

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

149. évf. 2. sz.

2018. FEBRUÁR

ÁRA: 780 Ft

Előfizetőknek: 670 Ft



AZ EMBERISÉG ÚJ ÉRZÉKSZERVEI
AZ INTERNETFÜGGŐ AGY
EZ IZLAND!
ŐS-KOTORÉKOK
EZÜSTÖS BANGKOK, EZÜSTÖS ASZTANA



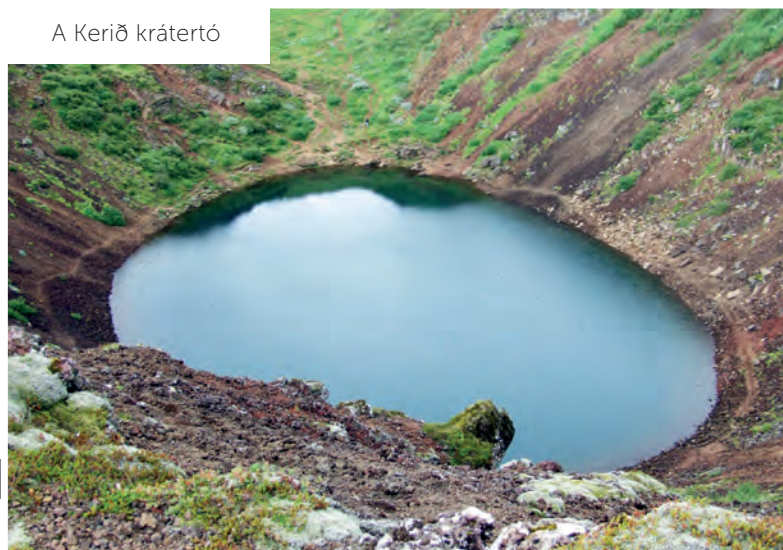
A Gullfoss vízesés

Szurdok az északi partvidéken



Németh Géza felvételei

A Kerið krátertó



Ez Izland!

A Strokkur gejzír



A Skógafoss vízesés





A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN
KIRÁLYI MAGYAR
TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
149. ÉVFOLYAMA

2018. 1. sz. JANUÁR
Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi Díjas folyóirat



Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap, az Emberi Erőforrások Minisztériuma, az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő, a Magyar Tudományos Akadémia és a Nemzeti Tehetség Program támogatásával.

Főszerkesztő: GÓZON ÁKOS

Szerkesztőség:
1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.
Telefon: 06–1–327–8950, fax: 06–1–327–8969
E-mail-cím: termvil@titnet.hu
Internet: www.termeszetvilaga.hu

Felelős kiadó:
PIRÓTH ESZTER
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

Kiadja
a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 06–1–327–8900

Nyomás:
PAUKÉR Nyomda

Felelős vezető:
Vértes Gábor

INDEX25 807
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

Korábbi számok megrendelhetők:
Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 06–1–327–8950
e-mail: titlap@telc.hu

Előfizetés, reklamáció:
Magyar Posta Zrt.
Telefon: 06–1–767–8262
E-mail: hirlapelofigetes@posta.hu
Internet: eshop.posta.hu
Postacím: MP Zrt., Budapest 1900.

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

Előfizetési díj:
fél évre 4200 Ft, egy évre 8040 Ft

Raffai Péter

A gravitációshullám-detektorok..... 50

Darnai Gergely – Janszky József

Az internetfüggő agy 55

E számunk szerzői 61

Németh Géza

Ez Izland! 62

Oborny Beáta

Miért nehéz előrejelezni a környezetváltozások ökológiai hatásait? 69

Bencze Gyula

A tudománynak is Brexit? 74

Landy-Gyebnár Mónika

Ős-kotorékok, a dél-amerikai megafauna föld alatti nyomai..... 75

Dobolyi Árpád

Az utódgondozó viselkedés szabályozása..... 78

Magyarfalvi Gábor

Ezüstös Bangkok, ezüstös Asztana 83

Hegedüs Tibor

Diákolimpia a sziámi királyságban..... 87

SZERKESZTŐSÉGI MEGEMLÉKEZÉS

Búcsúzunk Császár Ákostól..... 90

Verebélyi Kincső

Felső-bácskai települések nép- és helyrajza..... 91

HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESSEGEK 92

FOLYÓIRATSZEMLE 95

Címképünk: A Jökulsárlón lagúna (**Német Géza** felvétele)

