

Természet Világa

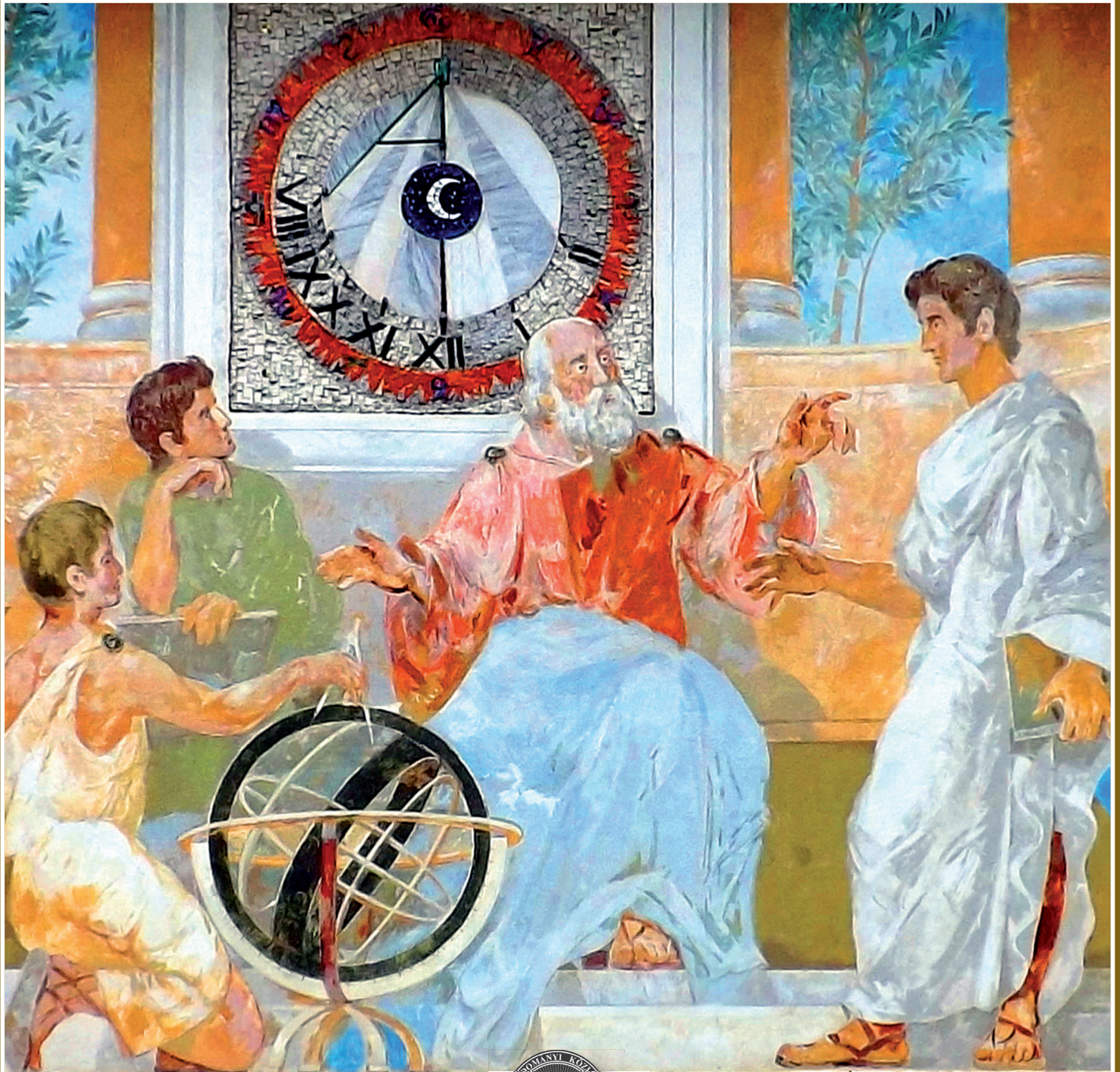
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

146. évf. 6. sz.

2015. JÚNIUS

ÁRA: 690 Ft

Előfizetőknek: 600 Ft



■ DENEVÉREK ÉS VÍRUSJÁRVÁNYOK

■ FÉNY ÉS ÁRNYÉK IRÁNYÍT

■ IMMUNVÁLASSZAL A RÁK ELLEN

■ A MATEMATIKUS IS LEHET SOKSZÍNŰ – BESZÉLGETÉS KATONA GYULÁVAL

■ ÜSTÖKÖSJÁRÁS

■ A MÁGIKUS CHILOE

■ NAGY SZÁMOK TÖRVÉNYE

Napórák



Kehely alakú napóra, az égbolt tükörképe
(Aquincumi Múzeum, Budapest)



Hazánk első gömb alakú napórája (Miskolc)



A Nap, a Hold és a Szaturnusz díszíti a volt Vármegyeháza napóráját
(Budapest)



Ferde számlapú napóra a helyi és a nyári időszámítás szerinti óraosztással
(Hajdúszoboszló)



Két XVIII. századi festett napóra Fertőrákos volt vízimalmán



Poláris tájolású napóra, amit Ponori Thewrewk Aurél tervezett, az órávonalak helyén az időegyenlítést jelölő analemma-görbékkel (Palóznak)

Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN
KIRÁLYI MAGYAR
TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
146. ÉVFOLYAMA



2015. 6. sz. JÚNIUS
Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi-díjas folyóirat



Szellemi Tulajdon
Nemzeti Hivatala



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



A kiadvány a Magyar Tudományos
Akadémia támogatásával készült.

Főszerkesztő:
STAAR GYULA

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

Felelős kiadó:
PIRÓTH ESZTER
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

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

Nyomtatás:
iPress Center Hungary Zrt.

Felelős vezető:
Lakatos Imre
vezérigazgató

INDEX25 807
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

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

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

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

TARTALOM

Görföl Tamás–Kemenesi Gábor–Jakab Ferenc:

Denevérek és vírusjárványok.....	242
A matematikus is lehet sokszínű. Beszélgetés Katona Gyula akadémikussal. Staar Gyula interjúja	246
Harangi Szabolcs: Egy vulkánkitörés, ami megrengette a világot. A Tambora kitörésének 200. évfordulója.....	253
Bélafiné Bakó Katalin: A génebeszét születése	256
<i>Címképünkhöz:</i> A Fasori Evangélikus Gimnázium napórája	259
Sárnecky Krisztián: Üstökösjárás. Első rész	260
<i>E számunk szerzői:</i>	263
Bánóczy Zoltán: Enzimgátló peptidok mint gyógyszermolekulák.....	264
Marton Géza: Engem a fény, téged az árnyék irányít	267
<i>HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESÉGEK</i>	271
Füzi Péter: Többszörösen is határmezsgyén	273
Simonovits András: Hogyan született a nagy számok első törvénye?.....	274
Szili István: Tollas szegfű kecségével, tarajos götével.....	276
Kéri András: A mágikus Chiloé. A chilei Patagónia zöld szíve	278
A Chimera-receptor. Immunválasszal a rák ellen. Szőllősi János egyetemi tanárral beszélget Dombi Margit	281
Pátkai Zsolt: 2014 telének időjárása	283
Ágoston Hugó: Egy erdélyi dokumentumfilm. Miholcsa Gyula ismeretterjesztő filmjei	285
Hevesi Endre-díjasok.....	285
<i>FOLYÓIRATSZEMLE</i>	287

Címképünk: A Budapest-Fasori Evangélikus Gimnázium napórája
(*Trupka Zoltán* felvétele)

Borítólapunk második oldalán: Napórák

Borítólapunk harmadik oldalán: Katona Gyula fényképalbumából

Mellékletünk: A XXIV. Természet–Tudomány Diákpályázat cikkei (De-
ák Brigitta, Csehó Levente és Ruzsa Bence, Matkovits Anna, valamint
Härtlein Károly György írása). A XXV. jubileumi Természet–Tudo-
mány Diákpályázat pályázati felhívása

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:
HORVÁTH KRISZTINA

GÖRFÖL TAMÁS – KEMENESI GÁBOR – JAKAB FERENC

Denevérek és vírusjárványok

Az Afrikában zajló Ebola-járvány miatt a denevérek világszerte egyre több figyelmet kapnak. A denevérek rendje a rágsálók után a legnépesebb emlőscsoport, jelenleg mintegy 1300 fajuk ismeretes, de a trópusok biodiverzitásával kapcsolatos kutatómunkáknak köszönhetően fajsámuk évről évre nő. Korábban a kis- és nagydenevérek (Micro- és Macrochiroptera) alrendjére bontották szét a csoportot, azonban a 2000-es években intenzívebbé váló molekuláris genetikai vizsgálatoknak köszönhetően ez a kép alapvetően megváltozott. Néhány éve a régen önálló alrendet

gazdasági kártevők pusztításával az emberek számára is közvetlen hasznot hajtanak. A trópusi denevérek – csakúgy, mint más meleg égövi állat- és növénycsoportok – fajszáma igen nagy, ezért a rovarrevő fajok mellett találunk kisemlősökre és békákra vadászó, vagy kifejezetten halakra specializálódott fajokat, de redukált fogazatú nektáryalagató, vagy éppen gyümölcsrevő denevéreket is. Sok olyan trópusi denevér van, amelynek magterjesztő és beporzó tevékenysége fontos „ökoszisztéma-szolgáltatásokat” biztosít, így például az agavékat, vagy a duriánt is elsősorban a denevérek porozzák be.

denevérek elszaporodása, hála az óriási szarvasmarha-telepeknek, melyek táplálékforrást biztosítva, hatványozottan megnövelték a helyi denevérekolóniák méretét. Ennek egyik káros következményeként arányosan nőtt a veszettség vírusa általi megbetegedések száma szarvasmarhákban és emberekben egyaránt, hiszen a vírus egyik fő hordozói éppen az őshonos vérszopó-denevérek.

A denevérek számos víruscsoport természetes és ősi gazdaszervezetei, hosszú koevolúciós múlttal. Ennek köszönhetően a denevérekben található vírusok azonosításával olyan vírusok evolúciós gyökereit és forrását ismerhetjük meg, mint az influenza, a Hepatitis B-vírus, a különféle filovírusok (Ebola-, Marburg-), vagy az enterális (beleket érintő) megbetegedéseket okozó vírusok (calicivírusok, astrovírusok, rotavírusok). Az ilyen típusú felfedezések komoly alapot adnak a hatékony járványügyi lépések kidolgozásához és kivitelezéséhez.

Denevérekben előforduló fontosabb zoonótikus vírusok

Zoonózikusnak nevezzük mindazon fertőző betegségeket, amelyek gerinces állatról emberre képesek „átugrani”, átlépve ezzel a faji határokat. A terjedés módja lehet akár direkt kontaktus az állattal vagy mikroba tartalmú testváladékával (vizelet, széklet, nyál, vér), vagy lehet a fertőző kórokozó átvitele ízeltlábú- (általában vérszívó) vektor által. A zoonótikus fertőzések széles mikrobiológiai spektrumon mozognak, betegséget okozhatnak paraziták, baktériumok és igen gyakran különböző vírusok is. A következőkben néhány fontosabb vírust ismertetünk, melyek esetében a denevérek kulcsfontosságúak lehetnek a vírus terjesztésében.

Vesztségvírusok

A Rhabdoviridae családba tartozó *Lyssavirus* nemzetség tagjai okozzák az egyik legrégebben ismert virális betegséget, a veszettséget. A Lyssavírusok az Antarktiszot kivéve az összes kontinensen előfordulnak és egy kivételével mindegyik veszettségvírust kimutatták denevérekből. Az 1-es genotípusú veszettségvírus messze a legfontosabb humán- és állategészségügyi szempontból, a haszonállatok és emberi megbetegedések döntő többségét



Nagy denevérekolóniáknak otthont adó barlang, Ba Be, Vietnam (Csorba Gábor felvételei)

(a nagydenevéreket) alkotó repülőkuttyák mellé besoroltak több, kisebb termetű és velük ellentétben ultrahanggal navigáló másik denevércsaládot, így az Európában is előforduló patkósdenevéreket is.

A denevérek – az egyetlen repülőni képes emlőscsoport lévén – nagyon fontos szerepet játszanak az ökoszisztémák egyensúlyának fenntartásában. Az európai fajok jó része kizárólag ízeltlábúakkal táplálkozik, de vannak közöttük olyanok is, melyek esetenként kisebb halakat, vagy éppen a tavaszi és őszi vonulási időszakban énekmadarakat is zsákmányul ejtenek. Rovarfogyasztásuk igen jelentős és a mező-

Hasznosságuk ellenére a denevéreket számos antropogén tényező fenyegeti és a fajok közel negyede veszélyeztetett. A legnagyobb probléma az emberi népesség növekedésével együtt járó élőhelyvesztés, és mivel a legtöbb faj kolóniákban él, egy-egy kolónia szálláshelyének zavarása, elpusztítása regionális szinten is problémát okozhat. A trópusi területeken jelentős lehet a denevérek étkezési célú pusztítása is, mely elsősorban a nagyobb testű repülőkuttyákat érinti. Ugyanakkor az emberi tevékenység hosszú távon igen komoly gazdasági és egészségügyi következményekkel is járhat. Jó példa erre a Dél- és Közép-Amerikában honos vérszopó-



Esőerdő, Cuc Phong, Vietnam

ez a vírus okozza. Az éves megbetegedések közül kb. 55 000-et okoznak ragadozók (Carnivora), kb. 100 esetet vérszopó-denevérek és évi 1–4 eset származik más denevérfajok által történő fertőzés következtében. Látható, hogy a ragadozók (elsősorban a kutya, róka, macska) sokkal nagyobb arányban felelősek az emberi megbetegedésekért, mint a denevérek, de nem lebecsülendő a vérszopó-denevérek okozta humán esetszám, melyek ezen kívül érzékeny károkat okozhatnak a szarvasmarha-állományokban is.

Potenciálisan azonban minden denevérfaj fertőződhet a veszélyes vírusával, habár náluk nem minden esetben alakul ki a betegség. A denevérek közötti vírustranszfert csak ritkán sikerül megfigyelni, de valószínűleg fertőzött nyállal történik – a bőrt átszakító – harapás vagy nyalogatás útján.

Európában eddig két denevérek által terjesztett Lyssavírust tartottak számon (European Bat Lyssavírus 1 és 2), de az utóbbi években két újabbat is találtak Németországban és Spanyolországban. Messze a legelterjedtebb az EBLV-1, melyet sok denevérfajból kimutattak már, de a leggyakoribb hordozó a közönséges késeidenevér (*Eptesicus serotinus*). Az EBLV-2 már ritkább, elsősorban a vízi (*Myotis daubentonii*) és a tavi denevérek (*M. dasycneme*) között fordul elő. A két újonnan azonosított vírust horgasszórú (*M. nattereri*) és hosszúszárnyú denevérből (*Miniopterus schreibersii*) mutatták ki.

A denevérekben előforduló veszélyes vírus mind egyike potenciálisan képes embereket is megfertőzni. Ha a betegség kialakul, akkor kevés kivételtől eltekintve fatális, szinte 100%-os a halálozási arány. Európában a nagyon kis esetszám miatt nem szükséges előzetes intézkedéseket

foganatosítani a denevérek terjesztette veszélyesség megelőzésére, de más a helyzet Közép- és Dél-Amerikában, ahol a vérszopó-denevérek jelentős kockázati tényezőnek számítanak. A földön mozgó ragadozók vakcinázásához hasonló módszer nem jöhet számításba, de a védendő állomány előzetes vakcinázása megoldás lehet. Kevésbé kíméletes módszer a vér-alvadásgátló szerek vagy mérgek alkalmazása, melyet a megsebzett és általában

ismételten felkeresett szarvasmarha sebébe, vagy pedig a befogott vámpírdenevérek hátára kennek. A vér-alvadásgátlót vagy mérget ezután a denevérek egymás nyalogatásával társaiknak is átadják, mely az elhullásukat okozza. Drasztikusabb, sok szempontból igen aggályos, azonban hosszú távon még csak nem is célravezető módszer a kolóniákban élő denevérek közvetlen pusztítása. Sok esetben a helyi állattartók dinamittal robbantják be a denevérlakta barlangokat, ezzel több más denevérfaj egyedeinek tömeges pusztulását is okozva. Az így megüresedett élőhelyekre azonban más területekről visszatelepülnek a denevérek, esetenként még nagyobb arányban hordozva a vírust.

Hendra-vírus

A Hendra-vírus lovakban és embereknél okozhat halálos fertőzést, de eddig csak Ausztráliában okozott járványokat. Az első megbetegedéseket 1994-ben észlelték, ahol egy vemhes kanca pusztulá-



Denevérlakta barlang, Cuc Phong, Vietnam

sa után még további 12 ló hullott el. Az elsőként megbetegedett lóval foglalkozó tréner és egy állatgondozó is influenzaszerű

tüneteket mutatott egy héttel az állattal való érintkezés után. A tréner a kórházi kezelés ellenére légzőszervi megbetegedésben és vese-elégtelenségben elhunyt.

A rejtélyes járványt a Paramyxoviridae családba tartozó vírus okozta, melyet egy új nemzetségbe – a később felfedezett Nipah-vírussal együtt – a Henipa-vírusok közé soroltak. Nevét Brisbane azon kerületéről kapta, ahol az első járvány kitört. A vírus időről időre felbukkan, és kisebb járványokat okoz Ausztráliában, főleg Queensland és New South Wales térségében. Eddig mintegy 50 esetben észleltek Hendra-vírus által okozott megbetegedéseket, a lovak vakcinázását 2012-ben kezdték meg. A vírustörzés a lovaknál közel 75%-ban, az embereknél kb. 50%-ban halálos.

A járványok környezetében először a házson- és háziállatokat vizsgálták meg, elsősorban ezekről feltételezték, hogy a ví-



Rőt vérszopó-denevér (*Desmodus rotundus*)
(Zölei Anikó felvétele)

rus forrásai lehetnek. A kezdeti vizsgálatok azonban nem hoztak pozitív eredményt, ezért kiterjesztették őket a vadon élő állatokra is. Így kerültek a képbe a repülőkuttyák, melyekről hamar bebizonyosodott, hogy valószínűleg ők a járványok kiindulópontjai.

– Mínd a négy ausztrál repülőkutya-fajban találtak Hendravírus-ellenanyagokat, szerte Ausztráliában. Az ellenanyagokat még évtizedekkel korábban eltett mintákban is sikerült kimutatni.

– Néhány alkalommal izolálni tudták a vírust vadon élő repülőkuttyák vizeletéből, a vírust gyakran kimutatják molekuláris biológiai módszerekkel.

– A repülőkuttyák kísérletes fertőzése nem okoz megbetegedést, ez mutathatja a repülőkuttyák rezervoár szerepét, mivel tünetmentesen hordozzák és szaporítják a vírust.

A járványokkal érintett telepek mind egyikénél megtalálhatóak voltak olyan gyümölcsfák, melyek táplálékul szolgálnak a denevéreknek. A vírus a denevérek vizeletével vagy ürülékével szennyezett fűvel kerülhetett a lovak szervezetébe.



Közösleges késeidenevér (*Eptesicus serotinus*)

Nipah-vírus

A Nipah-vírus szintén a Paramyxoviridae család tagja, és elsősorban sertéseket és embereket betegít meg. Szintén az 1990-es években bukkant fel, először Malajziában, majd Bangladesben is észleltek nagyobb járványokat. Az 1998-1999-es malajziai járvány során több mint 100 ember halálát okozta, és több mint egymillió sertés kényszervégését rendelték el, hogy terjedését meg tudják állítani. Különböző sertésszállítmányokkal azonban a vírus Szingapúrba is eljutott. A Nipah a Hendrával ellentétben nagyon fertőzőképes, elsősorban légúti tüneteket produkálva betegítik meg egymást a sertések. Természetesen a terjedéshez a különböző sertésszállítmányok szállítása is hozzájárul. Nemcsak a sertésekből, hanem például cibetmacskák-ból (piacon árult vadhús), lovakból, kutyák-ból és macskákból is kimutatták a jelenlétét. Természetes gazdái azonban ez esetben is a denevérek, elsősorban a repülőkutya. A korábbi minták tanulmányozása bebizonyította, hogy a Nipah volt felelős 1996-tól kezdődően több sertésspusztulással járó járványért is, de mivel a tünetek hasonlítottak a japán agyhártyagyulladás-vírus által okozott megbetegedéshez, különösebben nem foglalkoztak vele. A vírus 2001 óta számos járványt okozott Bangladesben és India nyugati, a bangladesi határhoz közeli területein is. A bangladesi járványok különböznek a malajziai-tól abban, hogy a vírus emberről emberre is képes terjedni. A délkelet-ázsiai területeken jellemző kedvezőtlen higiéniai állapotok is hozzájárultak ahhoz, hogy a Hendrával ellentétben, a Nipah-vírusnak sokkal több emberi áldozata van, a halálozás 70% körüli, de ez egyes járványoknál a 90%-ot is eléri. Természetesen le kell szögeznünk, hogy ebben az esetben is az átgondolatlan emberi tevékenységnek köszönhető a számos emberi megbetegedés. A térség lakosai által évszázadok óta előállított (lecsapolt) nyers pálmamedűre egyre gyakrabban járnak táplálkozni a természetes élőhelyükről elűzött gyümölcssevő denevérek, melyek vizeletükkel és ürülékükkel szennyezik a terméket. Ennek köszönhetően szezoná-

lisnak mondható kisebb-nagyobb járványok formájában folyamatos problémát jelent a denevérek által terjesztett Nipah-vírus. Az így kialakult megbetegedések hamar lokális járvánnyá nőnek a helyi rossz egészségügyi viszonyoknak köszönhetően. Emberben elsősorban agyhártyagyulladásos tüneteket, valamint lázat, fejfájást, végtag- és izomfájdalmat, levertséget, és bizonyos esetekben a tünetek jelentkezését 48 órán belül követő kómát észlel-

tek. Szinte az összes humán fertőződés esetében bizonyítható volt közeli kontaktus sertésekkel.

Mivel a vírus közeli rokonságban áll a Hendra-vírussal, a rezervoár gazdá(ka)t a denevérek között is keresni kezdték. Sok denevér volt szeropozitív, köztük gyümölcssevők is. A fenti két Paramyxoviridae családba tartozó vírus valószínűleg már régóta kialakult, ősi vírusok, melyek adaptálódtak a denevérgazdához, ezért azokban tünetmentes fertőzést okoznak. Átugrásuk egy másik gazdába azonban olyan megbetegedéshez vezet, amely halálos lehet az új gazdára.

SARS és MERS coronavirusok

A denevérek jelentette veszély igazán a 2002-ben kitört SARS-járvány kapcsán került be a köztudatba, bár hazánkban nem hangsúlyozták ki a járványt okozó vírus eredetét. Az első SARS-eset Kína Guangdong tartományában történt, ahol november 16-án találták meg az első fertőzött embert. 2003. február 14-ére már 305 fertőzést és 5 halottat jelentettek. A járvány egy, a vírussal megfertőződött doktor utazásának „köszönhetően”, Hong Kongba is eljutott, ahol a hírhedt vált Hotel Metropole liftjéig lehet visszavezetni a járvány világméretű elterjedését. A hotel liftjében a világ számos országából érkezett emberek fertőzöttek meg valószínűleg egy tüsszentésnek köszönhetően, majd a vírust hazahurcolták Kanadától Európán át Ázsia különféle országaiba. A WHO csak március 12-én adott ki figyelmeztetést világméretű járvány lehetőségét vetítve előre. Március 14-én 14 szingapúri esetet regisztráltak, és március 24-én izolálták a járványért felelős SARS coronavirust egy beteg-

ből. Áprilisra már több ezer beteget jelentettek Kínában, ezért bezárták a közösségi tereket, színházakat, mozikat és kávézókat. Még az esküvőket is betiltották.

2002–2003 folyamán 5 kontinens 33 országában több mint 8000 fertőzést regisztráltak, melyek közül több mint 700 ember elhunyt. Ez is mutatja, hogy légi úton milyen gyorsan és hatékonyan terjed egy járvány.

Az emberi fertőzések kiindulópontjának felfedezésére nagy erőket mozgósítottak és meg is találták a vírust számos délkelet-ázsiai piacon, elsősorban cibetmacskákban, de mosómedvében és sertésborzban is. Az igazi áttörést azonban az jelentette, amikor elkezdtek denevéreket is vizsgálni. A denevérekben igen nagy arányban sikerült kimutatni a vírus ellenanyagait és a világjárványért felelős variáns evolúciós őst is. A denevérek nem mutatták betegség jeleit, így valószínűleg ők a vírus természetes gazdaszervezetei, melyek megfertőzheték az előbbieken említett cibetmacskákat, melyekben a zsúfolt és koszos piacokon kialakult egy emberről emberre is terjedni képes vírustörzs. Ebben az esetben is emberi tevékenységhez köthetjük a világjárvány kialakulását, hiszen létrehoztunk egy „mesterséges” környezetet, ahol a vírus több gazdaszervezeten és mutáción át juthatott el az emberig. Az azóta eltelt több mint tíz évben rendkívül sok különböző coronavirust találtak denevérekben szerte a világon, így Európában is. A coronavírusok többsége szoros gazdaspecificitást mutat, azaz egy-egy vírusnak egy-egy meghatározott gazdája vagy néhány, közeli rokonságban



Vírusmintázás, Mondolkiri, Kambodzsa

álló gazdája van, ez további bizonyítéka az igen nagy múltra tekintő együttélésnek denevér és vírusa közt.

Egy másik, 2012-ben Szaúd-Arábiában felbukkant coronavirus is nagy riadalmat okozott, főleg a Közel-Keleten. A MERS coronavirust 2014 júniusáig 22 országból

jelezték, köztük az USA-ból és az Egyesült Királyságból is. A vírus eredetét kereső kutatók a közeli rokonság miatt természetesen a denevéreket gyanúsították, melyeket számos fajában meg is találtak, azonban tevékből is sikerült kimutatni. Az emberi halálozásokat valószínűleg a tevékről átugrott vírus okozta, de az eredeti vírusgazdák a denevérek.

Filovírusok (Marburg- és Ebola-vírusok)
A Filovírusok, melyek közé az Ebola- és Marburg-vírusok tartoznak, komoly humán-egészségügyi kockázatot jelentenek, és több, magas halálozási aránnyal járó járvány köthető hozzájuk. A 2014-es év egyik vezető témája is az Afrikában tomboló Ebola-járvány volt, de a Marburg-vírus, mely az Ebolához hasonlóan vérzéses lázzal és szintén halállal járó betegséget okoz, már 1967-ben ismert volt a kutatók előtt. Az első Ebola-fertőzött beteget 1976-ban regisztrálták, de azóta újra és újra felbukkan a vírus Afrika elmaradottabb területein. A fertőzések száma általában „csak” néhány száz föig emelkedett és a járvány eltűnt, de ez alól a legutóbbi, 2014/2015-ös járvány kivétel, mert eddig több mint 23 500 ember fertőződött meg és közülük majdnem 10 000-en meg is haltak. Ez utóbbi járvány azért is kivételes, mert nem korlátozódik Afrikára, hanem Amerikába és Európába is behurcolták a vírust, igaz, ezeken a kontinenseken, hála a magasabb fokú higiénias körülményeknek, nem tudott tovább terjedni.

A közvetlen bizonyítékot a denevérek rezervoár szerepére csak mintegy negyven évvel az első esetek után találták meg. 2005-ben mutattak ki több denevérfajból is filovírus-ellenanyagokat. A további vizsgálatok aztán a korábbi eseteknél is találtak olyan körülményeket, melyek alapján feltételezték, hogy azoknak is denevérek voltak a kiindulópontjai. Az elsőként felfedezett Marburg-vírus egy németországi településről kapta a nevét, ahol először észleltek megbetegedéseket a kutatók között. A járvány kiindulópontját jelentő fertőzött kísérleti majmokat Ugandából, olyan denevérek által lakott területről hozták, ahol azóta több járvány is kitört. A második, 1975-ös járvány olyan emberektől indult ki, akik Zimbabwében denevérek lakta szálláshelyen aludtak, illetve denevérek által lakott barlangot is felkerestek. 1976-ban aztán kitört az első két Ebola-járvány a Kongói Demokratikus Köztársaságban (akkori nevén Za-

ire) és Dél-Szudánban. A szudáni eseteknél a fertőzött emberek olyan gyapotfeldolgozó üzemben dolgoztak, ami egyben denevérek szálláshelye is volt. Az 1980-as és 1987-es kenyai eseteknél mindkét megbetegedett ember röviddel a betegség kialakulása előtt meglátogatta a Kitum-barlangot, mely nagy denevérkolóniáknak ad otthont. 1994-ben csimpánzok fertőződtek meg Elefántcsontparton, akik olyan fügefafa alól szedték fel a termést, melyen denevérek telepedtek meg. A vírus a denevérek vizeletével vagy ürülékével szennyezett fűgékkel kerülhetett a majmok szervezetébe.



Gyümölcsevő denevér (*Rousettus amplexicaudatus*)

Miért pont a denevérek?

A denevérek ilyen nagymértékű rezervoárszerepe kiemelt figyelmet keltett az utóbbi évtizedben, ezért több elméletet is felvázoltak a kutatók ennek magyarázatára. Ahhoz, hogy a denevérek ne pusztuljanak bele a vírustartóba, hosszú koevolúciós folyamatok kellett lezajlaniuk. Az ilyen folyamatokat segíthette, hogy egymás megfertőzésének esélye a denevéreknél az egyik legnagyobb az állatvilágban. A legtöbb denevérfaj kisebb-nagyobb kolóniákban él, vannak ezek között néhány tíz, de akár több millió egyedet számláló csoportok is. Az együtt élő állatok nemcsak légi úton, hanem vizeletükkel, ürülékükkel is megfertőzhetik egymást. Bár a denevérek fajszáma igen magas, fiziológiai tulajdonságaikban nagyon sok hasonlóság van. A hosszú élettartam szintén egyedülálló a többi kistestű emlős között. A denevérek anyagcsereje aktív időszakokban (a legtöbb trópusi fajban ez egész évre érvényes) igen gyors, de a gyors anyagcserejű, kistestű állatokra jellemző rövid életkor helyett több évtizedig is élhetnek. Hogy ezt hogyan érik el, még folyamatban lévő kutatások témája, de a denevérek telomeráz enzimének aktivitásában vannak eltérések a többi emlőshöz képest. A torpor és a mérsékelt égövi denevérekre jellemző hibernáció során az im-

munrendszer védekező képessége alacsony. Hosszú időléptékkel szemlélve, az ebben az időszakban támadó vírusok hatására kiválogatódta azok az egyedek, amelyek túlélték a fertőzést és később a vírusok együtt evolúciódtak a gazdájukkal. A denevérek túlélését segíthette a koevolúció során a repülés képessége is, mert az ahhoz szükséges igen magas, 40 °C feletti hőmérsékletet csak kevés vírus tudja elviselni.

Magyarországi helyzet

Magyarországon még nem volt denevérek által terjesztett vírus okozta járvány. Abnormálisan viselkedő denevérekben több esetben mutattak ki veszettséget, de humán fertőzés szerencsére nem történt. Corona-vírusokat, adeno-, herpesz-, astro-, circo-, rota-, picorna- és calicivírusokat is sikerrel mutattak ki kutatók az utóbbi években, de egyelőre ezek egyikének sem ismert humánegészségügyi kockázata. A denevérek azonban velünk élnek, élőhelyeik eltűnése, föld alatti szálláshelyeik zavarása miatt nagy számban költöznek be településeinkre, sok esetben lakások redőnytokjába, ablakrésekbe, panelházak dilatációs hézagaiba. A bennük előforduló vírusok tanulmányozása járványtani szempontból azért is nagyon fontos, mert minél több információval rendelkezünk a vírusokról, annál könnyebben tudunk védekezni az esetleges gazdaváltások során kialakuló fertőzésekkel szemben. A kockázat valós, Európában is ismert emberi megbetegedés, melynek denevér eredete molekuláris biológiai módszerekkel bizonyított. Azonban a denevérek természetes ökológiai igényeit és az alapvető higiénés intézkedéseket betartva, a fertőzés kockázata igen alacsony és főként az állatokkal közvetlen kapcsolatban lévő kutatókat érintheti.

A denevérvírusokkal kapcsolatos kutatásainkat az OTKA K112440 számú pályázata támogatja.

Irodalom

Calisher et al. 2006. Bats: Important Reservoir Hosts of Emerging Viruses. Clin. Microbiol. Rev. 19(3): 531-545.
FAO 2011. Investigating the role of bats in emerging zoonoses: Balancing ecology, conservation and public health interests. pp. 179.
Halpin et al. 2007. Emerging Viruses: Coming in on a Wrinkled Wing and a Prayer. Clin. Infect. Dis. 44(5): 711-717.
Luis et al. 2013. A comparison of bats and rodents as reservoirs of zoonotic viruses: are bats special? Proc. R. Soc. B. 280: 20122753.
O’Shea et al. 2014. Bat Flight and Zoonotic Viruses. Emerg. Infect. Dis. 20(5): 741-745.

A matematikus is lehet sokszínű

Beszélgetés Katona Gyula akadémikussal,
a Bolyai János Matematikai Társulat elnökével

– A hely szelleme is sugallja az első kérdésemet. Most ugyanis az MTA Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézetben, a szobában beszélgetünk.

Tehát: ki az, akinek kandidátusi disszertációjáról korának neves matematikusa már akkor megírta az opponensi véleményét, amikor ő még tervbe sem vette annak megírását? Az opponenstől idézek: „A disszertáció igen értékes és színvonalas munka. Különösen azért üdvözljük örömmel e disszertációt, mert a keresésemélet információméleti felfogásának összefoglalására ez az első kísérlet. E disszertáció kiindulópontként szolgálhat egy ilyen tárgyú monográfiához, amelyre nagy szükség volna, mivel a szakirodalomban ilyen munka eddig nem jelent meg. A disszertáció igen sok önálló eredményt tartalmaz, ezek közül kiemelem a 2., 3., 5., 7. és 11. tételt. A disszertáció minden tekintetben megfelel a kandidátusi disszertációkkal szemben támasztott követelményeknek, stílusa tömör, de világos, hibát nem tartalmaz (néhány jelentéktelen sajtóhibától eltekintve), az eredmények mind elméleti, mind pedig gyakorlati szempontból figyelemreméltóak.

A disszertáció elfogadását a legmelegebben javaslom.”

Gyönyörű vélemény egy nem létező munkáról. Az opponens még a sajtóhibáidat is megjelölte...

– Rényi Alfréd-től idéztél, és a végén azt is elárultad, hogy a történet másik szereplője én vagyok. Kis lelki-furdalással mondom, a kandidátusimat végül nem ebből a témakörből írtam. Ebben az is közrejátszhatott, hogy közben Rényi Alfréd meghalt. Rényi a képzelt kandidátusi disszertációról írt opponensi ajánlólevelével az általa kezdeményezett kereséseméletben való munkálkodásra buzdított. A kereséseméletéről addig csupán egy cikket írtam, korábban is inkább kombinatorikával foglalkoztam. Viszont sikerült fenntartanom ezt a témát Magyarországon egy 4–5 fős szemináriumi csapattal.

– Rényi Alfréd-et közelebről is megismerhetted. Milyen ember és milyen matematikus volt?

– Amikor megkérdezik, ki volt a mesterem, három nevet említek: Erdős Pált, Rényi Alfréd-et és Turán Pált. Az ő hatásuk jelentő-



Az Erdős-Ko-Rado tétel „Könyvbeli” bizonyításának illusztrációja (Az indiai tanítvány, Abhishek tervei alapján Jablonkai Anna sütötte)

sen befolyásolt. Emberileg Rényi Alfréd állt legközelebb hozzám, idősebb barátnak, példaképnek tekintettem.

– Mit kedveltél benne?

– Rendkívül barátságos, őszinte ember volt. A kutató által végezhető minden tevékenységet tudatosan művelt: matematikát, tanítást, tudományszervezést. Ezért is lett a példaképem. Művelt volt, bámiről lehetett vele beszélgetni.

Egyszer együtt töltöttünk fél évet Amerikában. Ott például közösen zenéltünk. Ő zongorázott, én hegedültem. Amikor meglátogatt bennünket Szűsz Péter, a korábban kivándorolt matematikus, aki nagyon jól hegedült, akkor hármásban zenéltünk. Egészen addig, amíg az ott lakó diákok nem jöttek panaszkodni, hogy nem tudnak tőlünk készülni a vizsgájukra.

– Olyan is volt, ami nem tetszett Rényiiben?

– Lényeges dolgot nem mondhatok.

– És lényegtelen?

– Mindig mindenhol barátságosságának és az optimizmusának. Amikor valahová sietett és közben ismerőssel találkozott, akkor feltétlenül kezét rázott, pár szót váltott vele, elfeledkezve arról, hogy már késésben van. A határtalan optimizmusa elhitette vele: ráérek, még odaérek...

– Úgy tudom, az egész évfolyamotok nagyon szerette Rényit.

– Igen, a baráti viszony úgy kezdődött, hogy felesége, Rényi Kató volt az évfolyamfelelősünk. Olyant is megcsináltunk, hogy Katalin-napkor minden előzetes bejelentés nélkül elmentünk hozzájuk. Mindenki vitt egy rajzlapra rajzolt virágot. Mellesleg az összes virágot én rajzoltam.

– Ez jó! Tehát szerettél rajzolni.

– Szerettem, de nem tudtam.

– Jut eszembe, olvastam, hogy Rényiék szobájának a falára is rajzolgattatok.

– Igen, ez emlékezetes esemény volt. Rényiék kifestették a Benczúr utcai lakásukat, és előtte szóltak, hogy odamehetünk, a régi festésre azt rajzolhatunk, amit csak akarunk. Sajnálom, hogy a rajzainkat nem fényképeztük le. Én földgömböt rajzoltam lepkeszárnyakkal, ami után Rényi fut lepkehálóval. Hittem, hogy nagyon etaláltam ezzel Rényi habitusát. Vértesi Péter fájdalmasan a jövőbe látott: halálfejet rajzolt a falra, alatta keresztben a csontok helyett két füstölő cigareta volt.

– Rényi, tudjuk, lánccдохányos volt, ami korai halálát okozta.

Kutatóként, matematikusként mi volt az erőssége?

– Fantasztikusan nagy tudása, és nagy ereje a technikában, a közelítő számításokban. A technika, az eszközök birtoklása a matematikában is fontos tényező. A kétkezi munkás is, ha megfelelő szerszáma van, sokkal hatékonyabban tud dolgozni. Rényi hihetetlen bátor fantáziával és optimizmussal vágott neki olyan bizonyítás-utaknak, amikről mások nem hitték el, hogy célhoz vezethetnek. Persze, ez gyakran zsákutcába vitte, ugyanakkor váratlan eredményekhez is segítette. Kezdetben az alkalmazott matematikát művelte, később egyre inkább az elmélet irányába ment el. Azonban élete végéig megmaradt benne az alkalmazások iránti érdeklődés.

– Említetted, milyen jó szemináriumokat tartott. Előadásokat is hallgattál Rényinél?

– Igen. Nagyszerű egyetemi órákat tartott. Számomra azonban fontosabbak voltak a szemináriumai, amelyeken jó problémákat mondott, inspirálta, dicsérte hallgatóit.

– Milyen vizsgáztató volt?

– A vizsgák nála baráti hangulatban zajlottak. Többnyire adott feladatokat is, és igen magas követelményt támasztott a vizsgán. Nehezeket kérdezett, a feladatok is nagyon nehezek voltak. Magasra tette a mércét, teljesítőképességünk határait igyekezett feltérképezni. Ehhez képest enyhén osztlányozott.

Emlékszem, negyedéves korunkban az elmúlt két év anyagából összefoglaló vizsgát tettünk, nála szigorlatoztunk. Két jegyet kaptunk: elméletből és alkalmazott matematikából. Aznap tízen, a jobbak vizsgáztunk, a gyengébbek halasztottak. Rényi a végén eredményt hirdetett: „Nem mondom el külön a jegyeiket. Összesen 100-at kaptak, mindenki számolja ki a sajátját.”

– Tízen összesen 2×10 jegyet kaptatok...

Rényi Alfréd 1970-ben, 49 éves korában hunyt el. Ha most hirtelen megjelenne, mit mutatnál meg neki?

– Először is a Kutató bejáratánál a táblát. Olvassa el, mi lett az intézet neve: MTA Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet.

– Azt, gondolom, nem árulnád el, hogy ezt a névválasztást akkori igazgatóként Te harcoltad ki. A matematikáról mit mondanál?

– Napokig mondhattam, mi lett az általa kezdeményezett keresésméletből, a világban, meg itt nálunk. Meglepné, hogy bebizonyították a négy szintét.

– Valószínűleg nem tetszene neki, hogy ezt computer segítségével bizonyították.

– Nem tudom. Ő reálsan állna hozzá. Annak nagyon örülne, hogy helyreállt a békés matematikai élet, és Lovász László lett az Akadémia elnöke.

– Alelnöke pedig tanítványa, Szász Domokos. Tiszta matematikus uralom. Ilyen sem volt még! Rényi Alfrédban a matematika magas szintű ismeretterjesztőjét is tiszteljük. Folyóiratunkban is több emlékező cikke jelent meg.



Rényi Alfréd, Rényi Kató,
Katona Gyula Chapel Hill-ben
(Észak-Karolina, USA), 1969-ben

– Összegyűjtött írásai az *Ars mathematica* könyvében jelentek meg, és ma már klaszikus kötetei a *Dialogusok a matematikáról* és a *Levelek a valószínűségről* is. A *Napló az információelméletéről* könyvét én fejeztem be, hozzáírva a 6. fejezetet.

– Hogyan történt ez?

– Rényi már nem tudta befejezni ezt a könyvét, melyet egy füzetbe írogatott. Az abban talált jegyzeteit, de leginkább a saját gondolataimat használva írtam meg az utolsó fejezetet. Segített, hogy jól ismertem Rényit, az információelméletéről vallott nézeteit, gondolkodását.

– Beszéljünk akkor most rólad. Katona Gyula a közösségért dogozni képes feladatvállaló matematikus. Tíz évig (1996 és 2006 között) az MTA Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet igazgatója voltál, ma a Bolyai János Matematikai Társulat elnöke vagy (előtte 1990 és 1996 között főútkára). Mi készíted arra, hogy elvállald a kutatómunkától sok időt elrabló feladatokat?

– Nehéz kérdés, mert ha ezt az időt is a kutatásra fordítom, akkor mennyiségileg biztosan több cikket teszek le az asztalra. Minőségileg nem biztos, hogy jobbakat. Úgy éreztem, haladniuk kell a közös dolgainknak, és az ebből fakadó feladatokat képes vagyok megoldani. Ráadásul ezt a munkát kevésbé utálom, mint sokan mások. Akkor pedig muszáj elvállalnom. A matematikusok közül viszonylag kevesen hajlandók erre. Azért vagyunk néhányan. Lovász Laci például ilyen. Ő is elvállalt sok mindent az idők folyamán.

Nem tagadom, a hiúság is közrejátszott a feladatvállalásomban, hogy felelős pozícióban képviselhetem a magyar matematikát. Mondjuk, ehhez kevesebb vállalás is elég lett volna.

Gyakorlatilag 1990 óta van valamilyen komolyabb feladatköröm.

– A jól elvégzett feladat pedig vonzza a többit, amit a közösségért eredményesen ügyködő ember vállára rakosgatnak.

– Ez így van.

– Miben gyökeredzik ez a csapatépítő, közösségi mentalitásod?

– Ez már gyerekkorom óta bennem van. Amikor 12 éves voltam, a környékbeli gyerekekből csapatot alapítottunk, zászlónk is volt, tulipánnal a közepén. Bennem mindig megvolt a késztetés arra, hogy összefogjak emberekkel, és együtt csináljunk valamit. Úttörő és KISZ-es is voltam, egyszer rajtanácselnök, de többnyire csak őrsvezető.

– Amikor a kutatóintézetben igazgató letél, nem nyomasztott a tudat, hogy tanítómeszter, Rényi Alfréd örökébe lépsz?

– Inkább inspirált. Büszkeségre adott okot, hogy azt folytathatom, amit ő elkezdett, a székeben ülhettem. Közvetlen elődeim Hajnal András és Szász Domokos voltak.

– Jellemeznéd azt a kutatóintézetet, amelynek tíz évig a vezetője voltál?

– A világon mienk talán a legismertebb matematikai kutatóintézet. Azt, hogy Réáltanoda utca 13-15., már kívülről tudja a matematikustársadalom. Itt fantasztikus eredmények születtek, melyekhez az alapokat a hatvanas-hetvenes években tették le. Intézetünkben született meg a véletlen gráfok teóriája, Erdős és Rényi jóvoltából. A világ akkor még nem figyelt erre, ma már tudjuk, óriási a jelentőségük. Itt született meg 1975-ben Szemerédi Endre regularitási lemmájának a gondolata, amelyért 2012-ben Abel-díjat kapott. Ugyancsak 1975-ben bizonyította be Baranyai Zsolt a hipergráfok felbontására vonatkozó nevezetes tételét.

– Aminek előzménye egy tőled kapott probléma volt.

– Zsolt az ELTE-n dolgozott, amikor egy keresésméleti problémát adtam neki. Ő azt általánosabban oldotta meg, és ebbe már belefért egy 120 éves sejtés igazolása.

Az intézetünkben folyó munka minőségét jelzi az is, hogy egyetlen hazai kutatóintézetben sincs annyi európai Grant-nyertes, mint nálunk. Pintz János pedig 2013-ban az Amerikai Matematikai Társaság Cole-díját kapta, az analitikus számelméletben elért kiemelkedő eredményéért.

– Mécs Anna a *Természet Világa* múlt év novemberi számában „Miről árulkodnak a számok?” címmel arról írt, hogy a Matematikusok Nemzetközi Kongresszusán, Szöulban nyolc magyar matematikus volt meghívott előadó. Közülük azonban egyedül Pintz János dolgozik idehaza, Pach János az ideje felében, a többiek külföldi egyetemeken, kutatóhelyeken érnek el sikereket. Ennyire jobb odakint? Ennyire mások ott a lehetőségei egy matematikusnak?

– Megjegyzem, volt még egy „magyar” meghívott előadó Szóulban: a vietnami származású Vu Ha Van, aki az ELTE-n tanult, nálam írta a szakdolgozatát, majd a Yale Egyetemen Lovász László vezetésével a doktoriját. A kutatási lehetőségek idehaza is megvannak. Kombinatorikában például messze nálunk legerősebb a mezőny, legjobb a légkör. Sehol a világon nincs még olyan hely, ahol annyi kiváló kombinatorikus lenne, mint nálunk. Na, de a pénz is számít. Az anyagi, az életlehetőségek jobbakk ott, ahol az említettek közül hat magyar matematikus dolgozik. Azt hiszem, ez a döntő.

– *Lovász László ennek ellenére hazajött Amerikából.*

– Viszonylag ritka, hogy valaki ennyire elkötelezett.

– *Neked is számtalanszor nyílt volna lehetőség arra, hogy kinn maradj. Most mégis a Redltanoda utcában beszélgetek veled.*

– Azt hiszem, elsősorban elvi okok hívtak haza. Lehet, hogy nagy szavak, de én a magyar matematikát szeretném szolgálni, erősíteni. Természetesen az ember az itthoni családjára, a barátaira is gondol a döntésekor. Mert felnőtt korában már egyetlen nyelvet sem tud elsajátítani anyanyelvi szinten, úgy, hogy a tréfás megjegyzéseket, szövicceket is megértse. Amerikában több helyen összességében öt évet töltöttem. Ott nemigen lett barátom. Akikkel barátkoztam, azok általában kivándorolt orosz matematikusok voltak.

– *Idehaza is nyugodtan dolgozhattál, megtalálták a feladatokat...*

– Így van, idősebb koromra elértem, hogy anyagilag is rendben vagyok. Van lakásom, kocsim, luxusra pedig nem vágyom. Ehhez azért az is kellett, hogy akadémikus legyek. Anélkül...

– *Amikor intézetvezető lettél, milyen célok, elvek vezettek?*

– Láttam, milyen fontos szerepe van a matematika mai világában az algebrai geometriának, amihez nem értek. Mégis azon voltam, hogy létrehozzunk egy ilyen kutatócsoportot az intézetünkben. Ez a csoport ma már sikereket ér el. Amíg igazgató voltam, egyetlen egy kombinatorikust sem vettünk fel. Igaz, nem is volt kiemelkedő jelöltünk. Saját tanítványaimat sem erőltettem. Erre büszke vagyok. Igaz, azóta már erőszakoskodom értük. Vezetésem alatt sokat javultak az intézet technikai feltételei, jelentős fejlesztések történtek. Az Akadémia segítségével beépítettük a padlásteret, ezzel kibővült a kutatói életterünk. Kiepült az új beléptető rendszerünk, ma már kártyával éjjel-nappal bejöhettek a kutatóink, használhatják a könyvtárunkat. A szervezésben elévülhetetlen érdemei voltak Miklós Dezső igazgatóhelyettesnek, korábbi tanítványomnak, aki különben nagyon okos matematikus is. Jó párost alkottunk együtt. Működött a fantáziám, ötleteim voltak, hogyan

fejlődjön az intézetünk, utánajártam a pénznek, ő pedig mindent precíz, szépen megszervezett.

– *Vezetőként voltak nehéz időszakaid?*

– Amikor átvettem az intézet igazgatását, még egy évig a Társulat, a BJMT főtítkára is voltam. Abban az évben, 1996-ban mi rendeztük a 2. Európai Matematikai Kongresszust, a szervezőbizottság elnöke voltam. Egy évben három komoly feladatot kellett megoldanom. Abban az időben nem írtam cikket.

– *A Bolyai János Matematikai Társulat elnökeként milyen feladatok hárulnak rád?*

– Érdekes kérdés, tudniillik a Társulatban hagyományosan mindent a főtítkár csinál, az elnök pedig ülést vezet, díjakat ad át, reprezentál. Én azonban nem bírom ki, hogy ne kezdeményezzek. Tehát magam is részt veszek az aktuális szervezőmunkákban. Most például a közös osztrák-magyar konferenciát szervezzük Recski András főtítkárral, ez év augusztusában lesz, Győrben.

– *A Társulatnak folyóiratai is vannak.*

– Társulatunk egyik fontos feladata, hogy a matematikai tehetségek kiválasztásában



Erdős Pál és Turán Pál (Varsó, 1958)

kulcsszerepet játszó *Középiskolai Matematikai és Fizikai Lapok* fennntartása, kiadásának feltételeit előteremtse. Ezen kívül vannak még más periodikáink: a *Combinatorica*, a *Periodica Mathematica Hungarica* és a *Matematikai Lapok*, ami azért is fontos kiadvány, mert lennie kell magyar nyelvű matematikai irodalomnak.

– *Mekkora összeg kell a KöMaL fenntartásához?*

– Legalább évi 20 millió forint támogatást kell összeszednünk ehhez. Viszonylag drága a folyóirat, mert itt a feladatkitűzők komoly munkája mellett javító seregek dolgoznak. A KöMaL-nak ezernél több megoldója van, rengeteg feladatmegoldást kell jól elbírálni, ami roppant felelősségteljes munka.

– *A Bolyai János Matematikai Társulatnak erős pillére a matematikatanárokat összefogó szakosztály.*

– Ők vannak többségben. Jóval több a tanár tagunk, mint a kutató matematikus. Szeretném elérni, hogy a tanárok és a kutatók jobban együtműködjenek.

– *Milyennek látod a matematikatanárok helyzetét?*

– A tanáraink helyzete olyan, amilyen. Nem mondom, a tanári életpálya modell, a fizetésemelés némiképp javított a helyzetükön. Ugyanakkor csökkent a matematikaórák száma, amit nagyon rossznak tartok.

– *A bolognai rendszer sem kedvezett a természettudományos tanárszakoknak.*

– Nagyon sokat ártott a tanárképzésnek. Az egyetem első éveiben a szakmát, a tudást kell jól megalapozni, nem pedig belegyőmszólni az első három évbe minden, kevésbé fontos tárgyat. Nem tudom, a bolognai rendszer bevezetésének hosszú távon milyen következményei lesznek. Eddig még elég sok jó matematikatanár került ki az egyetemeinkről, és több jó matematikusunk is választotta a kutatópálya helyett az elitgimnáziumokban való oktatást. Fizikában és kémiában azonban egészen tragikus a tanárok utánpótlásának helyzete.

– *Szerinted szükség van kiemelt státusú középiskolákra, ahol például a matematikában különös tehetséget mutató diákok tanulhatnak?*

– Feltétlenül.

– *Sokan azt mondják, ez antidemokratikus.*

– Nehéz dolog ez a demokrácia. Vannak országok, amelyek kiemelkedően jól szerepeltek a PISA felmérésében. Ez a nemzetközi tanulói teljesítménymérés három területen vizsgálja a tizenöt éves tanulók képességét: alkalmazott matematikai, természettudományi műveltség és szövegértés. Finnországra az a jellemző, hogy az átlagot magasra füllozzák, a diákok műveltségintjei között kicsi a szórás. Minden tanuló demokratikusan megkap egy jó magas színvonalat, de nálunk nincs olyan tehetségképző, mint nálunk a Fazekas. Most pedig ők érdeklődnek, hogyan kell a kiemelkedő tehetségeket gondozni, mert az náluk hiányzik. A legjobb persze az, amikor a magas átlag elérése mellett a kiemelkedő tehetségekre odafigyelve az ó továbbképzésük lehetőségét is megteremtjük. Annak idején a Fásori Evangélikus Gimnáziumban később világhíressé vált diákok jártak egy osztályba. Micsoda nagy baj lett volna, ha nincs Fásori Gimnázium!

– *A matematikai társulat elnökeként az elmúlt években sorra búcsúztattad el a nagy matematikatanár nemzedék több tagját: Reiman Istvánt, Pálmai Lórántot, Urbán Jánost... Surányi László nyugdíjba vonult... Van-e, lesz-e hozzájuk hasonló, értékes, megszállott fiatal tanárgáránk?*

– Lesz! Lesznek! Vannak is! Kapásból Dobos Sándor vagy Hujter Bálint nevét említhetem. Egyébként mindig minden folytatódik. A jó dolgok is. Igaz, van, ami tönkremegy, például a magyar labdarúgás. Remélem, a matematika nem követi.

– *Látom, örökölted tanítómestered, Rényi Alfréd optimizmusát.*

– Igen, betegesen optimista vagyok.

– *Nemrég Kínában töltöttél több hetet. Mi dolgod volt arrafelé?*

– Meghívtak. Összesen négy helyen hat előadást tartottam. Voltam Jinhua-ban is, a kínaiak diszkrét matematikai kutatóközpontjában. Tagja vagyok a tanácsadó testületüknek.

– *Úgy tudom, szeretsz utazni.*

– Nagyon. S ha valahová hívnak, például Kínába, hogy vállaljak el egy funkciót, akkor megyek. Ilyenkor előjön az optimizmusom: „Jaj, de érdekes! De meg tudom ezt csinálni? Igen!” És utazom.

