép végzi, mely magyar álmavasutak, gépgyárakban készült. Mind e munkálatok Juchó terve és személyes vezetése alatt végeztettek.”

Nevezetesebb látogatók

A bányalátogatásról 1837 óta emlékkönyvet vezettek. Az első években nagyobb részt tanárok és tanulók látogatták a sóbányát. 1839. június 7-én Henry herceg, Franciaország trónörököse tett kíséretével látogatást a bányában. 1842. augusztus 12-én gróf Tisza Lajos fiai, László, Kálmán és Lajos látogatták meg Marosújvárat nevelőjük, a későbbi akadémikus Sönyi Pál kíséretében. Ott járt 1844. szeptember 26-án a Nemzeti Színház titkára, Szizligeti Ede, 1860. augusztus 8-án báró Eötvös Loránd, az Akadémia elnöke, és 1878. augusztus 23-án a híres színész, Blaha Lujza.

A neves látogatók között kiemelkedő helyet foglal Orbán Balázs, aki a XIX. század hatvanas éveiben látogatott el Marosújvárra, élményeit több oldalon fej-



Korabeli képeslap a bányáról

más beszívargó vizek miatt, nagyobb mennyiségekben nem lehetett kitermelni, ezért felhagytak a külső bányászással, és az aknaműveléshez fogtak. A só rendszeres bányászása úgy történt, hogy kisebb-nagyobb üregeket vágtak, és folyamatosan lefele haladtak. Miután elértek egy bizonyos mélységet kör-, tölsér- és kúp alakban terjeszkedtek. Ez a kiaknázási módszer a legújabb időkig fennmaradt, Tordán és Désaknán is vannak ilyen bányák. Amikor az üregek túl mélyre hatoltak, a sót már nehezebben lehetett kiaknázni, ezért áttértek a kamara- és csatornarendszere. Ennek az volt az előnye, hogy a sókitermelést nagyobb területen lehetett folytatni. A kamara- és csatornarendszer lényege abban állt, hogy nem magában a sötéstben, hanem az azt határoló kőzetben kezdték meg a bánya építését. Így oldalról haladhattak a sötést felé, onnan kezdték el a kiaknázást. A sóban több üreget vágtak, ezeket keskeny folyósókkal kötötték össze. A marosújvári sötést észak-déli irányban elnyúló tojásdad alakú, hossza 900 méter, szélessége 550 méter, mélysége még ismeretlen, de a feltárt legnagyobb mélység 180 méter volt. A sötést néhány méter vastagságban kavicssal és homokkal van befedve, helyenként a só a földből kilátszódhatott. Valószínű, hogy valamikor a sötést vastagabb réteggel volt borítva, de a Maros e fedőrétegeket lassanként elmosta.

Köröskörül a marosújvári sötéstet palaszzerű márgaközet veszi körül. A sóbányászat két különálló bányában folyt, amelyek



Az áruház pusztulása és az új bányató

ti ki részletesen A *Szekélyföld leírása* című nagy művében. Ő a bányacsarnokról a következőket jegyezte meg: „Ha egy nagyszerű körtemplom roppant kúpjaival meghatározza a szemlélt, ha egy ily csudás építkezés

őszhangzatos nagyszerűsége felemeli a gondolatot, áhiattal tölti el a szívet: bizonynyal ilyeszerű hatást gyakorol egy bányaűr szemlélete is, hol a ragyogva felmagasuló kúpok száz meg száz szétszórt mécsnek világától vannak mystikus félhomályban előtüntetve, hol minden árny óriásivá magasul, minden hang megdöbbentő morajlár viszhangzik, s im a kúp közepén csillár tűnik elő, kis fénylő pont roppant messzeségben; de im az mind nagyobbá válik, mind ragyogóbbá lesz. A csillár karjai meg látszanak eleveledni; egyszerre harmonikus dicsének zeng le a magasból, a csillár mind közeledik, mind nagyobbodik, végre a fenékre érve megelevenedik, szépszéles öltözetű lények ugrálnak abból elő, több ponton magas tűzoszlopok cikáznak fel, s a bányaűr egész nagyszerűségében ragyogó szépen tűnik fel, a látvány büvöletserűvé lesz.”