Borítólapunk második oldalán: Ez Izland! (**Német Géza** felvételei)

Borítólapunk harmadik oldalán: A Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpia helyszíne, Thaiföld (**Hegedüs Tibor** felvételei)

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

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

Főszerkesztő helyettes:

PÁSZTOR BALÁZS (pasztor.balazs@eletestudomany.hu; 06–1–327-8952)

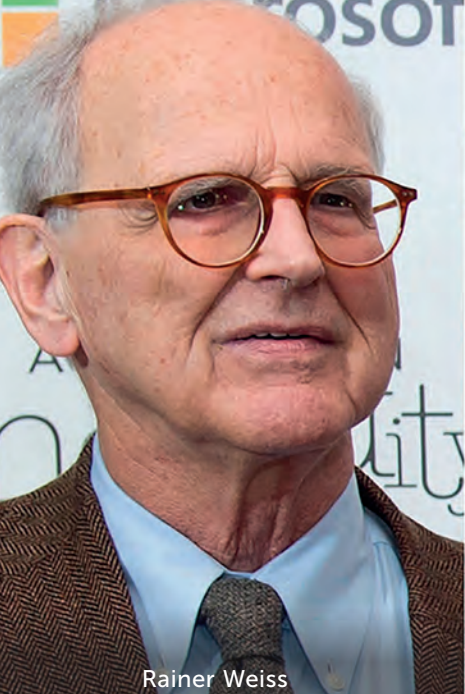
Szerkesztők:

KAPITÁNY KATALIN (yka@titnet.hu; 06–1–327–8962)
NÉMETH GÉZA (n.geza@titnet.hu; 06–1–327–8961)
LŐRINCZ HENRIK (lorinczhenrik@telc.hu; 06–1–327–8961)
NYERGES GYULA (nyergesgyula@telc.hu; 06–1–327–8960)

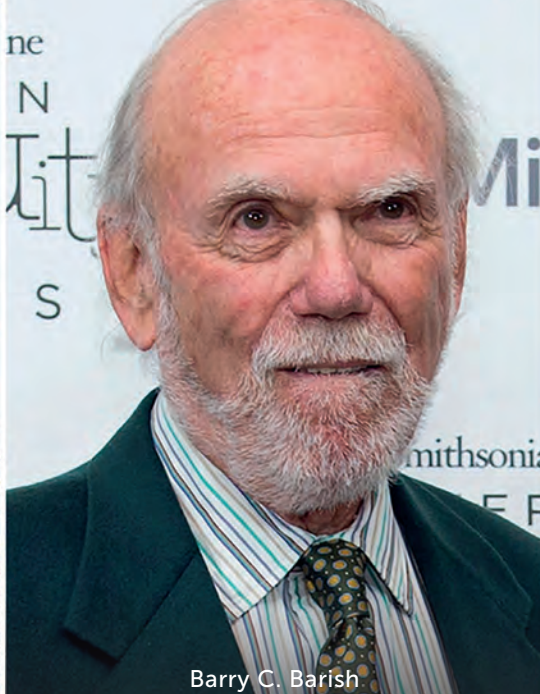
Tördelés: LÉVÁRT TAMÁS

Szerkesztőségi irodavezető:

KISS ZSUZSANNA (titlap@telc.hu; 06–1–327–8950)



Rainer Weiss



Barry C. Barish



Kip S. Thorne

AZ EMBERISÉG ÚJ ÉRZÉKSZERVEI

A gravitációshullám-detektorok

„[A]kik az előző évben a legnagyobb jótéteményt adták az emberiség számára.” Így fordíthatnánk magyarra az 1896-ban elhunyt svéd kémikus feltaláló és üzletember, Alfred Nobel végakarátát, ami alapján 1901 óta évről évre kiosztják a hagyatékából alapított és a nevét viselő díjat. 2017-ben a díjátadóra december 10-én, magyar idő szerint délután fél 5 órai kezdettel került sor a svéd főváros koncertcsarnokában.