– *A számos szótárad között kínai is van?*

– Ennél jobb a helyzet. Az utóbbi másfél évben naponta tanulom egy kicsit a kínai nyelvet. Egyszerű dolgokat bármilyen helyzetben megkérdezek. Az értés attól függ, melyik városban vagyok. Pekingben megértik, amit mondok, de Sanghajban kevésbé, mert ott más nyelvjárást beszélnek.

– *Hány nyelven beszélsz?*

– Az anyanyelvemen kívül komolyan tudok oroszul, lengyelül, németül, angolul, de bolgáruul, csehül és olaszul csak alacsony színvonalon beszélgetek. Amikor valahová elutazom, akkor a nyelvükből 2-3 hetet készülok. Több mint 30 nyelvet tanulgattam, és több mint száz nyelvnek a szótára van meg odahaza.

– *Kellően ámulok és tisztellek ezért. Soha nem fordult meg a fejedben, hogy nyelvész légy?*

– Nem, mert bár összességében sok nyelvet ismerek, de tudásomból hiányzik az elmélet, nincs benne rendszer. De nagyon szeretem az idegen nyelveket. Még az egyetemen történt, Turán professzorral szemináriumi időpontot egyeztetünk. Mondtam, a javasolt időpont nekem nem jó, mert akkor lengyelórárn van. Mondott másikat. Az sem jó, szabadkoztam, mert akkor meg németórárn van. Turán megmérgekedett: „Kollega Úr, döntse el végre, hogy matematikus akar lenni, vagy nyelvész!”

– *Eldöntöted. A matematikát, közelebbről a kombinatorikát választottad. A Mindentudás Egyetemén pedig évekkal ezelőtt ilyen címmel tartottál előadást: „Hogyan lett magyar tudomány a kombinatorika?” Hogyan? Mitől vagyunk erősek a kombinatorikában?*

– Nagyon sok jó kombinatorikusunk van. A mi tehetséges diákjaink a feladatmegoldásban erősek. A matematikaversenyek is azt a fajta gondolkozást erősítik, ami a kombinatorikához kell. Szemben például Franciaországgal, ahol a matematikusoknak inkább az

elméletépítő tudásuk erős. A kombinatorikus megélhet úgy is, ha nem tud sok elméletet, ugyanakkor nagyon okos. Persze, változik a világ: Lovász László szintjén már sokat is kell tudni a kombinatorikához.

A kombinatorikát még játékos matematikának tartották, amikor Erdős és Turán a háború előtt elkezdte komolyabban művelni. Jellemző, hogy Erdős Pál legtöbbet idézett eredményét, az Erdős-Ko-Radó-tételt 1938-ban bizonyították, és 1961-ig nem is publikálták, mert úgy gondolták, a kutyát sem érdekli. Azután a számítógépek átfórták az életünket, s kiderült, hogy a számítástudományak sokkal inkább erre van szüksége, nem a folytonos matematikára. Addig az analízist tekintették komoly tudománynak, hiszen a fizikában azt használták.

– *Beszéljünk most a matematikában elért eredményeidről.*

– Elsősorban az extrémális halmazelmélet témakörében elért eredményeimet tartja számon a szakma. Kirándulásokat tettem az alkalmazások világába is. A kriptológiai kutatásokba bekapcsolódva született is egy komoly matematikai cikkem, társszerzőkkel. Az adatbázisok elméletében Demetrovics Jánossal és tanítványaimmal érdekes elméleti úton indultunk el, ennek az irányzatnak azonban nincs igazi gyakorlati használata.

– *Fő eredményedet, híres tételédet idézem. Igazíts ki, ha nem pontosan. „A hatvanas évek közepén észrevette, hogy adott számú, k elemű halmazban levő k-1 elemű részhalmazok száma akkor minimális, ha a halmazokat minél kisebb halmaz részhalmazaiként választjuk.”*

– Ez így jó.

– *Kérlek, mondj erről néhány humánus mondatot.*

– Harmadéves koromban Erdős egyik problémáján gondolkodtam. Kénytelen vagyok ezt matematikusan elmondani. Tehát a kérdés: az n elemű halmazból maximum hányat lehet kivenni úgy, hogy bármely kettő metszete legalább r legyen. Ha $n+r$ páros, akkor jól látható, hogy az összes $(n+r)/2$ -es és annál nagyobb halmaz jó lesz, hiszen akkor két $(n+r)/2$ -es halmaz összmérete $n+r$. Két $(n+r)/2$ méretű halmaz n elemen pedig csak úgy fér el, ha legalább r közös elemük van. Hasonlóképpen vizsgálható a páratlan elemű eset.

Amikor Erdős sejtését beláttam, akkor a bizonyításom gondolatmenetében felvetődött olyan típusú kérdés, hogy a k elemű halmazokban mennyi $k-1$ elemű halmaz van, azzal a feltétellel, hogy bármely két halmaz metszi egymást valahány elemben. Amikor ezen töprengtem, rájöttem, hogy be kell vezetnem a halmazrendszer „ármýéka” fogalmát. Tehát: a k elemű álló halmazrendszer ármýéka a benne levő $k-1$ elemű halmazok rendszere. Ilyen feltételezés mellett „ármýékproblémává” alakult a megoldásom. S akkor gondolkozni

kezdtem, mi van, ha ezt nem teszem fel. Fontos kérdésnek érzetem, és jól tettem, mert sikerült a megoldást visszavezetnem egy binomiális együtthatókra vonatkozó egyenlőtlenségre. Hogy biztosra menjek, számítógépen lefuttattam egy programot, azt keresve, hogy a gép talál-e ellenpéldát.

– *Mikor volt ez?*

– 1963-ban. Valószínűleg hazánkban én voltam az első, aki matematikai kísérletet végzett számítógéppel. Nyolc órán keresztül, egész éjszaka futott a program, a számítógép nem talált ellenpéldát. Akkor nekiálltam, és rendszeresen bebizonyítottam az általam már idézett tételt. A tihanyi konferencián, 1966-ban adtam elő a bizonyításomat, ezt tekintem a születésnapjának. A cikkem, *A theorem of finite sets* csak két évvel később jelent meg a *Theory of Graphs* kiadványban. A szakma Katona-tételleként kezdte idézni az eredményemet, amikor valaki észrevette, hogy a cseh származású amerikai matematikus, Joseph B. Kruskal már előbb megoldotta, csak rossz helyen publikálta az eredményét. Ő zárkózott, bár kellemes ember, sehová nem utazott, nem adta elő a bizonyítását, ráadásul olyan kötetben jelentette meg, amely nem erről szólt. A szakma aztán úgy döntött, hogy a tételt kettőnkéről nevezik el.

– *A bizonyításod sokkal...*

– ...rövidebb, mint az övé.

– *Elegánsabbat akartam mondani.*

– De még mindig nem nagyon elegáns. Azóta többen igyekeznek megtalálni az igazán szép megoldást. A tételünknek azóta 10–15 újabb megoldása jelent meg.

– *Ami jó hír, mert ezek újabb és újabb hivatkozásokat hoznak a konyhára.*

– Valóban, a cikkeim közül erre van a legtöbb hivatkozás.

– *1966-ban 25 éves voltál. Újabb megerősítését adtad annak a tételnek, hogy a matematikusok fiatalon érik el a legfontosabb eredményeiket. Miért?*

– Nem hiszem, hogy ennek biológiai okai lennének. Egy idő után nyilvánvalóan van némi hanyatlás, de úgy érzem, a matematikai erőm ma sem lényegesen gyengébb, mint huszonéves koromban. Inkább az ambícióknak gyengül. Amikor megoldottam az Erdős-kérdést, az addig ismeretlen diákból matematikus lettem. Amikor a Kruskal–Katona-tételt kitaláltam, ezzel egy jó tételt alkottam. Ha ma publikálnék ugyanilyen súlyú eredményt, a világ rólam alkotott képe nem változna. Tehát sokkal fontosabb, ösztönzőbb volt a huszonévesen elért eredményem. Megnyugtat, hogy még ma is képes vagyok új utakra lelni. A halmazrendszerek témaköréhez kapcsolódóan kitaláltam egy problémakört. Az első, 2005-ben megjelent cikkem óta nagyon sok publikáció született ennek nyomán.

– *A tisztán matematikai eredményeidnek gyakorlati alkalmazásai is lettek.*

– Közvetlen alkalmazás az ún. megbízhatósági modellben volt: egy valószínűségi kifejezéssel leírható lett a távvezetékek megbízhatósága. Egy képletre lehetett visszavezetni az optimalizálási feladatot.

– *Angol nyelvű publikációidban a neved így szerepel Gyula O.H. Katona. Az elejét és a végét értem, de mit takar az OH?*

– Kedves téma, előlről kezdem. A mi évfolyamunk nagyon összetartó, baráti társaság volt. Az összetartozásunk jelzésére mindenféle csacsiságot kitaláltunk. Pepita, szemellenzős, Sherlock Holmes-egyensapkát készítünk, abban masírozunk az egyetemre, a menzára...

Amikor az egyetemet befejeztük, ballagást szerveztünk, „vendégművészként” Bódy Bence megszerezte az Operaház szamarát, azzal mentünk körbe az előadótermeinkben, az ELTE-n.

– *Miért az Operaházból kellett szamarat kérnetek?*

– Mert csak az tudott fölmenni a lépcsőn. Megtanították rá.

– *Jó ég, mikre kell gondolni egy feladat megoldásakor!*

– Az egyetem végeztével sem akartunk elszakadni egymástól, ezért alakítottunk egy „titkos szervezetet”, amit elneveztünk Optimális Halmaznak. Havonta találkoztunk valamelyikünk lakásán, ahol matematikai előadás után beszélgetésbe, partiba ment át az összejövetel. Elhatároztuk, hogy a nevünkbe is be vesszük az OH-t. Olyan nagy fejelem nem volt, ezért csak négyen kezdtük el a nevünkhöz odatenni az OH-t: Nemetz Tibor, Szász Doma, Vértesi Péter és én. A többiek idővel abbahagyták. Részben kinőttek a hülyeskedésből, részben volt, aki nehezményezte ezt...

– *Miért? Elmondod?*

– Jó, majd dönts el, beveszed-e az interjúba. Amikor az ember beadja a nagydoktoriját, az Akadémia Matematikai Tudományok Osztályán egy bizottság megállapítja az illető alkalmasságát. Elsősorban a tudományos tevékenység súlyát mérlegelik. Amikor 1968-ban az osztályülésen a doktorim szóba került, akkor Szőkefalvi-Nagy Béla akadémikus hozzászólt, mondván, lehet, hogy ez nem lényeges, de szeretné felhívni a figyelmet arra, nem szereti, hogy Katona viccet csinál a tudományos publikációból. Beírja a nevébe ezt az OH-t. Erre Hajnal András akadémikus védelmébe vett, mondván, nem kell ezt olyan komolyan venni, Katona szereti a vicceket. Fejes Tóth Laci bácsi pedig, úgy érezvén, hogy most már áttérték Katona személyes tulajdonságaira, jelentkezett, és azt mondta: az semmi, a Katona tud erőkezenállni is!



Az O. H. emblémája

– *Nem mondd!*

– De igen, számára ez volt a leginkább tekintélyt parancsoló cselekedetem.

– *Nem véletlenül, hiszen ő még hetvenéves korában is minden nap tornázott. Büszke volt rá, hogy korábban a nyújtón az óriásforgást előre és hátra is meg tudta csinálni.*

– Az évfolyamtársaim egy-két publikáció után elhagyták az OH-t, én azonban folytattam. Egyrészt, mert makacs vagyok, másrészt mindig is irigyeltem az orosz és az amerikai matematikusokat, mert a nevükben volt egy plusz betű. A portugáloknak több is. A legfőbb



Az OH egy része emlékezik a régmúltról. Balról: Katona Gyula, Virág Ildikó, Turcsányi Piroska, (Szász felesége) Maros Istvánné, Vértesi Péter, Szász Domokos, Háy Bori (Vértesi felesége) (Maros Istvánék lakásában, 2010 körül)

okom mégiscsak az lett, hogy Gyula fiam öt éves korától biztosra vettem, ő is matematikus lesz. Tudtam, idővel szükség lesz rá, hogy megkülönböztessük egymást.

– *Jó volt a meglátásod. Nagyobbik fiad matematikus lett, publikációiban ő a Gyula Y. Katona. Úgy látom, több mindezt örökölt az édesapjától.*

– Kiválóan énekel. Tanult énekes. Minden félév végén, az utolsó órán énekel a diákjainak.

– *Fiaidat tudatosan matematikusnak nevelted?*

– Igen, tudatosan tanítottam őket a matematikára. Mindenkinek tanácsolom, aki tehetséget vél felfedezni a gyermekében, anynyi matematikát tanítson neki, amennyit csak képes befogadni. Utána pedig hagyja rá, hogy milyen foglalkozást választ.

– *A matematikai gondolkodás bárhol hasznára lehet az életben.*

– Bárhol. Ott van például a matematikus szakon végzett Esterházy Péter. Látszólag egészen mást csinál, de a gondolkodásában, a műveiben, a nyelvezetében tükröződik a matematikai műveltsége, a matematikai alapképzettsége.

Bevált az alapelvem. Mindkét fiam elvégezte a matematikus szakot, a nagyobbik matematikus lett, a kisebbik, Zsolt azután keresett magának más foglalkozást. Fellépésre, exhibicionizmusra nem neveltem őket. Valahogy mégis átvették. A kisebbik fiam szakmája mellett profi versenytáncos, Gyuzsi pedig énekel és zsonglörködik. Érdekes, hogy azt is eltanulták, amit nem akartam.

– *Te amatőr színész is voltál. Hogyan jutott ez eszedbe?*

– Egész életemben voltak olyan dolgok, amiket szerettem volna megtenni, de nem mertem. Ilyen volt a színészet is. Olvastam egy hirdetést, hogy a budapesti Lengyel Kultúra Háza amatőr színészeket keres. Úgy gondoltam, Budapesten kevés lengyelül tudó van, aki erre jelentkezik, így elmentem oda. Kiderült, ennek az amatőr színháznak az a feladata, hogy lengyel darabokat magyarul adjon elő a hazai közönségnek. Csupa huszoneves fiú és lány jelentkezett, akik úgy gondolták, innen indulnak a hírnév felé. Egyedül én voltam negyvenéves.

– *Bizonyos szerepekhez nélkülözhetetlen kor.*

– Igen. Kellettem. Négy év után kiderült, hogy bár képes vagyok rá, de nincs igazán tehetségem a színészethez. Abbahagytam.

– *Bámulatot keltő, hogy ilyen sok területen kipróbáltad magad. Tényleg tudtál kézen állni?*

– Igen, de ma már nem megy. Egyszer reumas fájdalom volt a vállamban, akkor nem gyakoroltam, közben fölszedtem 5–6 kilót, és az sokat számított.

– *Zsonglörködtél is.*

– Nem komolyan. Öt labdát a levegőben tartani gyakorlatilag csak a hivatásosak tudnak. Ez nekem is ment, de láthatóan erőlködve. Frankl Petivel nyilvános fellépésünk is volt.

– *Jól emlékszem Frankl Péter akadémiai*

székfoglaló előadására. Te küldted a meghívót, ilyen üzenettel: „Nagyon meg lennék lepődve, ha a székfoglaló előadáson nem történne valami meglepő esemény.” Történt is, mert Frankl Péter a matematikai levezetései közben színes buzogányokkal zsonglörködött. Ilyen sem volt még az Akadémián! Tőled kapott kedvet erre?

– Nem. Ron Grahamtól, aki egy időben az amerikai zsonglörözvetség elnöke is volt. Graham kiváló matematikus, 2001 óta a Magyar Tudományos Akadémia tiszteleti tagja.

– A zenei örökséged honnan van?

– A családban voltak zenei hagyományok. Nagypám nagyon jó amatőr hegedűs volt. Nagyném, a nevelőanyám, ügyesen zongorázott. Természetes volt, hogy zenét kell tanulnom. Jó hallásom volt, hegedűre vettek fel a zeneiskolába. Nem szívesen gyakoroltam, de a zenét nagyon szerettem. Fontos része az életemnek. Természetesen a két fiam is tanult zenélni. Családunkban minden évben hangverseny volt a gyerekekkel. Zsolti fiam igazi zenei tehetség. Már kilencéves korában írt egy kis dalt, melyet felütéssel kezdett, egy csonka ütemmel! **Döbbenet volt. Egy apróság** hogyan jut eszébe ilyen?

– Erdős Pál vélekedett úgy, hogy Istennek van egy Könyve, amelyben a matematikai tételek tökéletes és szép bizonyításai vannak. Egyes kiválasztottak belenézhetnek. Martin Aigner és Günter M. Ziegler összeállított egy gyűjteményt: *Bizonyítások a könyvből.* (A Typotex kiadó magyarul is megjelentette.) A szerzők szerint Katona Gyula is beletekinthetett a könyvbe, mert egy bizonyításodat bevették a gyűjteményükbe.

– Az a már említett Erdős Pál, Ko Csoo és Richard Rado tételének egy bizonyítása. Tudod, az a tétel, amikor az n elemű halmazból akarunk k elemű halmazokat kivenni úgy, hogy bármelyik kettőnek legyen metszete. Megoldásomat megtalálhatod a könyvben. A szép megoldáshoz vezető ötlet az elemek körberendezése volt. A bizonyításom elfér egy oldalon.

– A matematikus mit nevez szép bizonyításnak?

– A meglepőt, a váratlant. Mint a szójátékban, amikor a más értelmű szavak váratlanul összekapcsolódnak. Amikor a jó gondolat lerövidíti a megoldáshoz vezető utat. Olyan ez, mint egy jó átvágás az erdőben, ahelyett, hogy a szerpentinén közelítenénk a célhoz.

– A számítógépek mennyire formálják a matematika jövőjét?

– Sokban alakítják, de alapvetően nem változtatják meg. Segítik a matematikus munkáját, de a fontos tételek bizonyításához többnyire továbbra sem kell számítógép. Persze, egy új matematikai terület jött létre, az elmé-

leti számítástudomány, aminek feladata a számítások, az algoritmusok kutatása.

– A publikációs szokásokat nagyon megváltoztatja a számítógép.

– Igen. Ma az ember rögtön TEX-ben a gépbe írja a cikkét. Két ember dolgozhat úgy is, hogy több ezer kilométerre van egymástól, és naponta cserélnek információkat.



A Katona család 1981-ben

– És nem kell egy évig várni, hogy megjelenjen az eredményed, a cikked.

– De, az ugyanannyi időbe telik, sőt, egy jó folyóiratnál még többbe.

– Azonnal föltehető az internetre az eredményed.

– Ami azonban nem számít publikációnak, igaz, már mindenki tudja, hogy ott van.

– A legvégén kérdezlek a kezdetekről. Milyen családba születél, kik voltak a szüleid?

– Édesapám, akinek a teljes nevét örököltem, gépészmérnök volt, ipari



Hetedik általános iskolás (1954)

főfelügyelő a minisztériumban. Édesanyám Fónay Márta évfolyamtársa volt a Színiakadémián. Édesapám választás elé állította: színésznő lesz, vagy az ő felesége.

Édesanyám akkor férjhez ment hozzá. Budán, a Gábor Áron utcában laktunk. 1945. január 6-án a közeli Kútvölgyi Kórházba akartak vinni, mert skarlatom volt. Fényes nappal babakocsiban toltak, de elkövettek egy hibát, mert a villamostól, a domboldalon, egy gyalogösvényen vittek föl, s akkor részeg szovjet katonák agyonlőtték őket.

– Ez iszonyú! Mindkettőjüket?

– Igen, igen. És akkor...

– Erre, persze, Te nem emlékezhetsz.

– De, nagyon is emlékszem. Mert sokszor el kellett mondanom. Lehet, hogy így valamit változtak az emlékeim, de nem hiszem.

– Veled akkor mi lett?

– Kihalt volt a környék, valakik a közelben fát vágtak, kiabáltak, de a négyéves gyerek hangját nem hallották meg. Egy cseléd lány azonban észrevett, odajött, és magával vitt. Először az árva gyerekek otthonába akartak betenni, ott voltam néhány óráig, de az már betelt, így végül hazavittek a háziakhoz, akiknek már volt két gyerekük. Velük voltam márciusig, amikor sikerült értesíteniük a nagyszüleimet és a keresztmamámat, akik Pesten laktak.

– Honnan tudtak a nagyszüleidről?

– A bajban megnyilvánult a lélekjelenlét: amikor meghaltak a szüleim, megfogtam édesanyám retiküljét és apukám táskáját. Azzal együtt vittek el. Megtudták, hol lakunk, ki vagyok.

Anyai nagyszüleim márciusban, amikor már lehetett, értem jöttek. Nagy nehezen sikerült elintézni, hogy a nagymamám lehessen a gyámom. Nem volt egyszerű kiharcolni, mert már elmúlt 60 éves. Nagypám egy év múlva meghalt, így nagyanyámmal és nagynénémel, a keresztanyámmal alkotunk egy családot. Keresztanyám lett a szertő mamám, mellette a nagymama, egy igazi kemény, férfias asszony. Borzasztóan szegények voltunk. Az alapaxióma mégis az volt, hogy nekem tanulnom, továbbtanulnom kell. Szerintem ez a legfontosabb egy családban.

– Milyen iskolában szedegtetted össze a matematikai alapokat?

– A háború utáni változó viszonyok miatt öt különböző általános iskolába sikerült járnom. A Pedagógiai Főiskola Gyakorló Általános Iskolája volt az ötödik, az Irányi és a Molnár utca sarkán.

– Matematikából milyen impulzusokat kaptál ott?

– Akkor még nem voltak ilyen jól megszervezte matematikai tanulmányi versenyek. A nyolcadikosoknak azonban már volt versenye, oda a tanárunk engem küldött. Olyasmit mondott, hogy itt hárman egyfor-

mán jók vagytok, de nekem te vagy a legszimpatikusabb. Nem volt gyakorlatom a versenyzésben, szerintem minden feladatot megoldottam, mégis más nyerte a versenyt. Kozák Gyula, akiből neves szociológus lett.

Nekem az általános iskola elvégzése után az a rögeszmém támadt, hogy nem gimnáziumba, hanem technikumba jelentkezem, hogy szakmám legyen. A legnevesebbet választottam, a Kandó Kálmán Híradás- és Műszeripari Technikumot, a Tavaszmező utcában. Viszonylag jó mérnök tanáraink voltak, megtanultuk a mérnöki gondolkodást, a műhelyben szakmunkákat, de az általános műveltségből keveset kaptunk. Sok mindent azóta sem tudok, például a görög mitológiát. A matematikatanítás pedig kétségbeesítően rossz volt.

– *Mi tartotta életemben akkor a matematikai érdeklődésedet?*

– A KöMaL. Ezt hangsúlyozd majd, légy szíves, az interjúban!

– *Meglesz. Hogyan jutott kezedbe a KöMaL?*

– Legjobb barátom, Makay Zoltán az Eötvös Gimnáziumba járt, tőle tudtam meg, hogy van ilyen lap. A második évtől már én is oldottam a KöMaL feladatait. A gimnazistáknál kevesebb időm jutott erre, mert volt olyan nap, amikor 8 órás műhelygyakorlaton vettünk részt, mellette hegedülni és lengyelül is tanultam.

– *Sportoltál is.*

– Minden évben mást: egy évig futottam, a következő évben tornáztam, majd pingpongoztam.

– *Kivel beszélhetted meg a feladatmegoldásaidat?*

– Ilyen lehetőségem nem volt. Az Arany Dániel matematikaverseny döntőjét márciusban tartották. Kevés gyakorlással az 5-9. helyezést lettem, úgy nevezték, hogy első dicséretet kaptam. Makai Miska barátomtól, aki ma Kanadában él és Akadémiánk külső tagja, megtudtam, van ilyen, hogy matematikus foglalkozás. Elhatároztam, ha jövőre megnyerem az Országos Középiskolai Tanulmányi Versenyt matematikából, akkor nem mérnöknek megyek, hanem matematikus leszek.

– *Az OKTV-n azután harmadikosként megosztott első díjat nyertél, így felvételi nélkül mehettél egyetemre. Hová jelentkezted?*

– Az Eötvös Loránd Tudományegyetemre, természetesen. Akkor még csak tanárszak volt matematikából, a harmadiktól lehetett a matematikus szakot választani. Harmadikosként nyertem az OKTV-n, negyedikben rosszul szerepeltem. Felvetődött, igaz-e, hogy nem kell felvételiznem. A Dékáni Hivatalban bizonyos Pataki néni azután úgy döntött, így nem érvényes az első helyezésem, felvételiznem

kell. Tehát felvételiztem. Az írásbelin azt mondták, négy jó feladat az ötös. Ott megenyedtem magamnak, hogy az egyik feladatot tréfásan oldjam meg. Egy szinuszos és koszinuszos kifejezéshez azt írták, alakítsuk szorzattá. Máig megüt a guta, ha ilyeneket kérdeznek. Először oda akartam írni, hogy amit fölírtak, az már szorzat. Aztán mégsem tettem. Triviális volt a megoldás, láttam, amire gondoltak, de a koszekáns felhasználásával alakítottam szorzattá a kifejezést, ami inkább vicc volt, mint megoldás.

A szóbelin T. Sós Vera felvételiztetett. Megdöbbentem, hogy egy matematikus ilyen is lehet...

– *...ilyen szép és vonzó.*

– Ahogyan mondom.

– *Az egyetemen rajta kívül kik hatottak rád?*

– Évfolyamtársaimmal, Szász Domával és Tusnády Gáborral már az első évben szövetkeztünk, felderítettük, milyen szemináriumokra érdemes járunk. Turán Pálhoz már az első évtől jártunk. Azután Prékopa András, Hajnal András, Péter Rózsa, harmadévtől pedig Rényi Alfréd szemináriumait választottuk.

– *Turán Pál milyen szemináriumot tartott?*

– Általános matematikait. Volt abban kombinatorika és analízis is. Az Erdős Pali bácsitól hallott problémákat, a megoldásaimat ott mondtam el.

– *Erdős Pált hogyan ismerted meg?*

– Pali bácsi számon tartotta a fiatalokat, ahogyan ő nevezte, az epszilonokat. A második szomszédunkban lakott Popper



Hetvenedik születésnapjára nemzetközi konferenciát szerveztek (Magyar Tudományos Akadémia, 2011)

Irma néni, akit annak idején elvittek a gettóba. Később rendszeresen eljött hozzánk látogatóba, mert emlékezett arra, hogy a nagymama milyen rendes volt vele. Kiderült, hogy az unokaöccse matematikus. Ő volt Erdős Pali bácsi, akinek később bemutatott. Attól kezdve kaptam cikkeket és problémákat Pali bácsitól.

– *Harmadévtől pedig jelentkezted a matematikus szakra.*

– Egy bizottság döntötte el ezt, és későbbi

feleségemmel, aki évfolyamtársam volt, átkerültünk a matematikus szakra. A tavalyi év nevezetes volt számunkra. Akkor volt az 50 éves házassági évfordulónk, 1964-ben végeztünk, és ekkor jelent meg nyomtatásban az első cikkem, egy három évvel korábbi eredményemről. Azután 50 éve, 1964 óta dolgozom.

– *Nem a Matematikai Kutatóintézetben kezdted.*

– Ennek érdekes a története. A technikum igazgatóm ugyanis elintézte, hogy az egyetemi éveim alatt a Távközlési Kutatóintézetből (TÁKI) társadalmi ösztöndíjat kaphak. Ezért a végzésem után három évig náluk kellett dolgoznom. Csakhogy az egyetemi első félév után levelet kaptam az ELTE TTK Dékáni Hivatala akkori vezetőjétől, Deáknétől, hogy nem érvényes a matematikus ösztöndíjam, mert tanárszakra járok. Nem voltam ijedős, bementem a dékánhoz, aki akkor a vegyész Lengyel Sándor volt. Elmondtam neki, hogy árva gyerek vagyok, ha nem kapom az ösztöndíjat, abba kell hagynom a tanulmányaimat. A dékán meghallgatott, egy szót sem szólt, felállt és átment a másik szobába, Deáknéhoz. Amikor visszajött, azt mondta: „Rendben van, marad az ösztöndíja.” Az egyetem után két évig dolgoztam a TÁKI-ban. Nem voltak haszontalan évek. Például mérnököket kellett tanítanom igazi valószínűség-számításra. A Császár-jegyzetekből megtanultam a mértékelméletet, hagytak dolgozni. Két év után Rényi Alfréd megkérte Csibi Sándor főosztályvezetőt, hogy engedjen el. 1966 óta vagyok itt az intézetben.

– *Soha nem untad meg ezt a munkahelyed?*

– Nem, nem, dehogyan. Csodálatos hely.

– *Úgy látom, elégedett ember vagy. Kihoztad magadból, amit lehetett?*

– Részben, hiszen elég sokat tettem itt is, ott is. Számítok a tudományban, elismerik a szervezési munkámat. Büszke vagyok a családomra, gyermekeimre, tanítványaimra.

Ugyanakkor nem vagyok biztos, hogy mindent így kellett volna csinálnom. Az amatőr színészkedés, a sok nyelvtanulás, a zsonglőrködés, az igazgatás, a Bolyai-elnökség..., ezek mind sok időt elvittek a matematikától. Elképzelhető, ha csak a matematikára koncentrálok, több és jobb eredményeim lennének.

– *Meg az is, hogy ezek nélkül belebogarásodtál volna, és nem lennél ilyen színes egyéniség.*

– Valószínűleg, nem tudhatom. Egyszóval nem vagyok biztos abban, hogy mint matematikus, elégedett lehetek. Az életemmel vagyok elégedett.

Az interjút készítette: STAAR GYULA

HARANGI SZABOLCS

A Tambora kitörésének 200. évfordulója

Egy vulkánkitörés, ami megrendítette a világot

*A hangja hangosan visszhangzik
Hamuval kevert esőzuhatag hullik alá
Gyermekek és anyák sikoltanak, sírnak
Úgy hiszik, a világ hamuvá változik*

*Azt mondják, hogy ezt a Mindenható
Isten haragja okozta*

*A Tambora Királyság cselekedete
Egy kiváló zárándok meggyilkolása,
vérének kiontása
Meggondolatlanul és elhamarkodottan*

(Idézet a Syar Kerajaan Bima 1830 körül írt verséből; Bernice de Jong Boers nyomán)

Idén van a történelmi idők legnagyobb ismert vulkánkitörésének a 200. évfordulója. A Tambora 1815. április 5-i, majd április 10-i kettős kitörése megrengette a világot. Ehhez a vulkáni működéshez kapcsolódik a legnagyobb számú halálos áldozat (több mint 70 ezer), de ha figyelembe vesszük, hogy a következő években milyen súlyos közvetett következményei voltak, akkor nincs kizárva, hogy a kitörés miatt több mint 1 millió ember halt meg. Tudjuk, hogy a történelmi időkben voltak hasonló nagy vulkáni kitörések és vélhetően azok is megrázták a világot. Nincs kétség afelől, hogy a jövőben is lesz ilyen esemény – a kérdés csak az, hogy mikor.

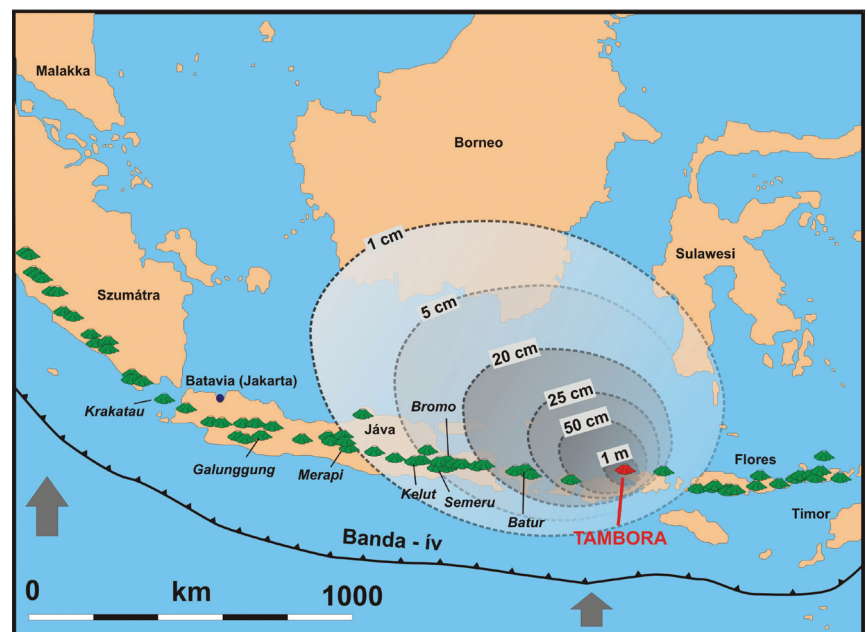
A kitörés

A Tambora tüzehányó az indonéz szigetvilág keleti felén található, a Flores-tengerrel körülvev Sumbawa szigetén, a Sanggar félszigeten. Egykor 4300 méter tengerszint feletti magasságba emelkedett és ezzel jó irányjelző volt a közeli tengeren hajózók számára. Abban az időben úgy gondolták, hogy inaktív vulkán. A közeli Lombok szigetén található a Rinjani kaldera, ami akkor szintén csendes volt és csak jó 600 éves szunnyadás után, az 1840-es években kezdett el újra működni. Előtte, vélhetően, itt zajlott a történelmi idők egy másik

hatalmas kitörése, 1257-ben. Az a kitörés legalább akkora lehetett, mint a Tamboré 1815-ben és az is több mint ezer éves szünet után következett be! Két hatalmas vulkán, két időzített bomba, ami jó 600 év különbséggel „robbant fel”. Indonéziára nem ok nélkül kell odafigyelnünk!

A Tambora kitörése előtt jelentős politikai változások voltak az indonéz szigetvilágban. Jáva a hosszú holland fennhatóság után brit kézbe került és Stamford

ban ekkor már rajtra készen állt, a mélyben több száz éve készült erre a pillanatra. A vulkán alatti magmakamra valószínűleg már az előző jelentősebb kitörés, azaz 4000 év óta duzzadt a földkéregben, újabb magmacsomagok érkeztek a földköpenyből és növelték a magmatározó térfogatát. Vélhetően ennek is voltak jelei, de akkor ezt még nem fogták műszerek. A Tambora nem szokványos vulkán az indonéz tüzehányódsungelben (a szigetvilágban közel



A Tambora elhelyezkedése és a Sigurdsson és Carey által rekonstruált, az 1815. áprilisi kitörést követő hamuhullás által érintett terület, a lerakódott üledék vastagságával (centiméterben)

Rafflest neveztek ki kormányzóknak. A helyzet ettől még nem normalizálódott, sőt továbbra is puszkaporos volt a hangulat. 1812-ben mindeközben megmozdult a tüzehányó, földrengések követték egymást, sőt kisebb-nagyobb kürtötisztító kitörések is zajlottak. A vulkán azonban távol volt, a feléledés nem okozott nagy megrökönyödést. A magma azon-

130 aktív vulkán található). Míg a többiek egy jól követhető ív mentén helyezkednek el és kialakulásuk az Indo-Ausztrál-közetlemezzel északi irányú alábukásához kapcsolódik, a Tambora jó 40 kilométerre mögöttük található és a vulkánt tápláló magma is eltérő. Korábban többnyire bazaltos magma tört a felszínre, ami egy jól megteremtett pajzsvulkánt hozott létre.



A Taboro hatalmas, égbe nyíló szája, a vulkánkitörést követően visszamaradt kaldera (Katie Preece felvétele)

1815. április 5. szerdai napja is úgy kezdődött, mint a szokásosak. Már lement a nap, beesteledett, amikor hatalmas hangrobaj hallatszott. Raffles a jávai Batáviában (a mai Jakarta) a következőket jegyezte le: „Úgy tűnt, mintha távoli ágyúdörrenések volnának. Jogjaktárból egy katonai csapatot küldtek ki, hogy ellenőrizzék vajon nem felkelők indultak hadba, Sulawesi tengerparti kikötőjéből pedig a Benares hadihajó indult el, hogy a vélelmezett kalózhajók ellen felvegye a küzdelmet.” A robbanások hangerejét jelzi, hogy Batávia 1200 km-re volt a tűzhányótól, ami valamivel több, mint a Budapest és Brüsszel közti távolság! Másnap reggel azonban a hamueső nem hagyott kétséget afelől, hogy valahol egy tűzhányó tört ki.

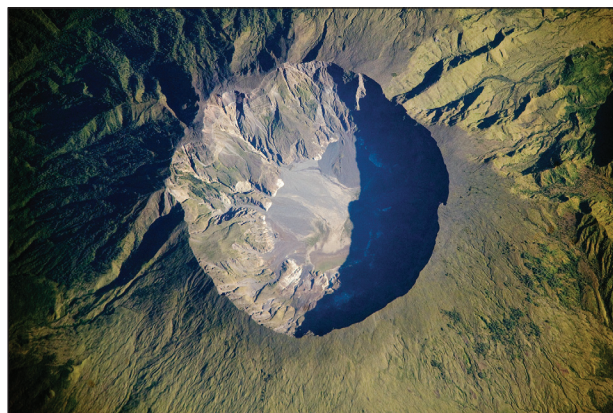
A Taboro első kitörése során 25 km magasra emelkedett a hamufelhő, másodpercenként 100 ezer tonna vulkáni anyag robbant a felszínre. A kitörés csupán 2 órán keresztül tartott, aztán minden újra elcsendesedett. A közelben élők a következő napokban igyekeztek eltakarítani a hamut házaikról, földjükről. Április 10-én, este 7 óra tájban már végeztek is, amikor öt napszünet után újra eldőrent a tűzhányó. A 3 órán tartó kitörés még az előzőnél is intenzívebb volt, a kitörési felhő több mint 40 km magasba emelkedett! Az eseményekről Owen Philipps tábornok számolt be, akit Raffles küldött a helyszínre nagy adag rizszállítmánnyal az első kitörés után. Philipps szemtanúkkal beszélve küldte meg jelentéseit. Sikerült találkoznia Sanggar fejedelmével is, aki csodával határos módon élt túl a vulkánkitörést. Ő így emlékezett vissza az április 5-i eseményekre: „Rövid idő alatt a teljes Tomboro hegy mintha tűzben állott volna, lángnyelvek csaptak fel belőle, nem csökkenő dühvel tombolt. Hamarosán kőzetdarabok kezdtek hullni, némelyikük két ököl nagyságú, többnyire azonban dió méretűek voltak. Ezt sűrű vulkáni hamuhullás követte, majd egy heves forgószél kerekedett, ami levitte a házak tetejét, számos falat ledöntött. Ha-

almas fákat tépett ki gyökerestül és sodorta el emberekkel és állatokkal együtt.” A forgószél valójában egy mindent elsöpítő hatalmas piroklaszt-ár volt. A vulkáni kőzetekkel telített kitörési felhő hirtelen összeomlott és a vulkán lejtőin mindent elsodró, forró gázokkal telített törmelékár zúdult le. Több falu nyomtalanul eltűnt. A kataklizma 3–4 napig tartott, miközben 40 köbkilométer magma, több mint 150 köbkilométer vulkáni anyag jutott a felszínre. A piroklaszt-árakból további gomolygó hamufelhő emelkedett fel, a környékre 4 napon keresztül éjjeli sötétség űlt. A hamueső csak hullott és hullott, mindent betakart, a megmaradt házak födémjei beszakadtak. Sokan ekkor leltek halálukat. A kitörés alatt ugyanis heves eső is hullott és az emberek a házaikba húzódtak. Nem gondolták, hogy a tető rövidesen rájuk szakad, hasonlóan, ahogy ez Pompejiben is történt 79-ben a Vezúv kitörése során. A hamutakaró befedte a termőföldeket, nem volt élelem, az életben maradtak mozdulni sem tudtak. Ahogy a piroklaszt-ár anyaga bezúdult a tengerbe, szökőár indult el és söpört végig a partvidéken, még több mint 1000 km távolságban is! A vulkáni hamu több napon keresztül esett és 500 ezer négyzetkilométer területet fedett be. A korábban 4000 méter fölül magasodó hegy alaposan megcsonkult. Mai magassága 2850 méter és tetején egy 7 kilométer széles és 1,2 kilométer mély kaldera található. Ennek térfogata majdnem kiadja a felszínre jutó magma mennyiségét, ami megerősíti, hogy a kiürülő magmakamra teteje szakadt be.

Helyi következmények

Sumbawán 1815 előtt hat királyság volt, ebből három foglalta el a Sanggar-félszigetet: Taboro, Pekat és Sanggar. A magasba nyúló vulkán lejtőit sűrű erdő borította, lábánál gazdagon termő talaj volt. Az emberek itt telepedtek meg és élvezték a környezet gazdagságát. A fellettük magasodó hegyet misztikus történetek öveztek. Maga a név is ezt sejteti: ta és mbora – jöjj és tűnj el. A Taboro megmászsása ezért mindig rituális szertartás szerint zajlott. Nem meglepő tehát, hogy a kitörését is istenek haragjának, büntetésének tartották, a lehetséges okokról számos történet maradt fenn.

A kitörés teljesen megváltoztatta a környéket. Az egykor erdővel fedett területet mindenhol szürke vulkáni hamu fedte. A környező tengeren hatalmas kiterjedésű horzsaköszönvények úsztak, amelyekben üszkös, szenesedett fadarabok is voltak. Amikor a félszigetet megközelítő hajók legénysége partra szállt, a települések elhagyatottak voltak, a házak lerombolva, többüket teljesen betérítette a hamu. A szökőár csónakokat vonszolt a sziget belsejébe, rengeteg tetem hevert szerteszét. A szennyezett víz, a rossz higiéniai körülmények miatt a túlélők között járványok szedtek további áldozatokat. Az első részletes vulkanológiai felmérést végző Haraldur Sigurdsson és Steven Carey becslése szerint 100 millió



A Taboro felülnézetben. A kitörést követően több mint 1000 méterrel alacsonyodott a hegy és tetején egy széles mélyedés, úgynevezett kaldera alakult ki (NASA, Earth Observatory)

tonna klór (mint HCl) és 70 millió tonna fluor (mint HF) került a légkörbe a kitörés során. A HF könnyen megkötődik a vulkáni hamuszemcsékre, majd kerül be innen a talajba, a vizekbe, illetve a növényekbe. Mindez a legelő állatok és emberek szervezetébe jutva halálos dózist jelent, minden bizonnyal sokan haltak meg a fluorózis következtében.

Philipps igyekezett megbecsülni az áldozatok számát. „A Tombora közeli egyik faluban negyvenen laktak, csupán egy maradt életben. Pekáté településen egy ház nem maradt épen. A vulkán közelében a kitörés idejében 12 ezer ember lakhatott, közülük csak néhány élte túl a kitörést. A növényzet, a termés teljesen elpusztult...” 1855-ben Heinrich Zollinger svájci botanikus szembesült a pusztítás következményeivel. Sumbawa szigetén becslése szerint 10 ezer ember esett áldozatul a kitörésnek, őket a piroklaszt-ár sodorta el. Több mint 1 méter vulkáni hamu lepett el mindent, de a szomszédos Lombokon is 60 cm, Balin pedig 30 cm vastag volt a hamuüledék. A hamu terméketlenné tette a rizsföldeket, elszennyezte a vizeket. Elhulltak az állatok és éhínség terjedt el, aminek közel 60 ezren estek áldozatul (Sumbawán közel 40 ezren, 20 ezren pedig a közeli szigeteken) és tízezrek menekültek el. Jáva keleti részén a menekülteket nem fogadták barátságosan és összetűzések alakultak ki. E területen is súlyos volt a helyzet, hiszen itt is 10–20 cm vastag hamuréteg halmozódott fel. A néhány napos teljes sötétség után a Nap fénye alig szűrődött át a vulkáni gázokkal telített légkörön.

Később a bevándorlók ismét a termékeny talaj vonzásában találtak letelepedési helyet, és a félszigetre lassan visszatért az élet. Ahogy zajlottak az építkezések, olykor festett kerámiák és érmék kerültek elő. Sigurdsson 2004-ben tért vissza a helyszínre, ekkor a cél már e leletek feltárása volt. A munka a dzsungelben folyt. A kutatók először radarteknikával mérték fel a terepet és jelölték ki az ásás helyét. Rövidesen egy teljes házat találtak 3 méter vastag vulkáni üledék alatt. Habár teljesen elszenesedett, viszonylag épen megmaradt. A házon belül festett kínai porcelán, rézedények kerültek elő, ami arra utal, hogy jómódú kereskedő emberek élhettek itt. Végül emberi tetemetek is találtak, többségük fekvő helyzetben volt. Előkerült olyan tetem is, amelyik törmelékhalom alatt volt, keze a fejét védte. A települést vélhetően a forgószélnek leírt, mindent elsodró piroklaszt-ár pusztította el, majd fedte be vastagon. Mindez a keleti Pompeji, Tambora elpusztult királysága, ahogy Sigurdsson elnevezte. A feltárt házak, eszközök arra utalnak, hogy egy jól prosperáló, egyedi kultúrájú kereskedő nép élt a félszigeten. Ők voltak a kelet-indiai térség kereskedői; állatokat, mézet, vörös festéket, tömjént, gyógyanyagokat szállítottak és adtak el. A feltárt tárgyakon lévő díszítések arra utalnak, hogy a Mon-Khmer nyelvcsop-

orthoz tartozó népek éltek itt. Az 1800-as évek elején mind a holland, mind a brit utazókat meglepte, hogy Sumbawa szigetén az indonéz nyelvjárástól eltérően beszélő, fejlett kultúrájú emberek találtak. A Tambora 1815. áprilisi kitörése teljesen eltüntette e népet. A vulkáni hamuüledék alól előkerült emlékekről az azóta is folyó ásások alapján tudunk meg egyre többet.



Az ásások során feltárultak „Tambora elveszett királyságának” maradványai: akárcsak Pompejiben, itt is épen megmaradt házfalak, az utolsó pillanat testtartásában lévő emberek tetemei és sok eszköz került elő (Indyo Pratomo)

Globális következmények

A Tambora kitörése az egész északi féltekét megrázta. Európa ekkor éppen a napóleoni háború megpróbáltatásait igyekezett kiheverni. Emberek tízezrei vándoroltak ki Észak-Amerikába egy jobb élet reményében. A reményt azonban hamarosan a sohasem tapasztalt megbolondult időjárás apasztotta le. 1816-at a „nyár nélküli év”-ként tartják számon, amikor a nyári átlaghőmérséklet több fokkal volt alacsonyabb a szokásosnál, az évi középhőmérséklet pedig 0,4-0,7 fokkal volt kisebb az átlagosnál. Sok helyen még nyáron is havazott és fagy vitte el a termést. Ködös, nyirkos idő, eső, a nyári nap helyett csupán derengő napfény szűrődik át a felhőkön – kísérteties minden, ilyen volt 1816. nyara a Genfi-tó partján. Lord Byron, Percy Shelley, a kor ünnepezt költői, valamint Shelley felesége, Mary a rossz időre való tekintettel a négy fal között ragadva, német kísértethistóriákkal mulattatták az időt, majd Byron javaslatára versenyre keltek, ki írja a legfélelmetesebb rémtörténetet. Meglepetésre Shelley felesége nyert Frankenstein történetének megformálásával. Az ekkori időjárási körülményeket hűen tükrözik Byron 1816 júliusában írt apokaliptikus versének („Sötétség”) kiemelt sorai is:

„Álmod láttam, s nem álom volt csupán.
Kihűnyt a fényes nap, s a csillagok
Az örök térben vaksin tébolyogtak...
Reggel jött, ment, jött –
s nem hozott napot...”

(Tótfalusi István fordítása)

Észak-Amerikában a jobb élet reményében megindult a nyugati területek felfedezése, Európa pedig még évekig szenvedett az éhínségtől. Az állatállomány is megsínylette a terméskiesést. A kereskedelem összedőlni látszott, mert nem voltak erős igavonó állatok, nem volt erő a lovakban. A német Karl Drais 1817 júniusában mutatta be új találmányát a velocipédet, a lábbal hajtható kétkerekű járgányt, a bicikli előfutárát. Talán még a bicajt is egy vulkánkitörésnek köszönhetjük?

Lesz-e még?

Sorolhatnánk még tovább az embert próbáló, vagy éppen a művészetekre ható következményeket, az

1816-ban Indiából kiinduló kolerajárványtól kezdve Turner és Friedrich festészetében megfigyelhető stílusjegyekig. Mindennek hátterében pedig alapvetően egy távoli vulkánkitörés állt. A Tambora kitörése során 60 millió tonna kén-dioxid került a levegőbe, ennek nagy része pedig a sztratoszférába, ahol kénsav aeroszol felhőt képezett. Ez az aeroszol felhő éveken keresztül visszaverte a napsugarakat, ezzel csökkentve a felszíni hőmérsékletet. Európában különösen az extrém időjárási események, hatalmas jégesők, hófúvások, hosszú esőzések okoztak olyan körülményeket, amikhez nem volt könnyű alkalmazkodni, főleg egy amúgy is nehézségekkel küzdő társadalomban. De vajon hogyan reagálva erre egy modern, technológiailag fejlett társadalom? Vajon előre jelezhető lenne egy ekkora kitörés napjainkban? A hosszú ideje alvó tűzhányókban vajon ott van rejtve a pokoli időzített bomba? A kitörés 200. évfordulójára rendezett berni konferencia számos aspektusát tárta fel az akkori eseményeknek, amire alapozva már jobban látjuk az okokat és következményeket. Egy hasonló kitörés előrejelzése a vulkanológia egyik nagy kihívása lesz a jövőben. A társadalomnak pedig fel kell készülnie ilyen eseményre is, legalább ismeret szinten, mert ehhez hasonló a jövőben is lesz, egyes számítások szerint ebben az évszázadban kb. 25–30%-os eséllyel, ami azért nem kevés. ■

BÉLAFINÉ BAKÓ KATALIN

A génebézészet születése

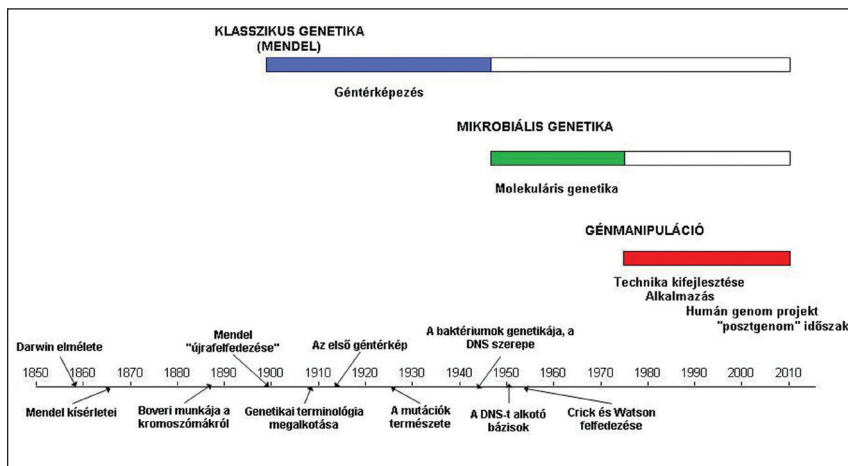
Az öröklődés titkai régóta izgatják az emberiség fantáziáját [1]. Az örökléstan, a genetika manapság az egyik legintenzívebben kutatott tudományos terület, s egyik ága, a *génebézészet* nagyban hozzájárult a biológiában napjainkban is zajló forradalomhoz, amit egyesek – kissé ironikusan, tódítva vagy lóditva (?) – a *Teremtés 8. napjaként* emlegetnek... [2]. Ahhoz, hogy a génebézészet születését megfelelő perspektívából szemlélhessük, nézzük át röviden a genetika történetét [3–8].

A genetikai kutatások története (1. ábra) Darwinnal kezdődik [3]. *Charles Darwin* 1859-ben publikálta *A fajok eredete* című művét (*The Origin of Species*). A természetes szelekció elméletét azonban ekkortájt még nem támasztották alá kísérleti eredmények.

Mendel eredményeinek fontosságát azonban kortársai nem ismerték fel, főként azért, mert akkor leginkább az evolúciós *változások* okait keresték. A kísérleti genetika viszont pont a tulajdonságok *megőrzésével* foglalkozott. Úgy halt meg, hogy nem érthette meg eredményeinek elismerését. 1900-ban szerencsére újra felfedezték munkáját, a törvényszerűségek alkalmazhatóságát igazolták számos növényi és állati, majd emberi öröklésment esetében is, sőt az 1920–30-as években az eredményeit beépítették az evolúció szintetikus elméletébe. Gyakran nevezik Mendelt „a *genetika atyjának*”, mert munkájának, eredményeinek újrafelfedezése alapozta meg az örökléstan.

felelős az egyes organizmusok jellemző tulajdonságaiért. Így jutottunk el 1953-ig, amikor *Francis H. C. Crick* és *James D. Watson* felfedezte és pontosan leírta a DNS-molekula kémiai szerkezetét, a különleges kettős hélixet. Ez nagy lökést adott a további kutatásokhoz, a DNS körüli kutatási területek is hirtelen előtérbe kerültek: a DNS vizsgálatához szükséges technikák, restriktációs és szintetizáló enzimek, műszerek egyre fontosabbak lettek, a mutációk és a DNS egyéb változásainak követése, hatásainak feltérképezése is elindult. Felgyorsultak az események, s a genetikán belül is specializálódás kezdődött, új ágakat bukkantak fel, mint a rekombináns DNS-technológia.

A rekombináns DNS-technológia [10] ma a génmérnökség (*genetic engineering*), magyarul inkább génebézészet, általános formája. Azt jelenti, hogy a DNS egyes darbjait összekapcsoljuk (rekombináljuk) egy kémcsőben, azonos DNS-másolatokat készítünk belőle (klónozzuk) egy baktériumban vagy más szervezetben, és a DNS-kód alapján például fehérjét termeltetünk velük. A technika két amerikai feltaláló: *H. W. Boyer* és *S. N. Cohen* nevéhez fűződik, akik 1973-ban a világon először véghezvitték és leírták a folyamatot [11].



1. ábra. A genetika rövid történeti áttekintése

Johann Gregor Mendel (1822–1884) Ágoston-rendi szerzetes volt az első, aki örökléstanai kísérleti kutatómunkát végzett (2. ábra) [9]. Mendel a brnói Szent Tamás-kolostor kertjében 1856 és 1863 között főleg borsókon folytatott gondos és előre megtervezett növénykeresztelő kísérleteket. Ő állapította meg az ivaros szaporodó populációkban az örökletes „faktorok” természetes átörökítésének törvényszerűségeit (Mendel-szabályok), és ezzel megalapozta a modern genetikát. Megfigyeléseit, eredményeit és a levont következtetéseket szabályokba foglalva, 1866-ban publikálta *Versuche über Pflanzen-Hybriden* címmel.