A hírességeknél többen voltak azok a hétköznapi emberek, akiket messze földről odacsalogatott a híres sóbánya.

1839-ből a egy érdekes vers maradt fenn az emlékkönyvben: „Ember, ki élsz e zordon világba Rejtsd el magad a földnek gyomrába Ott tanuld meg a munkával való éleést S elfelejted a tunya henyelést.” Ugyanabban az évben Székácsi P. Vitus a következőképpen fejezte ki meglepetését: „Míg porrá nem válnak testem csont forgácsi, Azt el nem felejtí, hogy itt volt Székácsi. 1846-ból a következő versikét írta be egyik látogató, aki valószínű, hogy nejjével ereszkedett le a mélybe: „Ne félj Ninám a mélységtől, Borzaszt csak a sötétség, Együtt élünk, együtt halunk, Öröködik az Istenség; Földből vagyunk, földbe megyünk, De a földből még felkelünk. Dobák Antal.”

Amikor nagyobb társasággal érkeztek a látogatók, meghallgathatták a sóvágek imáját, amely a XIX. század elejétől szájról-szájra hagyományozódott át, és amelyet az egyik rangidős bányász, az ún. pap mondott el:

„Atyának, Fiúnak, Szentlélek Istennek nevében, Amen!

Mindeneknek alkotó ura, Istene, a kinek mindenek, a mik az égen, a földön és a föld alatt feltaláltak, köszönjük létünket, a kitől veszik minden alkotmányok eredeteket és élelmöket, te hozzád buzgó szívvel kiáltunk, kik itt egyben gyülekeztünk, hálát adván te néked azon jókért, emlyekkel elhalmozál. Segíts uram, hogy bejöveteleinkben és kimenetelünkben sérelem nélkül maradhassunk, súlyos munkánk által te néked szolgálhassunk. Könyörgünk, hogy a kiket ép erőben, egészségben a föld színén megtartottál, atyai karjaiddal, ez mélységben is kormányozni méltoztatnál. Segélj uram, mert nem a mi erőnkben bízunk, hanem a te szent nevedben mozdulunk meg innen. Amen.“

A bánya hanyatlása a XX. században

A Maros közelsége nagyon megkönnyítette a kibányászott só szállítását, ugyanakkor rengeteg gondot okozott a kitermelőknek, mert a víz gyakran beszivárgott a bányákba. 1912-ben a Maros kiáradt és előtötte a bányák lejárátát. A régi bányák mennyezete beomlott és napvilágra kerültek az aknák krátertölcserei. Két évvel később a következő riport jelent meg a budapesti Bánya hetilapban: *Az előtöött sóbánya. Marosújívról jelenti tudósítónk: A múlt évi országos árvizek alkalmával a Rudolfbányába beszorult mintegy kétmillio köbméter víz szivattyuzási munkálataiban váratlan eset történt. A föld színétől ugyanis 27 méter mélységben a József-akna közelében levő sülyedésnél forrás fakadt, melynek sebes folyású vize – a kemény sósziklákon keresztül – utat tört magának a bányába. [...] A forrás vize messze kihallható zugással folyik a barlangszerű sósziklak között, amelynek eredetéről most még senki sem tud megbízható véleményt mondani. A bányavezetőség az eddigi terv szerint egy újonnan lefektetendő körtárnába óhajtaná a forrás vizet elvezetni. [...] Itt az aknába mélyen vasbeton falat fognak húzni, hogy a víz átszűrődését ezáltal meggátolják, a forrás vizet pedig egy e célra külön készítettő beton medencébe fogják vezetni, melyből a vizet időnkint kiszivattyuzzák. A csúszamlós talajt is vasbetonnal kötötték meg. A munkálatokat Urbán Andor bányafőmérnök vezeti nagy szaktudással.*