A 2017-es év azok egyike volt, amelyben a fizikai Nobel-díjjal elismertek névsora nem jelentett nagy meglepetést. A díj hivatalos indoklása így szólt: „*döntő hozzájárulásokért a LIGO detektor(ok)hoz és a gravitációs hullámok megfigyeléséhez*”. Jóllehet a gravitációs hullámok 2015-ben történt első megfigyelését az akkor 18 ország több mint 1200 kutatójából és mérnökéből álló *LIGO-Virgo Collaboration* (LVC) érte el az amerikai LIGO detektorokkal, a díjat (a szabályai által limitáltan) a Kollaboráció három prominens képviselője kaphatta meg: *Barry C. Barish*, *Kip S. Thorne* és *Rainer Weiss*. Mindhárman a LIGO projekt „alapító atyáinak” számítanak, nem véletlen tehát, hogy az LVC korábban a sajtóközleményeiben is nevesítette őket, mint a Kollaboráció kiemelkedő alakjait.

Az idei Nobel-díj nem előzmény nélküli: két amerikai rádiócsillagász, *Russell A. Hulse* és *Joseph H. Taylor* a gravitációs hullámok létezésének már a közvetett igazolásáért is Nobel-díjat vehetett át 1993-ban. Ahhoz, hogy megértsük, miért is akkora a jelentősége a fizikában a gravitációs hullámoknak, mindeneke előtt a mibenlétüket kell tisztáznunk.

A gravitációs hullámok természete

A megdöbbentő kísérleti tapasztalatból, hogy a fényhullámok sebességét tetszőleges mozgásunk mellett is mindig ugyanakkorának mérjük, *Albert Einstein* arra következtetett az 1905-ben közölt (speciális) relativitáselméletében, hogy a térbeli távolságok és az időtartamok mért értékei a megfigyelő mozgásától függenek. Ez a függés általánosan csak a megfigyelő fénysebességhez közeli mozgásainál válik szembetűnővé. A tény, hogy egy megfigyelő térbeli mozgása befolyásolja az általa mért időtartamokat, vagyis a megfigyelő térbeli és időbeli „haladása” egymástól nem független, kézenfekvővé tette Einstein elméletében az egységként kezelt *téridő* koncepcióját is.

Egy másik kísérleti tapasztalat, hogy egy gyorsuló és egy ugyanakkora gravitációs gyorsulással jellemezhető helyen álló megfigyelő minden ismert fizikai jelenséget azonosnak lát. Ez arra vezette Einsteint, hogy a hossz- és időtartam-változásokat, amelyek a speciális relativitáselmélete *gyorsulva* mozgó megfigyelőire jellemzők, „gravitációs mezőben” elhelyezkedő

megfigyelőkre is általánosítsa – megalkotva ezzel az 1916-ban közölt általános relativitáselméletét. A helyről helyre változó gravitációs gyorsulás a megfigyelők számára helyről helyre megnyúlt vagy összehúzóított távolságokat és időtartamokat jelent, amely matematikailag a rugalmas közegek (itt a helyi gravitációs gyorsulástól függő) görbültségeihez hasonlóan leírható. A gravitációs gyorsulásokat, és így a *téridő helyi görbültségét* a térben elhelyezkedő *tömegek* határozzák meg, amelyek a mozgásukkal maguk is követik a téridő görbületét, elmozdulásaikkal meg is változtatva azt. A tömegek ilyen módon görbítik tehát a téridőt: a nagyobb tömegek maguk körül a távolságokat és időtartamokat jobban, a kisebb tömegek kevésbé torzítják.

ciós hullámok az üres téridő görbületi formái, csak tömeggel rendelkező anyag hozhatja létre őket: (ún. „sztelláris”) fekete lyukak a Napunknál sokkal nehezebb, nagytömegű csillagok teljes magukba roskadásából keletkeznek, gravitációs hullámokat pedig tömegek (anyag vagy akár fekete lyukak) mozgásai keltenek.