A rekombináns DNS-technológia születése

A későbbiekben is születtek olyan elszánt kutatók, akik folytatták a genetikai kísérleteket (1. ábra), s így fokozatosan egyre közelebb került az emberiség az öröklődés titkaihoz. Először a fehérvérsejt sejtmagjából izoláltak örökítő anyagot, majd a gének, kromoszómák azonosítása következett, aztán a genetika terminológiáját alakították ki és egyre tudatosabban vizsgálták a gének és az azok által szabályozott mechanizmusokat. Lépésről lépésre haladt a tudomány, főként a mikrobák kerültek ekkor górcső alá, s egyre világosabb lett, hogy a DNS-molekula

Herbert W. Boyer és Stanley N. Cohen

Herbert Wayne Boyer 1936-ban született és nevelkedett három fiatalabb testvérrel együtt egy Derry nevű kisvárosban, Pittsburgh mellett (Pennsylvania). Mint a középosztálybeli hasonló fiúk, ő is fűnyírással, újságkihordással egészítette ki zsebpénzét gyermekkorában. Sok időt töltött a természetben és testvéreivel mindannyian tanultak valamilyen hangszeren játszani. Középiskolában leginkább a sportok érdekelték: amerikai foci, kosárlabda, baseball, valamint természetesen a lányok, vagyis minden, kivéve a tanulást. De egy lelkiismeretes fociedző és tanár visszairányította figyelmét tanulmányaira, és szerencsére Boyer hallgatott rá. Nagyszerű előmenetelt produkált, s családjában elsőként egyetemre akart menni, kitörni a kisvárosból.

Stanley Norman Cohen szintén elsőszülöttként látta meg a napvilágot 1935-ben a Perth Amboy nevű településen, New York Citytől délnyugatra. Kisgyermekként köny-



2. ábra. Mendel mellszobra a bróni Mendel Mezőgazdasági és Erdészeti Egyetemen

nyen és gyorsan tanult, családjával szerény körülmények között éltek, apjával – egy csalódott feltalálóval – az alagsorban sokat bütyköltek. Innen jöhetett Cohen tudományos érdeklődése, a megismerés, „hogyan működnek a dolgok”. A kezdetektől motívált volt, mindig is el akart érni valamit. Érdeklődése főként biológiai jellegű volt, ami az orvosi fakultást jelentette.

Itt van tehát előttünk a két fiú, az ötvenes évek elején járunk. Mindketten döntés előtt állnak, és döntésüket főként anyagiak befolyásolják. Mindketten tudják, családjuk nemigen tudja támogatni őket, ezért mindketten otthonukhoz közeli felsőoktatási intézményt választanak. Boyer 1954-ben a Saint Vincent College-be iratkozik be, ami Latrobe-ban működik, pár mérföldnyire Deryttől. Otthon lakik, busszal jár be, biológiát és kémiát tanul, hogy tovább mehessen egy orvosi képzésre. Itt találkozik 1957-ben először a DNS szerkezetének leírásával – Watson és Crick 1953-as felfedezése ekkortájt kerül be egyes egyetemi tankönyvekbe. 1958-ban végez itt, de nem kerül be az orvosi karra. A Pittsburghi Egyetemen képezi magát tovább, s beleveti magát a molekuláris biológián belül a bakteriális genetika rejtelmeibe. A genetikai kód természete és a proteinszintézis mechanizmusa ebben az időszakban az egyik legizgalmasabb kutatási terület a biológiában. 1959-ben megnősül, szíve választottja szintén biológus. A labor inspiráló hangulata nem csak Boyer tudományos érdeklődését kelti fel. Célja, a genetikai kód feltörése, olyan tudományos kihívást jelent, amit csak különlegesen ambíciózus – vagy naiv – kezdő kutatók vállalnak fel. Ez a hozzáállás egyébként egész tudományos karrierjére igaz: folyton nagy dolgokat próbál megoldani, függetlenül attól, hogy ez lehetsé-

gesnek látszik, vagy nem.... 1963-ra gyűlik össze annyi eredménye, hogy disszertációját megírja, és a doktori fokozatot megszerezze.

Cohen a Rutgers Egyetemre megy, néhány mérföldnyire Perth Amboy-tól. Az egyetem sok tanulást követel, de emellett a fiúnak jut ideje zenélni: gitározik, sőt pop nótákat szerez.... 1956-ban végez, s még azon az őszen folytatja tanulmányait a Pennsylvania Egyetem orvosi fakultásán. Kutatómunkáját is itt kezdi, és a második évben lehetősége nyílik egy nyarat Londonban tölteni. Itt nemcsak a kutatásban mélyül el, és jelenik meg első publikációja, de kihasználja az időt, és Európában kóborol: énekel és bendzsózik, élvezi a szabadságot, az utolsó felelőség nélküli évet. 1960-ban megkapja orvosi diplomáját, 1961-ben megnősül. 1965-ig többféle gyakornoki, kutatói állást tölt be a keleti parttól a délig...

Boyer kevesebb kitérőt tett, Pittsburghból egyenesen a Yale-re ment egy posztdoktori állást betölteni. A mikrobiológián belül egy olyan laborban kezdett dolgozni, ahol a bakteriális restrikciós enzimeket tanulmányozták, amelyek a bakteriális sejtfalon átjutó idegen DNS-eket vagdossák fel és pusztítják el. Boyer és mások ráébredtek, hogy ezek igazán hasznos enzimek, hiszen velük a DNS-molekulákat precízen hasítani, rekombinálni és jellemezni lehet. Profetikusság felismerés volt.... És innentől Boyer a tudományért élt.

Cohen eközben 1965-től 1967-ig New Yorkban, az Albert Einstein Orvosi Egyetemen kapott posztdoktori állást, ahol először szembesült azzal a dilemmával, hogy az orvoslást, vagy a kutatást választja fő célként. Egyelőre mindkettőt megtartotta. A molekuláris biológián belül a plazmidokkal kezdett foglalkozni. Ezek apró DNS-gyűrűk a bakteriális citoplazmában, amelyek a fő kromoszómán kívül reprodukálódnak. A plazmidok tipikusan az antibiotikum-rezisztenciagének átvivői egyik baktériumról a másikra. Ez a terület nem tartozott a nagy kihívást jelentő divatos kutatások közé, picit háttérbe is szorult, de Cohennek pont megfelelt, hiszen így az orvoslással sem kellett felhagynia, s maga az antibiotikum-rezisztencia egyre fontosabb orvosi problémává vált. 1968-ra Cohennek sikerült egyetemi státuszt szereznie. Egy reorganizáció keretében a Stanford Egyetem kórházának egyes részlegeit Palo Alto-ba költöztették, ahol az alaputatás és klinikum közelebb kerülhetett egymáshoz, s ide kutatással is foglalkozó orvosokat kerestek. Sajnos nem a Biokémia Tanszékre, hanem a Hematológiára kapott kinevezést, s feleségével együtt elköltöztek a napfényes Kaliforniába. Szomorúan vette tudomásul, hogy tanszéken senkit sem érdekel a molekuláris genetika. Viszont a Biokémia Tanszéken igen eleven, nyüzsgő élet folyt és izgalmas kutatási projektek futottak. Cohen hozzáfért sokféle mű-

szerhez, rendszeresen részt vehetett a szemináriumokon, ahol megismerte a tanszéki kutatókat, témákat, ezek közül is főként a DNS-ligálással (összekapcsolás) és állati sejtekbe történő bevitelükkel ismerkedett. Viszonzásként ő is elmesélte munkáját a plazmidok izolálásával és jellemzésével kapcsolatban, de együttműködésről szó sem lehetett.

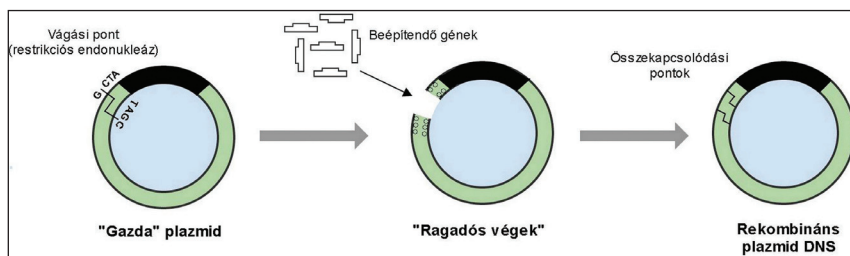
Cohen plazmidokat használt, hogy egyes géneket, DNS-fragmentumokat baktériumba juttasson. A stanfordi Biokémia Tanszéken vírusokat alkalmaztak erre a célra, nem is sikertelenül: 1972-ben ők alkották meg az első rekombináns DNS-molekulát egy kémcsőben, egy meglehetősen bonyolult, nehézkes eljárással. Viszont nem volt ötletük arra, hogyan lehetne klónozni ezt a DNS-t. Szükség volt egy egyszerű, hatékony módszerre, amivel a kapcsolás és replikálás megoldható. Cohen és asszisztensei kifejlesztettek egy módszert, amivel plazmid-DNS-t tudtak kivonni bakteriális sejtekből, darabokra vágták őket egy turmixgépben és az egyes darabokat baktériumba juttatták, tanulmányozva a viselkedésüket és az antibiotikum-rezisztenciát. *Escherichia coli*-val dolgoztak, és a tetraciklin-rezisztencia plazmidos átvitelét vizsgálták. A pSC101 jelű plazmid (p mint plazmid és SC mint Stanley Cohen!) segítségével végzett kísérlet végül sikert hozott. Az eljárás azonban lassú volt és kevésbé hatékony, az összetört, különféle méretű plazmid-DNS-darabkákból ritkán sikerült a sejtbe valóban bejuttatni egyet-egyét. Cohen a plazmidtranszfer-rendszer hiányosságain merengve végül elkezdett egy konferenciát szervezni a plazmidkutatásokról 1972 novemberére, Honoluluba.

Boyer szintén egyetemi állást keresett és kapott is a Kaliforniai Egyetem Természet-tudományi Fakultásának Mikrobiológia Tanszékén (San Francisco), s 1966-ban odaköltözött családjával. Nem talált igazán vonzó körülményeket a kutatásához, mostoha helyzetbe került, a tanszékvezető egy régi vágású mikrobiológus volt, akit nem érdekelt a molekuláris genetika. Négy évet töltött a restrikciós enzimek tanulmányozásával, de ezek a DNS-molekulákat reménytelenül véletlenül hasítgatták el. El volt keseredve, úgy érezte magát, mint a partra vetett hal, és már arra gondolt, hogy más állás után néz, amikor a körülmények lassan változni kezdtek. A 60-as évek végére az USA-ban a biokémiai kutatások előretörték, a Biokémia Tanszék megerősödött, új kutatók kezdtek el dolgozni, s itt is egy élénk, kölcsönös együttműködésen alapuló nagyszerű tudósközösség alakult ki. Boyer egyre több időt töltött itt, és – Cohenhez hasonlóan – ő is rátalált egy olyan inspiráló környezetre, amiben szinte lubicolni lehetett. És az erőfeszítéseket végül siker koronázta: egy hallgató *Escherichia coliból* izolált egy restrikciós enzimet, az EcoRI-t, amely egy pontosan meghatároz-

ható pozíciónál hasította el a DNS-t. Boyer pont ezt kereste. Ráadásul az enzim nemcsak egyszerűen átvágta a DNS két szálát, hanem lépcsőzetesen hasította el a két szálát, így két különálló szál keletkezett, amelyek ily módon képesek voltak kötést létesíteni egy másik DNS-szállal. Ezzel úgynevezett „ragadós” végek alakultak ki, amit régóta kutattak, sőt egyes biokémikusok mesterséges „ragadós végeket” szintetizáltak ugyanerre a célra. Boyer enzimjével mindez egy csapásra könnyedén megvalósítható lett. 1972 nyarat írjuk, Boyer és munkatársai az új enzimmel DNS-fragmentumokat próbáltak összekapcsolni, kevés sikerrel.

Plazmidkonferencia Honolulu-ban 1972-ben

Cohen a plazmidkonferencia szervezése során hallott Boyerék még nem publikált, új felfedezéséről, s bár nem ismerte személyesen Boyert, felkérte egy előadás megtartására.



3. ábra. Boyer és Cohen kísérletének vázlatja

ra, amit Boyer el is fogadott. 1972 novemberében együtt érkeztek meg Honolulu-ra, s Cohen nagy érdeklődéssel hallgatta Boyer leírását az EcoRI enzimmről. Azonnal felvetődött benne a kérdés: Vajon ezzel az enzimmel az ő plazmidjait is hasítani lehetne, s hozzájuk ragasztani egy DNS-fragmentumot? Aztán a hibrid plazmidot egy baktériumba juttatva klónozni lehetne?

Az egész napos, hosszú konferenciát követően sétálni indult a két kutató és kollégáik, s a Hawaii balzsamos estén a Waikiki strandhoz közeli büfénél leültek, hogy pár szendvics és sör mellett végigbeszéljék a részleteket, és megegyeztek, hogy együttműködnek a két technika kipróbálásában.

A közös kutatómunka

1973 januárjában kezdték el a közös munkát: Cohenék laboratóriumában a plazmid izolálásán és sejtbe történő bejuttatásán dolgoztak, míg Boyeréknál az enzimológia volt a téma. Boyer egy szerencsés véletlen folytán meglátogathatta Cohenéket és megismerte, hogyan lehet a különféle DNS-fragmentumokat egy speciális festék segít-

ségével kimutatni az elektroforetikus gélen. Ezt a technikát aztán otthon is bevezette.

Cohen bevonta a munkába fiatal asszisztensét, *Annie Changot*, aki San Franciscóban lakott, s a két labor között biztosította az összeköttetést: kis bogárhátú Volkswagenjével hozta-vitte a plazmidmintákat... Az EcoRI enzim segítségével egy kannamicin rezisztenciát hordozó DNS-fragmentumot vágta ki *E. coliból*. Ezt keverték össze a felnyitott pSC101 plazmidokkal és a baktériumsejtekbe juttatták a „reparált” plazmidokat (3. ábra).

Márciusban az egyik első „éles” mérés során Boyerék az elektroforézis gélt vizsgálva felfedezték a különböző DNS-fragmentumokat. Világosan látszott a két típusú plazmid-DNS-sáv a gélen! És a sejtek mindkét antibiotikumra rezisztenssé váltak. Sikert! Nemcsak előállították a rekombináns DNS-t, hanem klónozták is. Az „átoperált” plazmidok önreprodukciós képességükkel sikeresen rávették a bakteriális sejtet, hogy klónozzák az idegen DNS-t is, amit beléjük ültettek. Itt volt a drámai bizonyíték...

tak már, jellemzőit ismerték. (Ez akkoriban elég kevés helyen volt elérhető...).

Megint az EcoRI enzimet használták, hogy a béka (*Xenopus leavis*) DNS-éből egy fragmentumot (ami az rRNS-t kódolja) kivágyjanak. Ezt aztán összekeverték a pSC101 plazmidokkal, amelyeket újra felnyitottak az EcoRI enzimmel és a baktériumsejtekbe bejuttatták a plazmidokat. A sejtek egy része azonnal tetraciklin rezisztenssé vált, jelezve, hogy a pSC101 plazmid beépült. Azonban a pSC101 plazmidot tartalmazó baktériumok egy része elkezdett béka riboszomális RNS-t termelni! Ez azt jelentette, hogy a békagén bizony beépült a plazmidba és bejutott a baktériumba, sőt a béka DNS-t tartalmazó plazmid replikálódott a baktériumban. Más szavakkal: egyrészt a pSC101 plazmidot EcoRI enzimmel elvágva két „ragadós” szélvég keletkezett, másrészt a béka DNS-fragmentumot az EcoRI enzimmel kivágva szintén két szélvég jött létre, s e szélvégeket sikerült összekapcsolni. Így létrejött egy teljesen új plazmid – rekombináns DNS –, ami két különböző élőlényből származik, s a természetben soha ilyen elő nem fordult...

Az *E. coli* baktériumban aktív maradt a gén, generációról generációra öröklődött ez a tulajdonság. Boyer humorára jellemző, hogy amikor egy kollégája megkérdezte tőle, milyen módon azonosította azt a baktériumhalmazt, amely a béka DNS-t hordozta, azt felelte: „Végig csókoltam minden egyes baktériumkolóniát, amíg az egyik herceggé nem változott...”.

Következtetések

A kutatócsapat tehát valóra váltotta a molekuláris biológiában oly régóta vágyott célt: egy egyszerű, de hatékony módszer felfedezését, amely lehetővé teszi, hogy bármely élőlény specifikus génjét kiválasztva, azt pontosan reprodukálja tisztán és korlátlan mennyiségben. Boyer későbbi szavaival: „Úgy gondolom, hogy a egyszerű ebben a technológiában az egyszerűsége, közvetlen alkalmazhatósága, nem kell túl nagy erőfeszítés ahhoz, hogy a technológiát bevezessük bármelyik laborban. Olyan hamar széles körben elterjedt, és igazán sok jó dolog jött ki belőle. Kell-e ennél több?”

Valójában a tudósok – Cohent és Boyert is beleértve – ennél azért többre vágytak. A kísérletsorozat nem válaszolt meg egy fontos kérdést: Képes-e az egyszerű baktérium „elolvasni” a magasabb rendű élőlények komplex génjét és expresszálni azt proteinek formájában? Ez azonban már egy másik történet. Cohen és Boyer együttműködése véget ért a békás kísér-

lettel, elváltak útjaik, de közös felfedezésük robbanásszerű fejlődést indított el a biotechnológiában. Több kitüntetést is kaptak munkájuk elismeréseként, például 1980-ban az Albert Lasker-díjat, 1996-ban a Lemelson-MIT-díjat (**4. ábra**). Boyer és a tudomány számára azonban ezeknél a díjaknál is fontosabb volt a *Genentech* sikere [11].



4. ábra. Boyer és Cohen

A Genentech-sztori

Megbizonyosodván a technológia működiképességéről, Boyer összefogott *Robert Swanssonnal*, egy éppen munkanélküli kockázati tőkéssel, és 1976-ban megalapították a *Genentech* céget. Maga a név a „*GENetic ENgineering TECHnology*” kifejezés rövidítése és forradalmian új célja az volt, hogy a vadonat új és rendkívül ígéretes rekombináns-DNS-technológiát baktériumok génebeszeti módosításához lehessen alkalmazni, hogy azok az emberiség számára olyan fontos gyógyszerkészítményeket „gyártsanak”, mint az inzulin. Hogy felmérjük, mennyire merész volt ez az elképzelés, gondoljunk csak bele: idáig pár labor kísérlet zajlott le ezen a területen, ami nehezen tekinthető egy ipari technológiai folyamat megbízható megalapozásának, ráadásul ők ezt üzleti alapokra helyezve, profitot elvárva tették meg.

A cég természetesen rengeteg problémával küzdött már az indulásnál. A tudományos kísérletek időnként kudarcot valottak. A tőkével rendelkező befektetőket gyözködni kellett, az alpból szkeptikus gyógyszeripartól szerződéseket kellett kicsikarni stb. És akkor még nem is említettük az USA-ban akkoriban fellendülő etikai, politikai vitákat, valamint a „szellemi termék” (*intellectual property*) védelme is gyerekcipőben jár még akkoriban. Ráadásul a szövetségi hatóságok is ekkor kezdtek felocsúdni, próbálták felmérni a lehetőséget, veszélyeket, és direktívákat, szabályokat gyártani az új technológiával kapcsolatban.

A cég jövője a technológiai innovációkon, az üzleti hozzáálláson, emberi elszántságon/akaraton, és egy szabad, előítéletektől mentes gondolkodásmódon, a „*meg tudjuk csinálni*” mentalitáson múlt. A kutatóknak az új technológiával már az első három egymást követő évben sikerült előállítaniuk emberi inzulint, növekedési hormont és interferont (!). Négy év alatt, 1980-ra a *Genentech* tőzsdeéretté vált. Részvényeinek ára a kezdeti

35 dollárról rakétasebességgel 89-re emelkedett a kereskedés megnyitásának első pár percében, amivel természetesen rekordot döntöttek és bekerültek a vezető hírek közé az egész világon. Ez volt a legnagyobb növekedés a tőzsdei piac történetében. A befektetők, az üzleti világ és a nyilvánosság egyaránt elképedve szemlélte, hogy az új tudományos technológia, a génebeszet igenis üzletté válhat, vonzhat befektetőket, miközben életmentő gyógyszerkészítményeket állíthat elő. A *Genentech* látványos sikere új periódust nyitott, egy különálló ipari szektor jött létre: a biotechnológiai, a génebeszeti ipar.

precíz armilláris szféra, felül egy napóra látható. A napóra számlapja kör alakú, 1 m átmérőjű. Óraszámozása: VIII–XII–II, változó közü, negyedórás sűrűségű. Alul analemma-görbe látható a hónapok feltüntetésével, körben pedig az állatövi csillagképek stilizált ábrái.

Hivatkozások

1. Yount, L.: *Genetics and Genetic Engineering (Milestones in Discovery and Invention)*, Facts on File, Universities Press, Delhi, India, 1997
2. Judson, H. F.: *The Eighth Day of Creation: Makers of the Revolution in Biology*. Touchstone Books, Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1996
3. http://www.genomenetwork.org/resources/timeline/timeline_overview.php
4. http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_the_history_of_genetics
5. Nicholl, D.S.T.: *An Introduction to Genetic Engineering*, Cambridge University Press, Cambridge, 2008
6. I.T. Frolov és Sz.A. Pasztusnij: *A genetika száz éve*. Budapest: Kossuth Kiadó. 1980
7. <http://www.genengnews.com/timeline/Milestones in Biotechnology>
8. <http://www.accessexcellence.org/RC/AB/WYW/wkbooks/PAP/milestones.php>
9. hu.wikipedia.org/wiki/Johann_Gregor_Mendel
10. http://en.wikipedia.org/wiki/Recombinant_DNA
11. Hughes, S.S.: *Genentech, The Beginning of Biotech*, The University of Chicago Press, Chicago, 2011
12. Cohen, S.; Chang, A.; Boyer, H.; Helling, R. „Construction of biologically functional bacterial plasmids in vitro”. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* **70**(11): 3240–3244 (1973).

A Fasori Evangélikus Gimnázium napórája

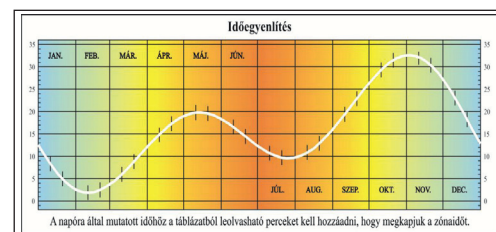
A napóra az udvarra néző DK-i homlokzaton, az igazgatói lakás falán látható. Erre a kiugró, 5x2,5 m-es falrészre készítette freskóját *Kölber Dezső* festőművész 1904-ben. Ábrázolása szerint az Athéni Iskola tanulója egy görög bölcset tanítást hallgatják – éppen csillagászati előadás folyik. A freskón alul egy



A napóra tervezője *Mikola Sándor* fizikatanár volt. A későbbi átépítések alatt a freskó és a napóra eltűnt, csak fényképek őrizték meg eredeti állapotát. 1991-ben *Gulyás Dénes* festőművész és *Rác András* mozaikművész újra elkészítette a freskót és a napóra mozaikmunkáit a régi fényképek alapján. A munka anyagi háttérét *Bartók Péter* és a Fasori Öregdiákok Genfi Egyesülete biztosította.

Az újra elkészített napórán már nem ábrázolták az analemma-görbét, így az időegyenlítést az alábbi grafikon segítségével végezhetjük el.

Az újra elkészített napórán már nem ábrázolták az analemma-görbét, így az időegyenlítést az alábbi grafikon segítségével végezhetjük el.



2015. április 23-án a Gimnázium alapításának 110., újraindításának 25. évfordulójára és A fény nemzetközi évének emlékére, kisebb felújítás történt a napórán, amelynek szervezője *Zombori Ottó* csillagász-tanár volt, kivitelezője pedig *Marton Géza* napórákésztő. Ekkor helyezték el az időegyenlítés grafikonját ábrázoló réztáblát a freskóra.

ZOMBORI OTTÓ
CSILLAGÁSZ-TANÁR

MARTON GÉZA
NAPÓRÁKÉSZÍTŐ

SÁRNECZKY KRISZTIÁN

Üstökösjárás

Első rész

Egy fényes, szabad szemmel is látható, hosszú csóvás üstökös feltűnése ünnep a csillagászat kedvelői számára. Nem volt ez mindig így, az üstökösöket évezredekig baljós előjelnek tekintették. Egyetlen bűnük az volt, hogy hirtelen feltűnve, gyorsan mozogva és változva elrontották az égbolt biztonságot nyújtó állandóságát, kiszámíthatóságát. A helyzet csak az XVI. században kezdett megváltozni, az első pályát pedig egy évszázaddal később számolta ki Isaac Newton. A XVIII. század elején született meg Edmund Halley híres előrejelzése egy 76 évente visszajáró üstökös ismételt feltűnéséről, amely 1759-ben be is következett. Ezt követően egyre többen szentelték életüket az üstökösök vadászatának, nem kis mértékben azért, mert az üstökösöket – néhány kivételes esettől eltekintve – mindig a felfedezőjükre nevezik el. Olyan esetről is tudunk, hogy a csillagász életét áldozta egy újabb felfedezésért, amikor keresés közben leesett az észlelőlétráról, csontját törte, majd belehalt a hosszas fekvés szövdményeibe.

Bár már Newton is helyesen vélekedett az üstökösök működéséről, származásuk és fizikájuk modern elméletét csak a XX. század közepén sikerült megalkotni, a végső bizonyítékot pedig csak a Halley-üstökös 1986-os úrszondás meglátogatása hozta el. De nem kárhoztathatjuk a csillagászokat, hogy ilyen sokáig nem találták a helyes megoldást, hiszen az üstökösök nagyon jól elrejtik titkaikat. Az égitest lelkét jelentő szilárd mag mindössze néhány kilométer átmérőjű, amelyet teljesen eltakar a körülötte kavargó por és gáz, amikor pedig olyan messze jut a Naptól, hogy megszűnik a gázok szublimációja, elérhetetlenné váltak a régi távcsövek számára. Szerencsére titkaik egyre mélyebb kifürkésztésével az üstökösök nem lettek érdektelenek számunkra, pont ellenkezőleg; kutatásuk minden korábbinál nagyobb erővel folyik. Ennek csúcspontja a 67P/Churyumov–Gerasimenko-üstökös jelenleg is folyó közvetlen vizsgálata, amelyről tavaly a sajtó volt hangos, idén és még sok évig pedig a szakajó lesz az.

Honnan jönnek az üstökösök?

Egy üstökös a magjából szerzi azt az anyagot, amely felépíti az üstökét, így természetes, hogy minden egyes napközelség alkalmával veszít valamennyit a tömegéből. A számítások szerint 50–1000 keringés alatt

közelebb húzódo pályára terelődjenek. Ezt a terelést főként magának a Tejútnak az árapályereje végzi el, de az időnként a közepünkben elhaladó csillagok is sok üstököst indíthatnak befelé.

Az elmélet kidolgozójáról Oort-felhőnek nevezett raktár tömegét újabban 5 földtömeg-

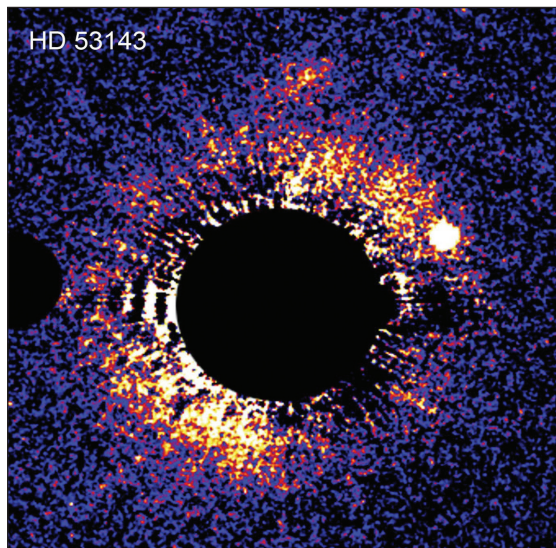


A Donati-üstökös 1858 őszen kápráztatta el a világot, hajlott porcsóvája és két szálból álló ioncsóvája hetekig ragyogott az esti égbolton. A metszeten a csóvától jobbra a Nagyöncöl, a bal felső sarokban pedig a Corona Borealis csillagkép látható. Az üstökös feje mellett az égbolt egyik legfényesebb csillaga, az Arcturus ragyog

el is fogy minden szufa belőlük, így a Naprendszer keletkezése óta az összes akkoriban láthatóvá váló üstökösnek el kellett pusztulnia, még ha millió éves keringési idejű is. Az, hogy ma is látunk üstökösöket, egy vagy több raktárra utal valahol távol, ahol az égitestek hosszú időn át megtarthatják illékony gázaikat. A XX. század elején vált világossá, hogy a hosszú keringési idejű, tízezer évnél hosszabb periódusú vándorok az égbolt minden irányból érkeznek, keringési idejük pedig a millió éves időskálánál csúcsosodik. Ezek alapján feltételeztek egy ősi üstökösraktárt valahol több ezer, több tízezer Csillagászati Egységre napunktól, amelyben milliárd számra mozognak az üstökösök, és várják, hogy a Naphoz

re tetszik, ami jóval kisebb a korábban feltételezetté. Szintén újra kellett gondolni a felhő eredetét, melyet régebben helyben keletkezettnek gondoltak, ma inkább úgy sejtjük, hogy az óriásbolygók kifelé vándorlása dobálta ki a Nap közelében keletkezett bolygócsírákat nagy távolságra. Itt aztán keveredtek más csillagok Oort-felhővel, illetve a perturbációk gömb alakúvá formálták a felhő külső részét, körhöz közelítve az üstökösök pályáit.

Egy darabig úgy gondolták, hogy a sokkal rövidebb, 6–7 éves keringési idejű kométák is innen erednek, méghozzá az óriásbolygók gravitációs hatása csökkenti le periódusukat. Hamar kimutatták, hogy a rövidperiódusú üstökösök túl nagy számban vannak ahhoz képest, ahogy ez a folyamat pótolni tudja őket.



Törmelékcorong a HD 53143 jelű csillag körül, amely nagyjából a mi Kuiper-övünknek feleltethető meg. A Hubble-űrtávcsővel készült képeken a tőlünk 60 fényévre lévő csillag fényét egy koronggal takarták ki (NASA, ESA, P. Kalas, University of California, Berkeley)

Kellett egy jobban a bolygók síkjába simuló, gazdagabb és közelebbi forrás. Ez lenne a Neptunuszon túl kezdődő fánk alakú övezet, melynek belső részét Kuiper-övnek, külső részét Hills-felhőnek, a közties tartományt pedig szórt korongnak hívjuk, de ezek vizsgálata annyira forró téma, hogy szinte havonta jelennek meg újabb és újabb eredmények a tartomány eredetéről, fejlődéséről és szerkezetéről. Az egyre nagyobb távcsöveknek köszönhetően új típusú égitesteket is rendszeresen talál-

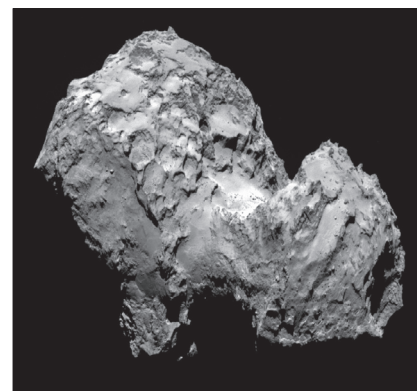
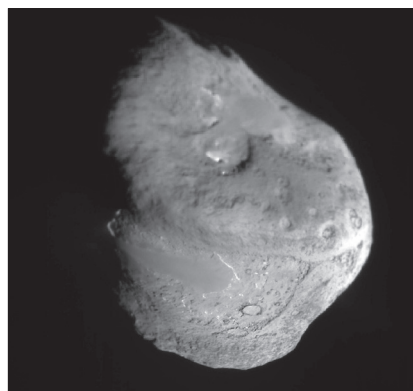
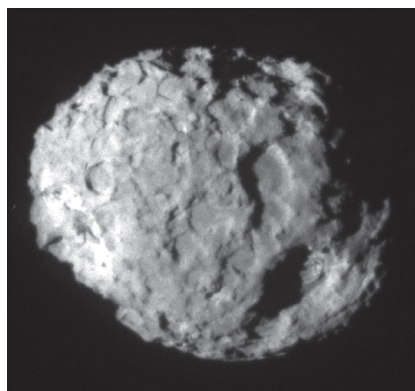
Miből áll egy kométa?

A sok milliárd éves távoli hibernálást, illetve az esetleges más csillagok környezetéből való eredetet figyelembe véve kevés dolog érdekel minket annyira a Naprendszerben, mint hogy miből állnak az üstökösök. Nem véletlen, hogy az utóbbi másfél évtizedben – kis túlzással – annyi űrszondát indítottak üstökösköz, mint a nagybolygókhoz összesen. A kométák megismerésére szerencsére nem kellett az űrkorszakig várni, a magból kiáramló anyag, a kóma és a csóva színképének vizsgálata másfél évszázados múltira tekint vissza. Ebben úttörő szerepe volt Konkoly Thege Miklósnak, aki üstökösök és meteorok színképi vizsgálatából rájött azok rokonságára, amit nem sokkal később az is bizonyított, hogy több híres meteorraj szülőüstökösét megtalálták. A légkörünkben felizzó porszemek egyértelműen bizonyítják a por jelenlétét az üstökösökben, amit elsősorban vízjég cementál össze, de az évek során fagyott gázok széles skáláját mutatták ki, mint a szén-dioxid, szén-monoxid, metán, ammónia, valamint szerves anyagokat, etanolt, metanolt, formaldehidet és aminosavakat is. A Stardust szonda által a Földre vissza-

nizálódnak. Így jön létre az akár a Nap átmérőjét többszörösen meghaladó hidrogénkóma, amely sajnos csak ultrabolygóban látható, de így keletkeznek a színes fotókon a kóma és a csóva szép zöld és kék színéért felelős kétatomos szén és a szén-monoxid ionok is. A modellek és megfigyelések alapján úgy tűnik, hogy a Jupiternél távolabbi, sokszor még a Szaturnuszon túl is aktív üstökösök porkibocsátását a szén-monoxid hajítja, míg a Jupitern innen egyre inkább a vízjég kerül előtérbe, amely a Marson belül már az illó anyagok 90%-át adja. A Napot erősen, a Merkúrál is jobban megközelítő üstökösköknél a szilárd anyagok bomlása is elkezdődik, jellemző a nátrium megjelenése, de a 2007-es csodás McNaught-üstökösköknél az atomos vas jelenlétét is kimutatták.

A fent leírt komponensekből álló üstökösösmaghoz majd egy évszázadon keresztül a Fred Whipple által kidolgozott „piszkos hógolyó” modellt társítottuk, ahol a főként jegekből álló szilárd testet por szennyezi be. Talán úgy képeltük el, mint a nagyvárosok útjai mellett a több napos, igen csak bekoszolódott havat. A műholdas és űrszondás vizsgálatok mára jelentősen átalakították ezt a képet. Egyrészt kiderült, hogy rengeteg porban gazdag, gázban szegény, az optikai tartományban halvány üstökös létezik, ezekre inkább a jeges porgolyó modell illeszthető. Másrészt az üstökösszondák felvételein kivétel nélkül rendkívül sötét felszíni égitestek tűntek fel, a 3–5%-os fényviszszaverő képesség még a fekete aszfaltnál is jóval sötétebb anyagokra utal.

A felszínek pedig teljesen szárazak, vízjégnek nyoma sincs rajtuk, miközben



Három üstökös, három külön világ. Mindhárom űrszondával meglátogatott, néhány kilométer átmérőjű üstökösösmag, a 81P/Wild, a 9P/Tempel és a 67P/Churyumov-Gerasimenko is teljesen más felszíni morfológiájú, és vélhetően belső szerkezetük, kialakulásuk és történetük is eltér egymástól (NASA/JPL/UMD, ESA/Rosetta/MPS)

nak itt, amelyek szintén új elképzeléseket és elnevezéseket generálnak. Az biztos, hogy a Halley és a Churyumov-Gerasimenko is ebből a belsőbb tartományból származik, innen lendítették őket az óriásbolygók közelebbi pályára, és lettek az emberiség és a tudomány történetének fontos részei.

hozott üstökösörban például glicin nyomaira bukkantak.

A Naphoz közeledő és egyre melegedő üstökösökből elszublimálnak ezek a gáz alkotórészek, magukkal rántva a magban található port. Az üstökös kómájába kerülő gázok aztán a napsugárzás hatására szétbomlanak, io-

ez lenne az aktivitás fő motorja. Az újabb elképzelések szerint a napközelségek során a sok párolgás miatt egyszerűen kiszárad ez a külső réteg, de egy friss, földi laborkísérletekkel alátámasztott ötlet szerint a közelről látott rövidperiódusú üstökösök felszínén a napsugárzás hatásá-



A 103P/Hartley-üstökös magja körül laza szerkezetű hólabdák ezrei fénylenek a Deep Impact szonda felvételén. A jobb szélén az üstökös magja és a belőle jól elkülönülő pontokon kiáramló anyag is látható (NASA/JPL-Caltech/UMD/Brown)

ra az eredetileg amorf, más molekulákkal kevert vízjég kristályos formát ölt. A rendezett szerkezet pedig kiszorítja magából az egyéb, például szénben gazdag komponenseket, amelyek egy száraz, hosszú láncú szerves anyagokat tartalmazó, szurokhoz hasonló kérget vonnak a mag köré. A gázok így a mélyebb rétegekből kerülnek elő, amelyek átmelegítését viszont a napfényt jól elnyelő, sötét felszíni réteg segíti.

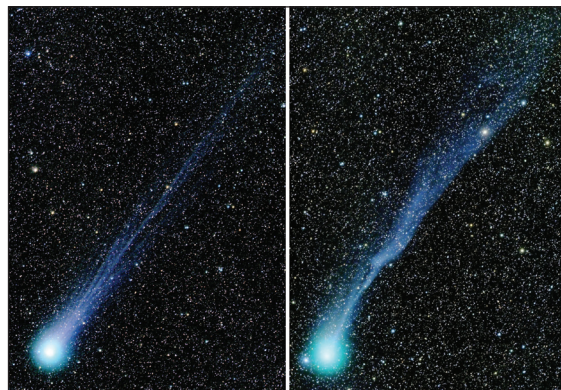
A kép persze itt is árnyaltabb, hiszen nem feledhetjük a szuperaktív 1038/Hartley-üstökösből kirepülő, szén-dioxid gáz által hajtott, golfabda méretű hólabdákat, amelyek ezernyi fénypontként csillogtak a napfényben a Deep Impact szonda felvételein. Ezek talán még mélyebbről, a kristályos vízjég alatt található puhább, lazább, szinte vattacukorra emlékeztető amorf vízjeges rétegből kerültek elő. Ennek létezését a modellek mellett az is bizonyítja, hogy valamennyi meglátogatott üstökös mag átlagos sűrűsége rendkívül kicsi, $0,5 \text{ g/cm}^3$ körüli, tehát a kemény felszíni réteg csak egy köpeny, ami védi a belső, nagyon porózus szerkezetet. A kutatók a kissé ellentmondásos „sült jégkrém” modellként hivatkoznak eredményükre.

Magyar csillagászok néhány évvel ezelőtti eredménye, hogy az űrszondával meglátogatott üstökösöknél egy nagyságrenddel nagyobb méretű és két-három nagyságrenddel hosszabb keringési idejű Hale-Bopp-üstökösnél a felszín fényvisszaverő képességének ellentétes változása is elképzelhető. Vizsgálataik szerint a napközelsége előtt 3–4%-os albedójú felszíne távozóban már a napfényt 8%-át visszatükrözte, ami jelentős felszí-

ni változásokra utal. Vélhetően egy friss, zúzmara-szerű réteg fagyhatott ki az üstökösre, ami a szokatlanul nagyméretű mag extra gravitációjával is magyarázható. Talán a Hartley-nél látható hólabdák esnek vissza a felszínre, és teszik világosabbá azt.

Az üstökösök felépítéséről beszélve nem lehet megkerülni azt az feltételezést, miszerint a vizet és a szerves anyagokat is az üstökösök hozták vissza a kialakulása során felforrósodó, ezért illó és könnyen bomló anyagait elvesztő Földre. Az el-

méletet eddig nem igazán sikerült alátámasztani, a víz/deutérium arány csak egyetlen üstökös esetében egyezik a földivel, de a becsapódások során fellépő extrém hatásokat is nehéz összeegyeztetni azzal, hogy a könnyen roncsolódó szerves anyagok miként élnek túl az érkezést. A víz eredetét a kutatók most inkább a főövi kisbolygókra teszik voksukat, de az igazság vélhetően valahol középen van, a földi vizek kevert eredetűek lehetnek. Talán van egy kis őseredeti maradvány, a többi pedig különböző típusú égítést becsapódásából származhat.



A télen itt járt Lovejoy-üstökös ioncsóvjának drámai változása Berkó Ernő felvételein. A két kép csak egy nap különbséggel készült 2015. február 12-én és 13-án, mégis mintha két különböző üstökösöt látnánk. A második felvételen ráadásul egy ritka csóvaleszakadást is sikerült megörökíteni

Azok a csodálatos csóvák

Az üstökös lelke a magjukban lakozik, a kiszabaduló anyagok a kóma boszorkánykonyhájában alakulnak át, az igazi ékességük és a hozzájuk kapcsolódó legendák éltetője azonban a csóva. A napsugárzás és a napszél által elsodort alkotókból kialakuló anyagnyúlvány hossza akár a földpálya átmérőjével vetekedhet, alakja éjszakáról éjszakára változhat, a legfényesebb csóvák látványa pedig az égbolt egyik legszebb jelensége. A tanönyvi mondat szerint az üstökösök csóvája mindig a Nappal ellentétes irányba mutat, ami persze csak részben igaz. A törvényt leginkább az ioncsóvák követik, melyek formálásában a napszél játszik döntő szerepet. A magból kiáramló



A 2007-es McNaught-üstökös csodálatos, bonyolult szerkezetű porcsóvjája Kiss László, Szabó Gyula és Takács István felvételén, amely az ausztráliai Blue Mountains Nemzeti Parkban készült. Csak a legfényesebb üstökös sajátja a striák, a csóvában megjelenő függőleges, nem a fej irányába mutató sávok megjelenése

gázokból a napsugárzás hatására keletkeznek ionok, melyek indukált mágneses teret hoznak létre az üstökös körül. Ez a mágneses tér kölcsönhatásba lép a napszélbe fagyott, és nagy sebességgel kifelé áramló mágneses térrel, ami elsodorja az ionokat a magtól. Ez törvényszerűen a Nappal ellentétes irányba mutat, ám a mágneses tér helyi szabálytalanságai akár 5–10 fokkal ingadozás okozhatnak a Nap-üstökös rádiuszvektorhoz képest, egyes üstökösök szinte csóválják a csóvajukat. Különleges jelenség a csóvaleszakadás, amikor az üstökös a napszél mágneses terében található különböző polaritású szektorok határára ér. A határnál az ioncsóva megszakad, elsodródik a fejtől, amelyből új, immáron a másik polaritású térnek megfelelő csóva növekszik.

Az ioncsóvák azonban szinte mindig halványak, mivel nem ala-



A PANSTARRS-üstökös fantasztikus porösvénye 2013 májusában lepte meg az észlelőket, hossza meghaladt a 10 fokot, ráadásul a Nap felé mutatva, ellenszövát formálva jelentkezett. Kuli Zoltán felvételén az üstökös feje a jobb felső sarokban látható, belőle egy rövid „hagyományos” csóva is indul jobbra fölfelé, az üstökös pályasíkjában összegyűlt és éle felől látott por azonban sokkal feltűnőbb, rendkívül éles sávként mutat balra lefelé

kulhat ki bennük kellő anyagsűrűség, a rohanó napszél gyorsan elfújja a gerjesztéstől fénylő ionokat. A fényes, igazán emlékeztető üstökösök mind a porcsóvájuk miatt lettek a krónikák szereplői, a porszemek sokkal lassabban, csak a sugárnyomás által gyorsítva távoznak a magból, ráadásul a porról visszaverődő, szóródó napfény sokkal fényesebb csóvát eredményez.

A magból kiszabaduló porszemek egy hatalmas legyezőt hoznak létre az üstökös pályasíkjában, de ennek formája és nagysága sok mindentől függ. A legyező kialakulását a porszemek különböző mérete okozza, a milliméteresekre csak kevéssé hat a Nap sugárnyomása, ezek az üstökös mozgását követik, míg a mikrométeres szemcsék gyorsan mozognak a pályasíkjban, méretüktől függően más és más ívet rajzolva az égre. Ha szakaszos a porkibocsátás, a porcsóvában sávok jelennek meg, amelyek az egy időben kiszabadult, de különböző méretű porszemek útját rajzolják ki. Szintén sávokat formálhatnak a különböző időben kiszabadult, de hasonló méretű porszemek is, amennyiben a méreteloszlás nem egyenletes, és csak bizonyos méretű porszemek vannak a csóvában. A legfényesebb üstökös sajátja – az elmúlt évezredben fél tucat ilyenről tudunk – a striák megjelenés, amikor a kibodódtott nagyméretű porszemek az üstököstől lemaradva to-

vább aprózódnak, önálló, de nem a mag felé mutató sávokat létrehozva a csóva legyezőjébe.

Az infravörös műholdak és az fotólemezeknél jóval érzékenyebb digitális technika megjelenése hozta el a porösvények felfedezését, amelyet a pályasíkjban felgyülemelő, ott hosszabb távon jelen lévő, nagy méretű szemcsék okoznak. Ha az üstökös pályasíkjában vagyunk, és az éléről látunk rá egy ilyen ösvényre a nagy oszlopsűrűség miatt akár látható tartományban is fotózhatók, de igazán infravörösben feltűnők. Régen ismert, nagy aktivitású rövidperiódusú üstökösöknél lehet megfigyelni őket, ezek valójában azok a poráramlatok, amelyek bolygónk pályáját keresztezve a meteorrajokat okozzák.

Megfigyelésük azért nagyon hasznos, mert segít pontosítani azokat a modelleket, amelyek alapján a meteorkitöréseket is előrejelzik. Legújabbán az egyébként gyenge aktivitású Holmes-üstökös 2007-es kitörésének porfelhőjét lehetett megfigyelni az éléről, amely már annyira elsodródott az üstökösről, hogy az égbolton 40 fokra vannak egymástól. Ezzel el is érkeztünk az egyik legérdekesebb és legkevésbé értett jelenséghez, az üstököskitörések, robbanások és felbomlások világához, amivel a következő számunkban folytatjuk a kométák történetét. ☞

E számunk szerzői

ÁGOSTON HUGÓ fizikus, tudományos újságíró, Marosvásárhely, Románia; DR. BÁNÓCZI ZOLTÁN tudományos munkatárs, ELTE, Szerves Kémiai Tanszék, Budapest; BÉLAFINÉ DR. BAKÓ KATALIN intézetigazgató, egyetemi tanár, Pannon Egyetem Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutató Intézet, Veszprém; DOMBI MARGIT újságíró, Debrecen; FÜZI PÉTER egyetemi hallgató, ELTE BTK, Budapest; GÖRFÖL TAMÁS muzeológus, Magyar Természettudományi Múzeum, Állattár, Budapest; DR. HARANGI SZABOLCS geológus, tszv. egyetemi tanár, ELTE Közettan-Geokémiai Tanszék, Budapest; KEMENESI GÁBOR virológus, PTE Szentágotthai János Kutatóközpont, Virológiai Kutatócsoport, Pécs; DR. KÉRI ANDRÁS főiskolai docens, Budapesti Gazdasági Főiskola, Budapest; DR. JAKAB FERENC egyetemi docens, laboratóriumvezető, PTE Szentágotthai János Kutatóközpont, Virológiai Kutatócsoport, Pécs; MARTON GÉZA, a Magyar Csillagászati Egyesület Napóra szakcsoportjának vezetője, Budapest; PÁTKAI ZSOLT meteorológus, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest; DR. SÁRNECZKY KRISZTIAN csillagász, MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Budapest; DR. SIMONOVITS ANDRÁS matematikus, egyetemi tanár, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Természettudományi Kar Matematika Intézete, Differenciálegyenletek Tanszék, Budapest; STAAR GYULA főszerkesztő, Természet Világa, Budapest; SZILI ISTVÁN ny. főiskolai tanár, Székesfehérvár.

Júliusi számunkból

Csaba György: A fény biológiája Tompa Kálmán:

Molekuláris mozgások fehérjékben
Vasas Gizella–Locsmándi Csaba:

A sötét trombitagomba
Vojnits András: Houstontól Austinig Mező Gábor–Enyedi Kata Nóra:

Lehetőségek a célzott tumorterápiában
Nebojszki László:

A bácskai Kígyós-vízfolyás
Babinszki Edit: A Pannon-tó

BÁNÓCZI ZOLTÁN

Enzimgátló peptidek mint gyógyszermolekulák

Az enzimek szervezetünk motorjai. A táplálék felvételétől az energia-termelésen át a szervezetet alkotó több ezer molekulaféleség felépítéséig mindenhol szerepet játszanak. Ezért nagyon fontos, hogy működésük a lehető legjobban szabályozva legyen. Ha az enzimek működésében zavar támad, akkor kóros folyamatokat, elváltozásokat okozhatnak.

A proteázok az enzimek azon családját alkotják, melyek más fehérjéket hasítanak, tehát a fehérjék gerincének kialakításában szerepet játszó peptidkötés hidrolízisét katalizálják. Egyes tagjaik szerepe a táplálékfelvétele során az abban található fehérjék építőelemekig – aminosavakig – történő lebontása (pl. tripszin, kimotripszin), míg mások csak korlátozott helyen hasítják el a szubsztrát-fehérjéiket, és csak azokat, így szabályozva azok működését. A proteázokat – aszerint, hogy az aktív centrumban milyen aminosav oldallánca vesz részt a peptid-kötés hidrolízisében – szerin-, cisztein- és treoninproteázokra osztjuk.

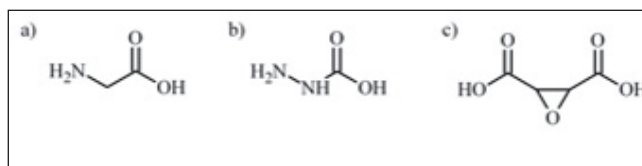
A kalpainok intracelluláris – sejten belül található – cisztein-proteázok, melyek működéséhez Ca^{2+} -ion szükséges. A családnak jelenleg 15 tagját ismerjük emlőskben. A két legrégebben ismert és valamennyi szövetben megtalálható enzim az m - és μ -kalpain. A két enzim nevét az aktiválódásukhoz szükséges Ca^{2+} -ion-koncentrációról kapta. Az enzimesalád többi tagja csak bizonyos szövetekben jelenik meg. A sejtben bekövetkező Ca^{2+} -ionkoncentráció növekedése aktiválja a kalpainokat. A Ca^{2+} enzimhez kötődése olyan szerkezeti változást indukál az enzimen, mely hatására az addig egymástól távol lévő és a katalízisben szerepet játszó aminosavak térben megfelelő közelségbe kerülnek. Ugyanis az enzim működéséhez a katalitikus triádnak (három aminosav: cisztein, hisztidin, aszparagin) a megfelelő helyzetben kell lenni, hogy az enzim működőképes legyen. Az aktivált enzim ezután a szubsztrátfehérjéket csak meghatározott helyen hasítja el, ezáltal beindítva vagy gátolva azok működését. E

szabályozási funkcion keresztül számos fiziológias folyamatban játszanak szerepet, pl. sejtmozgás, sejtosztódás és differenciálódás, apoptózis (irányított sejthalál) [1]. Ha a kalpain működésének szabályozása felborul, akkor a fokozott vagy csökkent kalpainaktivitás betegségek kialakulásához vezethet. A túlaktiválódott kalpain több fehérjét hasít el, fokozva azok működését, és így többek között szerepet játszik neurodegeneratív betegségekben, mint az Alzheimer-, a Huntington-kór, de ez áll a háttérben a traumás agy- és gerincvelő-sérülés hatására bekövetkező idegsejtpusztulásnak is [2,3].

A kalpain-enzimmel kapcsolatban számos kutatás irányul egyre hatékonyabb és szelektívebb inhibitorok (gátló anyagok) előállítására [4]. Annál hatékonyabb egy inhibitor, minél kisebb koncentrációban képes gátolni az enzim működését. Mivel számos hasonló enzim található a szervezetben más-más szubsztrátfehérjével és szabályozási funkciókkal, ezért fontos, hogy az inhibitor csak a megcélzott enzimet gátolja és nem vagy alig legyen hatása más enzimekre, azaz szelektív legyen. A kalpainok szabályozására a természet kifejlesztette a saját, nagyon szelektív és hatékony inhibitorát, a kalpasztatin fehérjét. Sajnos, méretéből adódóan ez a peptid nem alkalmazható mint külső inhibitor.