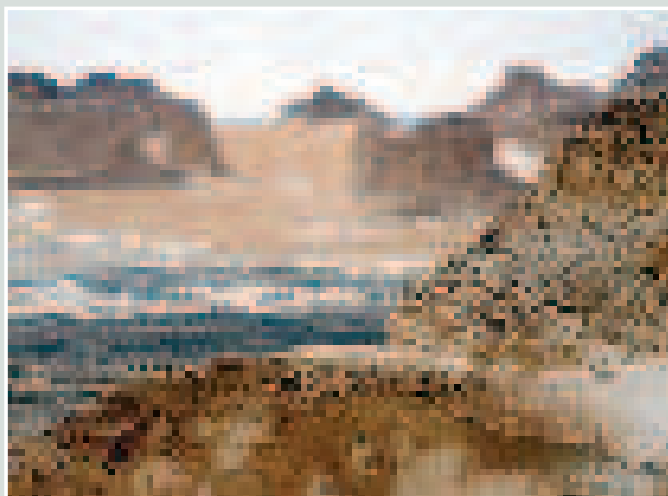
A másfél évszázados háborút végül a víz nyerte meg, és 1952-ben a bánya szakemberei elhatározták, hogy a régi bányákat telített sóoldattal töltik fel és ugyanakkor egy kőolajszármazékot, pakurát is beszivattyúznak, amely kisebb fajsúlyja miatt a sóoldat felett helyezkedik el és mivel nem oldja a sót, a sótömsz felső része stabil marad. Az üregeket kitöltő víz pedig sokkal szilárdabbá teszi a talajt, mintha azokban csak levegő lenne. A bányát pedig már korábban száz méterrel lejjebb költöztették. Az 1950-ben felavatott Május 1. bánya 1978-ig működött, amikor a tárnák és a mélyben berendezett szanatórium napok alatt megteltek vízzel, szerencsére csak anyagi veszteséget könyveltek el. A katasztrófa oka az emberi hanyagság volt. A bánya képtelen volt biztosítani a marosújívári sóodagyár számára szükséges sóoldatot, és azt a régi bányákat kitöltő sóoldatból próbálták pótolni. Emiatt nyomáskülönbség alakult ki a Május 1. bánya és a szomszédos egykori József-akna tava között, és a kettőt elválasztó fal elhasadt. Akkor szűnt meg a klasszikus sóbányászat Marosújíváron. A következő években csak a szondákkal

kitermelt telített sóoldat elpárolgatásával gyártottak finom sót, illetve az akkor még működő sóodagyárnak szállították oldott sót. A modern idők legnagyobb marosújívári bányakatasztrófájára 2010 karácsonya előtt került sor, amikor az egykori bánya egyik csarnoka beomlott a felelőtlenül ráépített áruház súlya alatt és elnyelve azt egy újabb kétszáz négyzetméteres bányató keletkezett. Szerencsére akkor sem volt emberi áldozat. Ma már nem termel semmit a bánya, a sóodagyár is bezárta kapuit és lebontották a híres sósfürdőt is. A só már csak emlék maradt! Az a só, amelyről valamikor Koch Antal, neves geológusunk a következőket mondta egyik előadásában: „Igen jól feltünteteti ezen viszonyokat ezen remek kősó-kristály csoport, mely a maros-újívári sóbánya egyik régi aknájában a legújabb időkben vált ki a lecesepegő só-oldatokból, s a legfinomabb csipkével vagy cukorsüteménnyel hasonlítható össze gyengéd formáit tekintve. A kősónak elemi kockái itt kivétel nélkül csúcsaikon állva vannak egymásra és egymáshoz növe s ez által a legmeglepőbb alakzatok jönnek létre u. n. kormánypálca alakok, melyeknek végén a gömböt egy nagyobb kocka képezi; ágas-bogas pálcikák; négyszögű tölcsérek, melyekből sokszor három négy is egymásba van rakva; három levelű buzogányalakok és végre nagyobb kockázatok, tölcséresen bemélyedett lapokkal, amínöket akármikor a legkönnyebben előállíthatunk magunknak, ha kősót vízben föloldunk s az oldatot csészében meleg helyre állítjuk. Pár nap múlva, ha a víz elpárolgott, csupa ilyen tölcséresen és lépcsőzetesen bemélyedett lapu kockákat fogunk látni a csésze fenekén és oldalán.” ✖