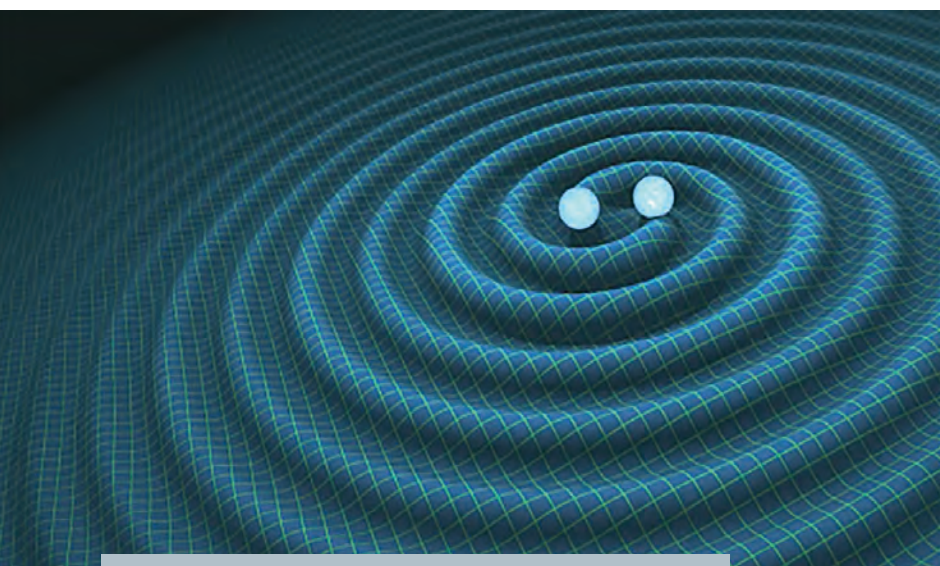
A gravitációs hullámok észlelése

A gravitációs hullámok energiát visznek el a forrásaikból: e kisugárzott energia pontos nyomait fedezte fel a '70-es években Hulse és Taylor két rádióforrás neutroncsillag („pulzár”) általuk megfigyelt egymás felé spirálózásában. Két térpont között áthaladva a gravitációs hullámok arányosan összehúzzák és megnyújtják a pontok közti távolságot, méghozzá a hullámok haladási irányára merőleges síkban, váltakozva egy adott irányban nyúlást és rá merőlegesen összehúzódadást okozva. E hatás az, amit a modern gravitációshullám-detektorokkal, köztük a *Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory* (LIGO) két azonos detektorával érzékelhetünk.

A merőleges, váltakozó hosszváltozás a térben elhelyezett tükrök távolságváltozásainak megfigyelésével mérhető. A megfigyeléshez a LIGO detektorok infravörös lézernyalábokat

pattogatnak az ingaszerűen felfüggesztett tükrök között, a nyalábokat egy pontban egymás kioltására hangolva. Egy a berendezésen áthaladó gravitációs hullám a tükrök közötti fényutakat (az interferométer *karjait*) váltakozva nyújtja és összehúzza, ami a nyalábok kioltottságát megszünteti, és a hosszváltozástól függő felfénylést okoz egy fényérzékelő szenzor felületén. A felfénylés mértéke, és így a karok hosszváltozása is követhető az időben, ez a jel pedig az áthaladt gravitációs hullám hullámformájaként rögzíthető.

Adott nagyságú gravitációs hullám annál nagyobb hosszváltozást okoz az interferométer karjaiban, eleve minél hosszabbak azok. A LIGO esetén a karok hossza 4 km, amelyekben a nyalábok mintegy 280-szor oda-vissza is pattognak, arányosan megnövelve ezzel a nyúló és összehúzó hatások karhosszát. A műszer ezzel képes kimérni azt, ha a karok egymáshoz képesti hosszváltozása egy atommag méretének tízezred részével egyenértékű! Ilyen érzékenységre



Két egymás körül keringő neutroncsillag és gravitációs hullámaik ábrázolása

A téridő görbültsége egyes esetekben maga is (öfenntartó módon) önálló szereplővé válhat. Mint Einstein elméletéből kiderült, a mindenütt azonos görbületű, „egyszerű” téridők mellett szintén stabilan létezhetnek pl. végtelen görbülettel jellemezhető térpontok (körülöttük szükségszerűen ún. „eseményhorizonttal”, amelyen belülről még a fény sem juthat ki), vagy a téridő apró, hullámszerű fodrozódásai is. A téridő e két különleges görbületi formáját ma rendre *fekete lyukként* és *gravitációs hullámként* ismerjük; előbbieket tulajdonságait elsőként *Karl Schwarzschild* írta le 1916-ban, utóbbiakét maga Einstein egy 1916-ban és egy 1918-ban megjelent szakcikkében. Az einsteini elmélet alapján, míg a fekete lyukak akár „álló helyzetben” is stabilan megmaradhatnak, addig a gravitációs hullámoknak csakis fénysebességgel száguldó formája létezhet. Jóllehet a fekete lyukak és a gravitációs

szükség is van, hiszen a beérkező hullámok tértorzító hatása még a Napéhoz mérhető tömegű testek fénysebességhez közeli gyorsaságú mozgásánál is csak ilyen kicsiny mértékű, ha a forrásuk a saját galaxisunkban vagy valamely közeli (legfeljebb néhány tíz- vagy százmillió fényévnnyire lévő) galaxisban helyezkedik el.