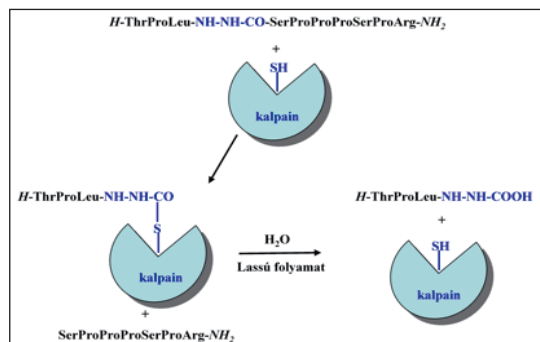
A kalpain-inhibitorok felhasználhatóak a kalpain-enzim funkciójának vizsgálatában. Ha szelektíven gátoljuk az enzim működését, akkor megállapíthatjuk, hogy részt vesz-e valamely biológiai folyamatban, vagy az adott folyamatban milyen szerepe van. Ezáltal jobban megérthetjük a sejtek életében betöltött szerepét. Ezen vizsgálatok mellett az inhibitorok kiindulópontjai lehetnek olyan gyógyszermolekulák kifejlesztésének, melyek kalpain-túlaktiválódás okozta betegségek kezelésében használható-

ak. Az OTKA által támogatott kutatásunk során egy újfajta megközelítés alkalmazásával kívántunk minél hatékonyabb és szelektívebb kalpain-inhibitorokat előállítani. Az általunk korábban felállított preferencia mátrix felhasználásával terveztük meg az inhibitor-molekulákat [5]. Ez a mátrix a szubsztrátok P_4 - P_7 helyeinek aminosav-preferenciáját adja meg egy-egy pontszámmal. Számos kalpainhasítási hely aminosav-összetételét vizsgálva kaptuk ezeket a preferencia-értékeket. Az enzim a P_1 - P_1 helyen lévő aminosavak között hasítja el a peptidkötést. Az enzim felületén található egy aktív centrum számos kötőhellyel, melyekbe a szubsztrát-fehérjék egymást követő aminosavai bekötődnek. Ezeket a kötőhelyeket jelöljük S_n és S'_n módon, míg a kötőhelynek megfelelő pozíciót a szekvenciában P_n és P'_n . Minél nagyobb a mátrixban kapott pontszám, annál kedvezőbb az aminosav az adott helyen, azaz annál gyakrabban fordul ott elő. A legnagyobb pontszámú aminosavak a $T^1\text{PLKSPPPSPR}^{11}$ szekvenciájú szubsztrát-peptidet eredményezték. Egy jó szubsztrát-peptid szelektíven és erősen képes az enzimhez kötődni, ahol megtörténik a peptidkötés hasítása. Ezután a szubsztrátból képződött két kisebb peptid elhagyja az enzim felszínét, átadva a helyet a következő ha-



1. ábra. a) glicin, b) azaglicin, c) epoxiborostyánkósav

sítandó molekulának. A megközelítésünk az volt, hogy használjuk fel a szubsztrát-molekulát az ideális kölcsönhatás kialakításához, de módosítsuk úgy, hogy az eredetileg szubsztrát-molekula gátolja az enzim működését. Ehhez olyan módosítást – azaglicin (Agly), epoxiszukcinilcsoport (Eps) (1. ábra) – terveztünk beépíteni a P_1 pozícióban található lizin (Lys) helyett, mely erős, de felbontható



2. ábra. Azapeptid enzimgátlásának mechanizmusa

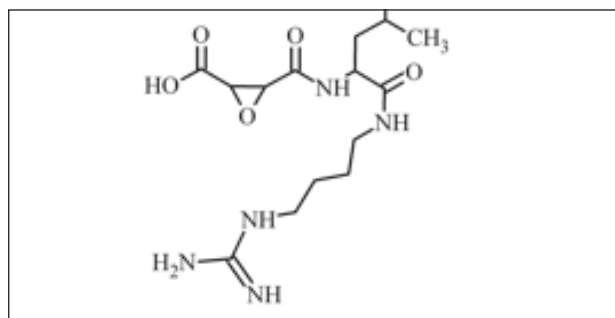
(reverzibilis gátlás) vagy felbonthatatlan (irreverzibilis gátlás) kötést alakít ki az enzim aktív centrumában található cisztein tiol (-SH) csoportjával, és megengedi, hogy mind a P mind a P' helyeken lévő aminosavakat beépíthessük az inhibitor-molekulánkba. Reverzibilis gátlás esetén az inhibitor-molekula egy idő után leválik az enzimről és az újra aktív lesz, míg irreverzibilis gátlás esetén ez nem történik meg és az enzim véglegesen elveszti működőképességét.

Ha egy azaaminosavat építünk be a szekvenciába, akkor a szénatom nitrogénatomra cserélése olyan változásokat eredményez mind az elektroneloszlásban, mind a térszerkezetben, hogy az eredetileg szubsztrát-peptid gátolni fogja (reverzibilisen) az enzimet (2. ábra).

Az azaaminosav oldalláncának térállása eltérhet a természetes aminosav térállásától, ami gátolhatja a molekula enzimhez kötődését. Ezt elkerülendő, első lépésben azaglicin beépítését terveztük a molekulákba, melynek nincs oldallánc [6]. Még egy előnyös tulajdonsága van ennek a származéknak, hogy egyszerűen kialakítható a peptidláncban. Az azaglicintartalmú azapeptideket szilárd fázisú peptidszintézissel állítottuk elő. Ekkor a növekvő peptidlánc egy szilárd hordozóhoz (gyanta) van kötve és az aminosavakat egyesével, lépésenként építjük be a peptidláncba. Az azaglicin kialakítása is a gyantához kötött peptiden történik. A felépített peptidet savval reagáltatva tudjuk lehasítani a gyantáról. A szubsztrát-peptidből kiindulva láncrövidítés és aminosav-szubsztitúció alkalmazásával 16 azapeptidet állítottunk elő. A peptidlánc hosszának változtatásával megtalálhatjuk a legrövidebb, még hatékony inhibitor-molekulát, míg az egyes aminosavak változtatásával felderíthetjük az aminosavak hatásban betöltött szerepét és maximalizálhatjuk molekulánk gátló ké-

pességét. Már a szubsztrát-szekvenciának megfelelő inhibitor-peptid is gátolta az m-kalpaint ($H\text{-Thr-Pro-Leu-Agly-Ser-Pro-Pro-Pro-Ser-Pro-Arg-NH}_2$), ha azonban acetyl-csoportot ($\text{CH}_3\text{-CO}$) építettünk be az N-terminális aminosoporra, akkor fokozódott a gátló képesség. Ezek az eredmények alátámasztották elgondolásunkat, hogy szubsztrát-szekvenciából előállítható az inhibitor-molekula, ha azaaminosavat

építünk be a láncba. Illetve rámutattak arra, hogy a lizin-oldallánc hiánya nem rontja a peptid-származék kötődését az enzimhez. Ugyanis a szubsztrát kötődésénél erősebben képes kötődni az inhibitor-molekula az enzim aktív helyéhez. Ha a lánc hosszát a C-terminális felől két aminosavval rövidítettük ($Ac\text{-Thr-Pro-Leu-Agly-Ser-Pro-Pro-Pro-Ser-NH}_2$), akkor a hatás megmaradt, azonban a lánc további rövidítése a gátló képesség elvesztésével járt. Ezen rövidített inhibitorból kiindulva vizsgáltuk az N-terminális felől történő rövidítés hatását is. Már egy aminosav elhagyása a gátló hatás megszűnését eredményezte ($Ac\text{-Pro-Leu-Agly-Ser-Pro-Pro-Pro-Ser-NH}_2$). Az optimális kilenc aminosavból álló molekulában vizsgáltuk egyes aminosavak cseréjének hatását. Az újonnan beépített aminosavak a preferencia mátrixban a 2. és 3. legnagyobb pontot kapták. A leucin (Leu) cseréje a hatás elvesztésével járt, vagyis ez az aminosav fontos szerepet játszik az enzimhez kötődésben. A 2-es helyzetű prolin (Pro) cseréje

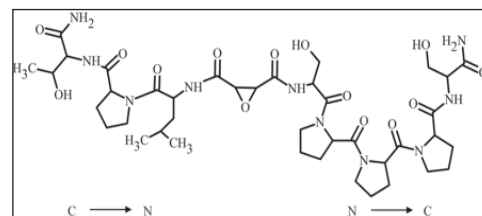


3. ábra. Cisztein proteáz szelektív E-64 inhibitor szerkezete

szerinre (Ser) és triptofánra (Trp) a gátló képesség javulásával járt. Ezen pozíció tehát sokkal megengedőbb az aminosav-oldalláncot illetően, hiszen három teljesen eltérő karakterű aminosavval (apoláris, poláris, aromás) is gátló ha-

tást kaptunk. Ha azonban az 5-ös Ser-t és a 6-os Pro-t cseréltük ki, a molekula elvesztette kalpaingátló képességét. Egy inhibitor szelektivitása fontos mind a Cys-proteázok családján belül, mind a kalpain-enzimek között. Az általunk vizsgált m-kalpain-inhibitorok szelektivitását vizsgáltuk katepszin B enzimen, ami szintén egy Cys-proteáz és μ -kalpain is. Az $H\text{-Thr-Pro-Leu-Agly-Ser-Pro-Pro-Pro-Ser-Pro-Arg-NH}_2$ azapeptid szelektívnek bizonyult m-kalpainra.

Mivel az egyes aminosavak jelentősen hatottak az enzimgátlásra, megvizsgáltuk, hogy ez kapcsolatba hozható-e az inhibitor-molekulák oldatban felvett térszerkezeteikkel, vagy csak az enzim felszínéhez kötődés során/alatt jelentkezik a különbségek hatása. Vizsgáltuk a natív szekvenciának és gátló hatással nem rendelkező származékoknak a másodlagos szerkezetét különböző hőmérsékleten, vízben és trifluoretanolban (TFE) elektronikus cirkuláris dikroizmus (ECD) spektroszkópiával. A spektrumok



4. ábra. Az TPL-Eps-SPPPS inhibitor szerkezete

nem mutattak lényeges különbséget a szubsztrát-peptid és az azapeptidek térszerkezetében sem vízben, sem a rendezett struktúrákat indukáló TFE-ben. Egyik esetben sem jelent meg kitüntetett rendezett szerkezet, csak néhány konformáció egységnyi állapota volt kimutatható (rendezetlen, PPII és β -kanyar). Szintén erre az eredményre jutottunk a gátló és nem gátló vegyületek spektrumainak összehasonlítása során is. Azt megállapíthattuk, hogy az azaglicin beépítésének nincs hatása az eredeti szubsztrát-szekvencia másodlagos szerkezetére.

Ha a lizin helyett nem azaaminosavat építünk be a molekulánkba, hanem epoxiborostyánkősavat (1.c ábra), akkor nem reverzibilis, hanem irreverzibilis inhibitorokat kapunk. A természetben található E-64 inhibitor (3. ábra) transz-epoxiborostyánkősavat tartalmaz, ezért ennek két izomerjét (L és D) építettük be a molekulánkba. Az E-64 inhibitor-specifikus Cys-proteáz gátló hatással rendelkezik, de az enzimsaládon be-

lül nem mutat szelektivitást egyik tag felé sem. Összesen 18 inhibitor-molekulát állítottunk elő és vizsgáltunk [7].

Az új inhibitorokban az azapeptidek szekvenciáját megtartottuk és csak két változtatás történt (**4. ábra**). Az azaglicint epoxiszukcinil-csoportra cseréltük és a P₄-P₃ pozíciókban lévő aminosavak kapcsolódási sorrendje a N-C irányról megfordult C-N irányra.

Az új inhibitorok m-kalpain gátló hatása nem minden esetben egyezett az azapeptideknél kapott eredményekkel. Például az eredeti szekvenciának megfelelő inhibitor (NH₂-Thr-Pro-Leu-(L/D-Eps)-Ser-Pro-Pro-Pro-Ser-NH₂ sem L- sem D-transz-epoxiszukcinil csoporttal nem mutatott jelentős gátló hatást m-kalpain enzimen. Azonban az L-transz-epoxiszukcinil csoportot tartalmazó származék a μ-kalpaint szelektíven gátolta. Sikerült két olyan származékot is előállítanunk mely hatékonyan gátolta az m-kalpaint, NH₂-Thr-Pro-Leu-(D-Eps)-Thr-Pro-Pro-Pro-Ser-NH₂ és NH₂-Thr-Trp-Leu-(L-Eps)-Ser-Pro-Pro-Pro-Ser-

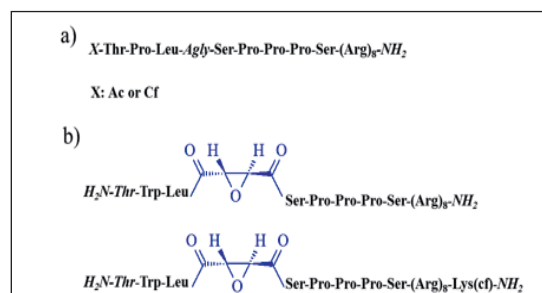
tül jussanak be a sejtekbe, fontos, hogy megvalósítsuk, fokozzuk ezen inhibitor-molekulák sejtek általi felvételét. A bejutás fokozására olyan konjugátumaik előállítását tűztük ki célul, melyek oktaarginint mint sejtpenetráló peptidet tartalmaznak. A sejtpenetráló peptidnek olyan rövid, 15–20 aminosavból álló peptidnek, melyek képesek átjutni a sejtmembránon és a hozzájuk kovalensen kötött molekulákat is magukkal vinni [9]. Az oktaarginint sikeresen alkalmaztuk a már bemutatott kalpainszubsztrát-molekula sejtbejuttatására [10]. A sejtpermeabilis konjugátumokban az inhibitor-molekula az N-terminális végén, míg a sejtpenetráló peptid a C-terminális végén volt (**5. ábra**). Először azt vizsgáltuk, meg, hogy az oktaarginin beépítése a molekulába hogyan befolyásolta az enzimgátló képességet. Méréseink azt mutatták, hogy a konjugáció nem rontotta, néhány esetben még fokozta is a gátló hatást. A másik fontos kérdés megválaszolásához, azaz, hogy a konjugátumok tényleg képesek-e be-

mutató inhibitorok kiindulási pontja lehet olyan gyógyszer-molekulák kifejlesztésének, melyek sikeresen alkalmazhatók a kalpain túlműködés okozta káros folyamatok csökkentésére vagy megelőzésére. Azaz olyan, ma már egyre szélesebb tömegeket érintő betegségek gyógyításában jelenthetnek kezelési lehetőséget mint az Alzheimer-, a Huntington-kór. Szintén fontos szerepet kaphatnak a különböző kalpain-funkció vizsgálatokban, hogy teljesebb képet kapjunk ezen enzimek szervezetben betöltött szerepéről. *

Az itt bemutatott eredmények az OTKA K 104385 és PD-83923 számú pályázatának támogatásával végzett kutatásból születtek. Szintén segítette a kutatást a Bolyai János Kutatói Ösztöndíj is.

Irodalom

[1]. Croall DE, Ersfeld K. The calpains: modular designs and functional diversity. *Genome Biol* 2007; 8: 218.
 [2]. Huang Y, Wang KK. The calpain family and human disease. *Trends Mol. Med.* 2001; 7: 355–362.
 [3]. Saez EM, Ramirez-Lorca R, Moron JF, Ruiz A. The therapeutic potential of the calpain family: new aspects. *Drug Discov. Today* 2006; 11: 917–923.
 [4]. Donkor OI. Calpain inhibitors: a survey of compounds reported in the patent and scientific literature. *Expert Opin. Ther. Patents* 2011; 21: 601–636.
 [5]. Tompa P, Buzder-Lantos P, Tantos A, Farkas A, Szilágyi A, Bánóczy Z, Hudecz F, Friedrich P. On the sequential determinants of calpain cleavage. *J. Biol. Chem.* 2004; 279: 20775–20785.
 [6]. Bánóczy Z, Tantos Á, Farkas A, Majer Zs, Dókus EL, Tompa P, Hudecz F. New m-calpain substrate-based azapeptide inhibitors. *J. Pept. Sci.* 2013; 19: 370–376.
 [7]. Dókus LE, Menyhárd DK, Tantos A, Hudecz F, Bánóczy Z. Probing of primed and unprimed sites of calpains: Design, synthesis and evaluation of epoxysuccinyl-peptide derivatives as selective inhibitors. *Eur J Med Chem.* 2014; 82: 274–280.
 [8]. Hanna RA, Campbell RL, Davies PL. Calcium-bound structure of calpain and its mechanism of inhibition by calpastatin. *Nature* 2008; 456: 409–412.
 [9]. Hudecz F, Bánóczy Z, Csik G. Medium-sized peptides as built in carriers for biologically active compounds. *Med. Res. Rev.* 2005; 25: 679–736.
 [10]. Bánóczy Z, Alexa A, Farkas A, Friedrich P, Hudecz F. Novel cell-penetrating calpain substrate. *Bioconjugate Chem.* 2008; 19: 1375–1381.



5. ábra. Sejtpenetráló konjugátumok felépítése.
a) azapeptid inhibitorok,
b) epoxiszukcinilpeptid inhibitorok

NH₂. Az első származék ráadásul szelektívnek is bizonyult, sem a μ-kalpaint sem a katepszin B-t nem gátolta.

Hogy jobban megértsük a gátló hatások közötti különbségeket molekula-modellezést végeztünk az egyik hatékony m-kalpain inhibitor (NH₂-Thr-Trp-Leu-(L-Eps)-Ser-Pro-Pro-Pro-Ser-NH₂) és annak kevésbé hatékony analógiájával NH₂-Thr-Trp-Leu-(D-Eps)-Ser-Pro-Pro-Pro-Ser-NH₂). A két inhibitor molekulát az m-kalpain [8] aktív centrumába illesztettük. Az L-Eps-csoportot tartalmazó vegyület legkedvezőbb illeszkedése az aktív centrumba a várt módon történt. Ezzel szemben a D-Eps-csoportot tartalmazó vegyület kedvezőbb illeszkedése a várt móddal ellentétben valósult meg.

Mind az azapeptidek, mind az epoxiszukcinil-peptidek nagy méretűek ahhoz, hogy a sejtek membránján szabadon átjussanak. Mivel receptorok sem állnak rendelkezésre, hogy rajtuk kereszt-

növekedett sejtbejutást mutatott a szabad inhibitor-molekulához képest. Az azapeptidek konjugátumainak sejtek általi felvétele azonos volt. Ezzel szemben a két vizsgált epoxiszukcinil-származék konjugátumának különböző mértékben jutott be a sejtekbe.

Munkánk eredményeként sikeresen előállítottunk reverzibilis és irreverzibilis kalpain-inhibitorokat, melyek között vannak izoforma- (m- vagy μ-kalpain) szelektív és kalpain-szelektivitást mutató molekulák is. A kapott inhibitorok szerkezet-hatás összefüggése azt mutatja, hogy sikeresen lehet módosítani peptid-szubsztrát molekulát azaminosavval vagy epoxiszukcinil-csoporttal annak érdekében, hogy inhibitor-molekulát kapjunk. Azonban a különböző típusú molekulacsaldák más-más összefüggést mutatott az egyes aminosavak szerepével kapcsolatban. Az általunk előállított hatásos és szelektivitást

MARTON GÉZA

Engem a fény, téged az árnyék irányít

Napórát bizonyára mindenki látott már házfalon, vagy egy parkban sétálva. Vajon eszünkbe jut ilyenkor, hogy milyen régi időkbe nyúlik vissza a történelmük? Bizony, a napóra az emberiség legrégebbi csillagászati eszköze, amelynek több ezer éves múltja van. Az ókortól napjainkig, a függőlegesen leszúrt bottól a „digitális kijelzőjű” napóráig, szinte mindenből készítettek napórát, ami képes árnyékot vetni. A napóra működésének alapelve azonban mit sem változott e hosszú időszak alatt.

Az idő fogalma az ősi kultúrákban leginkább a természetben tapasztalható ciklikus folyamatokkal párosult. Az emberek megfigyelték a nappalok és éjszakák változását, a Nap különböző helyzeteit a nap és az év során. Ezekből a megfigyelésekből következtek a szertartások, az évszakokénti mezőgazdasági munkák elvégzésének idejére. Az időt az 1800-as évekig főleg az égbolton tapasztalt mozgások megfigyelésével mérték. Ebben a fő szerepet a Nap mozgása jelentette.

A megfigyelések alapján már az írott történelem előtti időkben nyilvánvalóvá váltak a Nap járásának bizonyos törvényszerűségei. Reggel a keleti horizonton kel, délben eléri a napi pályájának legmagasabb pontját, míg este a nyugaton bukik a látóhatár alá. Magyarul a fő égtájak elnevezése is ezt tükrözi. Megfigyelték továbbá, hogy az év során a Nap égi útja hol alacsonyabban, hol pedig magasabban halad a horizont felett, miközben tapasztalták az évszakok változását is. Ezeket a megfigyeléseket a legegyszerűbben egy függőlegesen a földre szúrt pálca segítségével tudták megtenni. Ezt, az árnyék változásainak megfigyelésére szolgáló pálcát, a későbbiekben a görögök *gnómónnak* nevezték, aminek a jelentése az „idő ismerője”.

A Nap, a csillagok és a bolygók mozgásának pontos ismeretére bizonyították számos máig fennmaradt építmény, mint például az Amesbury közelében található stonehenge-i kökör az időszámítás előtti III. évezredből, vagy az irországi Newgrange földhalma, amelynek közepén lévő kamrából a téli napforduló idejét lehet pontosan kijelölni.



1. ábra. III. Thotmesz fáraó árnyékórája az i. e. XV. századból

Ekkortájt az egyiptomiak már a 365 napos évet használják. Az évezred közepén sorra építik piramisait. A IV. dinasztia 2. uralkodója, Kheopsz (Hufu) fáraó i. e. 2500 körül építteti a legnagyobb piramist Gíza mészkő platóján. A 146 m magas, 230 méter oldalhosszúságú gízási gúla pontosan a fő égtájaknak megfelelően van tájolva. A tavaszi és az őszi napéjegyenlőség idején a kelő Nap első sugarai súrolják a piramis déli és északi oldalát. A későbbi időkben ránk maradt írások és domborművek alapján ismert, hogy az építkezéseknél, az irányok kijelölésére használt

leszúrt pálca árnyékának végét megjelöljük a talajon, a délelőtt folyamán egy tetszőleges időpontban. Célyszerű 10–11 óra közötti időpontot választani, majd a gnómón és a jelölés távolságával kört rajzolunk a pálca köré. Figyeljük meg, ahogy az árnyék vége egyre közelebb kerül a talponthoz, és egy idő után lesz egy pillanat, amikor hosszabbodni kezd a pálca árnyéka. Most már a délutánban járunk, és csak azt a pontot kell megjelölnünk, ahol az árnyékvég újra eléri a körivet. A körre jelölt két pontot összekötő egyenesünk felezője és a gnómón talppontja között húzott egyenes pedig pontosan az észak-déli irányt, vagyis a hely meridiánját jelöli ki.



2. ábra. Középkori „eklézsiasztikus” napóra (Szentendre, Várdomb)

egyszerű módszert, amit manapság „indiai kör” néven emlegetnek, bárki otthon a kertben is elvégezheti. Egy függőlegesen

Az V. dinasztia fáraói, akik Ré napisten leszármazottainak vallották magukat, sírjaik szomszédságában szentélyt építettek atyjuk, Ré tiszteletére. Maga a kultusz helye hatalmas, fallal körülvett, kikövezett, nyitott udvar volt. Itt emelkedett csonka gúla alakú talpazaton a heliopoliszi napvallás szent szimbóluma: az obelisztkor, amely előtt napfelkeltekor a kultuszselekmények lezajlottak. Az obelisztek egyiptomi neve az „örökkévalónak lenni” jelentésű szóból ered, és emlékművet is jelent. A görög „obelisztk” szó, amelynek jelentése: „nyárs, szög, hegyes oszlop”, Hérodotosz nyomán terjedt el. A legkorábbi templomi obelisztk I. Szeszuzerté



3. ábra. Az Egri Liceum csillagásztoronyának meridiánvonala és a Nap által vetített fénypont

(i. e. 1958–1914), ami még eredeti helyén áll Heliopoliszban (Kairó).

Ludwig Borchardt (1863–1938) német építész-régész az 1907-ben általa alapított Német Ókori Egyiptomi Intézet igazgatójaként Tell el-Amarnában végzett ásatásokat. Itt tárta fel 1910-ben Thotmesz fáraó udvari szobrának műhelyét is. A leletek között volt egy III. Thotmesz nevével ellátott „L” alakú árnyékóra, vagy napóra, a legkorábbi tárgyi emlékünknél, amit az idő megfigyelésére használtak (1. ábra). Ezeket az árnyékórákat valószínűleg úgy alkalmazták, hogy egy függőön segítségével vízszintesen tartva követték a Nap járását, és így a gnómón tömb árnyéka mindig a skálával ellátott vízszintes lapra esett.

I. e. 2500 körül már Kínában is alkalmaztak napórát a csillagászok. Egy rudat szúrtak a földbe, és az árnyék hosszából becsülték meg a napi időt. A görögök ezt a módszert a babiloniaktól vették át i. e. 650 körül. Babilonban hét bolygóistenséget tiszteltek (Merkúr, Vénusz, Mars, Jupiter, Szaturnusz, Nap és Hold) és részükre áldoztak. Ezek égi útját jól ismerték, és ezért 7 napos a hét. Ők 2x1 részre osztják a napot, és a 60-ados törtrészek alkalmazása is máig ható hagyományuk.

A gnómón árnyéka akkor a legrövidebb, amikor a Nap délel. A gnómón és a déli árnyék arányából a görögök nemcsak a

napéjegyenlőségek és a téli meg a nyári napforduló napját tudták meghatározni, hanem az adott hely földrajzi szélességét is ezzel az aránnyal jegyezték. A gnómón szögből született meg a napóraszerkesztés tudománya, a *gnomonika*.

Marcus Vitruvius Pollio, Augustus császár építésze, „Tíz könyv az építészetéről” című munkájában 13 olyan napórátípust sorol fel, amelyeket görög matematikusok, csillagászok találtak ki az idő mérésére. Kószsziget káldeus csillagásza, Berosszosz, mezopotámiai előzményekre támaszkodva alkotta meg a kehely alakú napórát, az éggömb homorú félgömbbe való leképezését. Mivel a homorú gömb felületén az árnyék egyenletesen halad, egyszerű volt a szerkesztése és elkészítése.

E típus másik változata, a homorú negyed gömb belső felére szerkesztett óravonalakkal, az ókori mediterráneum legkedvel-

ségre szerkesztették eredetileg. A gazdag római polgárok a kertjükben helyezték el ilyen órákat. Azoknak, akik ezt nem engedhették meg maguknak, nyilvános helyeken, a fórumokon felállított napórák mutatták az időt.

Míg Babilonban napkeltével kezdték számolni az órákat, addig Rómában napnyugtától mérték a napi időt. Gyakran találkozhatunk még mostanában is olyan napórákkal, ahol a helyi időt jelző skála mellett a *babiloni* és az *italiai óráknak* megfelelő beosztás is látható. Ezek az óraszámplapokon az óravonalak számozása alapján tudjuk megállapítani, hogy melyik időre vonatkozik, az 1-től növekvő számok a babiloni, míg a 13-tól csökkenők az itáliai időt mutatják.

A középkori Európában az egyszerűen szerkesztett *ekleziasztikus* (egyházi, papi), vagyis az imaidőket és az azokat megfelelő időt jelző napórákat alkalmazták, vízszintesen beillesztett vasrúddal a templomok, kolostorok falán (2. ábra). Ezeknél a napóráknál az óraosztások egyenközűek, mert a kolostori idő szerint napkeltekor *prima*, délelőtt *tercia*, délben *szexta*, délután *nóna*, napnyugtakor pedig a *vesperás* ideje volt. Ennél az elrendezésnél télen jóval rövidebb idő alatt ért az egyik osztástól a következőig az árnyék, míg nyáron akár másfélszer annyira ideig is eltarthatott az árnyék útja.



4. ábra. Három számplap egy napórán (Budapest, III. kerület)

tebb napórafajtája volt. Az első pun háborúban, amikor a rómaiak elfoglalták a szicíliai Catania városát, egy ilyen *skapfos* (ejtsd: szkáfosz) napórát hadizsákmányként Rómába vittek, és ott felállították. Sokáig fel sem tűnt nekik, hogy az óra pontatlanul jár, mivel 4 fokkal délebbi széles-

Az arab világ matematikusai, csillagászai ezalatt az antik görög tudósok munkáit tanulmányozva, s továbbfejlesztve azokat, az időmérésre használt napórákat is pontosabb módszerekkel szerkesztették. A XIV–XV. században a napórákról és az antik görög napórákésztéséről sok ismer-

ret ezeken az arab munkákon keresztül jut vissza újra Európába. A napórákon megjelennek az égi pólusra, tulajdonképpen a Sarkcsillag irányába mutató árnyékvetők, amelyek a Föld forgástengelyével párhuzamos helyzetük miatt pontosabban és az év folyamán végig egyenletesen mérik az órákat.

A XIV. sz. elején jelennek meg az első mechanikus órák, ám még évszázadokon keresztül a napórákat használják a kerek órák pontos beállításához. 1830-ban Tittel Pál csillagász, aki akkor a „Magyar királyi universitáshoz tartozó szent Gellért hegyi tsillag őrtorony előjárója”, kiadja a „Rövid tudósítás a Buda-Pesti torony-órák regulázása végett adandó jelek idejéről 's módjáról” című könyvecskét. Egy erre a célra rendszeresített haranggal jelzik a csillagvizsgáló meridiánvonalán áthaladó fénypontot figyelve a delelés pillanatát (3. ábra). A könyv még tartalmaz négy táblázatot is, amelynek segítségével a század végéig korrigálni kell a Nap „egyenlőtlen” járásából adódó időkülönbséget, vagyis az időegyenlítés tized másodperc pontos adatait.

A vasúti közlekedés térhódítása következményeként szükségét érezték egy, az egész Földre érvényes időszámításnak, szemben a helyről helyre változó helyi idővel. 1884 októberében Washingtonban 25 állam diplomáciai és tudományos képviselőiből álló konferencia ült össze, és megállapodtak abban, hogy a greenwichi csillagvizsgáló meridiánműszerén keresztül haladó délkört véve alapul, 24 időzónára osztják fel a Földet. Egy-egy zónán belül ugyanazt az időt alkalmazzák, mint a zóna középvonalán mért helyi idő. Ezt az időmérést Európában 1890 júliusában vezetik be, Magyarországon Baross Gábor rendeletére 1891. október 1-jétől. Ettől fogva a napórák által mutatott időnél nemcsak az időegyenlítést, hanem a földrajzi hely hosszúsági korrekcióját is figyelembe kell venni ahhoz, hogy megkapjuk a zónaidőt.

Napjainkban a napórák időmérő szerepe egyre inkább háttérbe szorul. Sok épületen vagy kertekben mint dísz van jelen a napóra. Ennek ellenére a napórák nemcsak a régi korokat idéző hangulatukkal, hanem formai változatosságukkal is gyönyörködhetnek bennünket.

A napórák általános osztályozása a számlap irányának meghatározásával történik. A leginkább előforduló típusok a vízszintes (*horizontális*), az egyenlítői (*ekvatoriális*) és a függőleges (*vertikális*) számlapú napórák.

Természetesen sok más formájú napóra is létezik, mert az emberi találékonyság végtelen, és ahogy mondani szokták, csak a fantázia szab határt neki (4. ábra). A rögzített napórák mellett hordozható asztali, vagy zsebnapórákkal is találkozhatunk.

A napórák szerkesztésének kiindulópontja egy kör 24 részre osztása. Az egyenlítői napóra számlapját kaphatjuk meg ily módon. A megszerkesztett számlapot a kör középpontján merőlegesen áthaladó árnyékvetővel a földrajzi szélességnek megfelelő szögben kell a vízszinteshez képest dönteni. Ekkor a számlap síkja az egyenlítővel, míg az erre merőleges árnyékvető, a Föld forgástengelyével lesz párhuzamos. Természetesen a 15 fokoskénti egész órás beosztást tovább lehet osztani félóra, negyedóra és még kisebb időegységekre. Másfajta napórát eb-

a szélsők szürke mészkőből burkoltak. A terem padlójába süllyesztett délvonalat behajtható fatáblák védik használaton kívül. A helyi delelés előtti időszakban a napfény a terembe süt, és nyugaton, a padlón 3–4 cm átmérőjű napkép jelenik meg. Ez 3 cm/perc sebességgel vonul keleti irányba, és jól megfigyelhető, ahogy metszi a délvonalat. A mérés pontosságát fokozta, hogy a márványsáv felett súllyal kifeszített selyemzsinór húzódott, amelynek pontosságát az északi falra szerelt csavarral finomítani is lehetett. A napkorong és a zsinór érintkezése jól megfigyelhető volt, és így a napórai dél idejét 1 másodperces pontossággal meghatároz-



5. ábra. Ólomüveg számlapos napóra (Kiskunfélegyháza)

ből a szerkesztésből vetítéses módszerrel kaphatunk. Ma, amikor az internet már mindenki zsebében ott lapul, sok olyan program létezik, amelyik nagyban megkönnyíti a saját napóránk megtervezését, szerkesztését.

Az Egri Líceum 53 m magas „Specula” csillagvizsgáló tornyában, a hatodik emeleten van a nyugati észlelőterem, amelyben a napóráként működő márvány délvonal (Linea Meridionalis) található. A napfény a déli falon 5 m magasban egy rézlapon lévő kis lyukon át jut a terembe. A terem padlóján a vízszintesen épített délvonal észak-déli irányban átlósan húzódik. A meridián sáv 30,5 cm széles, 15 m hosszú, és három hosszanti csíkból áll. A középső carrarai fehér márványból,

hették. Mivel a december-januári hónapokban a Nap alacsonyán delel, a napsugarak a terem északi falára is felfutottak. Ezért van a délvonalnak egy 1,8 m magas függőleges szakasza is. Ezt barokkos díszítéssel zárták le. A délvonalat, Esterházy Károly egri püspök megrendelésére, Hell Miksa csillagász tervezte. 1773-ban az építkezés közben már kijelölte a lyuk kivésésének a helyét, majd 1776. máj. 19-én személyesen tűzte ki a délvonal pontos helyét és irányát (3. ábra).

Különleges megoldású a Kecskeméti Planetárium henger alakú épületére készített napóra. Egy henger palástján a fény és az árnyék találkozása nem egy jól meghatározható vonal, hanem fokozatos az átmenet. Azt tudjuk, hogy a Föld

24 óra alatt fordul körbe a saját tengelye körül. A teljes fordulat 360° , tehát egy óra alatt 15° az elmozdulás. A hengerpaláston is ennyit mozdul el a fény-árnyék határa. A homlokzaton soronként 5×24 darab síkklap fut körbe, egymáshoz viszonyítva $1-15$ fokkal elfordítva, és így sokkal egyértelműbben jelenik meg a határ a fény és az árnyék között. A sorok negyedlapnyira fordulnak el egymáshoz viszonyítva, hogy a negyed-, a fél- és a háromnegyed órát is le tudjuk olvasni. A két szélesebb szélső lapsoron különböző földrajzi helyek neveit olvashatjuk. Amikor az árnyék átfordul az egyik lapról a másikra, az adott helyen akkor delel a Nap, ily módon világóráként is működik a világ legnagyobb hengernapórája.

Kiskunfélegyházán található hazánk első ólomüveg számlapú napórája. Ez a napóra attól is egyedi, hogy a számlap síkja északi irányban 15° -ot lejt, ily módon egész évben éri napfény. A Móra Ferenc Gimnázium Kossuth Lajos utcai kerítésének sarokoszlopára $3,5$ méter magasan telepített napórát a szemlélő a számlap alsó feléről látja, miközben az árnyékvető árnyéka a felső, északi oldalra esik. Az ólomüveg számlap szépen kivitelezett kovacsoltvas tartószerkezetbe van rögzítve (5. ábra).

A XV. századtól kezdve Nyugat-Európában, főleg Britannia területén a főúri kastélyok parkjában megjelennek a többoldalú napórák. A díszes talapzatra helyezett mértani testek minden oldalára szerkesztettek napórát. Magyarországon is léteznek ilyen jellegű órák, amelyek közül az egyik legmutatósabb a Csákvári Tüdőszanatórium, a volt Eszterházy-kastély parkjában van. A nagyméretű kőamfora talapzatán három égtáj felé tájolt, függőleges számlap látható. A keleti és a nyugati oldali 3° -kal déli irányba fordul, hogy a delelő Nap által vetett árnyék is a számlapra essen. A II. világháborúban nagy károkat szenvedett napórát Bartha Lajos amatőr csillagász tervei alapján felújították, és jelenleg a számlapok a helyi idővel együtt a nyári időszámítás szerinti időt is mutatják.

A modern kor eszközei, új technológiai a napórák formavilágában is megjelennek. A reflexiós vagy tükrös napórák egy kis tükrölap segítségével a Nap képét tükrözik a számlap felületére, és így a fénypont vonulása jelzi az időt. Elegáns megoldású ez a napóra ebben a kategóriában, ahol a tartórúd végén vízszintesen rögzített tükrö a felette elhelyezett műanyag gömbhéjra vetíti a fényt. A plexi felületére gravírozott térképről az aktuális idő mellett megfigyelhető az is, hogy a Föld mely pontja felett „áll” merőlegesen, vagyis delel éppen a Nap (6. ábra).

A korábban már említett hordozható napórákat akár zsebre is lehetett tenni, hogy az utazó bárhol megnézhesse az időt. A gyűrűs napórák egyik fajtája az univerzális gyűrűs napóra, aminek az az előnye, hogy az aktuális földrajzi helynek megfelelően be lehet állítani rajta a földrajzi szélességet és a dátumot. Ezáltal minden helyen pontosan leolvasható róla a helyi idő. Az egymásban elfordítható két gyűrű közül a külsőn, a felfüg-

helyi Sándor rendezte kötetbe „Magyarország napórái” címen, a Magyar Csillagászati Egyesület kiadásában. A könyv 405 hazai napóra ismertetését tartalmazza. Az azóta eltelt időben az itthoni napórákésztés újra virágkorát éli. Jelenleg valamivel több, mint 600 hazai napóráról tudunk, és róluk az összes információ, sok-sok szép fényképpel kiegészítve minden érdeklődő számára elérhető a manapka.mcse.hu internetes oldalon.



6. ábra. Tükrös napóra a modern idők technológiájával

gesztésnél található a szélességi fokok beosztása, néhány európai város szélességi koordinátájával. A 90° -kal elfordítható másik gyűrű belső peremén jelent meg a fénypont, hogy az oldalt levő osztás alapján olvashassuk le az időt. A közepén levő, a dátumnak megfelelő pozícióba csúsztatható lemezen fűrt kis lyukon süttött át a napfény. Igen nagy előnye volt még, hogy nem kellett hozzá iránytűt az északi irány meghatározásához, elég volt a Nap irányába fordítani.

Földünk számos országában működnek a napórák múltjával, felkutatásával és készítésével foglalkozó egyesületek. Sok helyen az adott ország napóráinak adatait és fényképeit katalógusba gyűjtötték. Angliában, Németországban és Ausztriában több ezer napóra adatait adták ki könyv alakban. Hazánk ilyen jellegű napóragyűjteményét 1998 -ban Keszthelyi Sándor rendezte kötetbe „Magyarország napórái” címen, a Magyar Csillagászati Egyesület kiadásában. A könyv 405 hazai napóra ismertetését tartalmazza. Az azóta eltelt időben az itthoni napórákésztés újra virágkorát éli. Jelenleg valamivel több, mint 600 hazai napóráról tudunk, és róluk az összes információ, sok-sok szép fényképpel kiegészítve minden érdeklődő számára elérhető a manapka.mcse.hu internetes oldalon.

A napórák világa csodálatos és érdekes. Nagyon sok izgalmas felfedeznivaló létezik még, amit ebben a cikkben nem volt módomban említeni. Remélem, hogy a *fény nemzetközi éve* alkalmából megszületett áttekintés kellően felcsigázta érdeklődésüket, hogy még több információt szerezzenek be a napórákról és utazásaik során, amikor megállnak egy napóra előtt, már régi ismerősként gyönyörködjenek benne.

Irodalom

- Keszthelyi Sándor: *Magyarország napórái*. Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest, 1998.
 Kristen Lippincott: *Az idő története*. Perfekt, Gazdasági Tanácsadó, Oktató és Kiadó Rt., 2002.
 Molnár János: *A napórákról*. Kairosz Kiadó, 2012.

A NEKTÁR FOGLYAI

A Newcastle Egyetem és a Trinity College (Dublin) kutatói felfedezték, hogy a méhek a peszticid tartalmú nektárhoz vonzódnak, ezért több peszticid jut a szervezetükbe. Korábbi tanulmányok során bebizonyosodott, hogy ez befolyásolhatja a méhek életképességét. Úgy vélték, hogy a poszméhek és a háziméhek nem érzékelik a három leggyakrabban használt neonicotinoid peszticidet és így nem is tudják elkerülni ezeket. Valójában inkább előnyben részesítik a növényvédőszer-tartalmú táplálékot. Amikor a méhek választhattak a cukoroldat és a neonicotinoid tartalmú cukoroldat között, ez utóbbit részesítették előnyben. A laboratóriumban az is bebizonyosodott, hogy a poszméhek a háziméhekénél többet fogyasztottak a peszticid tartalmú élelemből, így magasabb dózist kaptak a toxintól.

A beporzást végző rovarok igen fontosak az egyre magasabb terméshozam eléréséhez. A beporzás során a nektárból és a virágporból kapják a növényvédő szert. Számátalan, egymással ellentétes tanulmány foglalkozott a neonicotinoidok negatív hatásával a méhek mézgyűjtögetésére és rátermettségre. A neonicotinoidok ugyanazokra az agyi mechanizmusokra hatnak a méhekben, mint a nikotin az emberben. Az a tény, hogy a méhek előnyben részesítik a neonicotinoid tartalmú táplálékot, arra utalhat, hogy a nikotinhoz hasonlóan ez a vegyület is drogként viselkedik. Ez negatív hatással lehet a teljes méhcsaládokra és populációkra. A méhek a mezőgazdasági területeken még akkor is a neonicotinoiddal fertőzött táplálékot fogják fogyasztani, ha alternatív forrás van a számukra. Mivel a növényvédő szerek a környező vadon termő növényeket is elérik, a méhek peszticidterhelése sokkal súlyosabb is lehet.

(*sciencedaily.com*, 2015. április 23.)

HALAK INTERSZEXUALITÁSA

A II. típusú cukorbetegségre szedett gyógyszer, melyet ma már az édesvizekben az egész világon megtalálhatunk, a halakban interszexualitást okoz, a hím halak petesejtet termelnek. Rebecca Klaper a Wisconsini Egyetem munkatársa egy tanulmányában megállapította, hogy a cukorbetegségben alkalmazott gyógyszer, a metformin, olyan dózisban, ami a kifolyó szennyvízben is megtalálható, a hím halakban testi változást hoz létre. A metforminnak kitett halak testmérete is kisebb. Az interszexuális állapotú halak különösen gyakoriak a szennyvízkezelő üzem alatti folyószakaszon.

A fogamzásgátló tablettákból származó hormonok hatását sok tanulmányban vizsgálták. Klaper tanulmánya kezdetben meglepetést okozott, mivel a metformin nem hormon,

és a vércukor szabályozásában játszik szerepet. A policisztás ovárium szindrómában, azaz egy hormonális betegségben szenvedő nőknek is felírják. A laboratóriumi vizsgálatok azt mutatták, hogy a metformin összezavarhatja a szervezet bonyolult hormonális rendszerét, gátolhatja a normális folyamatokat többek között a szaporodást. Ezt a vegyületet majdnem minden vízmintában kimutatták. A Michigan-tóból vett mintákban találták a legmagasabb koncentrációt. Mivel a mintákban ennyire gyakran fordult elő ez a vegyület, tanulmányozni kezdték a környezeti hatását. Egy korábbi vizsgálat során kifejtett halakat kezeltek metforminnal, és bár nem találtak testi változást, hímekben és nőtényekben egyaránt a petesejt termeléséért felelős hormonok génjeinek kifejeződését figyelték meg. Ez az endokrin rendszer zavarára utalt. Most a kutatók olyan halakat monitoroztak, amelyeknek folyamatosan adagolták a metformint a megszületésüktől felnőtt korukig. A következő lépés a genomon létrejövő változások, és a halak életének különböző pontjain az anyagcsere utak pontos vizsgálata lesz.

(*sciencedaily.com*, 2015. április 24.)

CSONTEVŐ FÉRGEK A PALEONTOLOGUSOK ELLEN

A legújabb kutatások szerint az apró mélytengeri csontevő férgek már a mezozoikum óta akadályozzák a tengeri gerinces állatok csontjainak fosszilizációját. A ma is élő *Osedax* nemzetségbe tartozó férgeket 2002-ben fedezte fel a kaliforniai partok előtt egy mélytengeri robot. A 4 kilométer mélységig előforduló állatok napjainkban a tengerfenékre süllyedt bálnatetemekből táplálkoznak. Az ujjnyi hosszúságú férgeknek azonban nincs szájuk, hanem gyökérszerű nyúlványokkal fúrják be magukat a csontokba. Maguk a férgek természetesen nem fosszilizálódnak, a csontba mélyített járataik viszont a fosszilis csontokon is jól láthatók.

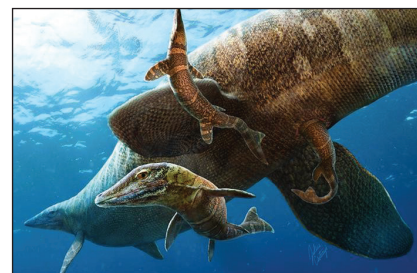
A korábbi adatok alapján úgy tűnt, hogy az *Osedax* férgek a bálnákkal együtt fejlődhetek ki. Most azonban kiderült, hogy már 100 millió évvel ezelőtt, a plesiosaurusok idején is jelen voltak a tengerekben. A jellegzetes nyomaikat ugyanis megtalálták a Sedgwick Múzeum gyűjteményében a plesiosaurusok csontjain csakúgy, mint a később élt tengeri teknősök bordáin és páncélján is. A Plymouth Egyetem kutatói komputer tomográfus vizsgálatok segítségével, háromdimenziós rekonstrukciókkal zárták ki a tévedés lehetőségét. A 100 millió éves járatok tökéletes egyezést mutatnak a mai bálnacsontokban előforduló nyomokkal. Úgy tűnik, hogy amikor a kréta végi kihalás idején (66 millió évvel ezelőtt) eltűntek a tengeri óshüllők, akkor a férgek egy ideig a hatal-

mas tengeri teknősök tetemeire fanyalodtak, míg aztán 20 millió évvel később meg nem jelentek a bálnák.

(*Biology Letters*, 2015. április)

ÚJ ELKÉPZELÉS A MOSASAURUSOK SZÜLETÉSÉRŐL

A paleontológusok új foratókönyvet állítottak fel a hatalmas termetű, kihalt tengeri óshüllők, a mosasaurusok születéséről. A Peabody Múzeum gyűjteményében vizsgált példányok arra utalnak, hogy a 15 m hosszúságot is elérő óriásgyíkok nem a part közelében, hanem a nyílt óceánon hozták világra kicsinyeiket. A Yale Egyetem és a Toronto Egyetem kutatói régóta megválaszolatlan kérdéseket feszegettek a dinoszauruszok korában élt tengeri csúcragadozókról. A mosasaurusok a legtöbb vízben jelen voltak a kréta végi kihalásuk előtt, és a leginkább tanulmányozott csoportok közé tartoznak, ám



a születésükről és a bébi mosasaurusok ökológiájáról máig keveset lehet tudni. A kutatók az eddig ismert legfiatalabb mosasaurust fedezték fel a múzeumban. A több mint 100 évvel ezelőtt gyűjtött példányokról korábban azt gondolták, hogy egykori tengeri madarak megkövült maradványai. Az állkapocs és a fogak azonban egyértelműen igazolták, hogy nagyon fiatal mosasaurusról van szó. A vizsgált példányokat bezáró nyílttengeri üledék azonban gyökeresen ellentmond a klasszikus elméletnek, mely szerint a mosasaurusok a partok mentén születtek, és a fiatalok a partközeli, védett „óvodákban” éltek.

(*Palaeontology*, 2015. április 10.)

ANYAG SZÍNÁLTÓZÁSA HAJLÍTÁSRA

Létezik olyan fólia, amely hajlításra változtatja színét: amerikai kutatók fejlesztettek ki olyan anyagot, amely ha megfeszül, megváltozik a színe. Mindezt nem festékanyag segítségével tették lehetővé, hanem oly módon, hogy a fény az anyagba rejtett rendkívüli finomságú barázdákon lerakódik.

Connie Chang-Hasnain vezetésével Kaliforniában a Berkeley Egyetem kutatói által az anyagban alkalmazott elv tulajdonképpen már régóta ismert: az olajcsepp egy pocso-

lyán minden színben ragyog, mivel a lehetővékony olajrétegben a visszavert fényhullámok lerakódnak. Az ennek során láthatóvá váló színek az úgynevezett szerkezetszínek, melyek színüket nem színező festékanyagoknak köszönhetik, hanem a fénytörésnek, az elektromágneses hullámok visszaverődésének és lerakódásának. Ezen az elven alapul például a pillangószárnyak színjátéka, vagy a pávák tollainak különböző színeiben való ragyogása.

A szerkezetszínek célzott létrehozásának nehézségét az okozza, hogy a felületi szerkezetek, melyeket ehhez létre kell hozni, annyira apró méretűek. Az amerikai kutatók által kifejlesztett anyag esetében a nehézséget a nagyfínomságú barázdák létrehozása jelentette, melyet lehetővékony szilíciumból álló felületre karcoltak. A barázdák egymástól való távolságának és mélységének nagyságrendje az emberi hajszál átmérőjének ezred részéhez hasonlítható. A kutatóknak sikerült az anyagba a barázdaminót annyira pontosan belekarcolniuk, hogy ezzel célzottan a visszavert fény színét meg tudták határozni. A szilíciumcsíkokat rugalmas anyagból álló rétegbe helyezték. Ha ezt az anyagot meghajlítják, megváltozik egyrészt a barázdák egymástól való távolsága, ezzel pedig a visszavert fény színe.

Ez az első rugalmas, a kaméleon bőréhez hasonlítható anyag, mely színét egyszerűen hajlítással változtatja. A rendkívül aprólékos feldolgozásnak köszönhetően a kutatók a tulajdonságokat annyira pontosan meg tudják határozni, hogy a beeső fény akár 83%-a is visszaverődik. Ily módon a zöldtől a sárgán át egészen a narancssárgáig és pirosig terjedő ragyogó színek állíthatók elő. A jövő tevei között szerepel a főlíák színskálájának kék színre való bővítése. A kutatók most azon dolgoznak, hogy összességében növeljék a főlíák nagyságát, azért, hogy a potenciális alkalmazási lehetőségek száma növekedjen. Lehetséges alkalmazási területek a képnyomók vagy érzékelők lehetnének, melyekkel a felületek legcsekélyebb változásai rögzíthetők lennének.

(www.farbimpulse.de, 2015. április 1.)

EGY MEGKERÜLT VULKÁN

Némely vulkán két kitérése között több tízezer év is eltelhet. Ha a vulkán olyan vidéken van, ahol sok az eső, dús a növényzet és a környezete is ritkán lakott, erősen lepusztulhat, sőt el is tűnhet a szem elől, ha semmiféle életjelenséget, vagy vulkáni utóműködés jeleit nem mutatja. Egyszer csak azonban, mintegy véletlenül, előkerül. Ez történt nemrég Kolumbiában, az ország nyugati felében levő Caldas tartományban, ahol a geológiai szolgálat munkatársai felfigyeltek egy dombsorra. A tüzetesebb vizsgálatok során kimutatták, hogy egy vulkán ma-

radványait találták meg, mely – egyelőre – az El Escondido (rejtett) nevet kapta. Maga a képződmény egy kb. 2 km átmérőjű, vulkáni törmelékből álló gyűrű, a kráterben pedig lávadómok maradványai látszanak. A vulkáni működés történetéről egyelőre nagyon keveset tudnak, de a kráter közelében legalább egy törmelékszórásra utaló felhalmozódást már találtak. Azt sem tudják, mikor történt ki utójára (becslés szerint úgy 30 ezer éve), viszont utóvulkáni működésre utaló melegforrások vannak a környéken. Ez azt jelzi, hogy a lehűlő magmakamrából származó hő még eléri a felszínt. Az El Escondido sokban hasonlít egy másik, közép-kolumbiái vulkánhoz, a Machínhoz. Ezek a hegyek nagyon távol állnak a klasszikus, tankönyvbe kívánczó szép, kúp alakú vulkánoktól. A lávadóm-komplexumok egy másik szép példája a chilei Chaitén, mely több ezer éves nyugalom után 2008-ban éledt újjá. Előzőleg olyannyira nem vették komolyan, hogy egyáltalán nem is figyelték műszerekkel. Utólag derült ki, hogy több robbanásos kitérése is volt az elmúlt néhány ezer évben.

(www.wired.com 2015. február 24.)

ŐSLAKOSOK AZ ÓRIÁSTÁVCSÓ ELLEN

Új óriástávcső építését tervezik Hawaii Nagy-szigetén, a Mauna Kea vulkán 4200 méter magas csúcán. A 2020-as évek elejére elkészülő Harminc Méteres Teleszkóp (TMT) a jelenlegi rekordernél, a Keck-teleszkópnál is sokkal nagyobb lesz, és forradalmasíthatja az exobolygó-kutatást. Ha tényleg elkészül. Hawaii őslakosok ugyanis tiltakoznak a megépítése ellen, mivel a vulkán számukra szent hely. Annak idején a Keck megépítése ellen is tiltakoztak, de az nem kapott különösebb visszhangot. A csillagászok egy része komolyan veszi az őslakosok érveit, kemény tárgyalásokra készül-



nek. Habár többen is azzal érvelnek, hogy a leendő teleszkóp helyén nincs régészeti lelőhely, sem szertartáshely, sőt magáról a szent helyről nem is látszik a teleszkóp. A tiltakozások ellenére elég valószínű, hogy végül nem építik meg a több mint egymilliárd dolláros költségvetésű csillagvizsgálót.

([New Scientist](http://NewScientist), 2015. április 10.)

SZALMONELLA A RÁK ELLEN

Bár a daganatos megbetegedések kezelésében nagy előrelépések történtek, a rák a nyugati világban még mindig a második leggyakoribb halálozási ok. Ennek megfelelően folyamatosan kutatják a lehetséges kezelési módokat. A braunschweigi Helmholtz Központ kutatóinak Siegfried Weiß által vezetett vizsgálatait baktériumközvetítésű daganatkezelésnek nevezik. Kutatásuk alapelve: vénába fecskendezve a szalmonellabaktériumok a szervezetben spontán, a rákos sejtek ellen irányuló immunreakciót váltanak ki.

Az immunreakció során az immunrendszer sejtjei hívívó anyagok kibocsátásával riasztják a szervezetet, amely eredményeként az megszakítja a daganat oxigénellátását. Ezen kívül a daganatot ellepik a baktériumok. A kezelés eredményeként a daganat eregekben teljesen visszafejlődött. Nagy problémát okoz ugyanakkor, hogy az agresszív szalmonella baktériumok gyakran több kárt okoznak a kísérleti állatokban, mint a daganat maga. Nem szabad ugyanis elfelejteni, hogy kórokozókkal van dolgunk.

A kutatók rájöttek, hogy az immunrendszer reakciója a szalmonella baktérium egy felületi elemétől, az úgynevezett lipopolysacharidtól (LPS) függ. Ez a hosszúláncú molekula felelős egyrészt a szalmonella veszélyességéért, másrészt a szalmonellák immunrendszerrel szembeni ellenálló képességéért. Mit lehet tenni, ha az immunsejtek ugyan bekebelezik a szalmonellákat, a megsemmisítéstől mégis megmenekülnek, így akár a sejtekben belül még szaporodásra is képesek, tehát a fertőzés terjed.

Először ezért „ivartalanított” szalmonellák daganatokkal szembeni hatékonyságát vizsgálták. A kezelést génmódosított szalmonellákkal ismételték meg, melyek LPS-láncait mesterségesen megrövidítették. Kimutatták, hogy a legyengített baktériumok a hatékonyságukat is elveszítették a daganatokkal szemben. Ez adta azt az ötletet, hogy a bakteriális agresszivitást távolról vezéreljék. Ehhez a szalmonellákat úgy változtatták meg, hogy csak speciális tápoldatban legyenek képesek agresszív gyilkosokká átalakulni. Mihelyt azonban befecskendezésre kerülnek és nem áll rendelkezésükre a speciális tápoldat, néhány órán belül ártalmatlan változatokká alakulnak át.