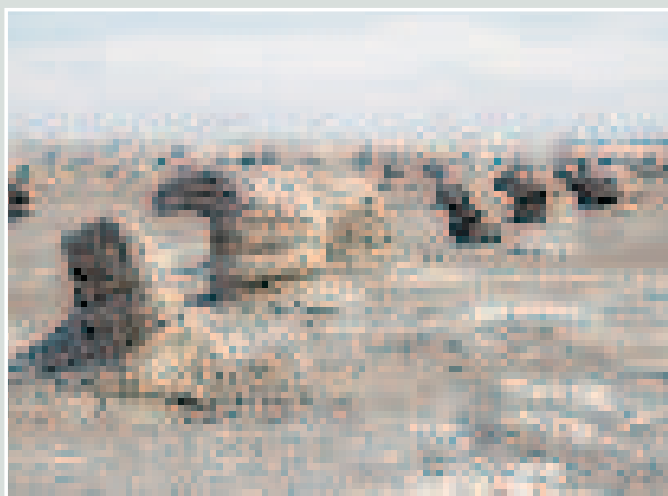
Irodalom

- Alsó-Fehér vármegye monográfiája, I. kötet, Első rész, Nagyenyed, Círner és Lingner Könyvnyomdája, 1896
Közérdek. Vegyes tartalmú hetilap, Nagyenyed, 1883. január 21.
Orbán Balázs: A Székelyföld leírása, Ráth Mór Bizománya, Pest, 1868
Bikfalvi Károly dr: A maros-újívári sóbánya, Erdély, II. évfolyam, 6. szám, 1893 június
Magyar Királyi Sóbányák – internetes forrás: http://epa.oszk.hu/02000/02000/00005/pdf/EPA02000_magyar_banya-kalauz_1900_124-125.pdf
Bánya, IX. Évfolyam, 23. Szám, Budapest, 1914. június 7. – internetes forrás: http://epa.oszk.hu/02100/02171/00322/pdf/EPA02171_Banya_1914_23.pdf
Koch Antal: A kősziklák virágairól – internetes forrás: http://epa.oszk.hu/01500/01504/00009/pdf/emertt_1877_e03.pdf