A fő kihívás a műszer tükreit a lehető legjobban elszigetelni a földi környezettől, hogy azokat minél kevesebb olyan hatás érje, ami őket mozgatná. A LIGO ezért a tükreit és nyalábjait ultraerős vákuumban tartja, a tükröket pedig kifinomult lengéscsillapító rendszerrel szigeteli el a talaj rezgéseitől. A különféle gravitációshullám-jelek keresését a kiküszöbölhetetlenül megmaradó háttérzajban a célra fejlesztett keresőprogramok végzik, a velük észlelt jeleket pedig az LVC kutatói elemzik tovább. A mostani detektorok a kb. 10 és 1000 Hz közötti frekvenciájú hullámok észlelésére alkalmasak – részben a méretük miatt, részben mert csak ezen a tartományon kellően alacsony hozzá a háttérzajuk –, de szerencsére e tartományon sugároz több ismert asztrofizikai forrás is: bespiráló-

olasz-francia együttműködéssel, a CNRS és INFN intézetek valósították meg. E három detektort egészíti ki még a Hannover (Németország) melletti 600 méteres karú *GEO* detektor is – e négy detektor szabad adatcserével, közösen működik az LVC kereteiben. A több detektor nemcsak egymás eredményeit erősíti meg, hanem az adatsoraik együttes kiértékelésével gyengébb gravitációs hullámok is észlelhetők, továbbá velük egy észlelt úrbéli jelforrás égi pozíciója is behatárolható (hatékonyan csak három vagy több detektorral).

A LIGO és Virgo detektorok eddigi észlelései

Az áttörést a szakterületen a LIGO detektorok első észlelése jelentette 2015. szeptember 14-én, magyar idő szerint 11,51-kor. A dátumról GW150914-nek elnevezett jel forrása – a jel alakja alapján – két egymás körül keringő, majd összeolvadó fekete lyuk volt. Az egymáshoz egyre közelebb és egyre gyorsabban történő (valószínűleg évmilliárdokig tartott) keringésből, majd a tagok összeolvadásából, és a keletkezett nagyobb fekete lyuk utórezgéseiből a LIGO detektorok egy mindössze néhány tizedmásodpercnyi szakaszt láttak. Tulajdonságai alapján a jel mintegy 1 milliárd fényévnnyi távolságból érkezett, fénysebességgel ugyanennyi éven át haladva a világtűrőn át a Föld felé, hogy az észlelésével végül is tökéletesen megerősítse számunkra Einstein százéves elméletét, és először adva lehetőséget az emberiségnek egy fekete lyuk-pár megfigyelésére.

A LIGO detektorok azóta további 5 hasonló jelet észleltek fekete lyukak összeolvadásából (közülük egyet a Virgo detektor is észlelt), és 1 szintén hasonló jelet neutroncsillagok összeolvadásából. A neutroncsillagok összeolvadásából csillagászok fényjeleket is észleltek, amelyek megfigyelését épp a gravitációshullám-detektorok tették lehetővé a forrás égi pozíciójának meghatározásával, amelyek a távcsövek irányításához feltétlenül szükségesek voltak.