A folyamat különlegessége, hogy az immunrendszer ugyan először erőteljesen reagál, ám ezt követően a baktériumokat sikeresen eltávolítja. A baktériumok bejutnak ugyan a daganatba, tehát a daganatellenes hatás ennek az eljárásnak az alkalmazásánál megmarad. Ugyanakkor mivel a szalmonellák küldetésük teljesítését követően agresszivitásukat elveszítik, csupán csekély komplikációval kell számolni.

(www.wissenschaft.de 2015. április 20.)

Többszörösen is határmezsgyén

FÜZI PÉTER

A Dialógus Konferenciát¹ lassan több, mint egy éve kezdtük szervezni. A célkitűzéseinket a legegyszerűbben úgy lehet összefoglalni, hogy a bölcsészettudományok mai szerepét és helyzetét akartuk minden lehetséges oldalról körüljárni. Ez már önmagán is túlmutat a humántudományokon, hiszen nemcsak az érdekelt minket, szervezőket, hogy mit tud mondani a bölcsészettudomány saját magáról, hanem hogy a természettudományok hogyan látják, ha látják egyáltalán, a bölcsészettudományokat ma.

Ám még ez is leszűkíti az eredeti elképzelések leírását. A tudományok világán kívül, a munkaerőpiacon és mindennapi életben is artikulálódnak valamiképp a bölcsészettudományok, és ez legalább annyira fontos a mindenkori helyzet szempontjából, mint a korábbi kérdések.

Természetesen voltak bennünk félszek. Ezek akkortájt kezdtek elmúlni, mikor a konferencia-kiírás után egy-két héttel a bölcsészek mellett már matematikusok, orvosok is jelentkeztek; komoly szakemberek sétáltak be a tanszéki titkárságra, hogy másnap már kész rezümét küldjenek. Egyre több ilyenfajta visszajelzés után már kezdett látszódni, hogy másokat is érdekelnek ezek a kérdések, ráadásul ezeket nemcsak a mi irányunkból teszik fel, hanem sikerült egy általánosan jelenlévő tendenciára rátápnunk.

Ma már, több mint egy hónappal az esemény után, kijelenthető, hogy a konferencia talán legjobban sikerült része a természettudományok és a bölcsészettudományok kapcsolatát tagláló szekció volt. A szekción belül két blokknak tudtunk helyett szorítani: míg az első a matematikával és a fizikával, valamint a mérnöki tudományokkal való összecsengésekkel foglalkozott, addig a második az orvostudományok, valamint, tágabban érte, az emberi egészség humántudományi diskurzusait vizsgálta meg. Természetesen a természettudományok nem csupán ezekben a blokkokban jelentek meg, ám itt szerepeltek a leghangsúlyosabban. A konferencia egyik legfontosabb tanulsága épp az volt, hogy az egyes tudományterületek- és ágak közel sem különülnek el olyan élesen egymástól, mint a közvélekedés tartja. Megvan a jellemző kérdéskörük, és az a mód, ahogy ezekkel a kérdésekkel foglalkoznak, ám hozzá tudnak szólni egymás témáihoz, az egyes tudományágak közti kapcsolatokról pedig érdekes vitát tudnak kezdeményezni.

¹ (Dialógus konferencia, 2015. március 13–14., Eötvös Loránd Tudományegyetem, Bölcsészettudományi Kari Tanácssterem)

Nem csak a bölcsészettudományok felől érkeztek a kérdések, előadások. Am rendkívül érdekesek voltak azok az előadások, melyek során egy hangsúlyozottan természettudományos közegből érkező, egy klaszszikus a bölcsészettudományokra tartozó kérdést vizsgált meg. Lénárt István előadása, melyben Shakespeare egy jelenetét, nevezetesen az *Otello*, a *velencei mór* első felvonásának végét vette tüzetesen szemügyre. Bemutatta, hogyan írja le az irodalom és a matematika gyakran ugyanazt a világképet, hogyan jeleníti meg egy képlet ugyanazt, amit egy irodalmi alkotás is hivatott, hogyan írja le a tranzitivitás fogalma az apja és férje között vívódó lány küzdelmét.

Ehhez az előadáshoz remekül igazodott Gosztonyi Katalin előadása, mely Péter Rózsa mára már csaknem elfeledett matematika-tankönyvét, a *Játék a végtelennel* című



Lénárt István az irodalom és a matematika világképének találkozásáról beszél (Horváth Bianka felvétele)

művét mutatta be. Ha az előző előadás egy szokatlanul ható szempontot próbált bemutatni, most ehhez a szemponthoz kaptunk egy példatárat. Péter Rózsa könyve ugyanis is képletek, sőt számok nélkül próbálja meg bemutatni a matematikát, szövegesen illusztrálva az egyes problémákat, illetve a könyvet vendégszövegekkel, idézetekkel nemcsak egy matematikai, hanem egy irodalmi hagyomány letéteményesének is beállította.

Míg ezek az előadások alapvetően azaz foglalkoztak, hogy a matematika mit tud kezdeni egy irodalmi szöveggel, addig Balogh Gergő előadásából az irodalom és a nyelvtan egy lehetséges, a fizikához vezető útja körvonalazódott. Heisenberg *Nyelv és valóság a modern fizikában* című művén keresztül mutatta be, hogy a nyelvtan hogyan

válík képtelenné annak leírására, amivel a fizika akkoriban szembenézett, és hogyan fullad ez kudarcba – átadva a nyelv helyét a képleteknek és egyenleteknek.

Hasonlóan érdekes kérdések vetődtek Marjai Kamill előadása nyomán. Pszichológusként vizsgálni egy regény szövegét, jelesül *A halál kilovagolt Perzsiából* című Hajnóczy-regényt, sokkal megszokottabb jelenség, mintha mindezt egy matematikus teszi. Ám érdekes volt látni, hogy a szöveg esztétikai dimenzióin túl, milyen „példatár” található. Annak eldöntése, hogy a szöveg vizsgálata melyik megközelítésből eredményesebb, áldásosabb koronként és tudományágakként változik.

Ám az orvostudomány és a bölcsészettudomány másik szoros kapcsolódási pontját tárta fel Barcsi Tamás előadása. Az ismert vicc szerint az orvostudomány megmondja, hogyan klónozz, a bölcsészeti- és társadalomtudományok pedig megmondják, miért ne tedd. A humán biotechnológia művészeti és morálfilozófiai vonatkozásairól című előadás átfogó képet adott a biotechnológia jelenlegi állásáról, és az ezt tagláló filozófiai iskolákról és művészeti, főként filmművészeti alkotásokról is. Az előadás mindezt egybevonva rendkívül tanulságos, ugyanakkor félelmetes képet rajzolt mindarról, amiről a tudomány még ma is csak álmodozik, és felhívta a figyelmet arra, hogy miért kell a bölcsészettudományoknak néha tilalomfának lennie, és miért is van joga beleszólni a természettudományok magánügyeibe.

A történettudományok és a mérnöki tudományok összefüggése, különösen a régészet területén, ma már egyre nyilvánvalóbb, sőt a régésztudományok átértékelődéséről is beszélhetünk már, ahogy arról Haramza Márk előadása során is megbizonyosodhattunk. Kutatása során a múlt technológiájának rekonstruálásával adott válaszokat olyan kérdésekre, mint például a damaszkuszi acél legendája.

Összegzésként kijelenthetjük, hogy nem a szkeptikusok által várt eredménytel végződött a konferencia, ám azt sem lehet kijelenteni, hogy minden tekintetben sikeresnek mondhatnánk. Nem lehet sikeres akkor, ha egyszeri alkalom volt. Ám reméljük, hogy a konferencián elhangzott előadások mennyisége és minősége inspirálóan hat más, hasonló szellemiségű és tárgyú konferenciák megszervezésére, valamint hogy mások is rákérdeznek a hagyományos bölcsészeti- és természettudomány szembehelyezkedésére. Δ

Hogyan született a nagy számok első törvénye?

SIMONOVITS ANDRÁS

A köznapokban akkor beszélünk a nagy számok törvényének érvényesüléséről, ha a véletlen jelenségek ingadozása hosszú távon szabályos. Például ha egy szabályos pénzérmét egymás után százszor feldobunk, akkor körülbelül 50–50 esetben kapunk fejt vagy írást. A matematikusok a nagy számok törvényének számos alakját különböztetik meg, de az első ilyen törvény Jakob Bernoulli (1654–1705) svájci matematikustól származik.¹ Ebben az írásban e matematikai törvényhez vezető utat járjuk be Stephen Stiegler (2014) kiváló írását követve. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy az angol nyelvű wikipedia kiváló kiegészítést ad Jakob Bernoulli életrajza alatt. A cikk szerkezete a következő: 1. Először áttekintjük a valószínűség fogalmának születését. 2. Vázoljuk Bernoulli alapvető eredményét, majd 3. felsorolunk néhány későbbi fejleményt.

1. A valószínűség fogalmának születése

Életünk szerves része a véletlen: halljuk a rádióban, hogy ma 20%-os valószínűséggel lesz eső; olvassuk a világhálón, hogy hazánkban az újszülöttek 51,4%-a fiú stb. A szerencsejátékosok már 4000 év óta kihasználják azt a fizikai tény, hogy a hatoldalú szabályos test (a kocka) $1/6$ valószínűséggel esik bármelyik oldalára. Már a mezopotámiai játékkészítők is a ma ismert piktoqramokkal jelölték a kocka hat oldalát, és követők már 2700 év óta úgy számozzák az oldalakat, hogy a szemköztiék összege 7 legyen. (Ezáltal csökken a család lehetősége!) János evangéliuma szerint a római katonák is kockáztak, így sorsolták ki Jézus köpenyét. Ugyanakkor a matematikusok sokáig ügyet sem vetettek a véletlenhez kapcsolódó kérdésekre.

Talán az első matematikus, aki a valószínűség-számításról tudományosan írt, a po-

lihisztor Girolamo Cardano² (1501–1576) volt. Ismerte az elemi kombinatorikát, és sok érdekes elemi valószínűség-számítási feladatot oldott meg. A közkeletű definícióból indult ki: ha sikerül egyenlő valószínűségű alapeseményekre osztani az eseményt, akkor egy összetett esemény (a kedvező alapesemények) valószínűsége a kedvező esetek számának és az összes eset számának a hányadosa. De Cardanonak nem volt biztos módszere arra, hogy valóban egyenlő valószínűségeik legyenek az alapesemények.

A nehézség érzékeltetésére vegyük a leg-egyszerűbb példát: két egyforma érmét egyszerre feldobva, logikailag négy elemi esemény különböztethető meg: FF, FI, IF és II, de az FI és az IF a valóságban egymástól megkülönböztethetetlen. Az FI+IF együttes esemény természetesen megfigyelhető, és kétszer gyakrabban fordul elő, mint a szintén megfigyelhető FF vagy II. (Tréfás példa a különböző valószínűségű események valószínűségének hamis egyenlősítésére: mi a valószínűsége annak, hogy a Rákóczi úton egy vizilóval találkozol? Válasz: 50%, mert vagy találkozol vele, vagy nem.)

A valószínűség-számítás fejlesztésében a következő nagy lépést Pierre Fermat³ (1601–1665) és Blaise Pascal⁴ (1622–1662) együtt tették meg, amikor 1654-ben egymástól függetlenül és közvetett levelezésben megoldották a de Méré lovagtól származó nevezetes feladatot. (Rényi (1967) művészileg rekonstruálja és kiegészíti e páratlan levelezést.) Két játékos egy játékbarlangban az ismételt fej-vagy-írás szerencsejátéknak azt a változatát játsszák, amelyben az győz, aki előbb nyer egy részjátékban hatszor. Amikor a rendőrség rajtuk üt, az 1. játékos már ötször nyert, a 2. csak három-

szor. Kérdés: hogyan kell utólag megosztani a betett tőkén? A megoldás nem túl bonyolult, de 1654 előtt senki sem találta meg: bár a játék akár 1 dobással is befejeződhet, de a szimmetria kedvéért képzeletben még háromszor dobjanak a játékosok. Az így keletkező 8 egyforma valószínűségi eseményből csak 1 kedvez a 2. játékosnak, 7 az 1.-nek, tehát az osztási arány 7:1.

1655-ben Párizsba érkezett Christiaan Huygens⁵ (1629–1695), aki több hónapos otléte alatt hallott egyet s mását a még publikálatlan levelezésről. Hazatérően Hollandiába megírta tizenöt oldalas nevezetes értekezését a valószínűség-számításról (az első ilyen írást), ahol bevezette a várható érték (más szóval, az átlag) fogalmát. Például, ha egy lottón csak főnyeremény van, amelynek értéke 100 millió forint, és a nyereség valószínűsége $1/1$ millió, akkor a lottó méltányos ára a nyeremény várható értéke, 100 forint. (Persze, az állam „méltánytalanul” többet, sokkal többet kér a lottóért, hogy legyen miből fedeznie jótékonyágát. Az ötös lottó matematikájára még visszatérünk.) Figyelemre méltó, hogy Huygens milyen ügyesen alakította át a különböző valószínűségű eseményeket egyforma valószínűségűekké: 100 forintos egységekben számolva, a millió db nyereményegység mindegyikét megfeleltette a millió elemi eseménynek stb.

2. Bernoulli törvénye

A valószínűség-számítás alapművét azonban Jakob Bernoulli hozta létre. Gazdag bázeli kereskedőcsalád sarja volt, aki a bázeli egyetemen papnak tanult, de a matematika elhódította a teológiától. Már tanár volt, amikor öccsével együtt megismerkedett két korszakalkotó cikkel, amelyben Gottfried Leibniz (1646–1716) a kalkulus (differenciál- és integrálszámítás) alapjait először ismertette.⁶ [Isaac Newton (1642–1727) hasonló tárgyú

1 A matematikatörténet három olyan Bernoulli-t különböztet meg, akikről valamilyen Bernoulli-tételt elneveztek: az említett Jakob mellett az öcsét, Johannt (1667–1748), és annak fiát, Danielt (1700–1782). Johann legnevezetesebb felfedezése a l'Hôpital-szabály, és Daniél a Fourier-sor volt.

2 Cardano publikálta elsőként a harmadfokú egyenlet megoldó képletét, és tőle származik a hátsókerék-meghajtású autóknaál használt kardántengely ötlete.

3 A műkedvelő Fermat elsősorban nemrégiben megoldott számelméleti sejtéséről ismert, de a matematika számos más területén is maradandót alkotott.

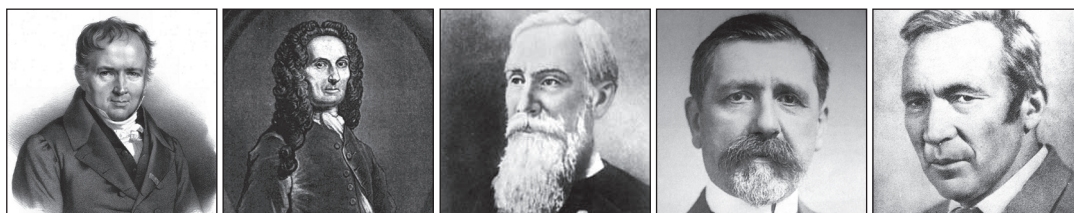
4 Elsőrangú matematikai felfedezésein túl Pascaltól származik a nyomás fogalma, emellett filozófusként és íróként is halhatatlan.

5 Huygens elsősorban fizikusként nevezetes: a fénytani Huygens-elv, az ingaóra.

6 Leibniz is igazi polihisztor volt, aki korszakalkotó matematikai felfedezései mellett a filozófiában és a tudományszervezésben is maradandót alkotott.



Jakob Bernoulli Girolamo Cardano Pierre de Fermat Blaise Pascal Christiaan Huygens Gottfried Leibniz



Simeon-Denis Poisson Abraham de Moivre Pafnutij Csebisev Émile Borel Andrej Kolmogorov

korábbi írásait csak néhány beavatott láthatta.)] Jakob Bernoulli számos cikket írt a kalkulusról, de visszatekintve életpályájára, fő alkotása a valószínűség-számítás kialakítása volt. 1689-től kezdve megjelenő idevágó cikkeken túlmutat a csak nyolc évvel halála után, 1713-ban kiadott valószínűség-számítási könyve. A beavatatlan olvasó számára meglepő lehet, hogy az elemi valószínűség-számítási feladatok megoldása milyen hamar kívánták meg az éppen megszületett kalkulus alkalmazását!

A könyv alapvető fogalma az úgynevezett *binomiális eloszlás*, amelyet röviden bemutatunk. Tekintsünk egy olyan kísérletsorozatot, amelynek ismétlődő tagjai egymástól függetlenek (pl. a pénzérme feldobása). Minden kísérlet két értéket adhat: sikert (1) vagy kudarcot (0). Tudjuk, hogy a siker valószínűsége egy 0 és 1 közti p valós szám. (Például a pénzfeldobásnál mind a fej, mind az írás valószínűsége a szimmetria miatt 1/2.) Ez a Bernoulli-eloszlás.

Annak valószínűsége, hogy n független kísérletből k sikerül, $P_{nk} = C_{nk} p^k (1-p)^{n-k}$, ahol C_{nk} az a szám, ahányféleképp n elemből k elemet sorrendtől függetlenül kiválaszthatunk: $C_{nk} = n(n-1) \cdot \dots \cdot (n-k+1)/(1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot k)$.

Mielőtt megfogalmaznánk a nagy számok törvényét, nézzük meg a fejek számának valószínűségét kettő, négy és tíz érmedobásra.

Ha egy szabályos pénzérmét egymás után kétszer feldobunk, akkor a négy egyforma valószínűségű esetből csak kettőben lesz egyenlő az FI arány, a másik kettőben azonban FF vagy II sorozathoz jutunk.

Ha viszont négyszer dobunk, akkor 16 egyforma valószínűségű eset figyelhető meg. A fejek számát növekvő sorrendben írva az *események valószínűségére* a következő táblázatot kapjuk (**Táblázat**).

Tehát $2 \times 2 = 4$ dobás esetén csak 0,375 annak a valószínűsége, hogy a fejek aránya éppen 1/2 legyen. Sőt ez az érték marad, ha csak azt követeljük meg, hogy k/n eltérése

Fejek száma	0	1	2	3	4
Az esemény valószínűsége	1/16 = 0,0625	1/4 = 0,25	3/8 = 0,375	1/4 = 0,25	1/16 = 0,0625

Táblázat

1/2-től kellően kicsi, mondjuk 1/4-nél kisebb legyen.

De ha 10-re növeljük a dobások számát, és 0,11-re csökkentjük a hibahatárt, akkor már a $2^{10}=1024$ esetből 672 esetben, azaz 65,6 százalékos valószínűséggel teljesül $|k/n - 1/2| < 0,11$.

De mi van, ha a dobások száma egyre nő? Erre a kérdésre ad választ Bernoulli *aranytétele*, amelyet Simeon-Denis Poisson (1781–1840)⁷ 1838-ban nevezett el a nagy számok Bernoulli-féle törvényének: *a k/n relatív gyakoriság ingadozása a p valószínűség körül nagy valószínűséggel kicsi*. Szabatosan fogalmazva, válasszunk két kicsiny pozitív számot: δ -t és ε -t: *ha n elég nagy, akkor annak a valószínűsége, hogy a k/n hányados eltérése p-től abszolút értékben nagyobb mint ε , kisebb mint δ* .

Valójában Bernoulli nem a pénzfeldobást vizsgálta, hanem egy bonyolultabb példát. Tegyük föl, hogy egy urnában 30 fekete és 20 fehér egyébként egyforma golyót helyeztél el egy ismeretlen. Körülbelül 25 500-szor kell húznunk találomra egy golyót (mindig visszahelyezve a kihúzott golyót), hogy 1/1000-nél kisebb legyen a valószínűsége annak, hogy a $k/(n-k)$ hányados – a fekete és fehér golyók számára – kisebb, mint 29:21 vagy nagyobb, mint 31:19. Ez a számítás akkoriban páratlan matematikai teljesítmény volt, de gyakorlati eredménye kiábrándító lehetett Bernoulli számára:

7 Poisson egyébként egy újfajta határeloszlást fedezett föl, amely a nagy számok törvényét kis valószínűségű eseményekre módosítja: például mi annak a valószínűsége, hogy egy népes hadseregben k embert rúg meg egy év alatt a ló, ahol k kis természetes szám.

túl nagy az ismétlések kívánt száma. Szerencsére Leibniz megnyugtatta levelezőpartnerét, hogy a valóságban (például járvány esetén) úgysem lehet egy kísérletet ennyiszor megismételni úgy, hogy a körülmények közben ne változzanak. Ma már tudjuk, hogy az eredetinek csak a negyede a kívánt érték, de még ez is nagyon nagy.

3. Utóélet


A nagy számok története folytatásából csak néhány eseményt emelünk ki. Miközben Jakob Bernoulli a nagy számok első törvényén gondolkodott, 1685-ben XIV. Lajos francia király visszavonta a nantes-i ediktumot, Franciaországból száműzték a protestánsokat. Így lett az eredetileg francia Abraham de Moivre (1667–1754) angol matematikus. Bernoulli módszereit továbbfejlesztve, pontosította Bernoulli eredményét. Hosszas próbálkozás után 1737 körül megmutatta, hogy kellően nagy számú ismétlés esetén a binomiális eloszlás valamilyen értelemben tart a *normális eloszláshoz* (ez a *centrális határeloszlás tételének legegyszerűbb esete*). A normális eloszlás grafikus képét Gauss-féle haranggörbének nevezzük, és a mindennapokban is használjuk. Nagy n esetén ezzel könnyebb számolni, és más kiinduló esetben is jól közelíti a határeloszlást.

1867 körül Pafnutij Csebisev⁸ (1821–1894) egy sokkal egyszerűbb módszerrel

8 Érdekességként említjük meg, hogy Csebisev volt az első, aki káprázatos technikával 1850-ben bebizonyította, hogy minden 1-nél nagyobb természetes szám és a kétszerese között van legalább egy prímszám.

sokkal általánosabb fajta véletlen jelenségekre általánosította a nevezett Bernoulli-tételt. Nem kellett a nagyon speciális 0–1 eredményű kísérletekre szorítkoznia, de tételének kimondásában már megjelent a valószínűség-számítás központi fogalma, a *szórás*. (Egy skalár értékű véletlen változó szórásnégyzetének definiálásához vegyük a változó eltéréseit a várható értékétől, emeljük négyzetre az eltérést, és vegyük a négyzetes eltérés várható értékét. A binomiális eloszlásnál a szórásnégyzet $np(1-p)$.)

1909-ben Émile Borel (1871–1956) a nagy számok törvényének egy új, úgynevezett *erős* típusát bizonyította be, amelyet szemléletesebb alakban mondunk: *ha a $[0, 1]$ szakasz pontjait kettes számrendszerben írjuk föl, akkor az így keletkező 0–1 sorozatokban az 1-esek aránya majdnem biztosan 50%*. (Az erős típusához viszonyítva Bernoulli eredeti tételét a *gyenge* jelzővel illetik a matematikusok.) Andrej Kolmogorov⁹ (1903–1987) pedig 1933-ban axiomatizálta a valószínűség-számítást, megszabadítva e tudományt addigi bizonytalan matematikai státuszától. Ehhez a Newton és Leibniz által felfedezett integrálszámítás mélyreható általánosítására, a mértékelmélet kialakítására volt szüksége, amelynek egyik úttörője éppen Borel volt.¹⁰

Összefoglalás helyett: Jakob Bernoulli 1690 körül fedezte fel a nagy számok első törvényét. Ez azt mondta ki, hogy a legegyszerűbb valószínűségi változókra az ismétlések számát korlátlanul növelve, a relatív gyakoriság és a valószínűség eltérése egyre nagyobb valószínűséggel egyre kisebbé válik. A tétel publikálása óta eltelt 300 éve alatt a nagy számok törvénye sokfelé ágazott el, és alkalmazása manapság áthatja az egész tudományt és a modern technikát. 

Irodalom

- Rényi A. (1967): *Levelek a valószínűségről*, Budapest, Akadémia Kiadó
- Stiegler, S. (2014): *Soft Questions, Hard Answers: Jacob Bernoulli's Probability in Historical Context*, *International Statistical Review*, 82, 2–16.

⁹ Kolmogorov is nagyon sokoldalú matematikus volt: a valószínűség-számítás axiomatizálása mellett nevéhez fűződik a Naprendszer stabilitásáért kimondó KAM-tétel megfogalmazása és a bonyolultságelmélet kezdeményezése.

¹⁰ Az események „legegyszerűbb” algebráját Borelről nevezték el. A döntő lépést a mértékelmélet kialakításában azonban nem Borel, hanem Henri Lebesgue (1871–1941) tette meg 1902-ben, és nem véletlen, hogy Lebesgue-féle mértékelméletről beszélünk.

Tollas szegfű kecsegével, tarajos götével

SZILI ISTVÁN



Kései szegfű (Kalotás Zsolt felvételei)

A furcsa cím nem valami újszerű, avagy a távoli múltból feltámasztott kulináris inycenséget, netán barokk csendéletet takar, de arról is bárkit biztosíthatok, hogy a fent nevezettek nem egészen önkényesen kerültek egy sorba egymással. Aki a természetvédelem népszerűsítő híreiben tájékozottabb, már azt is tudja, hogy miért. Igen, az év megkülönböztetett virágos növényéről, egy ritka halfajról és egy kétéltűről kívánunk szót ejteni. (Az év fája, rovára, madara, gombája ezúttal külön megemlékezésben részesül.) Ismerkedjünk hát velük, előbb a szegfűvekkel. Méghozzá a *tollasokkal*.

Ezek a filigrán növények meglehetősen szerények, gyakran alig vehetők észre: hamvaszöld kihegyesedő levélkéikkel, hófehér virágaikkal meszkő- és dolomit-sziklafalakon, vagy homoki társulásokban dacolnak a megélhetés nehézségeivel; nyílt sziklagyepek lágyszárúai között küldözgetik diszkrét illatukat, domb- és hegyoldalak lengedező szellőiben meg-megvillant-

ják csipkés szirmaikat. Kiásvni őket botor-ság és lehetetlenség: erőteljes gyökérzetük elveszik a sziklák repedéseiben, vagy a homok mélyében. Csokorba szedni nem szabad egyetlen szálat sem: kevés magot érlelnék, és nem mindig kel ki mindegyik. Veszélyeztetett növényekről van tehát szó, melyeknek a fennmaradását eddig a háborítatlanság biztosította. Erre volna szükségük továbbra is, az idők végezetéig.

A többes szám tehát indokolt, annál is inkább, hiszen többféle szegfű sorolható közéjük. Annak ellenére, hogy az első elnevezés kizárólag egy bizonyos *Dianthus plumarius*-ra vonatkozott, amit magyarul eleinte nem a latin pluma/plumatus (= pehely, pelyhes, pihés) elnevezés fordításáról, hanem a leírás eredetéről *német szegfű*nek neveztek. Maga a pihés-pelyhes célzás a hasonlatosság okán a szíromlemezekre vonatkozik. (Máskülönben a *szegfű* elnevezés sem olyan régi: magyarul az 1533-as krakkói kiadású *Murmelius latin-magyar szótárában* olvasható elő-

szőr. Nem sokkal korábban még maga a szegfű sem volt ismert, legalábbis e néven nevezett növényként nem.) A tollas szegfűről az egyik legkorábbi feljegyzés, egyúttal tudományos igényű szemrevétel magától *Clusiustól*, a XVI. századból származik, aki a régi magyar határ menti Dévény közelében egy mészkösziklán figyelt fel növényünkre. Ezt a fajt később a neves pozsonyi orvosról és flórakutatóról, a szegfűk szakértőjéről, vagyis *Lumnitzer István*-ról *Lumnitzer szegfűjének* kezdték a hozzáértők nevezni (*Dianthus plumarius* subsp. *lumnitzeri*). Ki-



Dunai götte (*A szerző akvarelljei*)

derült ugyanis, hogy a tollas (pontosabban tollpihés) szegfű több, legkevesebben három alfajra oszlik, és az is, hogy valamennyi alfaj ritka, közép-európai bennszülöttnek tekinthető. A hazai középhegységeink igazi, főleg dunántúli (pannóniai) bennszülöttje a *Szent István-szegfűje* (*D.p. subsp. regis-stephani*), amely nevet *Jávorka Sándor* javasolta elfogadásra. Igaz, ő nem a *plumarius* közösségbe tartozónak vélte, hanem a *serotinus*-ba, vagyis a kései szegfű alfajának tekintette. Ugyanakkor ismert volt egy *Kitaibel* által is leírt másik *D. plumarius*, a *praecox*, vagyis a korai (fehér) szegfű. Ez is a közép-hegységből, de annak inkább az északi területeiről került elő. Valamennyi között ez a legritkább. A három „igazi” *plumarius* egyaránt mészkő- és dolomitsziklák, sőt a „*lumnitzer*” a bazalt nyíltabb sziklegyepihez (is) kötődik. A meszes homokpusztákon ugyanakkor meglehetősen gyakori és jól ismert egy alaktanilag nagyon is *plumarius*-nak tetsző szegfűféle: a *D. serotinus*, vagyis kései szegfű. A mézskerülő homokpuszták társulásaiban pedig egy másik, eleinte „*serotinus*”-nak

Az öt, alaktanilag nagyon hasonló, élőhelyben, életmódban diszkrétén különböző „alfaj” pontos rendszertani illetőségét talán a molekuláris taxonómiai módszerek fogják végleg eldönteni. Ez a tudomány számára fontos kérdés azonban a természetvédelem és a művelt társadalom hozzáállását nem befolyásolja. E filigrán növények *ex lege* védelme régóta fennáll, valós védelmüket tehát csakis az élőhelyükre behatoló emberek magatartása, viszonyulása biztosíthatja, vagy rúghatja fel. Az egyre inkább elharcoló „gépesített” kirándulások, terepsportok, felelőtlen tüzelések, a túlszaporodott vadállomány, és egyes esetekben az özön-növények az igazi veszélyeztető tényezők. Az ismertség, az őrzet és gondoskodás formájában való védelem felvállalása viszont biztosíték arra, hogy a tollas szegfűekkel még az unokáink is találkozhasanak.



István király-szegfűje

vélt, az előbbinél ritkább faj került elő: a *D. arenarius* L. subsp. *borussicus*, vagyis a balti szegfű.

De mi a helyzet a *kecsegével*? Aki nem tudná, sietek közölni, hogy halfajról van szó. Méghozzá erősen megritkult, ősi típusú halfajról. Tudományos nevét, az *Acipenser ruthenus*-t Linnétől kapta. Halunk százmillió években mérheti létezésének, származásának idejét. Ennek egyik kézzelfogható ténye az állat vázrendszere: gerincoszlopában szinte csak porcos csigolyák vannak, ahol még a gerinchúr egy része is megtalálható, és jóformán csak a koponyója csontos. Vagyis a tokfélék családjába tartozó *porcos vérteshalféléről* van szó. Ez utóbbi elnevezésnek megfelelően, kültakarójuk

olyan bőr, melyet vagy rombikus pikkelyek, vagy sorokba rendezett bőrcsontlemezek „vértéznek”.

A kecsege elfogyasztása tehát nem jár szállkaveszéllyel. Annál nagyobb kulináris élvezettel: mindig is főúri, sőt királyi éteknek számított. És bár a királyok száma lényegében soha sem növekedett, a (fő) úrhatnámok száma annál inkább. De még ők sem voltak képesek vésszesen lecsökkenteni a folyók kecsegeállományát. A bajt magukban a folyókban kell keresni. Amely természeti képződmények mozgási energiájukat tekintve kihasználatlanok, sőt gyakran ártalmára voltak

az embereknek, ezért (rend)szabályozni kellett őket. De véletlenül sem a kecsegék érdekében. Ha ugyanis így történt volna, a duzzasztások révén nem szüntek volna meg „az oxigénben dús, sóderes, homokos vagy kemény agyagos mederszakaszok”, ahol halunk a fenéken turkálva kereste és találta meg a táplálékát. A karcsú kecse-



Kecsege

ge (maximálisan 1 m körüli) teste ugyanis hosszú, gyengén felfelé hajló keskeny orral kezdődik. Az orrtó alatt helyezkedik el a szájníylás, ami a cápákéhoz hasonlóan alsó állású. A szájníylás előtt négy hátrafelé lesimítható rojtzott bajuszszál található. Ezek segítségével találja meg a számára fogyasztható dolgokat: rovarlárvákat (köztük a tiszavirágét), csigákat, kisebb halakat, növényi törmeléklet. Szaporodásához ugyancsak jó oxigénellátású, kavicspados folyószakaszokat igényel.

A kecsegék ősei még tengeri halak voltak. A tenger iránti vonzódásuk mind a mai napig megmaradt, aminek bizonyítékai az anatómiai jellegzetességeken kívül a szaporodás, pontosabban az egyedfejlődés korai intervallumában figyelhetők meg. A Duna vízrendszerében ugyanis a kora nyári ívást követően a 4–5 nap múlva kikelő lárvák a Fekete-tenger felé kezdenek vándorolni. A tengert azonban nem érik el, mert visszafordulnak. Vagyis vándorlásuk *imitált migráció*.

Napjaink már a kecsge fennmaradásának biztosításáról szólnak. Oroszország-szerte, ahol pedig sok száz folyóban és tóban megtalálható, már Vörös Könyves fajnak számít. Nálunk pedig a mesterséges szaporítás tart fenn egy bizonyos nagyságú állományt. Védelemre szorul tehát, horgászati kíméletre, és további tudományos kutatásokra, mert életmódjának ismeretében akadnak még fehér foltok. Márpedig a teljes körű megbízható védelmet csak az ismertség biztosíthatja.

Most pedig ejtsünk szót a *tarajos gőtéről* is (én valamikor csak így ismertem, a „dunai” jelző nélkül). Már pedig a szakirodalom ezzel a névvel különbözteti meg a „közönséges”-től, és az „alpesi”-től, vagyis a nálunk élő götefajokat egymástól. Tudományos nevét, a *Triturus dobrogicus*-t egy *Kiritzescu* nevű román tudóstól kapta még 1903-ban. Úgy tűnik, eleinte ő maga sem volt biztos benne, hogy új fajról van-e szó, mert a „cristatus” faj változataként írta le. Nem sokkal később, 1908-ban az állat testére utalva, *Boulenger* is elnevezte (*Molge macrosoma*), de a „dunai” jelzőt minden bizonnyal *Willy Wolterstorff*nak köszönhetjük, aki 1923-ban a *Triton cristatus danubialis* nevet adományozta az immár harmadszor leírt fajnak. A nevezett német tudós egyébként gyermekkori betegsége miatt súlyos halláskárosultként élte le az életét, miközben a kétéltűek és a terráriumi állattartás szakértőjévé képelte magát.

Nos, ezek után vegyük szemügyre nevezett állatunkat! A dunai tarajos göte a Duna vízrendszeréhez kapcsolódik, de nem a Dunában él, kivéve a Duna-deltát, ahol éppenséggel a legnagyobb, közel 20 centiméteres példányok kerülnek időnként elő. A lassú folyású vagy tavi, mocsári, vízinvényekben gazdag környezetet kedveli. Petéit is a vízinvények leveleire rakja. A közönséges tarajos gőtétől (ami nálunk csak az ország egy részén fordul elő) a lakosok számára leginkább a hímek hasalji, élénk narancsvörös színezete különbözteti meg. A taraj nevű képződményt csak a hímeken, főleg a tavaszi nászidőszakban láthatjuk. A góték főleg vízi rovarok és más ízeltlábúak lárváival táplálkoznak, és kellően védett helyen összegyülekezve téli álmat alszanak. A vizek elszennyezése, vagy az élőhely kiszáritása miatt veszélyeztetett fajnak számítanak. Ezért védett, és Natura 2000 jelölő fajként a régebben divatos terráriumi tartásuk is csak kivételes esetekben engedélyezhető. Ez az év viszont alkalmat nyújt az elterjedtség adatainak frissítéséhez, melynek koordinálását a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület biztosítja.



A chilei Patagónia zöld szíve A mágikus Chiloé

KÉRI ANDRÁS

Ekülönös, ismeretlen világ az Andok előterében, a partvidék mentén fekszik. Közepén a **Parti Kordillera** lepusztult maradványa osztja két részre, amely megállítja a Csendes-óceán felől érkező hideg, csapadékos hozó szeleket. A sziget északi részét a Piuchuén (San Pedro) Kordillera, míg a délin a Pirulil Kordillera uralja. Tavakkal tagolt vidék. Nyugati partvidéke szinte megközelíthetetlen, buja növényzetű világ, míg a keleti oldalon, szigetvilágával Mar Interionak (Belső Tenger) nevezett, nyugodt vízű térség választja el a kontinenstől. Ez utóbbi a kontinensen húzódó Valle Central helyét foglalja el, miután a központi völgy lesüllyedt és elárasztotta a tenger, s a legészakabbi Cauahué-szigettől a legdélebbi Talcán-szigetig terjed. Kellemes mikroklíma, kevesebb csapadék, ezért a 40 szigetből 35 lakott.

A nyugati parton Cucao az egyetlen település és szétszórt mapuche-huilliche, chanquín és huentemó közösségek lakják a vidéket, kb. kétezer fő. A népesség a keleti partvidéken koncentrálódik, igazi tengerparti kultúra. Isla Grande de Chiloé 1186 km-re fekszik Santiago de Chilétől. Lakóinak száma 170 000. Északon a Chacao-csatorna választja el a kontinenstől, mellyel komp köti össze Chacao és a kontinentális Pargua településeket. A helyiek tiltakozása akadályozta meg a csatornát átívelő 2700 m hosszú hid megépítését.

Chiloé neve a spanyolosabb Chilhué szóból született, mert eredetileg Chillwe volt, ami „chellék”, azaz sirályok helyét jelenti a mapuce (araukán) indiánok nyelvén. A szigetek első lakói, akikről tudunk, a cunco, a payo és a chono indiánok, mint tűzföldi testvéreik, vízi nomádok voltak. A legrégebbi emberi jelenlétre utaló nyom 6 ezer éves.

A XV. században egy erős törzs érkezett Chilébe az argentin pampákon át, akiket a helyi lakosok mapuchéknak, azaz Kelet népének (Mapu=ország, föld; che=ember, férfi, azaz Föld népe) hívtak. Alonso de



Szigetvilág a keleti partvidéken

Ercilla y Zúñiga (?–1558) spanyol tisztnevelte el őket araukánoknak. Annyira meglepte őt az indiánok hősie ellenállása, büszkesége, hogy később híres művében, a „La Araucania” című hőskölteményében állított nekik emléket. Egész Amerika egyetlen jelentős népe volt, amely sokáig ellen tudott



A kontinens és Chiloé közötti szigetvilág: a lesüllyedt és elöntött Valle Central kiemelkedő csúcsai

állni a gyarmatosítóknak és meg tudta védeni földjeit, sőt túl is élték őket. Déli törzsüket, a „déli embereket”, a huillicheket az inkák sem tudták leigázni. Egy részük Chiloén telepedett le. A spanyolok érkeztekor fakunyhókban éltek, családi kötelékben. Kacikák vezették a max. 400 fős közösséget. Lelki életüket a varázsló ápolta, akinek háza előtt egy furcsa oszlop állt, a sámán jelképe. A rögbihez hasonló *linao* nevű sportot űzték, melynek kb. 15 cm átmérőjű labdáját moszatból készítették. Monoteisták voltak, fő istenük Nguenechen, a teremítő, aki a felhők-ből irányította a természet erőit. Gualicho volt fő ellenlábasa, a rossz megtestesítője.

Az indiánok az anyaföld istennőjéhez, Ñuke Mapuhoz imádkoztak, ezért is ásta el szülését a bábaasszony a méhlepényt és a köldökzsinórt. Hitük szerint Chiloé közelében egy bána alakot öltő öregasszony viszi az elhunytak lelkét a holtak világába. Eredetmitoszuk szerint Caicaivilu, a Vízikigyó özönvizet zúdított a világra, de egy másik mitológiai alak, Tentenvilu (Földkigyó) közbenjárására megengedte, hogy négy embert kimentsen az áradat elől. Őket egy Noé bárkájához hasonló tákolmányba tette, s lettek ők az araukánok ősei: Fucha Chau, az Öreg Apánk, Kuze Ñuke, az Öreg Anyánk, Hueche Huentru, a Fiatal Férfi és Iülcha Zomo, a Fiatal Nő. Ez az eredetmitoszuk, eltérő változatokban, mindennapos imáikban jelen van. Chiloé egykor a kontinens része volt. A térségben két kígyóistenő, a fele kígyó fele ló Caicaivilu, a vizek és Tentenvilu, a föld istennője harcolt egymás ellen. Az előbbi elöntötte a völgyeket, az utóbbi fel-emelte a földet és a repülés hatalmával ruházta fel az embereket, hogy megmentse őket. Az eredmény e mágius szigetvilág kialakulása. Lakói számára a vallásos tér, a világ három részre oszlik: az első az ég, ahova a lelkek jutnak, a második a föld, az élet színtere, a harmadik a túlvilág, a föld alatti világ, ahova az elhunytak teste jut.

Napjainkban, az eredetileg földművelő huilliche indiánokkal csak Dalcahue piacán találkozhatunk, ahova csónakon hozzák portékáikat. Ma a népesség 10%-a, 17 ezer fő az ő leszármazottjuk. Chiloé korábbi lakói eltűntek, beolvadtak. A huillichek sem alkottak hagyományos falvakat, szét-szórta éltek, de az itt lakó elődeik tudományát elsajátították. **Kézi szövőszékeik**en készültek a lámagyapjú szőtéseik. *Dalcáikon*, 4-6 evezős kis csónakjaikon közlekednek még ma is. Kukoricát, burgonyát, kinnint is adó quínát (kínafa), quinoát, egy dél-amerikai gabonaféléjét és rozsnokot termesztettek. Ez utóbbi egy árpa-féle, melyet még a XVIII. század közepén is láthattunk a földeken. **Mezőgazdasági eszközeiket** chilei mirtusz nevű keményfából készítették. A parton vízi karamokot építettek: dagálykor kinyitották az ajtaját, hogy a halak bejöjjenek, apálykor bezárták, hogy el ne menjenek. Tengeri zsákmányukat szárítással és füstöléssel tartósították.

A feljegyzések szerint 1540-ben Alonso de Camargo hajózott el a sziget mellett, de felfedezője Francisco de Ulloa lett 1553-ban. Ekkoriban a főként halászó chono indiánok a partvidékek és az erdők mentén éltek és híres „hajósok” voltak. Az ő találmányuk lehet a *dalca*, melynek fáját előbb felmelegítették, hogy hajlítani lehessen. García Hurtado de Mendoza, Chile kormányzója 1558-ban nyilvánította spanyol birtokká, de csak 1567-től beszélhetünk részleges fennhatóságukról. Martin Ruíz de Gamboa, aki 1566-ban bejárta a szigetet, s mivel hűvös, csapadékos hazájának zöld vidékére, Galiciára emlékeztette, Nueva Galiciára (Új Galicia) keresztelte.

1567-ben a Chiloé elfoglalására indult expedíció megalapította San Antonio de Castro települést, majd néhány évvel később, 1590-ben megjelentek a ferencesek és a fogolykiváltó rendiek, majd 1608-ban a jezsuiták is. Utóbbiak iskolákat alapítottak, s minden településen templomot emeltek. Letelepítették a nomád indiánokat, akiket III. Fülöp rendelkezésére kellett megtéríteniük. Bevezetett oktatási rendszerük sikere máig a legkisebb arányú analfabetizmusban jelenik meg. Kiűzetésükig (1767) ők hagyták itt maguk után

a legtöbb nyomot: 69 fából épült templomot. Itt minden fából épült. A sziget főútvonalát, amely több mint 90 km, egy Caicumeo nevű indián nyitotta fejszéjével az erdőn át a gyarmati időszakban, és hogy az esős időszakban is járható legyen, nagy fatáblákkal borította be.

Chiloé jellegzetes fatemplomait a ferencesek honosították meg, de a jezsuiták feladata volt, hogy Templomok Kertjévé varázsolják. Összesen 150 van belőlük a XVIII–XIX. századból. Egyetlen szög sincs bennük. Mellettük épült később a remetelak, az átutazó misszionáriusok szálláshelye. Az UNESCO 2000-ben 16-ot a Világörökség részévé nyilvánított. A misszionáriusok évente egyszer, meghatározott naptár szerint végiglátogatták az összes települést. Szeptember 17-én indultak el Castroból. Kenukon utaztak és mindenhol 3 napot töltöttek el. A tél kezdetére kellett visszatérniük. 1743-ban Caucahuesből Cailin szigetére mentek, hogy felépítsék a legdélebbi keresztény templomot. A jezsuiták kiűzésével szerepüket a ferencesek vették át, melyet napjainkban is folytatnak.

1600-ban Baltasar Cordes holland kalóz az indiánokkal szövetkezve – akik gyűlöltek az idegeneket, mert elvették földjeiket – fosztogatta a spanyolokat. A hollandok a tenger, az indiánok a szárazföld felől támadták meg és foglalták el Castrot, melynek segít-



Chiloé legnagyobb települése, Santiago de Castro

ségére Francisco de Campo ezredes sietett. Csak néhány kalóz tudott egerutat nyerni. A tizenöt elfogott indián kacikát bosszúból egy kunyhóba zárták és felgyújtották.

John Byron hajós – a híres brit költő nagyapja – is felfigyelt a sziget különös világára, akit 1741-ben fogolyként hoztak a szigetre, s aki krónikásként hagyta feljegyzéseit az utókorra.

A sok hajótörés miatt Chiloé nevesebb családjai itt keresték a déli El Doradót, Cézár városát, s e láz egészen a XX. század elejéig tartott. A jezsuiták és a ferencesek is csatlakoztak hozzájuk. 1895-től a sziget északi részén német telepesek kezdték elfoglalni a jellegzetes fatetős házakat és fogtak

földművelésbe. A fában gazdag Chiloé a XIX. század közepétől a XX. század elejéig a kontinens fő vasútátfu-ellátója volt. Ancud és Castro között 1921 és 1960 között vonat közlekedett, melynek az 1960-as őríási pusztítást végző földrengés vetett véget.

1985 óta legjelentősebb iparága a lazacfogás és –feldolgozás. Tengeri algát exportálnak Japánba, melyből a kozmetikumokat előállító cégek profitálnak. A szárított tengeri moszatból ételízesítő készül. Konzervgyártása a halászatra és a haltenyésztésre támaszkodik. Fakitermelése, turizmusa számottevő bevételt jelent. A munkahelyek hiánya miatt korábban nagy volt a kivándorlás. Lakói tavasszal az argentin olajmezőkre, vagy Chile más régióiba mentek dolgozni.

Santiago de Castro házai cölöpökön állnak a parton a nagy árapálymozgás miatt. Chiloé székhelye 1567-1788 között már egyszer betöltötte ezt a tisztséget, melyet 1982-ben kapott vissza. Kis fjordban fekszik. Színes cölöpházainak tetejét különleges és tipikus facserepekkel fedik. A sziget a szállítható házak és templomok világa. A házat egyik helyről a másikra át lehet vinni, sőt, ha kell, még a fjordokon át is átúsztathatják. Patagóniai ciprusból készülnek, s még kb. 30 tonnás fatemplomot is átgurítanak az egyik faluból a másikba. Chile harmadik legrégebbi városának ma 30 ezer lakója van.

Ancud 1789-1981 között töltötte be a székhelyi funkciót. 1767-ben alapították a sziget északi részén mint véderőt a San Antonio és az Ahui erődökkel a Chacao-szatorna partján. Ez volt a „Llave del Canal y Puerta del Océano Pacífico” (A Szatorna Kulcsa és a Csendes-óceán Kapuja). Quellón az utolsó település délen és egyben a legfiatalabb is. Arról híres, hogy ez a vége (vagy kezdete) a kontinensen átfutó pánamerikai autóútnak, amely Alaszkától (Anchorage) Chiloé déli részéig tart több mint 21 ezer kilométeren át. Közélemben terül el a Chiloé Nemzeti Park, az ökoturizmus központja. Valóságos természeti paradicsom, melyet – az építészeti remekművek mellett – a nemzetközi turizmus is felfedezett. Chiloé azon kevés helyek közé tartozik, ahol még vannak érintetlen erdők. Növényvilága páratlan, de itt él például a chilotei róka és a világ legkisebb szarvasa, a pudú is. A park lovon is megtekinthető, s egy kemping is várja a látogatókat. A kínálatban szerepelnek még hajós kirándulások, tengeri kajaktúra, madármegfigyelés, sporthorgászat és repülés út a szigetvilág felett. A Nemzeti Park másik bejárata Chonchi településnél található.

A világtól elzárt sziget, a nehéz munkát igénylő mindennapok hozzájárultak ahhoz, hogy lakói megőrizték sajátos társa-

dalmukat, a kollektív együttműködést. A túlélést segítette az összefogás, ami a földművelés *minga* (medán) rendszerén alapul. Ez a *medán* egy olyan vacsora is lehet, melyen az önkéntes résztvevők azt hozzák ajándékba, amire szervezőjének szüksége van. Lehet akár tyúk, burgonya, búza, bárány stb. Az ajándék átadása után a segítők esznek, isznak, táncolnak hajnalig. Ez a medán a segítségkérés-nyújtás egyik formája, közösségformáló erő. A *maja* is valami hasonló: kollektív almászüret. Az almát a *dornajoba* teszik, ami egy fából készült „csatorna, vályú”, ahol a fiatal és erős *majadorok* addig csépelik mirtuszfa botokkal, amíg pépessé nem válik. Majd fonott kosárba teszik, a présbe öntik és kinyerik levét. Charles Darwin – aki 1834-ben látogatott Chiloére – számolt be Utazás a Beagle-en című könyvében arról, hogy a szigeten az almából sidrához hasonló italt (chicha) készítenek. Legfőbb termékük a burgonya, melyből állítólag 400 félélet termesztnek. A klimatikus viszonyok miatt ez egyben „kenyérgabonájuk” is.

Nemzeti eledelük a *curanto*, melyet szabadban készítenek. A hozzávalókat – kagyló, hal, csirke, disznóhús, kolbász, szalonna, zöldségek, burgonya – egy kb. 1 m átmérőjű, 40 cm mély, földbe vájt üregbe teszik. Aljára nagy köveket helyeznek, s erre tűzifa kerül. Amikor a kő már vörösen izzik, eltávolítják a parazsat és őriasrebarbara levelekre pakolják az hozzávalókat, majd gyeptéglával fedik le az egészet.

Az itt élők a spanyol és a mapudungun keverékből kialakult chilotei „nyelvet” beszélik, melyben hemzsegnek a költői kifejezések. Az elszigeteltségében sajátos spanyol-mapuce kultúra jött létre. Ezt tükrözi vallási szinkretizmusuk is. Minden évben megrendezik a *ngillatunes* körmenetet, ahol Krisztust mapuce ikonok és táncok kísérik. Minden augusztus 30-án vízi körmenetet szerveznek, melyen háromezer csónak vesz részt Chiloé minden részéből. Mindennapjaik része a csipkebogyólevár-készítés, a boszorkányságban, fekete mágiában való hit és az animizmus is, akárcsak a matetea ivás. Házaik közepén a süllyesztett tűzifás kályhát körbeülve mesélték legendáikat. Nappal a való világban, éjjel a legendásan gaz-

dag és egyedülálló mítoszok birodalmában éltek. A helyiek szerint mindenki lehet sámán, de a chilotei varázslók gonoszok. Azért, hogy védjék barlangjaikat, elfognak egy kisfiút, arcát hátrafelé és egyik lábát pedig a tarkójára fordítják. A varázslók, sámánok találkozóhelyének, a barlang bejáratának őrzője Ivunche, az emberállat. Thrauco, a csúf kísértet, a leghíresebb személy a szigeten, mitológiai lény. Rémisztó és visszataszító, aki hajadonokat bájol el, hogy elvegye a szüzességüket. Még ma is vannak olyanok, akik terhességüket neki tulajdonítják. Thrauco pont olyan mindenható, mint Fiura, az az asszony, aki az erdők mocsaraiban él. Az utak mentén szokott fürdeni és dús haját kifésülni. Könyörtelen varázslattal csábítja el az arajáró legényeket. Ő az alibi, ha a fiatalok nemi betegséget szenvednek. Caleuche az egyik legismertebb mítosz. Egy kivilágított szellemhajót vélnek látni egyesek ködös időben, éjjel. Sámánok használják por-



Magellán-pingvinek

tyázásaik során, ahol pompás ünnepek vannak részegítő zene kíséretében. Ebben máig él az első, 1550 körül feltűnő spanyol és holland hajók szülte események egykori hatása. Azt is ráfogják, ha eltéved egy halász. A hajó tulajdonosa Cahuel kígyó, a vízi világ ura, ahol minden az övé. Ha a szellemhajó feltűnik, a tekintetet azonnal el kell fordítani, mert ha nem, azonnali halált okozhat. Pincoya (vörös kolibri) a tengeri élővilág termékenységének istennője, csodálatos szépség, aki szíréhez és a Basilischohoz, egy kakastarajos kígyóhoz hasonlít, s aki az alvó emberek köpetét szívja ki. Meztelenül mászkál a parton, s gazdag halzsákmányt, vagy éppen az ellenkezőjét válthatja ki, attól függően, hogy a tenger, vagy a szárazföld felé fordulva táncol. S hogy a rontó szellemek ellen védekezhessünk, ne feledjük, a csészét mindig lefelé fordítva kell letennünk, a seprűt pedig az ajtó mögé. ↩

Immunválasszal a rák ellen

A Chimera-receptor



A sejt immunválasz során fehérvérsejtek specifikus alcsoportjai, azaz a falósejtek, a természetes ölüsejtek, illetve az élő T-limfociták pusztítják el a vírussal, baktériummal fertőzött sejteket, valamint a megváltozott, tumorosan átalakult sejteket is. Már a múlt század hetvenes éveiben is felmerült annak a lehetősége, hogy a szelektíven stimulált élő T-sejteket fel kellene használni a rákgyógyászatban. A molekuláris biológia fejlődésével ma már genetikailag is tudják módosítani ezeket az élő T-sejteket.

Beszélgetés Szöllösi János egyetemi tanárral

Az emlődaganat felszínén lévő speciális fehérje, az Erb2 megtalálására képes Chimera-receptort fejlesztett ki az a nemzetközi munkacsoport-hálózat, amelynek a Debreceni Egyetem Biofizikai és Sejtbiológiai Intézetének Szöllösi János egyetemi tanár vezette teamje is tagja. A munkacsoport kutatásai során bizonyította, hogy az ilyen receptorral felszerelt T-sejtek nemcsak megtalálják az emlőráksejteket, hanem el is pusztítják azokat. A kutatási eredményről, a Chimera alkalmazásának amerikai tapasztalatairól, az európai gyógyászati alkalmazás esélyeiről Szöllösi Jánost kérdeztük.