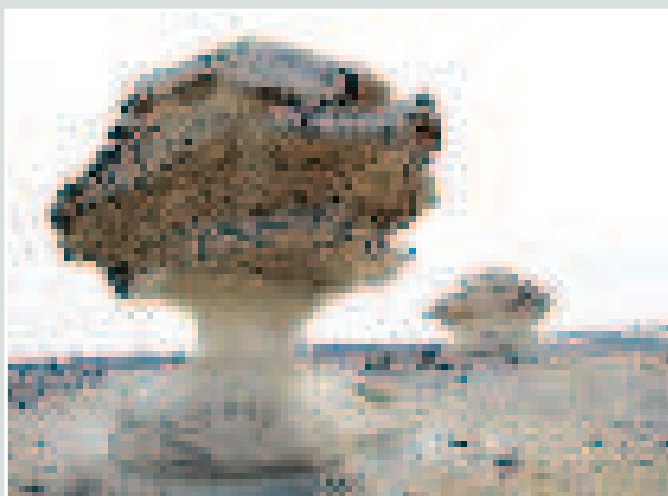
Oázisból sivatagba – Egyiptom



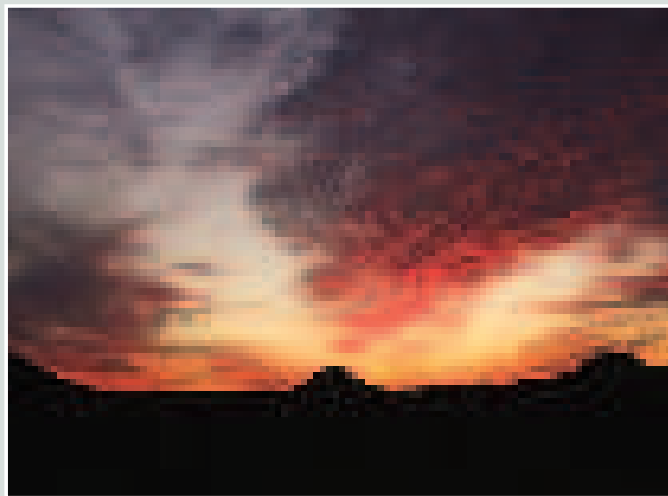
„Bejárat” a Fekete sivatagból a Fehér sivatagba



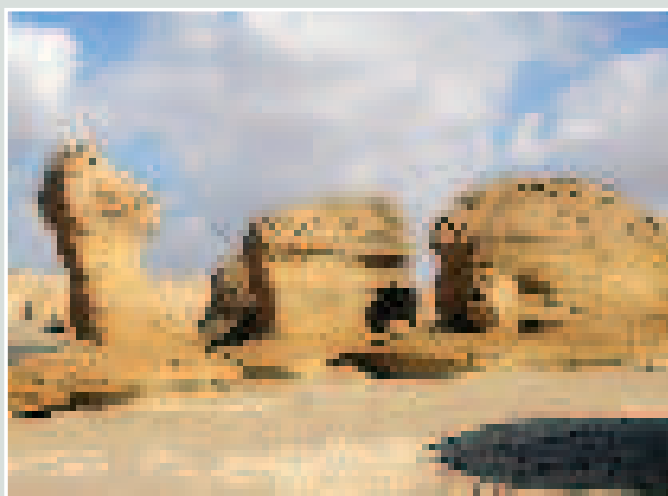
A „Sátrak” nevű képződmények



Gombasziklák a Fehér sivatagban

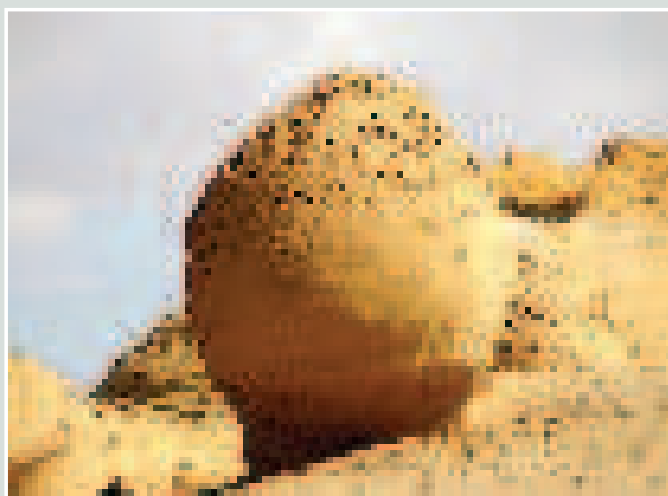


Napnyugta a Szaharában



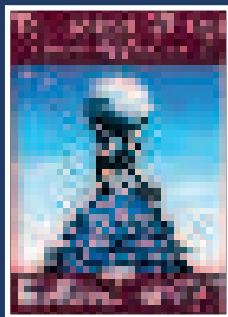
Erodált homokkősziklák a Bálnák völgyében

Németh Géza felvételei

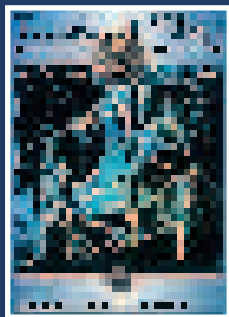


A Természet Világa különszámai

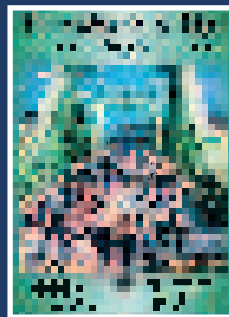
(melyek még megvásárolhatók)