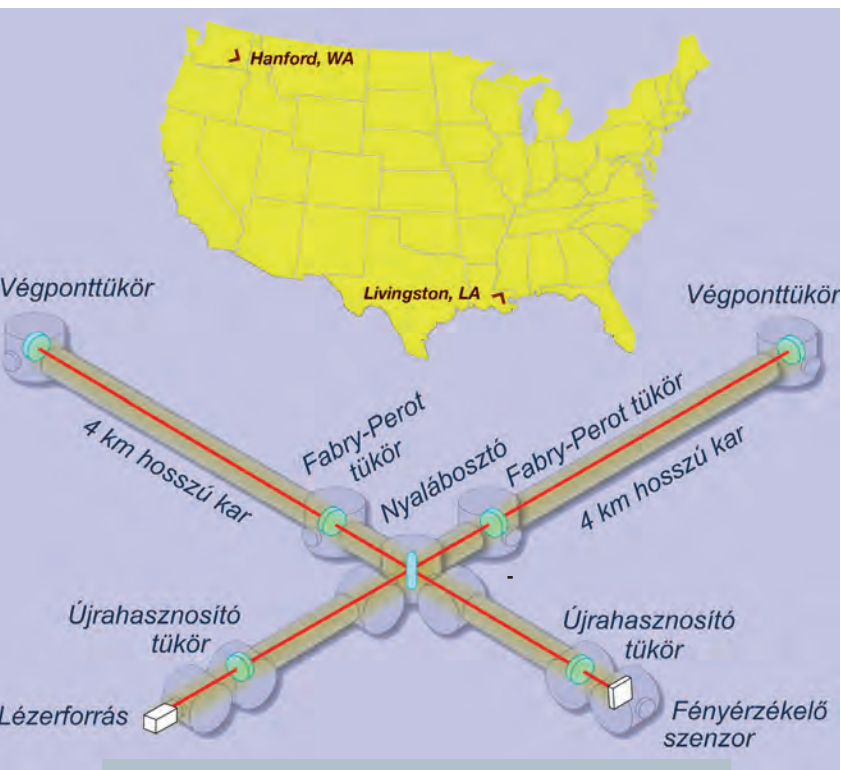
Az eredmények valóban forradalmiak, és hiszem, hogy (Nobel kívánságának megfelelően) valóban az emberiség javát szolgálják. Lényegében minden, amit a Földön kívüli világról eddig tudtunk, a hagyományos csillagászat megfigyeléseire épült, amely fény észlelésével a forrásokról és a világegyetemről látható képeket alkotott. A gravitációshullám-detektorok fénytől független információt gyűjtenek tömegek mozgásáról, az észlelt jeleket pedig egy számítógéppel hallható hangként is lejátszhatjuk. Az emberiség



A LIGO livingstoni detektorállomása
(FOTÓ: LIGO LABORATORY)

zó és összeolvadó fekete lyukak vagy neutroncsillagok, szupernóva-robbanások, forgó neutroncsillagok, és az egyedileg nem észlelhető források közös háttérre összeadó sugárzása is.

A LIGO Hanford (Washington állam, USA) és Livingston (Louisiana állam, USA) városok mellett működő detektoraihoz hasonló műszer, 3 km-es karokkal, létezik az olaszországi Cascina városában is, *Virgo* néven. Míg a LIGO detektorokat az amerikai National Science Foundation finanszírozásával a Caltech és MIT egyetemek építették és működtetik, addig a Virgo detektort



A LIGO detektorok földrajzi elhelyezkedései és szerkezeti sémája

(FOTÓ: SHANE LARSON, NORTHWESTERN UNIVERSITY)

új érzékszerveket nyert velük, amelyek működése az emberi hallással analóg. A világegyetem körülöttünk immár gravitációs hullámokkal is megfigyelhető! A csillagászat új ága kezdődött el ezzel: a gravitációs-hullám-csillagászat, amely hasonló intellektuális fordulomat indíthat el a történelemben, mint amelyet a múltban a hagyományos csillagászatnak köszönhetünk. Az eddig észlelt összeolvadások ennek csupán első – az ismert jelek közül is csak a legkönnyebben észlelhető – hírnökei.

A 2017. évi fizikai Nobel-díjról

A fizikai Nobel-díj nyerteseinek nevét október 3-án tették közzé. A bejelentés szerint a díj felét az MIT egyetem fizikaprofesszora, *Rainer Weiss*, míg a másik felét megosztva a Caltech két professzora, *Barry C. Barish* és *Kip S. Thorne* kapták.

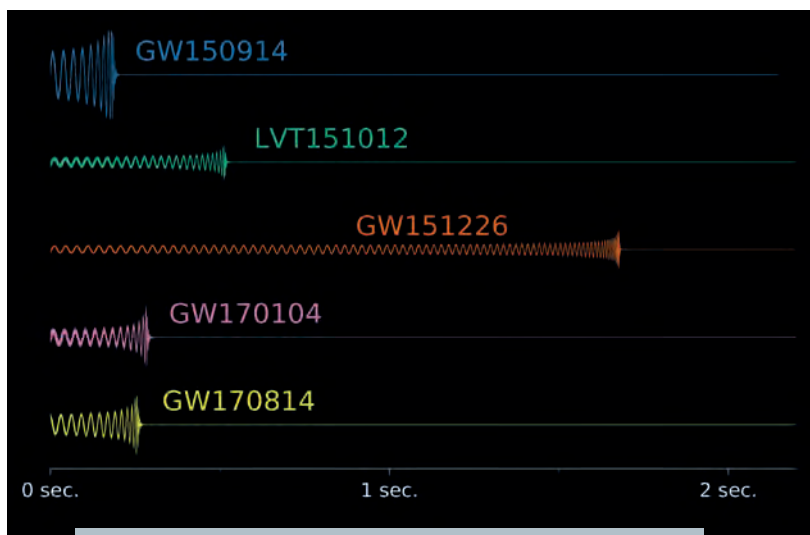
A kísérleti fizikus Rainer (Rai) Weiss 1932-ben született a németországi Berlinben. Weiss 6 éves korában került családjával az Amerikai Egyesült Államokba, ahol azután élete további részét töltötte. Doktori címét a Boston külvárosában található MIT egyetemen szerezte 1962-ben, majd később ugyanennek az egyetemnek professzora is lett. A gravitációs hullámok lézerezinterferometriás észlelési technikájának elvi kidolgozása, valamint a LIGO