– *A szervezet védekező rendszereinek működésével kapcsolatban olyan komplex kutatásokat folytatnak az Egyetemen, amelyek során új megoldásokat keresnek arra, hogyan lehetne a rákot az immunrendszeren keresztül támadni. Eredményeiket nemrégiben a Véd-elem című konferencián foglalták össze, ahol kutatócsoportjuk egyebek mellett arról számolt be, hogyan sikerült bizonyítaniuk a második generációs Chimera-receptorokkal felszerelt T-sejtek tumorsejt-ölő hatását. Milyen vizsgálatokkal igazolták ezt?*

– Többszintű a megközelítés az onkológiai projekten belül. Csoportunk elsősorban a sejt felszínén lévő fehérjék kölcsönhatásait vizsgálta, a jelátviteli folyamat elejének néhány lépését néztük. A cél az volt, hogy elősegítsük a tumoros sejtek elleni immunválasz hatékonyságát. Ennek érdekében nemzetközi együttműködésben olyan vizsgálatokat végeztünk, amelyek során rákos sejteket élő T-sejteket tanítottuk meg arra, hogy felismerjék a tumoros sejtek felszínén lévő speciális fehérjéket. Így a T-sejtek kötődni tudtak a rákos sejtek felszínéhez, és meg tudták ölni őket. Ennek a megközelítésnek intézetünkben már hagyományai vannak, hiszen 2005 és 2009 között sikere-

sen vettünk részt egy olyan nemzetközi konzorciumban, ahol a 16 munkacsoport közös munkáját az EU FP6-os programja finanszírozta. A konzorcium fő feladata a tumorok elleni sejterápia optimális körülményeinek kidolgozása volt. Külföldi munkacsoportjai genetikai módszerekkel olyan módosított T-sejt-receptorokat hoztak létre, amik a célsejten felismerik a tumoros fehérjét, ugyanakkor úgy vannak összerakva, hogy a jelátviteli folyamathoz szükséges komponenseket is tartalmazzák. A nemzetközi team két megközelítést is kipróbált. Reno Debets és munkatársai az alfa-béta láncban módosították a T-sejt-receptort, méghozzá úgy, hogy rossz alfa-béta párosodás ne jöhessen létre. A magyar munkacsoport feladata az új, módosított receptor működésének biofizikai jellemzése, sejtbiológiai ellenőrzése volt. Modern mikroszkópos módszerekkel határoztuk meg a módosított ölüsejtek és a rákos sejtek között létrejövő sejtkapcsolatok tulajdonságait [1, 2]. A másik megközelítés koordinátora a konzorciumon belül az izraeli Weizmann Intézetben dolgozó Zelig Eshhar volt, aki 1993-ban olyan receptort fejlesztett ki, amely két lánc helyett csak egy láncot tartalmazott [3, 4]. Ezt az egy láncból álló fehérjét komplex tulajdonsága alapján – a háromfejű görög mitológiai lényre – a Chimera-ra utalva Chimera-fehérjének is nevezik. Ebben az esetben a „három fej” egyike felismeri az antigént, vagyis az idegen fehérjét a tumorsejten, a másik egy jelátviteli komponens, a harmadik pedig a jelátvitelt elősegítő „fej”. Ezeket már többféleképpen próbálták összehozni, így ma már több generációja létezik a Chimera-receptoroknak. A magyar kutatócsoport feladata ebben az esetben is a sejt-sejt kapcsolatok biofizikai jellemzése volt. Kutatásaink során azt vizsgáltuk, hogy a második generációs Chimera-receptorokat (Ch-receptorokat) hordozó

módosított T-sejtek hogyan tudják megölni a melanomasejteket *in vitro*, azaz sejtvonalakon. Az élő sejteket vizsgáló mikroszkópia segítségével dokumentálni tudtuk videofelvétel segítségével, hogy a Ch-receptorokat hordozó sejtek már húsz percen belül kifejtik hatásukat, megtalálják az antigént, és meg tudták ölni a ráksejteket.

– *Csak a melanoma esetében találják hatékonynak a második generációs Chimera-akat hordozó sejteket?*

– Az újabb kutatásaink során továbbléptünk, és olyan Ch-receptorokat állítottunk elő, amelyek az emlőráksejtek felszínén lévő speciális növekedési faktort, az úgynevezett Erb2-fehérjét ismerik fel [5]. Ezeket a Chimera-akat hordozó sejteket már nemcsak sejtvonalakon próbáltuk ki, hanem olyan egereken is, amelyek immunválasza hiányos, és humán eredetű emlőtumorral oltottuk be őket. Így értük el, hogy a humán eredetű tumor ne lökődjön ki, hanem elkezdjen növekedni az egérben. Ezután oltottuk be az egereket Erb2-fehérje-felismerő Chimera-receptorokat hordozó sejtekkel, és azt tapasztaltuk, hogy ezek egy-három héten belül elölték a tumorok nagy részét.

– *Ezek szerint örülhetünk, mert megvan az emlőtumor ellenszere...*

– Nem egészen, mert a Chimera-receptort hordozó sejtünk túlságosan is hatékonyan működik, nemcsak a tumorsejtet támadja meg, hanem a saját szövetek egy részét is. Egereink lefogytak, tüdejükben bevérzést találtunk. Ennek alapján azt mondhatjuk, hogy a Chimera nagyon ígéretes ugyan, de még sokat kell finomítani rajta ahhoz, hogy gyógyászati alkalmazása szóba jöhessen. Két irányban gondolkodunk: úgy véljük, meg kell nézni, mi történik akkor, ha a receptort tovább módosítva csökkentjük az agresszivitását, illetve mi történik akkor, ha ugyanebből az ilyen re-

ceptorokat hordozó sejtekből kevesebbet adunk be az egereknek.

– *Úgy tudom, hogy az Egyesült Államokban már jócskán túl vannak az állatkísérleteken, már melanómában szenvedő betegeken is kipróbálták a Chimera-receptorral felszerelt T-sejteket. Volt tragikus kimenetelű kezelés, de érték el Ch-receptoros T-sejtek bevetésével végstádiumban lévő melanómás betegnél csodálatos gyógyulást is. Mivel magyarázhatók ezek a tapasztalatok?*

– Ahogyan már említettem, mi a Chimera-receptorok második generációjával foglalkozunk, de létezik már a harmadik generációs receptor is, amibe több jelátvitelt elősegítő komponenst vittek be. Ezek a harmadik generációs Ch-receptort tartalmazó sejtek nagyon jól felismerik a tumoros sejteket, ám a jelátvitel nagy hatékonysága miatt olyan sok immunválaszt elősegítő citokint szab-

az említett gyógyult amerikai beteg, akiben évekkel a kezelés után meg lehet találni még a Chimera-receptorral felszerelt T-sejtek nyomaikat. Ez pedig arra utal, hogy ha még egyszer ugyanez a tumor előjönne, akkor azokat azonnal felismernék.

– *Ma már nem szokatlan, hogy vírussal hordozó DNS-t a sejtekbe, ezt nevezik transzdukciónak. Az ember ezt mégis kissé kételkedve hallja, hiszen a legsúlyosabb betegségeket éppen a vírusok váltják ki. Nem veszélyes ez a megoldás?*

– Az orvoslásban használt vírusokat nagyon biztonságosan „szerelik össze”. Arra az egy alkalomra jönnek létre, amikor alkalmazzuk őket, nem tudnak szaporodni, nem tudnak elszabadulni [7]. A T-sejt módosításakor – vagyis a Chimera-receptor megalkotása után – mi is vírussal visszük be

a módosított DNS-t a sejtekbe, ami a vírus segítségével beépül a sejtmagba. A beépült DNS-ről messenger RNS-másolat készül, amely kijut a citoplazmába, és az RNS-minta alapján ott szintetizálódik a fehérje. A szintetizálódott fehérjének aztán ki kell jutnia a membránba, így lesz funkcióképes a Chimera-receptorunk a sejtfelszínen. Amikor a Chimera-sejt osztódni kezd, viszi magával a DNS-t is, vagyis azt a „tudást”, ami lehetővé teszi, hogy hatékony ölösejtként lépjen fel a tumorról szemben. A transzdukciónak nem 100 százalékos, azaz nem minden sejtekbe lehet bejuttatni a DNS-t. Egérkísérleteinkben egymillió sejtből 200 ezer sejt hordozta a Chimera-receptort kódoló DNS-t, de a sikeres kísérlethez ennyi is elég volt.

– *Miközben Amerikában már embereken is kipróbálták a Chimera-receptorral felszerelt T-sejteket, Európában erről még szó sincsen. Mi ennek az oka?*

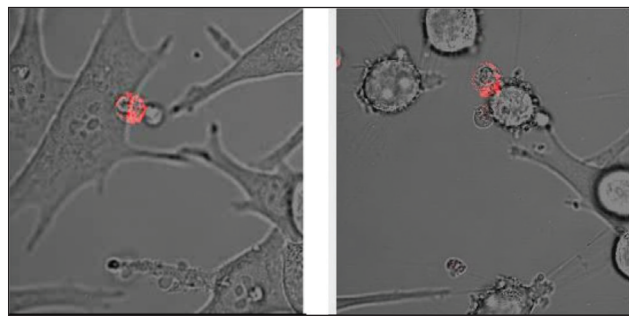
– Ennek egyszerűen csak jogszabályi oka van. Amíg az Egyesült Államokban elég a beteg beleegyezése ahhoz, hogy egy teljesen új eljárást próbáljanak ki rajta, addig Európában csak bizonylat és hosszadalmas engedélyezési eljárásokat követően kerülhet sor ugyanerre.

– *Mi a további cél?*

– Reményeink szerint tudunk forrásokat szerezni arra, hogy megnézzük, meg lehet-e gyógyítani ezzel a módszerrel az egereket úgy, hogy közben kevésbé szenvedjenek, kevesebb legyen a mellékhatás. Ehhez lehet, hogy módosítani kell a receptort magát, erről már tárgyalunk is a német

kollégáinkkal, akikkel együtt dolgozunk. Munkánk továbbra is egy nemzetközi kutatás része, amiben most legfontosabb partnerünk Hinrich Abken, ugyanis az ő laboratóriumának vannak az Erb2-t felismerő antitest génjei, ők segítettek nekünk összerakni a Ch-receptorok DNS-ét [5]. Nekünk pedig tumoros egereink vannak, így nálunk történt az *in vitro* kipróbálás, illetve, az *in vivo* egérkísérlet is. A Ch-receptort az ő segítségével módosítottuk, az a kulcsfontosságú mozzanat viszont, amikor bejuttatjuk a DNS-t a T-sejtekbe, itt, vagyis, a Debreceni Egyetem Biofizikai és Sejtbiológiai Intézetében történt. A Kölnben kutató Hinrich Abken ennek a munkának a mai letéteményese, vele szeretnénk a munkát tovább folytatni.

Az interjút készítette: DOMBI MARGIT



Chimera-receptorral felszerelt T-sejt (piros) és elpusztítandó daganatsejt (szürke) az ölési folyamat kezdetén és végén

dítanak fel, hogy valóságos „citokin vihart” idéznek elő a szervezetben [6]. Ez a végzetes kimenetelű esethez említett kezelésnél olyan heveny lázas állapotot okozott, aminek következtében a beteg egy napon belül meghalt. A csodálatos gyógyulást viszont, a második generációs Ch-receptort tartalmazó T-sejtek segítségével érték el, ugyancsak az Egyesült Államokban. Egy melanómás beteg kapta, aki ezt követően tökéletesen meggyógyult, és öt év elteltével is teljesen tünetmentes. A dolog érdekessége, hogy amikor megkérdezték tőle, belevágná-e újra a kezelésbe, tudva, hogy meggyógyul, azt válaszolta, hogy nem, mert nagyon sokat szenvedett a kezelés alatt, és még utána is sokáig úgy érezte, hogy ég az egész teste.

– *A terápiát egyszer vagy többször kell alkalmazni?*

– A kezeléshez a beteg saját T-sejtjeit kell kinyerni a vérből, fel kell őket szaporítani aseptikus körülmények között, a DNS-t be kell vinni a sejtekbe, és ehhez olyan ágenseket – lipofectaminokat – kell használni, amik kicsit megnyitják a membránt ahhoz, hogy a DNS-molekulák bejussanak a sejtekbe. Mindezt csak egyszer kell elvégezni. Ha nagyon jól sikerül a beoltás, akkor még emlékező (memória-) sejtek is keletkeznek. Erre bizonyíték

Irodalom

- [1]. Govers C, Sebestyén Z, Roszik J, van Brakel M, Berrevoets C, Szöör Á, Panoutsopoulou K, Broertjes M, Van T, Vereb G, Szöllösi J, Debets R. TCRs genetically linked to CD28 and CD3 ϵ do not mispair with endogenous TCR chains and mediate enhanced T cell persistence and anti-melanoma activity. *J Immunol.* 2014, 193:5315-26.
- [2]. Roszik J, Sebestyén Z, Govers C, Guri Y, Szöör A, Pályi-Krek Z, Vereb G, Nagy P, Szöllösi J, Debets R. T-cell synapse formation depends on antigen recognition but not CD3 interaction: studies with TCR: ζ , a candidate transgene for TCR gene therapy. *Eur J Immunol.* 2011, 41:1288-97
- [3]. Eshhar Z, Waks T, Gross G, Schindler DG. Specific activation and targeting of cytotoxic lymphocytes through chimeric single chains consisting of antibody-binding domains and the gamma or zeta subunits of the immunoglobulin and T-cell receptors. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 90 (1993) 720–724.
- [4]. Eshhar Z. From the mouse cage to human therapy: a personal perspective of the emergence of T-bodies/chimeric antigen receptor T cells. *Hum Gene Ther.* 2014, 25:773-8.
- [5]. Chmielewski M, Hombach AA, Abken H. Antigen-Specific T-Cell Activation Independently of the MHC: Chimeric Antigen Receptor-Redirected T Cells. *Front Immunol.* 2013, 4:371.
- [6]. Morgan RA, Yang JC, Kitano M, Dudley ME, Laurencot CM, Rosenberg SA. Case report of a serious adverse event following the administration of T cells transduced with a chimeric antigen receptor recognizing ERBB2. *Mol Ther.* 2010, 18:843-51.
- [7]. Gill S, June CH. Going viral: chimeric antigen receptor T-cell therapy for hematological malignancies. *Immunol Rev.* 2015, 263:68-89.

2014 telének időjárása

PÁTKAI ZSOLT

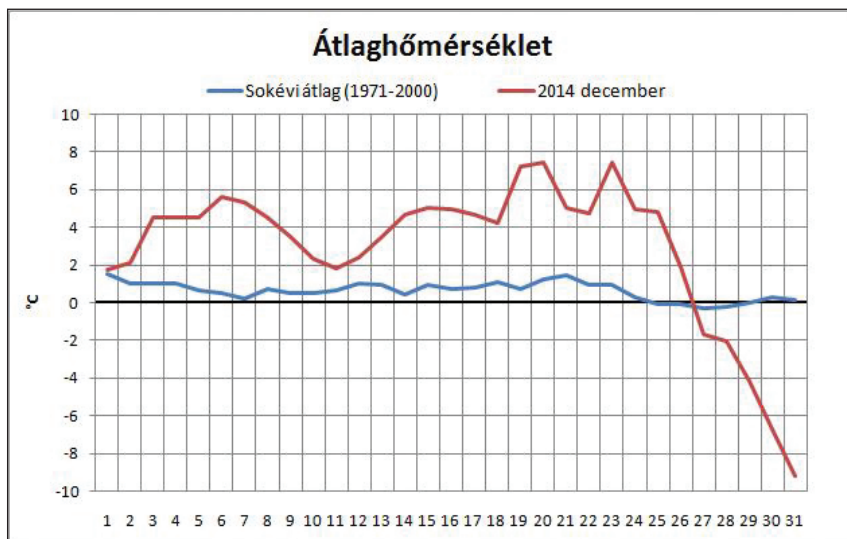
Az előző télhez hasonlóan ismét egy átlagosnál enyhébb évszakot hagytunk magunk mögött. Nagy területre kiterjedő szélsőséges események ugyan nem fordultak elő, de lokálisan jelentős pusztítást okozott az ónos eső, illetve néhány napi hőmérsékleti rekord is megdőlt. A következőkben a tél fontosabb időjárási eseményeit ismertetjük.

December

Rögtön a hónap első napján következett be az az időjárási esemény, amely az egész tél során a leginkább rendkívülinek és károkozónak tekinthető. Ekkor a Dunazug-hegységben, a Gödöllői-dombságban és az Északi-középhegység egyes területein ónos eső okozott hatalmas károkat. Az eseményről a februári számban (145. évfolyam 2. szám) már részletesen esett szó, így ezzel kapcsolatban most csupán egy rövid összefoglalóra szorítkozunk. Önmagában az ónos eső nem ritka jelenség hazánkban, de az mindenképpen szélsőséges, hogy több tíz mm csapadékmennyiség hullott le ónos esőként és fagyott rá a tereptárgyakra, faágakra. Az is szokatlannak mondható, hogy nem a síkvidéki területeket, hanem hozzávetőlegesen a 300–800 m közötti magasságban lévő dombokat, hegyeket sújtotta a természeti csapás. A következmények mindannyiunk számára közismertek: leszakadt távvezetékek, súlyosan károsodott erdők. Ennek az eseménynek a kiváltó oka egy olyan mediterrán ciklon volt, amelynek középpontja ugyan tőlünk távol helyezkedett el, azonban a messzire elnyúló melegfronti felhőzete napokon keresztül benyúlt hazánk fölé is. A folyamatosan egy helyben maradó intenzív csapadékzóna, valamint a talaj közelében érkező fagyos levegő együttesen vezetett az ónos csapadék kialakulásához.

A ciklon frontális felhőrendszere hamarosan feloszlott, azonban a magasban örvénylő hidegcsepp megmaradt, és néhány nap elteltével a Kárpát-medence fölé helyeződött át. December 6–8. között többnyire borult volt az ég, összességében sokfelé esett az eső. A három nap csapadékösszege általában 5–25 mm között változott, csupán a Bodrogek és a Szamosköz térségében mértek kevesebbet.

Az ezt követő 10 napban frontmentes időben volt részünk, a középhőmérséklet 3–5 fokkal az átlag felett alakult. A december 16-



1. ábra. 2014 decemberének átlaghőmérsékleti görbéje a sokévi átlag tükrében

án nyugat felől érkező hidegfront előtt a Dél-Dunántúl fölé melegebb légtömegek érkeztek, így a csúcshőmérséklet 14-én a Dráva melletti Drávaszabolcon elérte a 17,2 °C-ot, amely egyben a hónap legmagasabb hőmérsékletének számít. Mindazonáltal a front nem okozott jelentős csapadékot hazánkban.

Néhány nappal később, december 20-án újabb hidegfront vonult át fölöttünk, ezúttal északi irányból. Maga a talajfront nem okozott jelentős mértékű lehűlést, azonban a légkör magasabb rétegeiben rendkívül hideg levegő érkezett. Az 500 hPa-os légnyomási szinten, amely hozzávetőlegesen 5300–5800 méter magasságban helyezkedik el, kevéssel -40 °C alatti hőmérsékletű levegő áramlott fölénk. A jelentősen megnövekedett légköri instabilitás és a front hatására az esti órákban nagy területen képződtek zivatarok. Az OMSZ villámdetektor-hálózata közel 8000 villámlást regisztrált az éjszakai órákban. A villámlások a jó látási viszonyok mellett messziről is láthatóak voltak – maga a csapadék hullás és az azzal járó látásromlás általában nem volt jelentős mértékű.

Karácsony első napján ismét hidegfront alakította az időjárást, mögötte azonban már zord, száraz, kontinentális levegő zúdult Közép-Európába. A front mögött napokig tartott a hidegadvекció; az egyre fagyosabb hajnalokat egyre hidegebb nappalok követték. Amíg Karácsony előtt a középhőmérséklet mintegy 3–5 fokkal a sokévi átlag fe-

lett alakult, addig az év utolsó napjára már 8 fokkal az átlag alá csökkent. Ez hat nap alatt 14 °C-os csökkenésnek felel meg, ami figyelemreméltó érték (1. ábra). Így fordulhatott elő az, hogy 2014/2015 tele leghidegebb napjának (amely 2014 leghidegebb napja is egyben) december 31-e adódott. Ezen a hajnalon Bataapatiban -20,1 °C-ot regisztráltak.

December átlaghőmérséklete országosan mintegy 2–3 fokkal melegebbnek adódott az 1971–2000-es időszak átlagánál. A hőmérsékleti szélsőértékekről már említettünk, a legtöbb csapadék Tatán (77 mm), a legkevesebb pedig Hídvégárdón (14 mm) esett. A legnagyobb 24 órás csapadékösszeget a Pest megyei Zsámbok jegyzi 43 mm-rel, amelyet december 1-jén mértek.

Január

Az év első néhány napja átmeneti enyhülést hozott, január 4-én már jellemzően 0 fok körül, vagy afelett alakult a minimum-hőmérséklet, napközben pedig 3, 8 fokot mértek. Azonban egy hidegfront a hideg légtömeg újabb hullámát hozta meg január 5-én. Ismét jelentősen visszaesett a hőmérséklet, 7-én napközben is országszerte fagyott, sőt a Dunától keletre a csúcshőmérséklet még a -5 °C-ot se érte el. Arrafelé az éjszaka is zord volt, -10, -15 °C-ot mértek, sőt az északkeleti határ mentén fekvő Tarpán -18,9 °C-ot re-

gisztráltak; ez egyben a hónap legalacsonyabb hőmérséklete.

Szerencsére a hideg levegő szorítása nem tartott sokáig: az újabb ciklonok és frontok nyugat felől jóval enyhébb levegőt szállítottak térségünkbe. A kontinens fölé nyugat felől benyúló anticiklon peremén vonuló ciklonok egyben szeles időt is okoztak, azonban ami sokkal lényegesebb, hogy hatására erőteljes fönhatás alakult ki hazánkban. Ennek eredményeként január 10-én Fertőrákoson 19,7 °C-ig melegeedett fel a levegő, ami új országos napi rekordot jelentett, megdöntve a 2007-ben Tatan mért 17,4 °C-ot. Az enyhe nappalra következő éjszaka egy még szokatlanabb dolog

felhőrendszere a Balkán-félszigetet és a Kárpát-medencét is beborította. A felhőkből jelentős mennyiségű, mintegy 10–40 mm közötti eső zúdult alá, csupán az Észak-Alföldön és az Alpokalján esett ennél kevesebb. Az esőt a Bakonyban és a Balaton környékén havazás váltotta fel, de megmaradó hóréteg csak a Bakonyban tudott kialakulni. Ott viszont jelentős hóréteg halmozódott fel, Bakonybélről például január 26-án 53 cm-es hótakarót jelentettek. A havazás mellett viharos szél is fúj, amely Veszprém megyében hófúvást okozott.

Csak néhány nap telt el, és egy újabb hatalmas mediterrán ciklon alakult ki, ekkor

Február

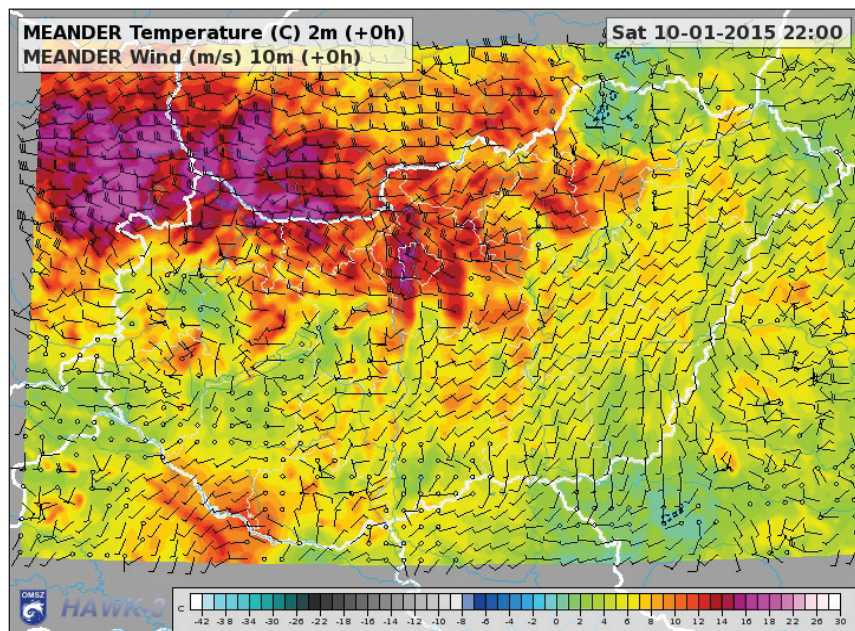
A tél utolsó hónapja viszonylag kevés időjárási érdekességet tartogatott számunkra. A hónap első hét napjában ciklonális nyomási mező jellemezte a térséget, ennek ellenére csak néhány helyen esett az eső, csupán Baranya megyében mértek 10–15 mm csapadékot február 6-án. Az éjszakák hidegek voltak, sokfelé keményen fagyott. A hónap legalacsonyabb hőmérséklete is ehhez az időszakhoz kötődik: -15,9 °C Hídvégardó, február 5.

Ezt követően a hónap közepéig anticiklon alakította a légköri folyamatokat. A magasnyomás kezdetben a Brit-szigetek felől nyúlt be fölnk, amelynek peremén nyugat felől melegebb légtömegek érkeztek, így az éjszakai fagyok valamelyest enyhültek, a nappali felmelegedés mértéke pedig erősödött, jellemzően 5–10 fokot mértek. Később az anticiklon centruma Közép-Európa fölé helyeződött át, míg február 15. környékén már Szentpétervár környékén helyezkedett el. Ezzel egy időben hideg, sarkvidéki levegőtömeg indult meg déli irányba, amely Magyarországot 17-én érte el. A front mögött a csúcshőmérséklet mintegy 5–7 fokkal visszaesett, és az éjszakai fagyok is erősebbé váltak.

Nem tartott sokáig a hideg levegő uralma, mert újabb átalakulást követően nyugatiassá, délnyugatiassá vált az áramlás, enyhe légtömegek árasztották el térségünket. A középhőmérséklet egészen a hónap végéig mintegy 3–5 fokkal haladta meg az átlagot. Ebben az időszakban mérték a hónap legmagasabb hőmérsékletét (17,2 °C), amelyet Kőrörszakálon regisztráltak. Az enyhe idő mellett alapvetően felhős volt az ég, olykor az eső is esett. A legnagyobb 24 órás csapadékösszeget februárban Kiskunfélegyházán mérték (23 mm, február 25.).

Február mintegy 1–3 fokkal melegebbnek adódott az 1971–2000-es időszak átlagához képest. A csapadékmennyiség szeszélyes területi eloszlásban jobbra az átlag alatt alakult. A Tiszántúlon, az Északi-középhegységben és Fejér megye területén az átlagnál alig a fele (10–20 mm) esett, ugyanakkor a Duna-Tisza közén az átlag körül, míg a Dunántúl nagy részén, azon belül is kiemelten Somogy megyében az átlagnál több hullott (40–60 mm). A legnagyobb havi csapadékmennyiséget – 64 mm-t – Nemeskisfaludról jelentették.

Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy a 2014/2015-ös tél középhőmérséklete 2,1 °C volt, amely több mint 2 fokkal haladta meg az átlagot – leginkább a december volt enyhe. A tél során országos átlagban 130 mm csapadék hullott, ennek csak csekély része volt hó. Az évszak szélsőséges eseményei közé a december elején pusztító ónos esőt, és a január 10-e környéki nappali, illetve éjszakai melegrekordokat sorolhatjuk.



2. ábra. Analizált hőmérsékleti és szélmező 2015. január 10. 22 UTC-re vonatkozóan

történt: átmeneti csökkenést követően ismét emelkedni kezdett a hőmérséklet. Este 11 órakor a Kisalföld északi felében, valamint a főváros térségében már 14, 18 fokot mértek, sőt Budapest-Lágymányos állomáson a viharos szélben 17,0 °C-ot regisztrált a műszer, így egy napon belül már másodjára dőlt meg a napi budapesti melegrekord. Ugyanakkor egyes területeken belül nagy volt a hőmérséklet-különbség, például Miskolc és Edelény között bár csupán 25 km a távolság, mégis az aktuális hőmérsékletben majdnem 14 fokos eltérés mutatkozott késő este (2. ábra).

A következő 5–6 nap során a magasnyomás a Földközi-tenger fölé helyeződött át, folytatódott az átlagosnál mintegy 4–6 fokkal enyhébb időjárás. Ebben a helyzetben, január 16-án ismét megdőlt a napi melegrekord, hiszen Sellyén 16,0 °C-ot mértek, szemben a Kisbéren 1993-ban regisztrált 15,5 °C-val.

Január 23–25. között egy nagy kiterjedésű mediterrán ciklon alakult ki az Appennini-félsziget térsége fölött, de a ciklon

azonban a ciklon középpontja Magyarország felett haladt át. A ciklon magjában január 30-án este Szegeden a tengerszintre átszámított légnyomás 974 hPa-ig csökkent, megközelítve az abszolút minimumrekordot, amelyet 1976. december 2-án Nagykanizsán mértek (968,6 hPa). A ciklon újabb jelentős mennyiségű csapadékot okozott, de ezúttal az Északi-középhegységben esett a legtöbb. Leginkább havas eső és hó hullott, de hóréteg csak a magasabban fekvő területeken alakult ki. Így például Kékestetőn egy nap alatt közel 50 cm hóréteg képződött, de a Bakonyban is tetemes volt még a hótakaró.

Január lényegesen, mintegy 150–200%-kal csapadékosabb volt az 1971–2000-es átlaghoz viszonyítva. A legtöbb csapadékot Bakonykoppányban (161 mm), a legkevesebbet pedig Nógrádszakálon (29 mm) regisztrálták. A hónap legalacsonyabb és legmagasabb hőmérsékleti értékeit már említettük, de érdemes kiemelni, hogy a két szélsőérték között csupán 3 nap telt el.

Egy erdélyi dokumentumfilmes

Miholcsa Gyula ismeretterjesztő filmjei

ÁGOSTON HUGÓ

Miholcsa Gyula több mint harminc éve kezdte elsajátítani a filmszakmát, huszonöt éve hivatásos filmes: a közszolgálati román televízió bukaresti magyar adásának munkatársa. Tevékenységének színhelye szülővárosa, Marosvásárhely, anyagait innen küldi a fővárosba.

Temesváron végzett elméleti fizikát, többek között Toró Tibor és Hegedűs Imre tanítványaként. A rendszerváltozás előtt középiskolai tanár volt. Szakmai önéletrajza szerint pedagógusként az a szándék vezette, hogy a diákokat megtanítsa önállóan, logikusan gondolkodni. Szenvedélyes feladatmegoldó volt, több – országos viszonylatban is fontos, román és magyar nyelvű – fizikai feladatgyűjtemény szerzője, társszerzője. Ismeretterjesztő cikkei jelentek meg, rádiósorozata is volt, fejtrő-rovatot vezetett, könyvet írt (Ember és környezet, Appendix kiadó, Marosvásárhely, 2003) arról, hogy „a fizika mindenütt jelen van bármilyen környezetben (föld, víz, levegő), vagy akár különféle sportokban (kirándulás, barlangmászás, szís, sárkányrepülés, búvárkodás stb.)”

Ezeket a pályaelemeket, a fizikatanárságot mint ismeretátadást és a feladatmegoldást mint önálló gondolkodásra nevelést azért emelem ki külön, mert mintegy predestinálnak a tudományos ismeretterjesztésre: amannak is fő funkciója az elgondolkodtatás, az összefüggések megértetése: az ismeret-erjesztés. Tehát Miholcsa Gyula indulásának és szellemi alkatának logikus, mondhatni rendeltetésszerű következménye volt az, hogy végül ebben találta meg a fő hivatását. Szerencsés találkozások folytán annak is a legmodernebb formája: a tudományos-technikai tárgyú dokumentumfilm művelésében. Erdélyben – legalábbis tudomásom szerint – ezen a színvonalon senki más nem végez ilyenfajta ismeretterjesztő munkát.

Azt mondanám, Miholcsa Gyulának szerencséje is volt. A múlt század végére a dokumentumfilm sajátosan kedvező helyzetbe került. Gyökeres változások történtek a televíziós- és filmiparban, a mozgóképes rögzítés demokratizálódott, a dokumentumfilmek köznapi élménnyé válhattak, tipológiájuk változatosabb, forgalmuk



Hevesi Endre-díj 2015

A hagyományokhoz híven az idén is átadták a Hevesi Endréné Kalmár Magda által alapított Hevesi Endre-díjakat. A díjban azok az újságírók – vagy indokolt esetben újságírói munkát végző szakemberek is – részesülhetnek, akik az előző évben a tudomány és a technika új lehetőségeinek, eredményeinek népszerű ismertetése érdekében a legtöbbet tették, illetve a legérdekesebb és közérthető magyarsággal fogalmazott cikkeket írták. A díjjal, amelyet április 29-én adtak át a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala Kamatermében, 100 000 Ft és oklevél jár.

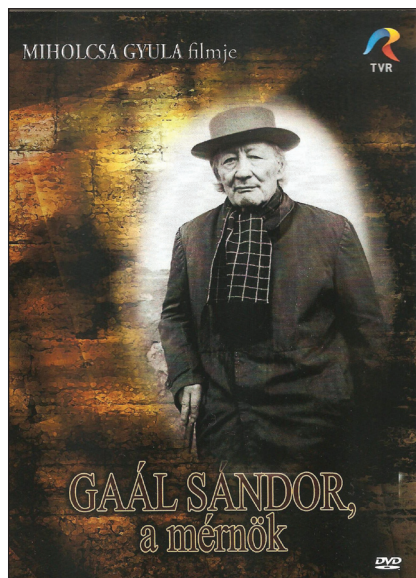
Az alapítvány kuratóriumának döntése értelmében 2015-ben *Frey Sándor* tudományos újságíró, a Földmérési és Távérzékelési Intézet Kozmikus Geodéziai Observatóriumának főtanácsosa, az Űrvilág hírportál főszerkesztője, és *Miholcsa Gyula* tudományos újságíró, a bukaresti Román Televízió Magyar Adásának belső munkatársa részesültek a díjban. Az Életműdíjat – amelyet a Dimenzió Média Alapítvány támogatott – ebben az évben *Dosztányi Imre*, a TermészetBúvár főszerkesztője, felelős kiadója vehette át.

Képünkön (balról): Miholcsa Gyula, Dosztányi Imre és Frey Sándor
(*Trupka Zoltán felvétele*)

– ennél fogva nézettségük – hallatlanul felgyorsult. Az internet térhódításával, a terjesztés olcsóvá válásával még inkább.

Miholcsa Gyula ismeretterjesztő filmjei is televíziós műsorszámok – ez nem köztétesség, ellenkezőleg: eszményi megjelenési forma. Természetesen filmográfiája túlságosan szerteágazó, alkotásainak leltára túlságosan bő ahhoz, hogy itt részletesen felsoroljuk. Két nagy sorozata – az *Erdélyi ipartörténet* és az *Erdélyi tudósok* – arról árulkodik, hogy a szerző immár évtizede tervszerűen foglalkozik ezzel a két

fő témával, tudatosan építkezik. („Óriási szerencsém van, mert most már csak dokumentumfilmeket készítek, egy szerkesztő kollégámmal, Balázs Jánossal együtt találjuk ki a témákat” – olvassuk a vele készített interjúban „az erdélyi *Filmvilág*”, a *Filmtett* 2012. szeptemberi számában.) Jelzésekppen néhány filmjének tárgya: 1. az Erdélyi ipartörténet sorozatban a tellúr felfedezésének története, az erdélyi üveg, a vasgyártás története, vízimalmok, a mezőmadarasi meteorit (az 1852-es meteorit hullás Erdélyben), az erdélyi földgáz,



egy festőművész a fényképezés hajnalán (Szathmári Pap Károly), hidak és hídépítők, Gyárfás Győző (az Ojtozi-szoros, a Békás-szoros útjainak tervezője és kivitelezője), a vízerőművek története Erdélyben (Cód); 2. az Erdélyi tudósok sorozatban Károly Iréneusz József, Gaál Sándor, Virág József és Pollák Antal távirója, Chudy József optikai távirója és zenézi tevékenysége, Puskás Tivadar, Bodor Péter ezermester (közösen Balázs Jánossal), Szilárd Leó.

Két, viszonylag frissebb alkotást a fentiek közül kissé részletesebben méltatnék. Az egyik a Gaál Sándor (1885–1972) erdélyi fizikus-mérnökről készített „sorstörténet”. A második világháború után Sepsiszentgyörgyön letelepedett Gaál Sándor E. O. Lawrence előtt ismerte fel a ciklotron elvét, talán már 1928-ban. Felismerését 1929-ben írta le *Die Kaskadenröhre. Ein Beitrag zum Problem der Atomkern-Zertrümmerung (A kaskádcső. Hozzájárulás az atommag-roncsolás problémájához)* címmel, szakmailag kétségtelenné téve az elsőbbségét. Sajnos a *Zeitschrift für Physik* 1929 júniusában visszaküldte Gaálnak a dolgozatot, azzal érvelve, hogy a kérdést Rolf Videröe (1902–1996) már 1928-ban megoldotta. A szerkesztőség tévedett: a norvég mérnök nem a ciklotron, hanem a lineáris gyorsító elvét ismerte fel. Gaál prioritása tehát Lawrence-szel szemben kétségtelen. Nem tudunk róla, hogy Wideröe később bárhogyan reagált volna, feltételezhető, hogy ha valóban a ciklotron elvét fedezte volna fel, 1930 után hallatta volna a szavát. Megjegyzendő, hogy Gaál Sándornak ezen kívül is figyelemre méltó dolgozatai és találmányai voltak. Miholcsa Gyula dokumentumfilmjében az ismeretterjesztő mozzanatokon túlmenően emberközeli hozza a nem túl vidám sorsú fizikus-mérnök

alakját. Elkészítéséről érdekesen számol be műhelyvallomásában a *Természet Világa* 2013. áprilisi számában. Ami azonban a napi viszontagságokon, mozzanatokon, frusztrációkon túlmutat: az a Bolyaiak városában, Marosvásárhelyen különös jelentéssel terhes kérdés, hogy vajon miféle fátum hagyja mindig az utókorra a tájainkon alkotók érdemeinek elismerését. Mennyire törvényszerű, hogy a társadalmi megkésettség sötétségében felvillanó lángelméinket a koruk „kioltja”? Miként a felvetés, úgy a válasz is feltehetően filozófiai, alkalmasint történelem- és társadalompszichológiai megközelítést igényel. Mindenesetre – és ezt Miholcsa alkotásai is szemléltetik – a jó ismeretterjesztő filmnek lehet élményszerű hatása, nálunk pedig, a jelzett frusztrációk és sorsérzés miatt az ismeretterjesztés és a róla való beszéd óhatatlanul „mondanivalós”, „kattartikus”.

Miholcsa Gyula legújabb tudós-filmje a Szilárd Leóról szóló 2014-es, három részes *A marslakó*. Minden szempontból a legérettebb is: alapvető európai és amerikai forrásokat használ, Hargittai István akadémikus összekötő szövege élményszerűen lényegre tapintó. A szerző megtalálja a vékony, de elégséges erdélyi szálat ahhoz, hogy filmje a sorozatba illeszkedjék, érdekesen villantja fel Szilárd Leó kalandos életét és pályáját, tevékenységének történelmi jelentőségét. A filmre – amit a többihez hasonlóan a romániai TVR1 magyar nyelvű adásában mutattak be (2014 novemberében) – az anyaországban a Magyar Nukleáris Társaság is felhívta a figyelmet. A Társaság ismertetésében érdekes – és az elismertség fentiekben érintett kérdésével összecseng –, hogy Szilárd Leó „a társadalom minden szféráján kívül állt, és ebből a helyzetből olyan szögben látta a dolgokat, ahogyan senki más.” Ez (is) magyarázat lenne, ez az egyszerre-előny-és-hátrány „társadalmonkivüliség”, hogy Szilárd Leó nem kapta meg a Nobel-díjat?

Legutóbbi beszélgetésünk alkalmával a terveiről is kérdeztem a meghatóan fiatal szerzőt. (Miholcsa Gyula ’56-os, úgy érte, 1956-ban született.) Főként tudománytörténeti projektek foglalkoztatják. Legközelebb Martin Lajosról „forgat”, erről a kiváló elméről, akiről Jókai Mór *A jövő század regényének* főhősét, Tatrangi Dávidot mintázza. Martin Lajos (1827–1897) matematikus és feltaláló mérnök a repüléstechnika úttörője, 1872-től Kolozsvárott, az egyetem matematika tanszékén figyelemre méltó egyetemi karriert futott be, rektor is volt. Eredeti találmánya a „lebegőkerék”, érdeme a gőzturbina alapelveinek korai megfogalmazása. Miholcsa az előkészítés-adatgyűjtés végéhez közeledik, előreláthatólag ez lesz a következő filmje az Erdélyi tudósok sorozatban.

Következne a listán Mentovich Ferenc

(1819–1879) filozófus, aki a gimnáziumot Nagyenyedden végezte, majd némi európai kalandozás után, 1856-ban (nota bene Bolyai Farkas halálának évében) meghívták a marosvásárhelyi református főiskola természet-tani tanszékére, és haláláig megmaradt ebben az állásában. Gondolom, sajátos kihívás a rendező számára a bőven rendelkezésre álló, de mégiscsak elvont anyag filmes feldolgozása. Kíváncsian várjuk az eredményét.

Miholcsa Gyula legnagyobb projektje azonban városunk legsokoldalúbb tudósának, a polihisztor Bolyai Farkas (1775–1856) életművének a filmre vitele. A csodásan gazdag dokumentáció ez esetben is előny és hátrány. Alkalmasint a szelekció kíván meg körültekintést. Miholcsát ez a terve régóta foglalkoztatja, elmondása szerint már „16 mm-es filmes” korában fényképezett hozzá anyagot. Kétségtelenül hatalmas vállalkozás, és ha idén, Bolyai Farkas születésének 240. évfordulójára nem is tudja befejezni, nagyon jó lenne, ha – kellő támogatással – legalább a jövő év végére, emblematikus tudósunk halálának 160. évfordulójára el tudna vele készülni.

Miholcsa Gyula mindenképpen, az eddigi munkájáért is, megérdemli az elismerő figyelmet.

Levél Marosvásárhelyről

Kedves Gyula!

A Gaál Sándor-film elindított valamit. Gógámváralján, Gaál Sándor szülőfalujában május 30–31-én falunapok lesznek, és 31-ét Gaál Sándornak szentelik: emléklapokat avatnak a szülőházán és kopjafát állítanak a tiszteletére. Egyik szervező elmondta, hogy a film indította el az egészet.

Természetesen az utórok Czegő Zoltán és Bodó Barna újságírók, a film csak egy összegzés, ami emészthető formába hozta Gaál Sándor tevékenységét. Meglehet, hogy éppen ez a „természettudományos ismeretterjesztés”. Ezentúl, valószínűleg minden évben büszkén emlékeznek majd a falu neves szülöttjére.

Eddig a falunak csak híres festett kazettái voltak, ezek Budapesten vannak a Magyar Nemzeti Galériában, most már lesz egy Gaál Sándora is. Felkértek, hogy vasárnap mondjak néhány szót róla a plakettél és a kopjafánál, amit természetesen örömmel megteszek. Úgy néz ki, hogy sikerül elcsalnom vasárnapra Gaál Sándor legjobb barátjának, Bauer Gusztávnak a fiát Németországból, aki eddig is pártolta Gaál Sándor emlékének ápolását.

Erről akartam beszámolni, hogy tudj az örömhírről.

Üdvözlettel: Miholcsa Gyula



(2015. április)

A DAWN ŪRSZONDA A CERESNÉL

Áprilisban megérkezett a NASA Dawn ūrszondája a Cereshez, az elsőként felfedezett, és legnagyobb kisbolygóhoz, amely a Mars és a Jupiter közötti fő kisbolygóövben kering (igaz, manapság az égitestet törpebolygónak illene nevezni). A szonda az övezet másik kisbolygójától, a Vestától érkezett, és több elsőséget és különlegességet mondhat magáénak.

A Dawn az első ūrszonda, amely két különböző égitest körül is keringett, tehát nemcsak elrepült célpontja mellett, hanem keringési pályára állt körülöttük. A Dawn erre a teljesítményre ionhajtóművel volt képes. A hajtómű a napelemekkel előállított elektromos energiával xenonionokat gyorsít, ezek kiáramlási sebessége 7–10-szer nagyobb a hagyományos kémiai energiával működő hajtóművekben az égéstermék gázok kiáramlási sebessége. Amikor a hajtómű a legnagyobb tolóerőt kifejti, akkor is csak másodpercenként 3,25 milligramm xenon áramlik ki. Ma már erre nem képes, mert a Naptól távolodva a napelemek által termelt elektromos energia mennyisége csökken (a Ceres távolságában a napsugárzás erőssége csak 13%-a a Föld felszínében mérhetőnek). Az ionhajtómű maximális tolóereje 91 millinewton (ez kb. 10 gramm tömeg súlya a Föld felszínén), de a gyengébb napsugárzásban már csak 30 millinewtonra képes. Ellentétben a rövid ideig intenzíven működő, és a kisebb kiáramlási sebesség ellenére nagy tolóerőt kifejtő kémiai hajtóművekkel, az ionhajtómű szinte folyamatosan működik, aminek köszönhetően a Dawn szondának minden más ūrszokznál nagyobb sebességváltozást sikerült önerőből elérnie, sebességét 10,7 km/s-mal növelte meg (amihez hozzáadódott a Mars melletti elrepülés gravitációs lendítő hatása). A fényszegény környezetben elegendő elektromos energia termeléséhez a Dawnnak nagy napelemtáblákra van szüksége, feszítávolságuk 20 méter. A Naptól ennél nagyobb távolságban csak két ūrszonda használ napelemeket, egyrészt az ESA Rosetta szondája, másrészt a NASA Jupiter felé tartó Juno szondája.

A Dawn 2007 szeptemberében indult, 2009 februárjában repült el a Mars mellett, majd 2011. július 16-án állt pályára a Vesta körül, ahol 2012. szeptember 5-ig

keringett (ez a Vesta keringési idejének kb. harmada). Ekkor indult tovább a Ceres felé. Korábban a japán Hayabusza szonda volt az egyetlen, amelyik a Holdnál távolabbi célpontját (az Itokawa-üstököst) a körülötte keringést követően önerőből elhagyta, de a Hayabusza nem egy újabb célpont felé folytatta az útját, hanem visszajött a Földre. Még a Vesta megközelítése előtt elromlott a szonda helyzetét stabilizáló egyik giroszkóp, ami megnehezítette a napelemek Nap felé, és a kommunikációs antenna Föld felé irányítását, azonban a küldetést így is sikerült folytatni.

A Vestánál töltött egy év alatt feltárult az apró égitest geológiai múltja. Anyaga differenciálódott, azaz szétvált a nagyobb sűrűségű fémekben gazdag mag és a kisebb sűrűségű, szilikátos köpeny és kéreg. A differenciálódás után két, hatalmas erjű becsapódás érte a Vestát, amelyek csaknem szétépték az égitestet. Ezek nyomát őrzi egy magas hegycsúcs a déli sarkvidéken és az egyenlítőjének periodikus, hullámos gyűrődései. Érdekesek a felszíne több helyén is látható, nagyobb, sötét foltok.

A Ceres körül a Dawn először 13 500 km magas pályán kering, majd ezt három lépésben 4400, 1470, majd végül 375 km-re csökkentik, hogy egyre részletesebben térképezhessék fel a felszínét. A legmagasabb pályán 15 naponként kerül meg a Cerest, az 1470 km-es pályán viszont már csak 19 óra lesz a keringési ideje. Ez utóbbról hatszor térképezi fel teljesen a kisbolygót, először úgy, hogy a kamerák függőlegesen lefelé nézve fényképezik a felszín, majd különböző dőlésszögekkel, hogy a finomabb részleteket is ki lehessen mutatni. Végül, a legalacsonyabb pályáról a GRAND spektrométerrel a Ceres felszínéről érkező neutronokat figyelik, amiből a felszíni ásványeloszlásra következtethetnek. Eközben a NASA Mélytűri Hálózata-nak rádiótávcsöveivel folyamatosan követik a szonda mozgását, hogy az apró sebességváltozásokból a Ceres gravitációs terének szerkezetét feltérképezve az égitest belső tömegeloszlására következtessenek.

A kutatók arra számítanak, hogy a Vestától merőben eltérő világ tárul majd a szemük elé. A Ceres csaknem kétszer akkora átmérőjű (950 km), mint a Vesta (526 km), sűrűsége viszont alig kétharmada a Vestáénak (2,1, illetve 3,5 kg/dm³). A Ceres felszíne sokkal sötétebb, míg a Vesta a ráeső napfény 40%-át, addig a Ceres csak 10%-át (a Hold csak 7%-át) veri vissza.

(A Sky and Telescope cikke a Ceres megközelítése előzetesként jelent meg. Időközben kiderült, hogy a Ceres sikeresen pályára állt második célpontja körül. Elkezdte az égitest térképezését, elkészült az első, egyelőre hozzáférhető, hamis színű térkép. Ez valószínűsíti, hogy a Ce-

res valaha geológiailag aktív égitest lehetett, továbbá megerősíti az a tény – amire a bolygókutató geológusok számítottak –, hogy a Ceres anyagának 17–27%-át víz teszi ki, az sem lehetetlen, hogy a felszín alatt részben folyékony állapotban.)



(2015. március 14.)

ÓRIÁS TENGERI FOSSZÍLIÁK AZ ÍZELTLÁBÚAK KORAI EVOLÚCIÓJÁRÓL

A jelenlegi legváltozatosabb állatcsoportot alkotó ízeltlábúak 530 millió évvel ezelőtt jelentek meg az ősmaradvány-anyagban. Képviselőik ma gyakorlatilag mindenhol jelen vannak, mint például a törfarkú rákok, a skorpiók, a pókok, a kullancsok, a százlábúak, a rákok, a lepkék, a hangyák, a szünnyogok vagy a bogarak. Az ízeltlábúak rendkívüli sikere nagyrészt a testük és végtagjaik szelvényezett felépítésének köszönhető. Az evolúció során a szelvények különböző feladatokra módosulhattak, ami lehetővé tette, hogy majdnem minden környezethez és életmódhoz alkalmazkodjanak. A modern ízeltlábúak végtagjai gyakran erősen specializálódtak a mozgásra, az érzékelésre, a légzésre, vagy a párzásra. A paleontológusok számára az egyik legfontosabb kérdés, hogyan alakultak ki ezek a végtagmódosulások. A Nature-ben publikált cikk a kihalt anomalocaridák néhány új lelete alapján próbálja megfejtetni az ízeltlábúak korai evolúciójának néhány kérdését.

Az anomalocaridák 530 millió éve jelentek meg a kambrium időszakban, és a legutolsó ismert képviselőik 480 millió éves ordoviciumi kőzetekből származnak. A földönkívüli kinézetű állatok fején egy pár tuskés függelék volt, a kör alakú szájat fogazott lemezek vették körül. A hosszú, szelvényezett test lebenyeket viselt, melyeket úszás közben használtak. Ezeknek az állatoknak a valódi kiléte sokáig nem derült ki, mivel izolált részeket különálló fajokként írták le: a tuskés fejnyúlványokat rákoknak, a fogazott szájukat medúzának, a testüket tengeri uborkának tartották. Csak 1985-ben, majdnem egy évszázaddal az első anomalocarida-maradvány felfedezése után rakták össze az egyes részeket, és ismertették az első pontos rekonstrukciót.

Az anomalocaridák azonban ezután is titokzatosak maradtak. Majdnem egy to-

vábbi évtized kellett, hogy az izeltlábúakhoz sorolják őket, de még akkor is sok nyitott kérdés maradt az anatómiájukról és evolúciós helyzetükről. Rejtélyes volt a testükön lévő egy pár lebeny, és hogy más izeltlábúaknál ennek mi a megfelelője. A másik kérdés a törzsük végtagmenetessége volt, ami zavarba ejtő egy izeltlábúnál. Általános vélekedés szerint az anomalocaridák úszó életmódjuk miatt vesztették el teljesen a végtagjaikat.

A mostanában felfedezett, kivételes megtartású, háromdimenziós óriás anomalocaridák azonban más történetről mesélnek. A gyűjtők a 480 millió éves Fezouata-pala rétegeiben fedezték fel az Aegirocassis benmoulae névre keresztelt állat maradványait DK-Marokkóban. Ez a terület jelenleg a Szahara sziklás sivataghoz tartozik, az Aegirocassis korában azonban az óceánnal borított terület még a Déli-sark közelében volt. Az állat elpusztulásakor az aljzatra süllyedt tetem gyorsan betemetődött, és így rendkívüli részleteket őrzött meg az utókor számára. Begyűjtés közben a fossziliák kisebb darabokra törtek, amelyeket a laborban raktak össze utólag. Számos darabot még a bezáró közettől is meg kellett tisztítani. Az óvatos preparálás során vették észre, hogy a marokkói maradványoknak nem egy, hanem két pár elkülönült lebenye volt. Ezen felbuzdulva újrajvizgáltak számos idősebb anomalocaridát a kanadai Burgess-palából. Azt találták, hogy más fajoknál is volt második pár lebeny, amit a korábbi vizsgálatok során nem vettek észre. A marokkói példányoknál egy szalagszerű kopolytút is kimutattak az állat hátoldalán.

Az anomalocaridák nem vesztették el a végtagjaikat, mint korábban gondolták. Az állat hátán és az oldalain lévő lebenyek a későbbi izeltlábúak végtagjainak előfutárai lehettek. Az alsó lebenyeket úszásra használta, míg a felsők stabilizálták az állat mozgását és a gyorsulásban is szerepet kaphattak. A klasszikus izeltlábú végtagok később jelentek meg a két lebeny összeolvadása révén. Ez azt is megerősíti, hogy az anomalocaridák nagyon korai szakaszt képviselnek az izeltlábúak evolúciójában.

Az Aegirocassis benmoulae felfedezése ökológiai szempontból is jelentős volt. Az összes többi anomalocarida aktív ragadozó állat volt, amelyek a tüksék fejnyúlványukkal ragadták meg a zsákmányt. A marokkói állat fejnyúlványai azonban egy bonyolult szűrővé módosultak, amivel kiszűrték a plankton az óceánok vizéből. Az Aegirocassis benmoulae 2,1 méteres hosszúságával a valaha élt legnagyobb izeltlábúak közé tartozik. Ez az óriás a biológiai diverzitás erőteljes növekedésének a korai fázisában alakult ki. Ezek képviselik a legidősebb példát a masszív, plank-

ton fogyasztó állatok kifejlődésére. Az Aegirocassis aktív ragadozókból fejlődött ki, amikor jelentősen megnőtt a plankton diverzitása a tengerekben. Az óriási méretű, szűrve táplálkozó cápák és bálnák megjelenése hasonló körülmények között zajlott le jóval később.