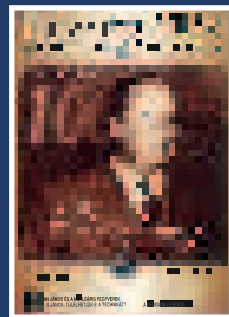
Geológia
(1998) Ára: 300 Ft



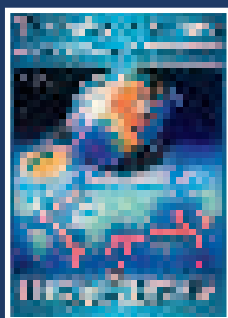
Bolygai-émlékszáma
(2003) Ára: 500 Ft



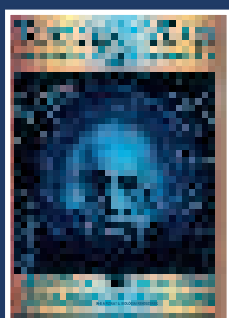
Életmód – Egészség
(2003) Ára: 400 Ft



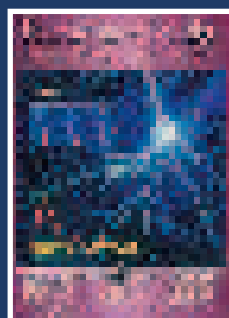
Neumann-émlékszáma
(2003) Ára: 400 Ft



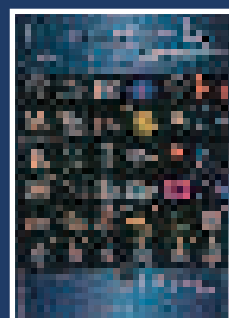
Klimaváltozás – hazai hatások
(2004) Ára: 400 Ft



A fizika százada
(2005) Ára: 400 Ft



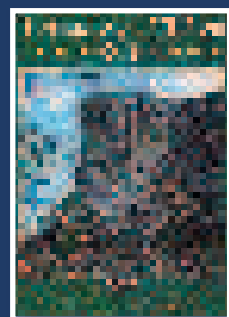
Idegtudomány
Vizi E. Szilveszter
köszöntése
(2006) Ára: 400 Ft



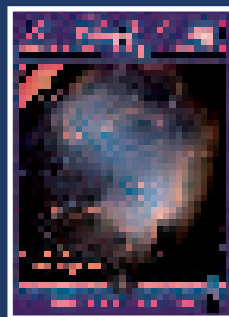
Napjaink kémiája
(2007) Ára: 700 Ft



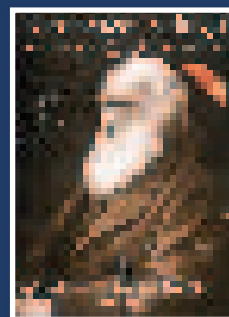
Földközélen a világűr
(2008) Ára: 400 Ft



A Föld bolygó éve
(2008) Ára: 400 Ft



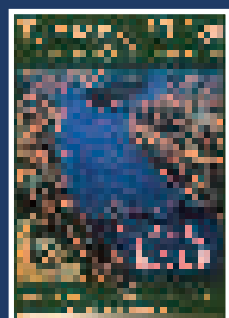
Feltárul a Világegyetem
(2010) Ára: 700 Ft



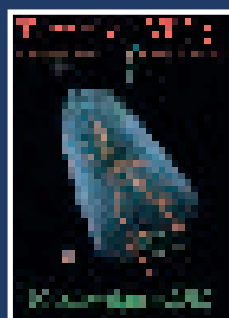
Nemzetközi Darwin-év
(2010) Ára: 500 Ft



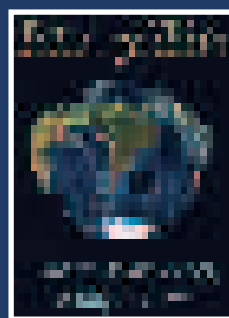
Emberközélen a fizika
KFKI – 60
(2011) Ára: 690 Ft



Vízben, borban kémia
(2011) Ára: 890 Ft



Mikrovilág – 2012
Ára: 890 Ft



Káosz, környezet komplexitás
Ára: 980 Ft

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