(2015. február)

A BÉLRENDSZERI PROBLÉMÁK TERMÉSZETES GYÓGYÍTÁSA

Túl sokat, túl nehéz ételeket, ráadásul túl gyorsan eszünk. Ezeknek is tulajdonítható, hogy az emberiség nagy része küzd emésztéssel összefüggő problémákkal. Biztató ugyanakkor, hogy minden más működési zavarral ellentétben sok emésztőrendszeri probléma hosszú távon megelőzhető az életviteli- és táplálkozási szokások egyszerű és kismértékű megváltoztatásával.

Bélrendszeri problémák következménye lehet a puffadás, teltségérzet, hasmenés, vagy éppen székrekedés – s mindez olyan ördögi kör, amely teljesen kibillenti az egyensúlyából a természetes emésztést. A táplálékfelvétel egy kifinomult összhangolt emésztési folyamat. A táplálék a legkülönbözőbb szervek bonyolult együttműködése révén kerül lebontásra, azt követően pedig felhasználásra. Mindez a nyálkahártyával borított emésztőrendszerben történik, amely a szájüregtől a végbélnyílásig terjedő körülbelül 9 méter hosszú csatorna. Az emésztési folyamat vezérlőszerve maga a bélrendszer, melyet egy idegekből álló háló, az úgynevezett bélrendszeri, vagy enterális idegrendszer borít be, amely több mint 100 millió neuront tartalmaz. Ez több mint a teljes gerincvelőben található neuronok száma. Ez a „bélagy” a koponyában található központi idegrendszerrel függetlenül működik. A bélrendszer legtöbb jelzése észrevétlen marad, csupán a legfontosabb információkat, figyelmeztető jeleket, mint például hányingert, hányást, fájdalmat érzékeli az idegrendszer.

A bélrendszer belsejében sok milliárd baktérium él, melyek a bélflórát alkotják. Ezek a mikroorganizmusok hálószerűen fedik be a bélrendszer belső terét. A bélflóra biológiai sokféleségének nagyságát jellemzi, hogy több mint 400 különböző mikroorganizmus alkotja. Feladatukra a felvett táplálék előkészítésétől az anyagcseretermékek előállításán át egészen az emberi immunrendszer támogatásáig terjed.

Az egészséges embernek fiziológiai, életteni bélflórája van, azaz bélrendszerük csak olyan mikroorganizmusokat tartalmaz, amelyek az egészséges emésztéshez szükségesek. Ha a bélflóra károsodott, segíthetnek az ún. probiotikumok, azaz meghatározott élő mikroorganizmusok, amelyek a bélrendszert aktív formában érik el, és egészségileg kívánatos hatást fejtenek ki. A probiotikumokat a legkülönbözőbb formában, ételként, táplálék-kiegészítőként, vagy gyógyszerként alkalmazzák.

Mindannyian ismerjük a fermentált, erjesztett tejtermékeket mint ételismert, amelyeket a különböző kultúrákban évezredek óta alkalmaznak. A probiotikus ételismertek egészségügyi vonatkozása régóta vita tárgya – a bolgár pásztorok egészséges hosszú életét már a múlt évszázad elején a joghurt fogyasztására vezették vissza, amelyeket különböző laktobacillus törzsek erjesztésével állítottak elő. Azóta fokozódó érdeklődés kíséri a probiotikumok alkalmazását. A laktobacillusok fakultatív anaerob baktériumok, vagyis a légköri oxigén kizárása esetén optimális növekedést mutatnak.

A baktériumok savas közegben különösen jól szaporodnak, és képesek a glukózt tejsavvá erjeszteni, majd ezzel a közvetlen környezetét savasítani. Ezáltal sok, hasmenést okozó kórokozó növekedését akadályozza, vagy akár teljesen lehetetlenné teszi. Emellett laktobacillus adásával helyreállítható az életteni bélflóra, mellyel a káros mikroorganizmusok visszaszoríthatók. Meg kell még említeni a probiotikus mikroorganizmusoknak és sejtfal-alkotó-elemüknek a bélrendszerrel társult nyirokszövetre gyakorolt immunmoduláns, megelőző hatását.

Az egyszerű utazási hasmenések védokezelésének területén végzett klinikai tanulmányok alaposan körüljárták a probiotikumok hatásmechanizmusát. A klinikai vizsgálatok bizonyították egyrészt, hogy a konkrét megelőzésre és kezelésre megfelelő probiotikus mikroorganizmusoknak számtalan feltételnek kell megfelelniük, másrészt pedig, hogy a kereken 200 ismert probiotikus mikroorganizmus egyáltalán nem alkalmazható sikeresen valamennyi indikáció esetén. A probiotikus készítmények elkészítése a gyógyszeripari technológia számára igazi kihívást jelent.

A probiotikus készítményekkel szemben támasztott feltételek többek között a gyomorsavval és az epeváladékkal szembeni ellenálló-képessége, mégpedig azért, hogy elegendő életképes mikroorganizmus jusson a gyomorba. Egyéb faktoroknak is teljesülniük kell, például elegendő életben maradt csíraszám az erjesztés előtt, után, valamint a tárolást követően.

XXIV. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

MINDENKINEK MEGVAN A MAGA CSATÁJA

Együtt élni egy ritka betegséggel

DEÁK BRIGITTA

Református Kollégium, Sepsiszentgyörgy, Románia

Kint az utcán minden tele étellel, mozgásban az egész város. Körülvesz a sok lehetőség. Elhatalmasodik rajtam az izgatottság érzése, ha belegondolok abba, hogy mára már nemcsak végigbandukolok a parkon lesütött fejjel, elbújva az emberek előtt, hanem büszkén, „énekelve” élem az életet.

Ez nem volt mindig így. Tizennyolc évvel ezelőtt (hat hónapos koromban) megkezdődött az a harc, amelyet a családom és én vívtunk, vívunk az életemért.

Amikor megszülettem, szüleim úsztak a boldogságban, hiszen már nagyon várták érkezésemet. Duci, kerek pofis, kékszemű kislány voltam. Akire csak rámosolyogtam, elolvadt tőlem. A varázs azonban nem tartott tovább három hónapnál. Akkor ugyanis a dolgok kezdtek rosszra fordulni. Éjszakánként fulladoztam, köhögtem, a súlyom már nem gyarapodott úgy, ahogyan kellett volna. Orvostól orvosig rohantak velem, mindenkihez elvittek szüleim, de sehol sem tudtak az állandó tüdőgyulladásán kívül mondani semmit. Az injekciót gyógyszerek követték, aztán megint injekciók. Szörnyű volt, hiszen semmitől sem „gyógyultam” meg, csak ideiglenesen voltam jól. Végül elkerültünk Brassóba, ott pedig egy orvosnő rájött, hogy milyen betegségem lehet valójában. Mivel nem tudták igazolni a gyanút, elküldtek Bukarestbe. Egy nagyon egyszerű verejtékteszt nevű vizsgálat segítségével kimutatták, hogy „cisztás fibrózisom” van (Cf).

Macerás, kellemetlen betegség, hiszen ismert gyógymódja nincs, kezelés alatt csakis állapotfenntartásról beszélhetünk. Sokféle gyógyszert kell szedni, inhalál-

ni kell, vitaminokat szedni, mozogni. De mindezzel csak a jó egészségi állapotot tudjuk fenntartani. Ami annyit jelent: élhetsz úgy, mint az átlagember, de azért mégsem. A szüleimnek azt mondták, nem biztos, hogy megérem a 18. születésnapomat – tévedtek. Ők ezt elfogadhatatlannak tartották, ekkor kezdődött a kemény harc.

Kiskorom óta tudom az igazságot a „sorsomról”. Sokszor gondoltam, milyen lehet úgy élni, mint a korombeliek. Kisebb koromban nem is igazán meséltem a betegségemről a barátaimnak. Ha köhögtem, mindig arra fogtam, hogy meghültem. Elhitték. Ahogy nagyobb lettem, a külsőmön is látszott, hogy sokat betegeskedem. Ekkor már jobb történettel kellett előállnom. Azt mondtam, hogy asztmás vagyok, hiszen a tüneteim nagyon hasonlítottak az asztmához. Elhitték. 2011 tavaszán egy unalmas bukaresti infúziós kezeléssel jöttem haza. Néhány otthon eltöltött nap után azonban jóval betegebb lettem, mint a kezelés előtt. Irány ismét a fővárosi kórház. A nagy döbbenet azonban csak ott ért minket, mivel hatalmasra nőtt a vércukorszintem. Abban a kórházban, ahová addig jártam vénás kezelésre, nem voltak erre a helyzetre felkészülve. Átküldtek egy nagyobb klinikára, új orvoshoz. Idős doki lévén, már nagy tapasztalata volt. Amint meglátott, csontsoványan, beesett arccal, lila szájjal, egyből tudta, hogy nagy a baj. Talán az volt eddigi életem legsötétebb időszaka, hiszen szó szerint az életemért küzdöttem. Más választás nem volt, el kellett döntenünk, hogy a tüdőátültetést választjuk, vagy pedig meghalok. Más lehetőség nem volt. Mi pedig az átültetés mellett döntöttünk.

Egy hónap után hazaengedtek Bukarestből, bár akkor a tüdőm menthetetlenül károsodott. Szüleim nekiláttak a szükséges dokumentáció összeállításának. Hosszú volt a vizsgálatok listája, amit a bécsi AKH (Allgemeines Krankenhaus)-ból elküldtek nekünk. Hiszen azok nélkül nem lehetett megállapítani, hogy egyáltalán alkalmas vagyok-e a műtétre. Idegölő és fárasztó időszak volt. Elegem volt már az orvosokból, nővérekéből és kórházakból. Egy dolog tartotta bennem a lelket, hogy a családom és barátaim támogatnak. Annak az esélye, hogy én is viszonylag normális életet élhetek majd a műtét után, még inkább ösztönzött. TÚL KELL ÉLNI, MÁS LEHETŐSÉG NINCS!

Állapotom romlása miatt oxigénpótlásra szorultam. Ez azt jelentette, hogy egy kis fekete, guruló táskaszerű gépecskét cipeltem magammal mindenhol. Szomorú volt látni, amint az emberek csodálkozva utánam néznek. Többnyire sajnálkozóan figyeltek, de olyanok is akadtak, akik idétlenül kinevettek, miután elhaladtak mellettem. Ez nem volt vicces, sőt, nagyon is bosszantott. El kellett telnie néhány hétnek, hónapnak, amíg elfogadtam ezt a helyzetet. 2012 nyarán falura költöztünk, lett egy csodálatos kutyám, és minden kezdett javulni. Sikeresen várorlistára kerültem. Az előzetes kivizsgáláson, amit Bécsben tartottak, minden jól ment. Az állapotom javulni kezdett, a testsúlyom hosszú idő után végre gyarapodott. Már kevesebb oxigénpótlásra volt szükségem, legjobb napokon csak kb. kétóránként kellett felraknom tíz percet a készüléket. Összességében minden olyan jó volt.

Abban az évben csodálatosak voltak a karácsonyi ünnepek is. A nagy család együtt volt, béke és boldogság övezte a karácsonyunkat, és a szilvesztert is abban a hitben töltöttük, hogy még van idő addig a napig, amikor megérkezik az a bizonyos telefonhívás és közlik majd velünk a hírt, miszerint van számomra megfelelő donor. De tévedtünk. 2013. január 16-án este összehaléztam egy kicsit anyával. Éppen duzzogtam, mikor telefonnal a kezében benyitott a szobámba. Arcán rengeteg érzés tükröződött, de leginkább a döbbenet volt kivehető. Miután lerakta a telefont, csak ennyit mondott: „Most hívtak Bécsből, reggelre a bukaresti reptéren kell lennünk. Van donor!” Megkezdődött a versenyfutás az idővel. A bőröndöm már tele volt azokkal a holmikkal, amiket vittem, hiszen ez is előírás volt. A csomagomnak már akkor készen kellett lennie, amikor felkerültem az aktív listára. Anyáé azonban még sehol. Pár óra múlva a lakás minden szegletében holmik voltak, a nappaliban az ágy telerakva orvosi iratokkal, amelyek már angol nyelvre lefordítva várták, hogy a bőröndbe kerüljenek. Azon az éjjelen, azt hiszem, csak két órát sikerült aludnom, izgultam, és már alig vártam az indulást. Másnap reggel nyolc órakor már a bukaresti reptéren voltunk. Megérkezett a repülő. Először egy orvost pillantottam meg, mosolya szinte a füléig ért, egyből társalogni kezdett apuval. A gond csak az volt, hogy nem egy nyelvet beszéltek... Amikor erre mindketten rájöttek, odajött hozzám, és angolul érdeklődte meg a legfontosabb dolgokat. Azt hiszem, fél órát vártunk, míg a gépet műszakizták és üzemanyagot is kellett felvennie. A gép kicsi volt, csak nyolcszemélyes. A következő sokkoló élmény akkor ért, amikor megláttam a pilótát és a másodpilótát. Nos, róluk annyit kell tudni, hogy alig lehettek 25 évesek. Apuval összenézünk, és suttozva meg egyeztünk abban, hogy irtózatosan nagy csoda történik, ha ilyen fiatal pilótákkal eljutunk Bécsig. Repülés... Olyan különleges dolog, amit nem lehet szavakba önteni. Csodálatos, elvarázsoló élmény. Idáig nem hittem abban, hogy a felhők fölött ott lehet a „Mennyország”, de most rájöttem. Sajnos, az út nagy részét mégis átaludtam, mert nagyon fáradt voltam. Kétórás repülőút után megérkeztünk a bécsi reptérre. Hatalmas hó volt, még akkor is úgy havazott, mintha Holle anyó rázná. A reptér szélén várakozott a mentő, amivel elszállítottak az AKH-ba.

Az AKH hatalmas, leginkább katonai anyahajóhoz tudnám hasonlítani. Kész város, temérdek emberrel. Minket külön kis kabinba irányítottak, ott vártuk az utolsó vérvétel eredményét, ami eldöntötte, hogy lesz-e műtét vagy sem. Idegesek voltunk,

én pedig izgatott, és tele elfojtott örömjongásokkal, hiszen ez a dolog volt az, ami lassan két éve reménnyel töltött el.

Egy molett, idősebb nővér nyitott be az ajtón, fehér köntöst hozott (hátral gombolható), meg egy laposkát, amire rá volt írva a műtét kezdetének az ideje. Az altatórossal egy kicsit bolondkódtunk, mert ő beszélt velünk, mi meg alig értettünk belőle valamit. De végül az is megvolt. Anya egészen a műtő ajtajáig elkísérhetett. Nagyon izgultam, bent talán száz embernél is többen voltak, amikor megbetoltak, mindenki rám figyelt. Az altatás előtrált arra emlékszem, hogy a nővérek megkérdezték az alapvető dolgokat, majd jött egy magyar orvos, aki kezdett velem viccelődni, megcsipte az orromat, én pedig kacagtam. Az ébredés nem volt ennyire vidám, de a legelső érzésem az volt, hogy biztonságban vagyok. Egyetlen dolog zavart, a számban lévő lélegeztető cső. A körülöttem lévőeknek el szerettem volna mutatni, hogy a légzés már anélkül is megy, de pechemre azt értették, hogy megnyuvalok. Na tessék. Nem tudom, hány órán át próbáltam megérteni magam, csak arra emlékszem, amikor kivették a csövet. Az nem volt jó érzés, de már tudtam csendben beszélgetni, és ez megnyugtató. Az intenzív osztályon töltött négy napom nagyon jó volt, tele sztorikkal, összességében királynőként bántak velem. A normál osztályon töltött idő is kellemes meglepetésekben volt gazdag. Kezelőorvosom magyar volt, ami a kommunikációban nagy előnyt jelentett, bár a nővérekkel való diskurálások is érdekesek voltak... Sok barátot szereztem itt, az otthoniaktól pedig virtuálisan kaptam a támogatást. Bécsben annyira más minden. Az orvosok, nővérek tiszta szívükből végzik a munkájukat, ha hívod őket, mosolyogva jönnek, még akkor is, ha már vagy ezredszere csengetsz nekik. Gyorsan épültem, ennek ellenére is három hónapot töltöttem Bécsben. Azt hiszem, eddigi legcsodálatosabb időszakom volt az a három hónap.

Ez volt az átültetés előtti életem története, de lássuk csak a Cf – mucoviscidosis – lényegét, élettani magyarázatát orvosi szemmel is. A mucoviscidosis lényege a sűrű váladékképződés. Maga az elváltozás neve is ezt jelzi, csak nem magyarul, hanem a latin elnevezésből származtatva: mukusz (latinul írva: mucus) azt jelenti: nyálka, váladék; viszkózus (szintén latinul: viscosus) pedig azt, hogy tapadós, ragacsos. Így lett a betegség neve: mucoviscidosis. Talán azzal kezdeném, ami sokakat foglalkoztat, amikor a betegségemre gondolnak. A cisztás fibrózis örökklődő betegség, de akkor hogy lehet az, hogy a szüleim és a testvérem mégis teljesen egészségesek. Kitől és hogyan öröklöttem ezt az elváltozást? Roppant egyszerű,

hiszen a Cf olyan betegség, ami csupán 25%-ban okoz a magzatnál teljes körű elváltozást. Ez azt jelenti, hogy a tulajdonságok valahol az ember szervezetében rejtve vannak és az utódokban hol ez, hol az jelenik meg. A szervezetnek az a rejtett zuga, amely képes arra, hogy ezeket a tulajdonságokat megőrizze, és az utódoknak továbbadja, az örökítő anyag. Ezt kromoszómának nevezik. Azt is tudni kell, hogy ezek a kromoszómák apró építőkövekből, génekből állnak. A kromoszómák a sejteink mindegyikében párosan fordulnak elő, az egyik felet az anyánktól, a másik felet apánktól kapjuk. Tehát sem anyánktól, sem apánktól nem az ők teljes tulajdonság-készletét örökljük, hanem azoknak csak a felét, és hogy éppen melyik felét, azt a véletlen határozza meg. Az emberi sejtből 23 pár, vagyis 46 darab kromoszóma van. Kivétel az a sejt, amit a nőknél petesejtnek, a férfiaknál hímvarsejtnek nevezünk. Ezekben a sejtekben a 23 párnak csak a fele van meg, vagyis 23 darab. Ezt azért alkotta meg a természet ilyen okosan, hogy akkor, amikor ennek a két ivarsejtnek az egyesüléséből egy új élet indul el, az összeolvadt sejtben megint csak 23 pár, vagyis 46 darab kromoszóma legyen és nem ennek a duplája. Hogyan történik tehát az öröklődés a Cf terén? A 23 pár kromoszómát a kutatók megszámozták: egytől huszonháromig. Azt találták, hogy a Cf-ben a hetes számú kromoszómán van a betegséget okozó sérülés, az egyik építőkö, vagyis az egyik gén hibás felépítésű. Ezért is hívják a cisztás fibrózist génhibának. A génhibáról még tudni kell, hogy amennyiben a hiba a kromoszómapárnak csak egyik tagjában van meg, akkor a pár másik fele, vagyis a hibátlan géneket tartalmazó kromoszóma megakadályozza a hibás kromoszómafél megbetegítő hatását. Az ilyen egyénnél semmiféle betegség tünetet nincs, annak ellenére, hogy egyik génjében „hordozza” a génhibát. Ezért is nevezi őket a tudomány génhordozóknak. Mucoviscidosis esetében a szülők ilyen hibás génhordozók. A Cf gyermek akkor születhet tehát, ha mind az édesanya, mind az édesapja a Cf gén hordozója, vagyis sejteikben az egyik kromoszómafélben benne van a hibás gén. Ha csak az egyik sejtben van hibás gén és a másik ép, akkor teljesen egészséges, de újabb hordozó születik. Ha mindkét sejtben az ép kromoszómafél van, akkor még csak hordozó sem lesz a kis jövevény. Ha viszont a két egymásra talált sejt mindegyikében a sérült gént tartalmazó kromoszóma került bele, akkor mucoviscidosisos lesz a kicsi. Tehát nem lehet azt mondani, hogy a mucoviscidosis csak aputól, vagy csak anyutól öröklöttem, mert ezt csak akkor lehet öröklöni, ha mind a két szülőben benne van a génhiba.

A legtöbb esetben ez a génhiba súlyos elváltozást okoz a tüdőben, májban és a bélrendszerben. A tüdő a levegőt vezető csövekből és lég-hólyagocskákból áll. Mindez egy védő „burokban” helyezkedik el, amit a bordák és az azt összekötő és beborító izmok alkotnak. Ezt nevezzük mellkasnak, e nélkül a tüdőnk képtelen a feladatát, magát a légzést ellátni. A tüdőnek ugyanis nincsenek mozgató izmai. Ahhoz hogy tágulni tudjon, vagyis a levegőt magába szívja, nekünk kell a mellkasunkat megmozgatni. Ez egészséges állapotban teljesen magától történik, akaratunktól függetlenül tágtítjuk, majd hagyjuk elernyedni a mellkasunkat és ez a folyamatos tágtítás, és elernyedés szívja be a levegőt a tüdőnkbe és ereszt ki onnan.

A levegő az orrunkon, a szájunkon, vagy egyszerre mindkettőn keresztül juthat be a légutakba, először a legtágabb, úgynevezett légcsőbe, majd onnan tovább a két tüdőfélbe vezető főhörgőbe. A főhörgőktől kezdve a légcsövek egyre kisebb és kisebb ágakra oszlanak, faluk egyre vékonyabb, üregük pedig egyre szűkebb lesz, míg végül számtalan lég-hólyagocskában végződnek. Ezeknek a légcsöveknek, orvosi nyelven bronchusoknak a belső felületét egy vékony nyálkahártya borítja, melynek felszíne örökké nedves, megvédve a légcsöveket a kiszáradástól. A levegőből a lég-hólyagocskák falán keresztül jut be az élet fenntartásához szükséges oxigén a szervezetbe, és ott adja le szervezetünk a számára már szükségtelen széndioxidot. Ha ezeket a lég-hólyagocskákat kinyitnánk és kiteritenénk a földre, felületük kb. egy teniszpálya nagyságú területet tudna befedni. Ekkora felületen történő légcsere természetesen nincs mindig szüksége az embernek, ezért van az, hogy nyugalomban ennek a felületnek – vagyis a lég-hólyagocskának – csak egy töredékét használjuk. Ha viszont nehezebb munkát végzünk, sportolunk, futunk, akkor több oxigénre van szükségünk, ezért meggyorsul a mellkas mozgása és kitágulnak az addig nyugalomban lévő kis lég-hólyagok is. Ilyenkor nagyon is szükség van az addig nem használt területekre, mert csak ezek működésbe lépésével képes a szervezetünk annyi oxigénhez jutni, amennyi a megerőltető munkához kell. Ha nem lenne tartalék tüdőterület, akkor mindig csak annyi fizikai erőfelfejtésre lennének képesek, mint nyugalomban. A nyálkahártya felszínén parányi kis mozgékony nyúlványok vannak, amelyek állandóan mozognak, méghozzá mindig úgy, hogy a mozgásuk ereje a száj felé, vagyis a külvilág felé a legnagyobb. Ezzel a mozgással a kis nyúlványok, úgy továbbítják szünet nélkül a felszínükön lévő váladékot kifelé a tüdőből, mint-

ha ügyes kezek lennének, melyek kézzel kézre adnak egy csomagot. Takarító robotoknak is hívhatnánk őket, hiszen akaratunktól függetlenül, éjt nappallá téve dolgoznak, hogy a váladékkal együtt minden belélegzett szennyező anyagot: por, füst-törmelék, bacilustól megvédjék a tüdőnket. Ez a folyamat sem tart azonban örökké, mert a váladék egy idő után tulságosan megvastagszik és az apró hörgőcskékben megkövesedik. Ennek következtében a tüdőnek azon része elhal, hiszen az oxigén már nem képes eljutni odáig. A mucoviscidosos tapadós váladékot a szervezet saját maga nem képes segítség nélkül eltávolítani, ezért kellett nap mint nap kétszer váladékkoldó (6% NaCl-otinalal, Pulmozyme) gyógyszert inhalálni. Ez a sűrű nyák nemcsak akkor van a légutakban, amikor már meg is köhögtet, hanem akkor is, amikor nem is érződik, hogy van ott valami. Amíg kevés ez a váladék, valóban szinte észre sem vevődik, mert olyan sok lég-hólyagocskában van tartalékban, hogy ha egy-egy kis légutat el is tömeszel a váladék, még mindig számos marad nyitva. De ha sokáig várunk azzal, hogy a lassan felhalmozódó nyákot eltávolítsuk, akkor két komoly következmény is adódhat. Az egyik az, hogy azokba a hörgőkbe, amelyekbe a tisztítás hiánya miatt véglegesen beleragad a váladék, oda a levegő már soha többet nem tud bejutni és akkor ezek a hörgők és lég-hólyagocskák visszafordíthatatlanul kiesnek a légzésből. Ha pedig sok ilyen terület alakul ki, akkor hiába volt valamikor teniszpálya nagyságú a légzőfelület, az elzáródások miatt nagyon picire zsugorodik össze a „pálya”. A másik veszély pedig az, hogy a légutakban pangó váladék nagyon vonzó mindenféle bacilus számára. Szívesen fészkelik bele magukat, szinte családot alapítanak ott, és ha nagyon elszaporodnak gyulladást okoznak. Az pedig lázzal jár, gennyes váladék-felzaporodással, rossz közérzettel, étvágytalansággal – egyszóval minden olyan tünettel, amit minden gyermek a lehető legmesszebb szeretne elkerülni. Ezért olyan fontos, hogy a váladékoldás és a váladéknak a tüdőből történő minél tökéletesebb kiürítése már akkor elkezdődjék, amikor még semmilyen tünet nem jelentkezett.

A kevés váladékot könnyebb felhígítani és légzőtornával eltávolítani, mint azt, ami már az egész tüdőt ellepte. Van, aki a nyálkaoldókat csak szájon át használja, de legtöbben inhalálják is.

Ezen gyógyszerek mellett vannak olyan kiegészítő szerek (Salbutamol) is, amelyek nem a nyákot oldják, hanem azt segítik elő, hogy a hörgők a lehető legtágasabbak legyenek, amikor a párat beszívjuk. Hiszen az a cél, hogy a belélegzett anya-

gok a legmélyebbre jussanak el a tüdőben, a legkisebb hörgőágakig. Ezek az úgynevezett hörgőtágítók. Amikor a nyálkaoldó anyagot inhaláljuk, legyen az valamilyen gyógyszer vagy koncentráltabb sóoldat, akkor a légutakban lévő váladék rövid idő múlva felhígul. Sokan úgy gondolják, hogy ezzel megtették mindent, ami a tüdőkezeléshez szükséges. Pedig ezután jön csak az igazi kezelés: a felhígult váladék kiürítése a tüdőből. Hogy miért kell ezt az inhaláció után rövid idővel mindenképpen megtenni, az könnyen érthető, a végig-gondoljuk, hogy mi történik a váladékkal a felhígulás után. Ha az erre kidolgozott légzési technikákkal, vagy az autogén drenázzsal nem próbáljuk meg amennyire csak tudjuk a tüdőből eltávolítani, akkor a felhígult váladék, minden egyes légvétel-lel, anélkül, hogy ezt észrevennénk, egyre inkább belefolyik a kis és még kisebb hörgőkbe. Az, aki az inhaláció végén leteszi a maszkot, és úgy gondolja, hogy ezzel megtett mindent a tüdeje érdekében, az nagyot téved. Nemhogy nem javított az állapotán, hanem esetleg még rontott is rajta, hiszen így a váladékot olyan tüdőterületekre szippantotta be akaratlanul, amelyekből már nehéz, akár egy későbbi köhögési rohammal is eltávolítani. Ezért a nyálkaoldó szerek inhalációját tilos önmagában, váladék-eltávolítási gyakorlatok nélkül alkalmazni! Nem elég a tüdőben a váladékot csak oldani, időnként antibiotikumos kezelést is kell kapni. Ebbe a sűrű, nyákos váladékba, ami a légutakban van, nagyon szeretnek a bacilusok beletelepedni. Annyira jól érzik ott magukat, hogy egész „családot alapítanak” és mindenáron be akarnak hatolni a hörgők falába is. Ezt persze a szervezetünk védekező sejtjei nem engedik és harcra készen, mint egy hadsereg katonái, vonulnak fel a hörgők védelmére és igyekeznek megsemmisíteni a betolakodókat. A harcban elesett bacilusok és védősejtek teteméből képződik az a sűrű, sárga, vagy zöldesszürke váladék, ami a köhögések-nél kiürül a légutakból. E gennyes váladék oldására a Pulmozyme gyógyszer a legalkalmasabb. Ha nagyon sok a váladék, akkor az azt jelenti, hogy nagy a támadás a kórokozók részéről. Ilyenkor nem jó magára hagyni a védekező rendszerünket és egyedül csak a védősejtekre bízni a fertőzés legyőzését. A segítséget ekkor az antibiotikumok jelentik. Ha nem túl erős a támadás és mondjuk csak a köhögés fokozódik, akkor elegendő, hogy csak tabletában, vagy szirupban kapjuk a megfelelő antibiotikumot. De ha a bacilusok elszaporodása olyan mértékű, hogy a szájon át kapott gyógyszerek nem szüntetik meg a tüneteket, ha már láz is kialakul, akkor elkerülhetetlen, hogy közvetlenül a véráramba juttassuk be a gyógyszert. Így az gyorsabban és erélyesebben tudja a kórokozó-

kat megőlni és hosszabb időre szabadul meg tőlük a szervezet. A köhögés maga meglehetősen nehéz munkát jelent a szervezet számára. Persze nem azok a kisebb köhöntések, amelyekkel a már csaknem a torokig eljutott váladékot köhögjük ki, hanem azok az egész mellkast és rekeszizmot igénybevevő görcsös erőlködések, amiket akkor kénytelen a szervezet igénybe venni, amikor a hörgők falát számos helyen beborítja az odatapadt váladék. Köhögéskor a bordák közötti izmok megrövidülnek, összehúzódnak a rekeszizom, fokozódik a hasprés, szóval egy összetett nagy erőfeszítéssel igyekszik a mellkas a tüdőt hozzásegíteni, hogy megszabaduljon a légutakban felgyülemlt váladéktól. De amikor ilyen erőltetetten köhögünk, a váladék mindig csak a legnagyobb légutakból lökődik ki, mert a kisebb hörgők, hogy segítsék a nagy légáramlást, maguk is összehúzódnak. Az összehúzódtott kisebb hörgőcskékben ilyenkor tehát bennreked a váladék. Mit értünk el ezek szerint a nagy köhögéssel? Azt, hogy a nagy hörgőkben összegyűlt váladék ugyan kijön, de ami ennél fontosabb lenne, az, hogy a légútyagocskához vezető kisebb hörgők megtisztuljanak, azt így nem érjük el. Sőt, néha a nagy erőlködéstől a parányi légutakból a váladék épp ellenkező irányba, vagyis a légútyagocskába préselődik bele. Ez pedig azt jelenti, hogy jó alaposan el is zárja azokat az oxigén elől. Tehát köhögünk, köhögünk, és azt várjuk, hogy megkönnyebbüljünk és kitisztuljon a tüdünk, ehelyett azonban éppen mi okozzuk magunknak a nagyobb bajt. Az orvosok és gyógytornászok olyan módszereket dolgoztak ki, amelyekkel elkerülhetővé lehet tenni, hogy ez az ártó jelenség bekövetkezzék. Ennek legfontosabb formái: az autogéndrenázs, a forszírozott kilégzési technika, a légzéskontroll alkalmazása (cirkuláris légzés-technika), a KS-pipa, a PEP maszk és egyéb mellkastágítási gyakorlat. Ezekkel a módszerekkel lehet a legkisebb erőfeszítéssel a váladékot a légcsövekből eltávolítani. Ezeknek a technikáknak az alkalmazása kettős előnnyel jár. Az egyik az, hogy könnyebben és alaposabban tudunk a váladéktól megszabadulni. A másik viszont az, hogy rengeteg energiát spórolunk meg vele. A mucoviscidosisban a tapadós nyálka nemcsak a tüdő légutaitban képződik, hanem az emésztőrendszerben is. A beleket bélelő nyálkahártya váladékával is előfordulhat, hogy olyan ragacsossá válik, hogy már az anyaméhben fejlődő magzatban sem képes magától elmozdulni s valahol elakad a belek alagútjában. Ezt úgy veszik észre az orvosok, hogy a megszületés után hiába várják, hogy megjelenjen az újszülött első széklete, az nem ürül. A picinek felpuffad a hasa, hányni kezd és bizony a legtöbb esetben műtéttel kell megoldá-

ni ezt a bélelzáródást. Mucoviscidosisban a hasnyálmirigynek is olyan sűrű és tapadós a váladéka, mint a beleknek, vagy a légutaknak, ezért az ebben lévő enzimek sem képesek a kivezető csövön keresztül kijutni a bélbe s így nem jutnak el a táplálékhoz, hogy azt felbontsák. Márpedig így hiába esszük meg a legfinomabb ételeket, az enzimek munkája nélkül az értékes tápanyagok nem tudnak a szervezetünkbe felszívódni, hanem a beleinkben maradva, végül mind kiürülnek a széklettel. Ezért lesz a széklet emésztetlen, nagy tömegű, híg, sokszor zsírcseppekkel borított. Ezt én ma már nem tapasztalom, hiszen kicsi korom óta rendszeresen szedem az enzim-pótló gyógyszert (Kreon 1000), amely mára már átvette a hasnyálmirigy szerepét.

Ha a hasnyálmirigy hibás működéséről beszélünk, akkor már érthetőbb, hogy miért nevezik a mucoviscidosisist, más néven cystás fibrózisnak. Ehhez meg kell nézni, mi történik az enzimeket termelő mirigyekkel, ha a tapadós váladék miatt elzáródnak a kivezető csövek. A mirigyek, mintha vízzel töltenék meg egy luftballont, úgy tágulnak az egyre szaporodó váladéktól, míg csak tönkre nem mennek a mirigy sejteik. Ezeket a váladékkal kitöltött kerek gömböcskéket hívja a szaknyelv cisztának. A ciszták körül, a tönkrement sejtek helyét ún. kötőszövet foglalja el, ezt a folyamatot hívjuk megint csak latinul fibrózisnak. Így született meg tehát a mucoviscidosis másik neve, a cisztás fibrózis. A hasnyálmirigy szövete mucoviscidosisban az évek alatt oly mértékben sérülhet, hogy nem tud elegendő inzulint biztosítani a szervezet számára. Enélkül viszont a cukrok nem tudnak beépülni a sejtekbe és a vérben igen sok cukor marad. A sejtek „éheznek”, pedig a vérben nagyon magas a cukorszint. A cukor hamarosan a vizeletben is megjelenik és ez az állapot ilyenkor már elég sok kellemetlenséget tud okozni. Nagyon nagy a szomjúságérzés, a szokottnál sokkal több folyadékot kíván az ember, a bőr szárazzá válik, ezért gyakran viszket, a jó étvágy ellenére a testsúly nem emelkedik, sőt sokszor jelentős fogyás is bekövetkezik. A vérben a cukor szintjének vizsgálata ezért tartozik mindig az időszakos laborvizsgálatok közé, hogy időben fel lehessen ismerni az inzulinhiányt. Lehet, hogy valakinél elegendő, ha csak a cukor fogyasztását csökkenti, vagyis bizonyos diétát tart, másoknál viszont gyógyszeres formájában kell pótolni az inzulint, mint ahogy én is azt használom már négy éve.

Nem szabad megelégedezni arról sem, hogy a sok energiát tartalmazó ételek és a megfelelő mennyiségű enzim fogyasztása mellett szervezetünknek nagy szüksége van még vitaminokra is. Ezeket szintén egy kicsit nagyobb mennyiségben kell szednem, mint más gyerekeknek, mert az

ennivalóból származó vitaminok nem szívódnak fel teljes mértékben. Nagyon fontos a C-vitamin, mert ez fokozza az ellenálló képességet a fertőzésekkel szemben, a B-vitamin, ez a sejtek energia beépítő munkáját segítik elő, az A-vitamin vigyáz a bőrünk és szemünk épségére, míg az E-vitamin a szervezetben felszaporodó bizonyos kóros anyagok megkötésében nyújt segítséget.

A májjal kapcsolatos tudnivalókról is kell írnom. Az emésztéshez nemcsak az emésztőenzimek szükségesek, hanem a májból a belekbe érkező epe is. Enélkül a sűrű, sárga, keserű folyadék nélkül az enzimek nem tudják felbontani a zsírokat. Ez a folyadék a májunktól termelődik és az epevezetékben keresztül jut el a belekbe, a táplálékhoz. Mucoviscidosisban, előfordulhat, hogy a többi váladékhoz hasonlóan az epe is sűrűbbé válik, és igen nehezen tud az epevezetékben átjutni a belekbe. A máj epeútjaiban ilyenkor benn rekedő epe felgyülemlik, és olyan nyomást gyakorolhat a máj sejteire, hogy azok előbb utóbb megsérülnek.

Ez a sok, a mucoviscidosisosokkal kapcsolatos szerteágazó tudnivaló segített és segít betegségem megértésében és elfogadásában. Úgy érzem, hogy a betegségre való fokozott odafigyelés és a környezetemmel eltöltött többlet idő révén az életem tartalmasabbá vált és meggyőződés, hogy e betegség nélkül talán soha nem lett volna ilyen örömteli az életem. Tudtam, hogy valamiben más vagyok, mint a többi gyermek. Nekem mindig gyógyszert kell szednem, inhalálni kell, gyógytornára kell járni, mozogni, sportolni kell... Ma már tudom azt is, hogy több vagyok, mint az az ember, aki ingyen kapta az egészségét. De nem jutottam volna el idáig egyedül. Nagyon sokat köszönhetek családomnak, barátainak és mindazoknak, akik támogattak engem. Mára már az álmodom nemcsak álmom, hanem valóság. Abban hiszek, hogy mindenkinek megvan a maga csatája, amit meg kell vívnia. Nekem ez a betegség az, ami természetesen a műtétől nem múlt el, de mára már tényleg „normális” életem lehet, amit nem adnék semmiért! A betegség nem lehet kifogás az életben, mindig a saját képességeink szerint, a legtöbbet kell kihozunk mindenből. ✎

A szerző az Orvostudomány kategória második díjasa

Irodalom

- Dr. Kovács Lajos: A gyermek pulmonológia aktuális kérdései
 Dr. Csizsér Eszter–Dr. Czebe Krisztina–Dr. Lang György: Betegtájékoztató a tüdőátültetésről, 2007
 Dr. Holics Klára: A mucoviscidosis és én
 Internet, CF oldal

Csillagvadászat, avagy minden, amit tudni érdemes a londoni Királyi Csillagvizsgálóról

CSEHÓ LEVENTE–RUZSA BENCE

Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Vegyipari, Környezetvédelmi és Informatikai Szakközépiskola, Budapest

„Nem tudom (...), nem azért vannak-e kivilágítva a csillagok, hogy egy napon mindenki megtalálhassa a magát.” – írta Antoine de Saint-Exupéry, az egyik legismertebb francia író „A kis herceg” című örökéletű művében. Habár mindannyian magunknak érezzük az égen megjelenő „kis” világító pontokat, voltak a történelemben olyan emberek, akik valahogyan mégis közelebb jutottak ezekhez az égi jelenségekhez, időt és munkát nem sajnálva ahhoz, hogy ezeket a hétköznapi ember számára is még érdekesebbé tegyék, nemcsak esztétikai, hanem tudományos szempontból is.

Különösen igaz ez a London Greenwich kerületében található, méltán híres csillagvizsgálóra, a Királyi Obszervatóriumra (Royal Greenwich Observatory). Az kevésbé ismert, hogy a hazai csillagászat múltja, ha momen-



Az intézet a Blackheath Avenue-ről

Két éve volt szerencsénk ennek az intézménynek a meglátogatására. Munkánkkal szeretnénk összefoglalni mind a csillagászat általános történelmi hátterét, mind pedig ezzel párhuzamosan végigkövetni a mára már csupán múzeumként funkcionáló épület fénykorát és a felsorakoztatott eszközparkot.

A csillagászat kezdetei

Mint ahogy a legtöbb tudomány, így a csillagászat is az ókori görögöknél jött létre legelőször. Kr. e. 300 és 200 között többen készítettek a Hold, a Nap és az égbolt változásáról tanulmányt. A legismertebb csillagász Arisztarkhosz volt, aki felvázolta a napközéppontú világméretű képet, és ezzel elindított egy láncreakciót. Kr. e. 200 körül Eratoszthenész méréseivel bizonyította a Föld kerületének nagyságát. Bár Eratoszthenész után több különböző csillagászati feljegyzés született, mégis a

későbbiekben mai tudományos elméletek alapját képező legnagyobb felfedezéseit Kopernikusz tette több mint 1700 évvel később, a XV–XVI. század fordulóján. Kopernikusz a bolygók közötti távolságok megismeréséhez a Napot, a Holdat és a Földet használta fel segítségül. Ehhez a három égitest közötti derékszögű háromszöget kereste meg. Megvárta azt az időpontot, amikor a Holdnak csak a bal felholdja látszik szabad szemmel, ugyanakkor helyezkedik el a Nap, a Hold és a Föld a háromszög három csúcán (ez pedig évente tizenkét alkalommal következik be). Miután meghatározta a derékszöveget, megvizsgálta a távolságot is. Eleinte ez ugyanakkorának tűnt. Több évig tartó kitarató munka után végre sikerült megállapítania a megfelelő távolságot. Meghatározta, hogy ha a Nap 19-szer nagyobb a Holdnál, a Föld pedig 3-szor nagyobb a Holdnál, akkor a Nap nagyjából 6-szor nagyobb a Földnél. Így vált logikussá számára, hogy a nagyobb égitestet, a Napot helyezze a Világmindenség középpontjába. Ezen kívül kutatásai során azt is megállapította, hogy a Föld pályája elenyészően kicsiny a Világmindenséghez képest. Így arra a kérdésre, hogy a Föld mozog-e a Hold körül vagy épp ellenkezőleg, megtalálta a helyes választ. Kopernikusz kutatásaival forradalmasította az akkori világméretű képet.



Ókori napóra

tumokra is, de összefonódott ezzel az intézménnyel. Például 1817-es párizsi látogatása után, egy hónapra áttelepült Angliába Tittel Pál magyar csillagász, a Budai Csillagvizsgáló igazgatója, hogy találkozhasson a kor elismert tudósával, William Herschellel.



A Flamsteed-ház



II. Károly és II. Jakab portréja az oktagon szobában

A nagy változások időszaka – a Királyi Csillagvizsgáló születése

Kopernikusz korában a nagy földrajzi felfedezések új távlatokat, ezzel együtt újabb kérdéseket nyitottak meg. Az „Új világ” felfedezése és a kereskedelem fellendülése a tengerészeket olyan nehézség elé állította, hogy bár szélességi fokaik már voltak, mégsem tudtak egyértelmű koordinátákat szerkeszteni. A tájékozódással kapcsolatos problémák csupán évszázadokkal később, a hosszúsági körök meghatározásával oldódtak meg teljes mértékben.

A XVII. században az angol II. Károly a kor elismert csillagászával (a kor kedvelt szóhasználatával: „asztronómusával”), John Flamsteeddel célul tűzte ki a csillagászat tudományának fellendítését. Így 1675. június 22-én kiadta az obszervatórium alapítólevelét, ezzel együtt utasította az udvar vezető tervezőjét és földmérőjét, Jonas Moore-t, hogy sürgesse a tervek megalkotását és a kivitelezés elkezdését. 1675. augusztus 10-én került sor az alapkövetételére. A létesítmény az egyik, Londonhoz közel eső királyi birtokon (ami akkoriban önálló város volt, ma pedig a főváros része) elterülő dombon álló, elhagyott erődítményben kapott helyet. Terveit a maga is csillagászként tevékenykedő Sir Christopher Wren alkotta meg. Mivel az építkezés költségeinek fedezésére az udvarnak nem volt elegendő kerete (maga a király összesen 500 fontot tudott felajánlani a kincstári vagyonból), így a hivatalnokok azt a megoldást választották, hogy a raktárakban lévő puskapor jutányos áron történő eladásával teremtik elő a szükséges összeget. A téglát az Essex tartományi Tilbury Fortból, a vas- és faanyag pedig a londoni Towerből érkezett. Még az év karácsonyára az épület külső része teljesen elké-

szült, Flamsteed (aki az intézmény első vezetője volt – az „Astronomer Royal”) 1676. július 10-én költözhetett be az újdonsült csillagvizsgáló lakosztályokat tartalmazó szárnyába.

Az épület

Eredetileg három szinten helyezték el a berendezéseket és az egyéb, személyes kényelemhez szükséges helyiségeket (konyhát, étkezőt és a hálószobákat, melyek két és fél évszázadig szolgáltak a mindenkori igazgatóknak és családjának lakhelyül). Mégis a legérdekesebbnek a „csillagszoba” vagy más néven „oktagon szoba” tekinthető hatalmas ablakaival, mindaddig változatlan belső konstrukciójával és történelmi levegőjével. A szoba majdnem teljes körben nyitott a teleszkópok számára, lehetővé téve a minél jobb látási viszonyokat. A kialakítás szintén Wren javaslata volt, így az esetleges nagyobb rendezvényeknek is otthont adhattak. Másik különlegessége a két, falba beépített toronyóra, amelyet az „órák atyjaként” is emlegetett Thomas Tompion készített egyéni megrendelésre, 1676-ban.

Poros ötletek az időben

A kezdő hosszúsági kör kérdése már nemcsak a londoni csillagászok és nagy

általánosságban a tengeri kereskedők számára jelentett bonyodalmat, hanem a brit kormány számára is. A királyi flottának egyre több veszteséggel kellett számolnia a tengeri viharok okozta katasztrófák miatt. Megfelelő navigáció hiányában ugyanis a tengerészek nem tudták, hogy merre találják a biztonságot nyújtó kikötőket. A legtöbb feljegyzés azonban az 1707. október 22-i eset volt, amikor a négy hajóból álló, Clowdisley Shovell admirális vezette királyi flotta elsüllyedt a Nagy Britanniától délnyugatra található Scilly-szigeteknél. Az eset után néhány évvel, 1714-ben végül a közaka-



Shovell admirális portréja



A kiállított tárgyat szabadon kipróbálhatjuk

ratnak engedve a parlament nyilvánosságra hozta azt a felhívást, miszerint aki fél fokos pontossággal képes tengeri tájékozódásra alkalmas eszközzel és annak leírásával szolgálni, 20.000 font jutalomban részesül. A felhívás meglepően sok érdeklődőt vonzott, ám közülük csak nagyon kevesen bizonyultak potenciális kutatóknak. Sokan a mágiával egybekötött feltételezéseiket próbálták pénzzé tenni. Az egyik legszélsőségesebb példa egy olyan emberhez kötődik, aki szerint csak egy úgynevezett „varázsporra” és néhány kutyára van szükség. Ezt úgy képzelte el, hogy a kutyák mindegyikét meg kell sebezni egy késsel, majd felrakni őket a hajókra egyesével. Éjjelkor aztán, ha a kést Greenwichben beleszúrják a porba, a kutyák vonyítani kezdenek, így jelezve a pontos időt. Ebből lehet következtetni a két pont közötti távolságra. Habár az elképzelés teljességgel abszurd és tudományos szempontból nem alátámasztható, egy dologra azonban mégis ráirányította a tudósok figyelmét: a távolságok megadásához az idő lesz a kulcsfogalom.



A Meridián ház egy 1837-es metszeten

Az első lépések

Flamsteed számára a legfontosabb feladat az volt, hogy a csillagok alapján olyan pontosságú térképet készítsen, amelyet aztán teljes biztonsággal lehet a vizsgálatokhoz felhasználni. Az eddig alkalmazott úgynevezett pozíciós csillagászatot (amely a csillagok helyzetét vizsgálta), a gyakorlatba kellett átültetni, így egyre inkább a Flamsteed által megállapított kezdő hosszúsági kör (angolul prime meridian) helyzetének minél pontosabb megállapítását, és ehhez mérten a csillagok pozícióját próbálták megállapítani. Rá kellett jönniük azonban, hogy az enyhén nyugat felé tartó épület elhelyezkedése miatt nem tudták megfelelő módon vizsgálni a meridián minél pontosabb helyzetét, ezért Flamsteed az obszervatórium kertjében berendezett egy saját kis műhelyt, amely később az egész munka központját képezte. Ez volt a Meridián Ház (Meridian Building). Itt kapott helyet egy 7 láb magas szextáns, és a hozzá tartozó fali mérőskála. 1720-ban Edmond Halley kapta meg az intézmény vezetését, ezzel egy időben megállapította, hogy előde sem mért teljességgel pontosan, így ő még több műszert alkalmazva kezdte meg saját hosszúsági körének definiálását. Őt követték további csillagászok – James Bradley és George Airy – mérései, és végül ez utóbbi munkáját fogadták el.

A 0°-vita

A már említett James Bradley (a harmadik királyi csillagász) talán még elődeinél is nagyobb alaposággal, és merőben új gondolatokkal fordult munkája irányába. Tudása vezetett el két jelentős felfedezéshez: a Föld Nap körüli mozgása miatt bizonyos bolygók helyzete az évsza-

kok és a távolságok változása miatt nem állandó. Ez az „állandó aberráció”. 1749-ben anyagi támogatást kaptak a hadsereg hadianyag-ellátóitól (Board of Ordnance) azzal a céllal, hogy felépülhessen az obszervatórium közelében Halley kvadráns-műhelye. Itt helyezte el 8 láb magas teleszkópját, amit később a kezdő hosszúsági kör pontosítására használtak. Gyakorlatban akkor bizonyult hasznosnak, amikor egy közös munka kerete-

in belül angol és francia csillagászok megkísérelték megmérni Greenwich és Párizs csillagvizsgálóinak távolságát. Ez a hosszúsági kör került be a Kent megye 1801. január 1-jén kiadott honvédelmi és harcászati célú térképébe is. Habár ez 1850-ig volt használatban, a brit királyi térképészeti hivatal (Ordnance Survey) a mai napig ezzel az értékkel számol.

A siker elérése – a „H-műveletsor”

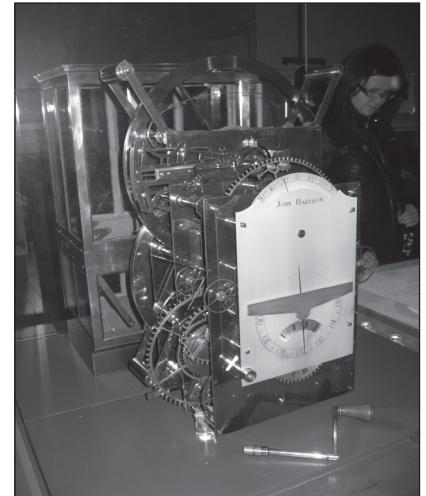
Mint ahogy már láttuk, a tudósok ráébredtek, hogy az oly sokat körbejárt kér-



Bradley teleszkópja

dés megválaszolásához az idő a központi elem. Ez ugyanis mindenfajta távolságtól vagy hosszsmértéktől független, ám mégis hozzárendelhető az egyes hosszúsági körökhöz. Mint tudjuk, a Föld 24 óra lefor-

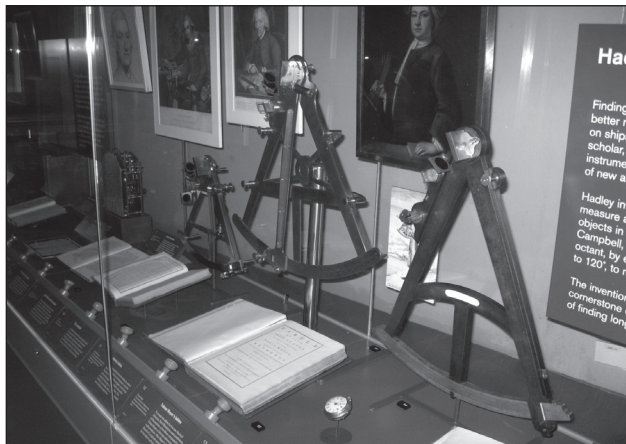
gása alatt tesz meg egy teljes kört, vagyis geometriai értelemben 360 fokot. Ha ezt a két értéket egyenes arányossággal vizsgáljuk, észrevesszük, hogy 1 óra alatt 15° az elfordulás értéke, vagy a hosszúságok közötti különbség. A Wakefield-környéki születésű John Harrison más fiatal éveiben olyan neveltetésben részesült, ami egyéni képességei fejlesztésére



H3 jelölésű Harrison-óra

irányult. E képességek elsősorban a precíziós műszerészet és az óraszmesterség körül épültek ki, és a kellő motivációt a kormányzat által felajánlott támogatás – a Longitude Prize – jelentette. 1730-ban a frissen elkészült vázlateival Harrison elindult Londonba, hogy találkozzon az obszervatórium akkori vezetőjével, Edmond Halley-vel. Ezen találkozó alkalmával ismerte meg a kor legelismertebb óraszmesterét, George Grahamet, aki a terveit biztatónak találta, és szorgalmazta a mielőbbi megvalósulásukat. Az elkövetkező hat év megfeszített munkája révén Harrison elkészítette az akkor legcsodálatosabb gépezetként emlegetett óraműt, mely a „H1” jelzést kapta. Graham tanácsára Harrison elkezdte a tudományos életben is propagálni alkotását, mely a gyakorlatban is kiválóan működött. Ám ez nem volt elég számára, és még nagyobb újtásba kezdett, mely azonban már nem bizonyult ilyen sikeresnek. Nem volt megelégedve „H2” jelzésű prototípusával, a „H3”-ast pedig ekképpen említi: „az én különös gépem”.

Hosszú évek teltek el, és a munkák anyagi költségét fedező Tengeri Hosszúsági Körért Felelős Tábla (Board of Longitude) érthető módon egyre türelmetlenebbé válik. 1753-ban napvilágot látott az átütő sikert jelentő zsebóra, amely kis méretéből adódóan hatékonyabban és egyszerűbben volt használható, mint helyigényesebb elődei.



Középen az egyik első szextáns, John Bird alkotása

A nagy versengés

A XVIII. század közepére gyakorlati szempontból is minden rendelkezésre állt egy egységes kézikönyv kiadásához. A Harrison-féle időmérési technikák mellett nagyobb hangsúlyt kapott a Tábla részéről az égi szögek pontos mérése, amely paramétereiből született meg Tobias Mayer göttingeni egyetemi professzor nyomán 1766-ban a Tengerészeti Kalendárium (The Nautical Almanac). Ez a könyv a megfigyelésekből származó paramétereket adta meg, mint például a Hold és bizonyos csillagok távolságát, mely értékek hitelességéről a három óránkénti megfigyelések tanúsították. E paraméterkönyv használatával a tengerészek már félig-meddig megtudhatták a kívánt adatokat.

Eközben Harrison „H4” jelű óráján dolgozott, mely sokadik próbálkozásra háromszoros precizitást mutat bármely korábbi időmérő eszközzel szemben. A Tábla azonban nem szándékozik a 20 000 font jutalmat kifizetni Harrisonnak, mivel állításuk szerint nem tartotta be a szabadalomhoz és az engedélyeztetési eljárásokhoz szükséges jogokat. Eközben az óra két másolata már el is kelt, és mivel az támogatás továbbra sem volt megfizetve, Harrison azzal a kéréssel fordult III. György királyhoz, hogy ő maga értékelje a műszert. Végül a Tábla hajlandó volt kiegyezni vele, és bár a meghirdetett összeg kevesebb, mint felét (8750 font) voltak hajlandók kifizetni, a dicsőség akkor is Harrisont illette.

Időegység – egységes idő

Az 1800-as évek végéhez közeledve a tudományág minden lehetőséget és eszközt előteremtett a „zéruspontról való elmozduláshoz”. Az idő és távolságok összefüggései letisztázták, azonban egy kérdés még mindig rendezetlen volt. Ugyanis nem volt megállapított egységes idő, illetve időegység, ami pontosan megadta volna, hogy tulajdonképpen milyen időintervallumot tekintsenek a helyiek egy napnak. A legtöbb város elkezdte alkal-

mazni a 24 egységes órából álló napot, amelyet a Nap mozgásához és tetőpontjának eléréséhez („deleléséhez”) igazítottak. Ez sem tekinthető egyértelmű pontnak, mivel földrajzi elhelyezkedéstől függ, ezért az egyes helyek Greenwich-től való távolságát adták meg fokban. Így könnyedén kiszámítható volt a helyi idő.

Az utolsó lépés az idő egyezményesítése felé Kanada és az Egyesült Államok felvetése volt, akik a

britiek belső hibahatárától eltérően (Nagy-Britanniában a köztéri órákon megszabott eltérési határ legfeljebb 30 perc volt) több óra különbség is adódhat. Ekkor Charles Ferdinand Dowd professzor javasolta elsők között egy olyan nemzetközi egyeztető platform összehívását, amely megalkothatja egy, az egész világra kiterjedő egységes



Az obszervatórium közepén sáv jelzi a hosszúsági kört

időszámítási rendszert. 1884 októberében Washington DC-ben került sor ennek az egyeztetésnek az életre hívására, amelyen nagy arányban elfogadták az „1 óra=15° rendszer”, valamint – és ami az igazi elismerést jelentette – a greenwichi kezdőpontot (GMT – Greenwich Mean Time). Ezzel a három évtizeden átívelő tudományos probléma gyökerestül megszűnt.

Jó munkához idő kell...

Nem kevesebb, mint 150 éve egy csillagász – Abraham Sharp – és két asszisztense kezdett el dolgozni egy nagyszabású projekten, amit eleinte mindenki elől rejtgettek. A munka lényege az volt, hogy legyen egy hely Greenwichben, ami segítségül szolgál főképpen a saját kutatásaiban. 1675-ben megalapították a Greenwichi Királyi Csillagvizsgálót. Ezzel nemhogy befejezték volna munkájukat (hiszen amit megálmodtak, azt siker koronázta meg), de belekezdtek egy új kutatásba. A rákövetkező években Abraham Sharp elkészítette a logaritmustáblázatot. A XIX. században megközelítőleg 25 ember dolgozott a csillagvizsgálóban, és ezek közül több tudós (matematikus is) gazdagította a tudományos palettát. Az ott dolgozók között volt az átlagosnál jóval ambiciózusabb James Glaisher. Ő volt az a híres brit természettudós, aki a meteorológiát és a légkörfizika alapjait elhittette az akkori tudósok között, s ezzel őt tekintjük eme bámulatos kutatási ágazat atyjának. Rajtuk kívül számos neves személyiség megjelent és hozzá tett a csillagvizsgálóhoz az évek során, egészen a második világháborúig. Ennek kirobbanását követően (amint a harcok érték Greenwichet) elfajultak a dolgok. A csillagászat háttérbe szorult, és az idő, az időjárás mérése – valamint ezek hadászati alkalmazása – vette át a főbb szerepet. A II. világháború után az intézet Herstonceux-ba költözött, de a modern tudományos igények növekedése folytán a csillagászati megfigyeléseket ma már a Kanári-szigeteken létesített észlelőállomáson végzik. Ezzel együtt 1998-ban az obszervatórium is bezárt, és ma már csak múzeumi feladatokat lát el. Évente több tízezer turista látogat el ide, hogy a nyugati és keleti félgömböt elválasztó kezdő hosszúsági körre állhasson, és egyszerre legyen a Föld mindkét felén. ❖

A szerzők a Természettudományos műltünk felkutatása kategória első helyezettjei.

Irodalom

A Royal Observatory Greenwich és a National Maritime Museum közös kiadványa: Története időnek és térnek (The Story of Time and Space)

http://en.wikipedia.org/wiki/Charles_F._Dowd

<http://www.vilaglex.hu/Erdekes/Html/Idomeres.htm>

http://hu.wikipedia.org/wiki/Greenwichi_obszervat%C3%B3rium

A pályamunkában szereplő fotókat a szerzők készítették

Kolozsváry Ernő

MATKOVITS ANNA

Veres Péter Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Szakképző Iskola és Kollégium, Győr

A magyar gazdaság fejlődése a '70-es évektől lelassult. Egyre alacsonyabbak lettek a reálbérek, az infláció növekedett és az adóságok okozta terhek súlyosbodtak. Az 1980-as évek végén világossá vált, hogy Magyarországon a szocialista kormány alkalmatlan a vezetésre. Az ország többször a gazdasági válság szélére sodródott. A társadalom követelte a rendszer leváltását. A tőkével nem rendelkező eladósodott országban gazdasági megszorítások váltak szükségessé. A privatizáció során számos veszteségesen működő gyárat, üzemet bezártak és több százezren váltak munkanélkülivé. A foglalkoztatottság számának csökkenése miatt az életszínvonal jelentősen visszaesett.

Eközben Győrött városfejlesztés folyt: létrehozták az ipari parkot és megalapították a Városi Művészeti Múzeumot. A munkahelyek számának csökkentése helyett a munkahelyteremtés volt a jellemző. Ekkor került hazánkba az Audi, ami közel 2000 embert foglalkoztat. Az átalakulás itt sem volt zökkenőmentes, de Győr jobban

Lakásuk bejáratánál*



1990–1994 Győr polgármestere

viselte az átalakulást, mint más városok. Hogy ki állt a város sikerének hátterében?

„Kisgyerekkorom óta ismerem, különleges egyéniségnek tartom. A sors furcsa fintora, hogy a győri gazdasági siker számos állomása nevéhez fűződik, a köztudat mégsem oda köti.” – emlékezett meg Kolozsváry Ernőről dr. Dézsi Csaba András, Győr volt alpolgármestere.

Életútja

Kolozsváry Ernő 1934. március 18-án született a Győr-Moson-Sopron megyei Edvén. Édesapja, Kolozsváry Lajos, ácsként dolgozott. Édesanyja Németh Mária, háztartásbeli, illetve kötelezően téleszttag. Egy húga született, Kolozsváry Edit. Az általános iskolát helyben végezte, a felsőbb osztályokat Beleden. Nagy szeretetben nőtt fel, édesanyjával oda-vissza rajongtak egymásért, aki kitörni vágyását a fiában élte ki. Édesapja akarata az volt, hogy maradjon mellette mint inas, azaz ő is ács legyen. Már kisgyerek korától benne volt, hogy ő többre hivatott. 14 évesen kerékpárral indult neki a teljesen ismeretlen világnak. Szombathely és Pápa szerepelt úti céljai között, hogy beszélhessen az ottani gimnáziumok igazgatójával. Mindkét helyre sikeres felvételt nyert.

Nagy álma volt abban a városban tanulni, ahová híres költők, Petőfi Sándor is járt, így a sikeres felvételi után a pápai Türr István Gimnáziumot választotta, és érettségijét is itt szerezte meg. Tanulmányait az Eötvös Loránd Tudományegyetemen folytatta mint kémia-fizika szakos tanár-hallgató. Édesanyja gyakran látogatta a pesti kollégiumban, komoly áldozatokat hozva fiáért. 1956-ban volt utolsó éves az egyetemen, amikor kitört a forradalom. Részt vett a megmozdulásokon, de a fegyvert kerülte. 1957-ben kapta meg diplomáját, és pályakezdőként a győri Kazinczy Ferenc Gimnázium tanára lett. 33 éven keresztül

hű maradt a „Kazinczyhoz”. A fiatal, jóképű újonc tanár felbolydította az iskolát. Határozott, meglepő bemutatkozása után, az elődétől örökölt kémiaszertár rendberakásával bízták meg. A segítséget a második osztályos tanulóktól kérte. Természetesen mindenki vállalta. A szertár rendezése közben irodalomról, történelemről és művészetről beszélt diákjainak. Időközben lemorzsolódtak a kevésbé érdeklődők, és végére csak egyetlen egy diáklány maradt mellette. Szekeres Anna abban az időben volt 2. osztályos tanuló. Kapcsolatuk egyre bensőségesebb, személyesebb lett. Kolozsváry Ernő megtalálta szellemi társát. Megkérte az akkor még csak 15 éves lány kezét, és attól kezdve egy párt alkottak életük végéig. A kap-

1974-ben, kiállításának megnyitóján, Németh Lajos művészettörténésszel





Kiállítás-megnyitó, Collegium Hungaricum, Bécs

csolat az iskola falain belül is természetes maradt. „Hisz nem tettünk semmi kivívót” – emlékezik vissza az özvegy. Az érettségi vizsga után feleségül vette élete szerelmét, aki kezdetben orvos akart lenni. Az új élet és az új társ azonban megváltoztatta szemléletét, és matematika-fizika tanári szakra jelentkezett Pestre. Négy gyermekük született. Marianna, aki neves művészettörténész, a Magyar Nemzeti Galéria munkatársa, Zsolt testnevelő tanár, Gyöngyvér és Kinga.

Anna, miután befejezte az egyetemet, a győri Révai Miklós Gimnáziumban kapott állást mint matematika-fizika szakos tanár. Élete végéig, és az után is rajongott férjéért. Elkötelezett híve maradt, és küldetésének érzi Kolozsváry Ernő hagyatékát fenntartani. „Voltak köztünk viták, nézeteltérések, de ez minden házasságban előfordul” – emlékezik vissza Kolozsváry Ernőre.

Kolozsváryért a diákok vagy rajongtak, vagy kifejezetten nem szerették. Nyílt, értelmiségi ember volt, aki szerette a fócit, színházat, történelmet, verseket és mindenféle művészetet. Gyakran rendezett vitákat, színházi, múzeumi látogatásokat, zenehallgatásokat az iskolában. Szeretett tanítani, átadni, közvetíteni. A tanári hivatást választotta és használta ki nemcsak a természettudomány, hanem a képzőművészet megismertetésére, népszerűsítésére, a nevelésre. Sajátos eszköztárával akarta közelebb hozni a természettudomány és a művészetek világát a fiatalokhoz.

„Tanárként, munkaközösség-vezetőként, osztályfőnökként mindig nevelt. Nevelt a családi házból hozott egyértelmű becsületességgel, ugyanezt követelve tanítványaitól, nevelt kimagasló szaktudásával, letisztult fizikai ismereteivel. Az atomfizika rejtélyeit a 2 x 2 egyszerűségével magyarázta el, kísérleti eszközeit a zsebéből előhúzva tette hétköznapivá a fizika törvényeit. Egész egyéniségével hatott, érzel-

meket váltott ki mindenikből, ezzel is motiválva környezetét. Nemcsak a szakmát tanította, az életre nevelt.^{1*}” Így írt róla Németh Tibor, a gimnázium jelenlegi igazgatója, egykori tanítványa az iskola jubileumi évkönyvében.

Soha nem félt a véleményét kinyilvánítani. A politikai változások úgy hozták, hogy előbb az MDF-hez, majd a radikálisabb SZDSZ-hez csatlakozott. A rendszerváltozás utáni első polgármester lett Győrött. Nehéz utat kellett bejárnia, hiszen nem volt előtte követendő példa. Az átalakulás nem volt zökkenőmentes, rengeteg sok harc és kompromisszumkötés állt



Szombathely, Salamon Nádor múzeumigazgatóval



Otthonában

a háttérben. (annak ellenére, hogy azt vallotta: „gerjeszteni születtem”) Megalapozta a város fejlődését, része volt az ipari park kialakításában. Szellemisége áthatotta Győr

^{1*} A Kazinczy Ferenc Gimnázium JUBILEUMI ÉVKÖNYVE 1908 – 2008, Palatia Bt, 2008, F.k.: Németh Tibor

művészeti életét. A városháza falait saját képeivel díszítette, hogy azt otthonosabbá tegye. Két új galériát létesített, több köztéri szobor felállításában játszott kezdeményező szerepet. 1993-ban megalapította a Városi Múzeumot. Megszerezte Győrnek a híres Radnai-gyűjteményt. A politikai kultúra a rendszerváltás éveiben még gyerekcipőben járt, sokan összetévesztették a véleménynyilvánítás szabadságát a szabadossággal. Gyakran jelentek meg ekkoriban róla és családjáról moskolódó cikkek, számos rága-



1998, Budapest, Múcsarnok

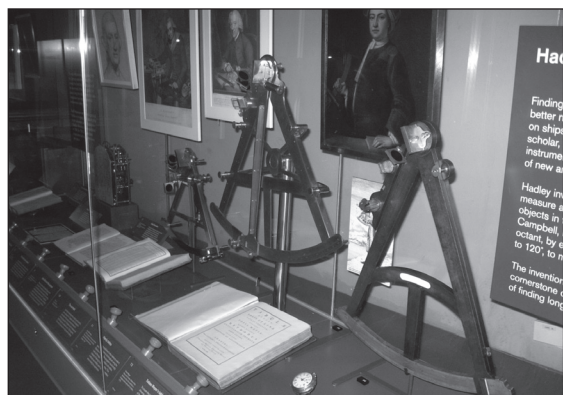
lommal és hazugsággal. Az idő teltével az indulatok szerencsére csillapodtak. 1994-ben újra indult a választásokon, de az emberek nem szavaztak neki bizalmat. Mélységesen csalódva a politikában visszavonult, és idejét a gyűjteményének valamint a badacsonyi szőlőültetvényének szentelte. Létrehozott egy alapítványt és azon keresztül támogatta Győr kulturális életét. 1998-ban kitüntették a Magyar Köztársasági Érdemrend Tiszti Keresztjével a művészeti közéletben kifejtett tevékenységéért. Halála hirtelen sújtott le szeretteire és az országra. Már korábban jelentkezett bal oldalán zsidobadás, nyomás. Az orvosok figyelmen kívül hagyták a szívinfarktus tüneteit. 1999. június 7-én indult a Balatonra, utolsó útjára. Útközben rosszul lett és Vágon megállt a nővérénél. A kikergetett mentők már nem tehettek érte semmit.

Kulturális öröksége

„Miért lettem gyűjtő? Talán hiúságból vagy a másság öröme, a nyájbembertől való menekülés volt a hajtőerő? Talán a felnőttégtől való félelem? Vagy egy becsontosodott bürokratikus világ elutasítása mozgató? Zavart a percmemberkék tolakodó csillogása? Vagy csupán élni a szépnek, tisztaságnak? Vagy az általa teremtett vi-



A megszokott szenvedéllyel beszél a gyűjteményről érdeklődők előtt



A Magyar Köztársasági Érdemrend Tiszti Keresztjének átvétele 1998. október 23-án Göncz Árpádtól, Orbán Viktorral, és Áder Jánossal

lágban kívántam élni?" – tette fel önmagának a kérdést Kolozsváry Ernő. A gyűjtés 1958-ban kezdődött, amikor még csak az otthon otthonosabbá tétele, a szépség és tisztaság volt a cél. Úgy gondolta, egy-két Rippl-Rónai József-, Csók István-, Egri József-, Bernáth Aurél-, Szőnyi István-, Márfy Ödön- képpel öltözteti fel lakását. Az első képet Tóth Kálmántól vásárolta, aki Vaszary János Virágcsendélet képet adta el neki (később ez a festmény visszakerült Tóth Kálmánhoz, mert a gyűjtés más irányba mozdult el). Kolozsváry beleásta magát a magyar- és világművészet dzsungelébe. Az albumok lapozgatása közben egyre jobban kikristályosodott előtte az igazi Kolozsváry Ernő. A gyűjtésben találta meg önmagát. Autodidakta módon fejlődött, érzéke volt a jóra és szépre. Példaképei voltak Früchter Lajos, Radnai Béla, Glück Ferenc, de álmodni sem mert arról, hogy egyszer az övékéhez hasonlóan nagy, és jelentős gyűjteménye lesz. Elhatározta, hogy Radnai Bélától Egri József-képet vásárol. Ez alkalommal hangzott el a kulcsmondat, ami irányt adott a gyűjtésnek. A megbabonázott gyűjtő egy Egri-képet csodált, amikor Radnai így szólt hozzá: „*Tanárr Úr, miért akar Egryt*

venni? Hiszen mi megcsináltuk a korunkat, csinálja meg Ön is a sajátját!” Ettől kezdve a kor dzsungeléből a legkiválóbbak kiszűrése volt a célja. Hogy mit jelentett neki a legkiválóbb? Minden, ami nem elismert, ami elsőre abnormálisnak tűnt. Az 1960-as évek végén az akkori kultúrpolitika, a TTT (tilt, tūr, támogat) kitiltotta a kiállítótermekből a legtehetségesebb műveket. Tudatosan kereste azokat a művészeket, akiket a 3T kiszorított. Nem adva fel a tehetségek utáni kutakodást, 1965-ben megismerkedett Országh Lilivel, akinek művei a gyűjtemény pilléreit képezik. A művésznő megismertette saját barátaival. Vasárnapi program volt, hogy vonattal Pestre utaztak és kiállításokat, festőket, gyűjtőket látogattak. Szoros barátságok alakultak ki. Kiszemelte és megszerezte kedvenc művészeinek munkáit. A gyűjtemény karakterét az Európai Iskola mesterei határozták meg: Vajda Lajos, Korniss Dezső, Bálint Endre, Anna Margit, Vaszkó Erzsébet valamint a belőlük táplálkozó, szel-



A badacsonyi szőlősgazda

lemi munkájukat folytató Deim Pál és Országh Lili. Új irányzat született, amikor El Kazovszkij művei bekerültek a gyűjteménybe. A művészeknek megtisztelő volt, ha képeik a gyűjteményt gazdagíthatták. Kolozsváry szívből jövő szeretettel, az anya-

gi problémákkal mit sem törődve, elhivatottan gyűjtött. A tiltott képeket senki nem vásárolta. A képeket mindig részletre vették, 500 Ft-os részletekben fizettek (akkor a tanári fizetés 1000 Ft volt). Ez az összeg azt jelentette a művészeknek, hogy tudtak festéket venni és alkotni. Kolozsváryék a tanári fizetésüket különórák tartásával próbálták kiegészíteni. Nem értékhalmozásról volt szó, hanem valami maradandó, valami különleges megalkotása volt a cél. Kemény munka, sok áldozat állt a háttérben, de a hit soha nem hagyta el. A gyűjtemény Magyarország egyik legnagyobb szellemi hagyatékává vált. Nem foglal el külön múzeumot, hanem a festmények, szobrok úgy maradtak, ahogy a gyűjtő elhelyezte őket. A lakásból lakás-múzeum vált. Tulajdonosai az özvegy és a négy gyermek. Természetesen a család álláspontja az, hogy a gyűjteménynek együtt kell maradnia.

Ki is volt Kolozsváry Ernő? Tanár, műgyűjtő, vagy politikus? Németh Tibor fogalmazza meg a legtalálóbban az évkönyv oldalain: „...*az egész élete egy hatalmas tempójú kísérlet volt, de nem a bizonytalan siker; hanem a bizonyosság nyilvánvalóságának elszánásával. Nem szerette a hipotéziseket, mert törvényszerűség-centrikus volt. Ebben a felfogásban pedig nem lehetnek feltételek kérdőjelek, csak bizonyosságok és eredmények.*” ♦

Köszönetemet fejezem ki Kolozsváry Ernőnének, aki hozzájárult a cikk létrejöttéhez (hisz a tizenöt éve elhunyt Kolozsváry Ernőről alig van írásos emlékezés), valamint konzulens tanáromnak Zátonyi Szilárd tanár úrnak segítségéért és támogatásáért!

A szerző a Kultúra egysége kategória második díjasa.

Irodalom

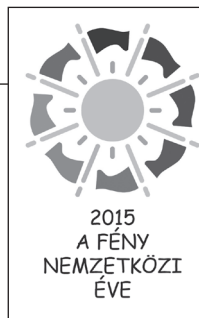
- Magyar Nemzet 1999. június 9, Osztovics Múrtó 2000. 3. évfolyam 4. szám, Spengler Katalin
 Kisalföld 1999. június 9, Kolozsár Tamás Múrtó 1999. július-augusztus, Nagy Tamás
 Modern magyar művészet a Kolozsváry-gyűjteményben, 1998 Kolozsváry gyűjtemény Alapítvány
 A Kazinczy Ferenc Gimnázium JUBILEUMI ÉVKÖNYVE, 1908–2008, szerk. és f.k.: Németh Tibor

A csillaggal nem jelölt képeket Kolozsváry Ernőné bocsátotta rendelkezésemre.

* a képek a *Modern magyar művészet a Kolozsváry-gyűjteményben* c. katalógus fotói, 21. és 33. oldal, Kolozsváry Ernőné engedélyével)

** Kazinczy Ferenc Gimnázium, Tablók Könyve, 2008, főszerk. és felelős kiadó: Molnár László

*** a szerző fotói



2015
A FÉNY
NEMZETKÖZI
ÉVE

Hell Miksa tudományos játéka

HÄRTLEIN KÄROLY GYÖRGY

Apáczai Csere János Gyakorlógimnázium és Kollégium, Budapest

Pár évvel ezelőtt a családommal el látogattunk az egri Varázstoronyba. Nagyon tetszett a Csillagászati Múzeum, a Planetárium, a Varázsterem, a Panoráma Terasz. Legjobban mégiscsak a Camera Obscura maradt meg bennem. Amikor becsukódott mögöttünk a termecské ajtaja, kezdetét vette az előadás. Elsőként a történelméről és a működését ismertették, majd elkezdődött a bemutató. Becsukták a kupolában a kis ablakokat, éjszakai sötétség lett a teremben. A szerkezetet kezelő hölgy elcsavarta az első lelógó rézrudat, ezzel kinyitotta a Camera Obscura ajtaját. Ekkor egy kerek asztalon jelent meg Eger látképe.

A hölgy a további két kar forgatásával a város híres épületeit mutatta meg, és közben nagyon lelkesen magyarázott. Amikor visszaért a kiinduló pontra, ami egy körforgalom volt, egy papírral „felemelte” az autókat, majd visszahelyezte őket. Ez a kis tréfa mindenkinek mosolyt csalt az arcára. Kifelé jövet belegendoltam, hogy mekkora élmény lehetett az ezerhétszáz éves végén az akkori embereknek meglátogatni a Camera Obscurát. Hiszen az akkori Eger városában szinte semmilyen mai modern eszközzel nem találkozhatott: még nem volt fényképezés, mozgókép, televízió vagy 3D mozi. Szerintem valamilyen szinten ez az első mozgókép-előadás.

Az épület

Maga az eszköz az egri Líceumban található. Az épületet Barkóczy Ferenc püspök kezdte építtetni 1763-ban Josef Ignaz Gerl és Fellner Jakab tervei alapján az egri bazilikával szemben. Eszterházy Károly, a következő püspök tudós, több idegen nyelven beszélő, művelt, és eközben puritán, már-már aszkétikus életvitelű főpap volt. Folytatta Barkóczy művét, nap mint nap ott volt az építkezésen, és ha kellett, a saját pénzéből támogatta azt. A Líceum végleges állapotát 1785-ben nyerte el. Három építész dolgozott rajta egymást követve, és mire elkészült, tíz emeletes lett. Az épület gyönyörű és hatalmas, Barkóczy Ferenc egyetemet álmódott bele, és még ma is Eger egyik legszebb barokk stílusú épülete. Az akkori uralkodó, Mária Terézia nem engedélyezte az egyetem alapítását, így a liceum rangot kapta az épület. A Ratio Educationis 14. paragrafusának értelmében csak egy egyetem működhet Magyarországon, a budai. Ezek

alapján csak oktatási célokra használták ezt az intézményegyüttest, mint például papnevelde, tanárképző, jogakadémia, nyomda, rajziskola. Ma az Eszterházy Károly Főiskola használatában áll.

A csillagvizsgálót Eszterházy Károly



A Camera Obscura képe

alapította. A műszerek nagy részét Angliából és Ausztriából hozatták. Az épület tetején egy kis kupolába került a Camera Obscura, melyet a tudomány népszerűsítésére építettek. Ezt az eszközt nem tudományos célra tervezték, hanem a kor egyik kedvelt optikai játékszere, látványossága volt. Sajnos II. József magyar király 1784-ben betiltotta a csillagvizsgáló működését, így az osztrák és angol műszerek, amiket nem fejlesztettek tovább, lassan elavultak. Ma ezeket az eszközöket a Líceumban található Csillagászati Múzeumban csodálhatjuk meg.

A tervező

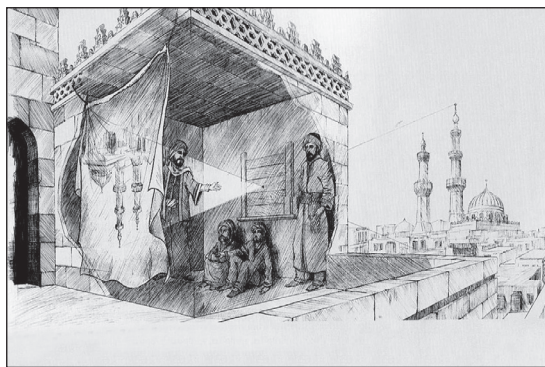
Hell Miksa 1720. május 15-én született Selmecbányán. Apja kiváló bányamérnök volt, több találmánnyal járult hozzá a selmeci bányászat fejlődéséhez. 23 gyermeke közül Miksa vitte a legtöbbre. Középiskolai tanulmányait szülővárosa gimnáziumában végezte, majd 1752-ben Kolozsvárra hívták a jezsuita egyetem mennyiségtudomány tanszékére. A közel hároméves kolozsvári működése alatt Hell maradandót főként a matematika terén alkotott. 1755-ben a kolozsvári akadémiai nyomdában adta ki *Elementa mathematica naturalis philosophiae ancilliantia* (A természetfilozófia leányának, a matematikának elemei) című könyvét. 1755 szeptemberében hagyta el Kolozsvárt és költözött

Bécsbe, ahol az udvari csillagda igazgatója és az egyetemi csillagászati tanszék vezetője lett. Sok csillagászt nevelt ki. Az első csillagászati évkönyv is ő nevéhez fűződik. 1776-ban Eszterházy Károly megbízta az egri csillagvizsgáló felszerelésének beszerzésével. Külön kívánsága volt egy különleges, egyedi eszköz elkészítése, ez lett a Camera Obscura. Ebben az időben ez az egyetlen ilyen szerkezet volt egész Európában. Hell 1782. április 14-én hunyt el Bécsben, és Enzersdorffban temették el, egy barátja, Penkler báró birtokán. Munkásságának elismeréseként nevét ma egy kráter is őrzi a Holdon, továbbá róla nevezték el a 3727 Maxhell kisbolygót.

A Camera Obscura története

A Camera Obscura az ókori görögöktől napjainkig foglalkoztatta az embereket, a különféle korokból több írásos emlék maradt fenn, ezekből az alábbiakat említem meg:

- A Kr. e. IV. században Platon görög filozófus megfigyelte a jelenséget, és erről híres „barlang hasonlatában” mélyen filozofikus írásos emléket hagyott: *A halandó ember mintegy barlangban él, háttal a bejáratnak fordulva. A nyíláson át besűrűdő fény az átellenes falon létrehozza a külső tárgyak képeit, és az ember ezekből az elmosódott képekből következtet a külvilágra.*
- A X. században Ibn Al Haitam arab természettudós, matematikus, csillagász az évi nappálya, ill. nap- és holdfogyatkozások megfigyelésére használta a Camera Obscurát, melynek lényegét „Az optika törvényei” című könyvében írja le, úgy, hogy a fordított kép keletkezésének okát nagyon helyesen a fény egyenes vonalú terjedésével magyarázza. A jelenséget így foglalja össze: „szoba, melyből napsütötte tájra lehet látni”. Kísérleteihez elsötétített szobát, illetve sátra falára vágott lyukat használt. Egyébként a természettudósok és csillagászok azért használták már ekkor lyukkamerát a napfogyatkozások megfigyelésére, mert tisztában voltak a Nap erős fényének szemkárosító hatásával.



Al Haitam sátra

- A XI. században Sen Kua kínai csillagász leírja a Camera Obscura jelenséget, és hogy hogyan lehet azt egy elsötétített helyiségben létrehozni.
- 1500 körül: Leonardo da Vinci a „Codice Atlantico” című könyvének Bevezetés a perspektívába, avagy a szem funkciója című részében pontosan leírja a Camera Obscurát, és működését összehasonlítja a szem működésével.
- 1607. Kepler a maga által fejlesztett teleobjektívvel ellátott lyukkamerát használ a Merkúr Nap előtt való átvonulásának megfigyelésére.
- 1680. Rober Hooke optikai előadást tart a Royal Societyben. Az optika törvényszerűségeit egy kúp alakú Camera Obscura segítségével illusztrálja. A kamerába oldalról egy szövetrel árnyékolt ovális lyukon keresztül lehetett benézni. A berendezéssel egyébként bármit le lehet festeni vagy rajzolni. Olyan lábakon álló lyukkameráról van itt tehát szó, amibe a rajzoló bedughatja a fejét és egy belül levő, átlátszó papírra rajzol.
- 1826. Niépce megveszi a Charles and Vincent Chavalier párizsi optikus cégtől első, meniszkusz objektívvel ellátott, szakember építette Camera Obscuráját. Ebben az évben készíti el – több mint tíz éves kísérletezés után – a világ első maradandó fényképfelvételét, mellyel kivívta magának a fényképezés felfedezője, így a világ első fotográfusa címet. A kép kb. 8 órás expozíciós idővel készült.

A Camera Obscura működése

A Hell Miksa által tervezett elmés szerkezet magán hordozza a periszkóp és a lyukkamera vonásait. Működése nagyon egyszerű: a fény egy forgatható henger alakú fém csövön érkezik be egy nyíláson, itt egy síktükör lefelé irányítja a sugarakat, ahol egy nagy fókusz távolságú gyűjtőlencsén át egy asztralra érkezik. A kép a fémhengerrel együtt forog, tehát 180° fokos fordulat alatt fejfelé

fog állni. A szerkezetet három karral lehet irányítani, az egyik nyitja és csukja a fémhenger ajtaját, a másikkal lehet forgatni és ezáltal körbenézni a Camera Obscurával. A harmadik kar a tükör dőlésszögét változtatja, ezzel fel-, illetve le lehet nézni. Az asztral tengelye körül forgatható és ezáltal fel és le is tud mozogni, ezzel lehet a kép élességét beállítani. A megjelenő kép minősége leginkább az időjárástól függ. Az optikák párasodása esetén a tárgyak képe életlenné válik, esetleg teljesen el is mosódhat. A

városi legenda szerint az első kezelői hölgyek kukkolására használták a készüléket, ha igaz is, akkor sem láthattak sokat, mert egy másfél méter magas hölgy csak maximum egy centiméter lehetett. Szerencsére az egriek felismerték az eszköz fontosságát és karbantartják. 2013 márciusában 40 év múltán kicserélték a foglalatokat és megtisztították, megolajozták a szerkezetet.

A saját Camera Obscurám

Úgy gondoltam, hogy elékszítem saját Camera Obscurámat. Elővettem az 1930-as évekből származó Agfa családi fényképezőgépet és arra a részre, ahova a film kerülne, felragasztottam egy darab sütőpapírt. Az elképzelés jó volt, de még nem tökéletes; ha elegendő is volt a fény, akkor az a képet is elvakította. Nem adtam föl, fekete kartonból egy árnyékolót



A szobámban készített kép

csináltam a fényképezőgépre. Az igazán tökéletes megoldást egy törölköző adta, amit a két fényképezőgép és fejem fölé raktam. Így a lehető legtöbb zavaró fényt sikerült kiszűrni és a kép szerintem gyönyörű lett.

Sikereimen felbuzdulva, az egész szobámból Camera Obscurát csináltam. Szerintem ez hasonlít Al Haitam sátrára. A szobámon csak egy ablak van, ezért könnyű volt egy nagyobb darab kartonpapírral az egészet befednem. Ezzel a szoba teljes sötétségbe borult. A

kartonpapíron lyukat vágtam. Szintén kartonpapírból keretet készítettem a sütőpapírnak, és erre az emyőre vetítettem a képet, ami már nem volt olyan szép, de kivehetőek voltak a tárgyak. Ekkor elgondolkodtam, hogy miért, és hamar rájöttem, hogy a fényképezőgépben, és az egri Camera Obscurában is van egy lencse! Gyorsan kerítettem egy domború lencsét és a lyuk elé tartva szerintem gyönyörű képet kaptam.

Hasonló eszközök

1835-ben Edinburgh-ban az egréhez hasonló Camera Obscura épült az emberek szórakoztatására. Maria T. Short csillagászati eszközeit apjától örökölte, amelyek alapjául szolgáltak annak a kiállításnak, mint amilyen Egerben is van. 1892-ben Patrick Geddes megvásárolta ezt a tornyot, és átnevezte Outlook Towernek. Ő arra használta a Camera Obscurát, hogy megmutassa, mi a különbség a városi és a vidéki élet között. Ettől kezdve nagyon elterjedt ez a szerkezet, sorra épültek a Clifton Down Bristol mellett, a Hoe Plymouth mellett és a Castello Fontanello Párma mellett a Camera Obscurák.

A lyukkamera világnapja

A fotósok április 26-án ünneplik legősibb fényképezőgépiüket. Az esemény célja, hogy megismertesse a világ különböző tájain élő emberekkel a közel ezer éves „fényképezési” módszert, a rajongókat pedig arra ösztönözze, hogy minél több felvételt készítsenek. 2014-ben 70 ország fotósa 3517 fényképet küldött be. ☒

Ezúton mondom köszönetet dr. Vida Józsefnek, az egri Eszterházy Károly Főiskola tanárának, a Varázstorony vezetőjének a személyes idegenvezetésért.

A szerző a Természettudományos múltunk felkutatása kategória második díjasa.

Források

- Simonyi Károly: A magyarországi fizika kultúrtörténete
Ifj. Bartha Lajos: Csillagásztorny és csillagászati múzeum Egerben (Technikatörténeti Szemle 1967)
George Gamow: A fizika története
Gazda István: Reáltudományaink történetéből
Szabó Emília: Hell Miksa, a leghíresebb magyar csillagász (Természet Világa diákpályázat 2008)
<http://www.egrihir.hu/>
<http://csillagaszattortenet.csillagaszat.hu/>
<http://www.szellemkep.hu/>
<http://camera-obscura.co.uk/>
<http://prohardver.hu/>
<http://hu.wikipedia.org/>
<http://www.pinholeaday.org/>

A XXV. jubileumi Természet–Tudomány Diákpályázat kiírása

Útmutató a diákpályázat benyújtásához

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

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

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

PÁLYÁZATI KATEGÓRIÁK

Természetudományok múltunk felkutatása

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

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

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

– 200 éve született Markusovszky
Lajos, az Orvosi Hetilap megindítója,
kórházat is elneveztek róla;

– 250 éve született a vízügy ne-
ves szakembere, Szeged tudósa, Vedres
István;

– 250 éve született Besse János, a
Kaukázus és Kelet-Ázsia kutatója, föld-
rajzi utazó;

– 150 éve hunyt el Semmelweis
Ignác, az anyák megmentője, nevét vi-
seli a budapesti orvosegyetem;

– 150 éve született Chernel István, a
madártaan első nagy hazai monográfiá-
jának megírója, aki elsőként írt hazánk-
ban a sísportról is;

– 125 éve született Csapody Vera bo-
tanikus, nagyszámú botanikai munka il-
lusztrátora;

– 100 éve született Benedek István
orvos, pszichiáter, író, orvostörténész,
Benedek Elek unokája, Benedek
Marcell fia, nevéhez nagyszámú műve-
lődéstörténeti könyv fűződik;

– 100 éve hunyt el Sötér Kálmán mé-
hésheti szakíró, alapvető monográfiák
szerzője;

– 75 éve hunyt el Terkán Lajos csillagász.

2. A dolgozat írójának tágabb környeze-
téhez kapcsolódó tudományos vagy mű-
szaki intézmények története, tudóstársas-
ságok története, eredeti dokumentumok
bemutatásával.

3. A természet- és műszaki tudományok
valamelyik ágában tárgyi emlékek be-
mutatása (laboratóriumi kísérleti esz-
közök, régi tudományos könyvek, régi
tankönyvek, kéziratban maradt leírás-
ok, muzeális ritkaságok, ipari műem-
lékek – hidak, malmok, bányák –, víz-
ügyi emlékek, botanikus kertek, csil-
lagvizsgálók stb.).

4. Pályadíjak:

1–1 db I. díj 30 000–30 000 Ft
2–2 db II. díj 20 000–20 000 Ft
3–3 db III. díj 10 000–10 000 Ft,
valamint számos különdíj.

5. Különdíj-felajánlás a Természet-
tudományos múltunk felkutatása kategóriá-
ban: a Budapesti hullámvasutak és angolpar-
kok története témakörben.

Pályázni lehet a XIX–XX. század
fordulója idején létrehozott népi szó-
rakoztató parkok, egységek terveinek,
működésének, magvalósulásának vagy
éppen megszüntetésének leírásával, fel-
tárásával; vagy a hullámvasutak céljá-
nak, szerkezetének, felépítésének, mű-
ködésének, lebontásának, vonzerejének,
sikerének titkaival; esetleg nemzetközi
előzményeinek, illetve várható jövőjé-
nek összehasonlításával, elemzésével.

Pályázati javaslat, hogy a már nem
létező népligeti hullámvasút története is
feltárásra kerülhetne.

E különdíjnál legfeljebb három pá-
lyamunka díjazható 30 000 Ft összér-
tétkben. Az ide beérkező cikkeket is a
főkategória zsűrije bírálja el. (A külö-
ndíj *Rosivall László* professzor felajánlá-
sa a jubileumi pályázathoz.)

Önálló kutatások, elméleti összegzések

Önálló kutatáson a természeti értékek, je-
lenségek megismerése érdekében a diák ál-
tal végzett kutatások bemutatását értjük.
Előnyben részesülnek az egyéni, fiatalos,
önálló gondolatokat, innovatív megközelíté-
seket tartalmazó, élvezetes és szakszerű
beszámolók.

Az elméleti összegzéseknek is önálló ku-
tatásokon kell alapulniuk. Azoknak javasol-
juk, akik örömmel mélyednek el a rendelkezésükre álló megbízható és naprakész ada-
tok végeláthatatlan tárházában, és képesek
onnan elővarázsolni, bemutatni a Természet
Világa olvasóinak a tudomány újdonságait.

A sikeres pályázat feltétele, hogy a
pályázók a könyvtárakban, a világháló
révén, a laboratóriumi-gyakorlati láto-

gatások alkalmával és más módon szerzett értesüléseiket a származás pontos megjelölésével forrásként használják fel, és ott kerüljék el a saját alkotás látogatását. Kérjük, hogy a diákok és a felkészítő tanárok a Természet Világát tekintsék a dolgozat első nyilvános megmérettetési lehetőségének.

A pályázat feltételei

1. Alapvető követelmény, hogy a cikkek olvashatóak, stilisztikai és helyesírási szempontból kifogástalanok legyenek. Kérjük a felkészítő tanárokat, szíveskedjenek e tekintetben is útmutatást adni tanítványaiknak. Ne feledjék, hogy a diákpályázat cikkírói pályázat is, ezért a dolgozatokat úgy kell megírni, hogy annak tartalmát a természettudományok iránt érdeklődő, de a témában nem járatos olvasók is megértsék. A pályamunkák végén kérjük a felhasznált irodalmat és forrásmunkákat megjelölni. A szó szerinti idézetek forrásának fel nem tüntetése etikai vétség, és a dolgozatnak az értékelésből való kizárásával jár.

2. A pályázatokat a szerkesztőbizottságtól, a szerkesztőségéből és szakértőkből felkért bizottság bírálja el.

3. Pályadíjak:

1–1 db I. díj 30 000–30 000 Ft
2–2 db II. díj 20 000–20 000 Ft
3–3 db III. díj 10 000–10 000 Ft,
valamint számos különdíj.

A pályázat díjait 2016 márciusában adjuk át a nyerteseknek, akiknek nevét folyóiratunkban és honlapunkon közzé tesszük. A bírálóbizottság által színvonalasnak ítélt írásokat 2016-ban lapunkban folyamatosan megjelentetjük. A kiemelkedő pályamunkák diák szerzőinek a feldolgozott témában történő további elmélyüléséhez szerkesztőbizottságunk tagjai és más felkért szakemberek nyújtanak segítséget. Kérjük tanár kollégáinkat, hogy tehetséges diákjaikat bátorítsák a pályázatunkon való részvételre, s tanácsaikkal nyújtsanak segítséget a témák kidolgozásához és feldolgozásához.

A kultúra egysége különdíj

A *Simonyi Károly* akadémikus által alapított különdíjra a 2015-ben középfokú intézményekben tanuló magyarországi és határainkon túli diákok pályázhatnak. Ez a különdíj a kiíró szándékai szerint a humán és a természettudományos kultúra összefonódását hivatott elősegíteni. Olyan pályamunkákat várunk elősoronban, amelyek egy természettudományos eredmény és valamilyen mű-

vészi alkotás vagy humán tudományos eszme közti kapcsolatokat tárják fel. Megmutatkozhatnak ezek akár egy alkotó életében, akár egy gondolat kialakulásában.

Ajánlott témák:

1. Az európai kultúra egysége egy magyar művész vagy tudós életművében.

2. Kísérletek a művészi hatás, a művészi élményadás és a fizikai-matematikai törvényszerűségek kapcsolatának felderítésére (festészet-színelmélet, szobrászat–statika, zene-matematika, építészet-fizika, kémia, biológia stb.).

3. Egy huszadik századi polihisztor. Olyan, már nem élő ember életének és munkásságának bemutatása, akinek tevékenységében, illetve műveiben megvalósult a kultúra egysége. Érdemes külön figyelmet fordítani a természettudományok történetének kutatóira, valamint azokra, akik születésének vagy elhunytának centenáriumáról is megemlékezhetünk az adott évben. (2015-ben például Sain Mártonra, illetve Kármán Móra emlékezhetünk, 2016-ban pedig Simonyi Károlyra, Kovács Mihály piaristára, illetve Konkoly Thege Miklósról és Zemplén Győzörre.)

A három ajánlott kérdéskörön túl a fiatalok természetesen bármely más önállóan választott témával is pályázhatnak. Az egyéni ötleteket, a jól kivitelezett új kezdeményezéseket a bírálóbizottság örömmel veszi.

A feldolgozás módját, a pályamű tartalmát és formáját a pályázók szabadon választhatják meg.

A kultúra egysége különdíjra pályázókra egyebekben a Természet–Tudomány Diákpályázat pontokba foglalt feltételei érvényesek.

Díjazás: I. díj: 25 000 Ft, II. díj: 15 000 Ft, III. díj: 10 000 Ft.

Szkeptikus különdíj

James Randi, a világhírű amerikai skeptikus bűvész ebben az évben is különdíjat ajánlott fel annak a pályázónak, aki a parapszichológia vagy a természetfölötti témakörben a legkiemelkedőbb pályaművet nyújtja be a Természet–Tudomány Diákpályázatra.

A különdíjra az alábbi ajánlásokat tette:

A résztvevőkre a hagyományos pályázati kategóriák szerinti elvárások érvényesek életkor, lakhely stb. tekintetében.

Alapszempontok a díjazott pályázat kiválasztásához: a) a tiszta érvelés, b) át-

gondolt, komoly előadásmód, c) bizonyítékok megfelelő megalapozottsága, d) a kísérleti adatok bemutatása (ha a pályázó használ ilyet).

A bírálóbizottság döntését a fenti szempontok, illetve bármilyen egyéb saját szempont figyelembevételével hozza meg, de a kiválasztás nem történhet aszerint, milyen következtetésre jutott a pályázó, bármennyire is úgy érzik a bírálók, hogy a következtetés nem helytálló. Mindaddig, amíg a pályázó a tudomány által elfogadott módszerek és eljárások alapján jut a végkövetkeztetésig, a bírálóbizottságnak el kell azt fogadnia.

Felajánlásom a hagyományos díjakkal együtt is odaítélhető, amennyiben a bizottság azt úgy látja helyesnek.

Külföldijammal szeretnék hozzájárulni a magyar diákok kritikai gondolkodásának fejlődéséhez.

A szerzők szíves hozzájárulásával mindent el fogok követni, hogy a díjnyertes, valamint még néhány arra érdemes pályaművet lefordítsam és megjelentessem egy színvonalas amerikai folyóiratban.

Matematikai különdíj

Martin Gardner amerikai szakíró, a matematika kiváló népszerűsítőjének emlékét őrzi ez a különdíj. Különdíjára az alábbi irányelvek vonatkoznak.

A középiskolások pályázhatnak bármilyen, a matematikával kapcsolatos önálló vizsgálódással. Itt nem valamilyen új tudományos eredményt várunk, hanem olyan egyéni módon kigondolt és felépített ismeretterjesztő dolgozatot, amelyben a pályázó elemző áttekintést ad az általa szabadon választott témakörből.

Néhány javasolt téma:

1. Egy ismert vagy újonnan kitalált játék matematikai háttere.
2. Önálló kérdésfelvetés, sejtések megfogalmazása és ezek „jogosságának indoklása”.
3. Egy matematikai módszer vizsgálata és alkalmazása egymástól távol eső területeken.
4. Váratlan és érdekes összefüggések, és ezek magyarázata.
5. A matematika valamely kevésbé ismert problémájának a története.
6. Variációk egy témára: egy feladat vagy tétel kapcsán a kisebb-nagyobb változtatásokkal adódó problémacsald vizsgálata.

7. Legnagyobb, legérdekesebb matematikai élményem, történetem (órán, versenyen, olvasmányaimban, előadás-son stb.).

A leírtak csak mintául szolgálnak, a pályázók teljesen szabadon választhatják meg a feldolgozás keretét és módszerét, a pályamű tartalmát és formáját egyaránt. A bírálóbizottság örömmel vesz minden egyéni ötletet és kezdeményezést.

Fontos, hogy a dolgozat stílusa színes, olvasmányos legyen, és megértése ne igényeljen mélyebb matematikai ismereteket.

Díjazás:
I. díj 25 000 Ft,
II. díj 15 000 Ft,
III. díj 10 000 Ft.

Orvostudományi különdíj

Ernst Grote, a Tübingeni Egyetem agysebészeti tanszékének professzora az orvostudomány témakörében különdíjat tűz ki a Természet Világa Diák pályázatán a következő irányelvek alapján.

1. Pályázhatnak a középiskolák tanulói önálló, másutt még nem publikált tanulmányokkal, amelyeknek az orvostudomány múltját és jelenét, nagyjainak életét és életművét, az orvostudománynak az egyéb tudományokhoz való viszonyát, eszközeinek fejlődését vagy bármely más idevágó, az orvosi tevékenység művészetit megjelenítését (szépirodalom, festészet, film, tévéfilm és sorozatok) és annak elemzését, szabadon választott témakört dolgoznak fel, akár hazai, akár külföldi vonatkozásban.

2. A díj odaítélésénél előnyben részesülnek az egyéni megközelítésű, elmélyült búvárkodásra utaló, olvasmányosan megírt pályaművek.

3. A cikk feldolgozásának módját és formáját a pályázók szabadon választhatják meg.

4. A különdíj nyertese a diák pályázat általános kategóriájának nyertese is lehet.

Díjazás:
I. díj 90 euró,
II. díj 60 euró,
III. díj 30 euró.

A Magyar Vese-Alapítvány orvostudományi jubileumi különdíja

A különdíjra pályázni lehet a XXI. század kiemelkedő orvostudományi eredményeinek, kihívásainak, a jövőbeli orvoslás várható változásainak bemutatásával, elemzésével. Fontos, hogy a pályamunka önálló és innovatív elképzeléseket, gondolatokat tartalmazzon. Az alábbi néhány témajavaslat csak gondolatébresztő segítőként szolgál, azaz bármely szabadon választott témát, amely a jelen, illetve a jövő egészségügyét érinti, fel lehet dolgozni.

1. Életfolyamatok láthatóvá tétele (imaging)
2. Egészséges emberek – egészséges társadalom
3. Hogyan csökkenthetők a legfejlettebb társadalmakban is gyakori orvosi hibák?
4. Személyre szabott orvoslás a jövőben
5. Számítógépek átvehetik-e az orvosi diagnosztikai és gyógyítási feladatokat?
6. Egészségmegőrzés a robotok világában
7. A rehabilitáció határai vagy határtalan rehabilitáció
8. A mesterséges intelligencia szerepe az orvostudományban
9. Orvosi ellátás az űrhajóban
10. Hálózati orvostan

Díjazás:
I. díj 25 000 Ft,
II. díj 15 000 Ft,
III. díj 10 000 Ft

Biofizikai-biokibernetikai különdíj

Varjú Dezső, a magyar származású biofizikus, a Tübingeni Egyetem egykori biokibernetika tanszékének (emeritus) professzora biofizikai-biokibernetikai különdíjat tűz ki a Természet Világa Diák pályázatán a következő irányelvek alapján:

1. Pályázhatnak a középiskolák tanulói önálló biofizikai-biokibernetikai témájú dolgozattal.
2. Javasolt témák: az érzékszervek és az idegrendszer működésének biofizikája, az állati és növényi mozgástípu-

sok elemzése, az állatok magatartásának kvantitatív (számszerű) vizsgálata, matematikai modellek a biológiában, az élő szervezetek és a környezet kölcsönhatása, a biofizikai vizsgálati módszerek fejlődésének története, híres biofizikus kutatók pályafutásának ismertetése.

3. Olyan dolgozatokat is várunk, amelyek a biológiában használatos valamilyen fizikai elven alapuló vizsgáló és mérő berendezések működését, felépítését ismertetik (például ultrahangos, lézeres, röntgenes vizsgálatok vagy szöveti metszetek készítése).

4. A különdíj nyertese a diák pályázat általános kategóriáinak valamelyik nyertese is lehet.

5. A dolgozat ismeretterjesztő stílusú, olvasmányos legyen; megértése ne igényeljen túl mély fizikai, matematikai, illetve biológiai ismereteket. A feldolgozás módját, a pályamű tartalmát és formáját a pályázók szabadon választhatják meg.

Díjazás:
I. díj 90 euró,
II. díj 60 euró,
III. díj 30 euró.

Metropolis különdíj

Nicholas Metropolis, görög származású amerikai elméleti fizikus és matematikus alapítványt hozott létre a számítástechnika alkalmazásai iránt érdeklődő tehetséges fiatalok részére. A Los Alamosban (Egyesült Államokban) működő Metropolis Alapítvány diák pályázatunkon a legjobb eredményt elérő középiskolásokat és felkészítő tanáraikat díjazza, valamint a legaktívabb iskoláknak előfizet a folyóiratunkra. A különdíj Nicholas Metropolis emléket őrzi.

A Metropolis-díjra pályázó középiskolás diákoktól a szakmai zsűri azt várja el, hogy választ fogalmazzanak meg arra, a természettudományok területén milyen segítséget nyújthat a számítógép, a számítógépes szimuláció. A díj odaítélésénél előnyben részesülnek az önálló gondolatokon alapuló, egyéni megközelítésű, konkrét kutatómunkával összeállított, ugyanakkor olvasmányosan megírt pályaművek.

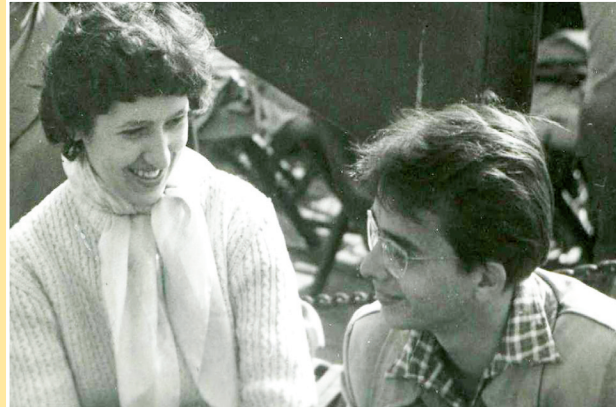
A Metropolis-díjban a diák pályázat más kategóriáiban benyújtott dolgozatok is részesülhetnek, olyanok, amelyek számítógépes alkalmazásokat mutatnak be, számítógépes szimulációt használnak.

A Természet Világa szerkesztősége és szerkesztőbizottsága

Katona Gyula fényképalbumából



»Maróti Ilona („Kereszt”),
a nagynéném, nevelőanyám«



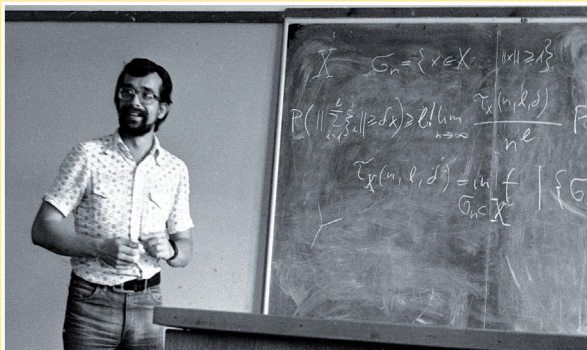
Évfolyamtársak kiránduláson:
Virág Ildikó és Katona Gyula (1961)



(MTA, 2011)



Kézenállás a háztetőn,
egy matematikus
évfolyam-kiránduláson
(Fehérvári turisztaház, 1963)



Előadást tart
Novoszibirszkben
(1979)



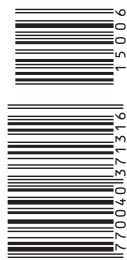
Nyakában a fiaival



Konferencia Balatonlellén, 2000-ben. Balról: Lovász László,
Katona Gyula, Benji Weiss és Rudolf Ahlswede



Erdős Pállal, 1996 júliusában, két hónappal Erdős halála előtt



nka
Nemzeti Kulturális Alap

 **hibernia**

1141 Budapest, Szugló u. 83–85.
Telefon: 422-0306 • Fax: 422-0307
www.hibernia.hu • info@hibernia.hu