detektorok első tervének megalkotása is Weiss nevéhez köthető. Az interferometrikus detektorok koncepcióját és várható főbb zajforrásait egy 1972-ben megjelent úttörő cikkében ismertette. Később, már az 1990-es években maga is a LIGO projekt egyik társalapítója lett. A LIGO projekt mellett Weiss a NASA *Cosmic Background Explorer* (COBE) projektjének társalapítójaként és tudományos tanácsadójaként is dolgozott, amely projekt két vezető kutatóját, *John C. Mather*-t és *George Smoot*-ot 2006-ban fizikai Nobel-díjjal jutalmazták a COBE kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás felmérésében elért eredményeiért.

Az 1936-os nebraskai születésű *Barry C. Barish* szintén 1962-ben szerezte meg a PhD-címét a Kaliforniai Egyetemen, Berkeleyben. Ő ma a Los Angeles külvárosában található Caltech fizikaprofesszora. Eredetileg részecskefizikai kísérletekben vett részt, majd az 1994-ben elindult LIGO projekt első vezető kutatója lett. 1997-től, a LIGO detektorok megépülésétől már projektigazgatóként dolgozott a kísérlet sikeréért. Elsőként látta be annak szükségességét, hogy a LIGO projektben való részvétel lehetőségét nemzetközi kutatócsoportoknak is meghirdessék, megalapítva ezzel a *LIGO Scientific Collaboration* (LSC) kutatói együttműködést. *Barry Barish* személyén keresztül így az LSC (majd 2007-től a Virgo Kollaborációval összefogva az IVC) nemzetközi közössége, valamint a közösség működési modellje is szimbolikus elismerést kapott.

A szintén Amerikában, 1940-ben született *Kip S. Thorne*, a három Nobel-díjas közül az egyetlen elméleti fizikus szakember. Ő 1965-ben doktorált a Princeton egyetemen, majd később (Barish-hez hasonlóan) ő is a Caltech fizikaprofesszora lett. Kutatásaival az einsteini általános relativitáselmélet továbbgondolásához és a gravitációshullám-asztrfizika elméleti megalapozásához járult hozzá. Kreatív munkái időnként a tudományos fantasztikum határait súrolták. Thorne szintén a LIGO projekt társalapítója volt. A társszerzőségével megjelent „*Gravitation*” máig a gravitációkutatás egyik alapkönyve, a „*Black Holes and Time Warps*” című könyvével pedig Thorne bestseller íróvá és ismeretterjesztővé is vált. Az emberi és kutatói sokoldalúságát jelzi, hogy Kip Thorne a 2014-es hollywoodi sikerfilm, a „*Csillagok között*” (*Interstellar*) tudományos tanácsadója és forgatókönyvírója is volt.

A Nobel-díj kapcsán a három díjazott mellett *Ronald W. P. Drever* neve is említést érdemel, mint akit sokáig emlegettek a gravitációshullám-fizika Nobel-díj



A LIGO-Virgo A október 3-áig bejelentett gravitációshullám-észleléseinek hullámformái és időskálái
(FOTÓ: LSC/UNIVERSITY OF CHICAGO/BEN FARR)

esélyeseként Thorne és Weiss mellett. Az 1932-ben Skóciában született Drever az University of Glasgow-n doktorált 1959-ben, később azonban az Egyesült Államokban a Caltech kísérleti fizikusa és professzora lett. Drevernek kritikus hozzájárulásai voltak a LIGO tervezési és megvalósítási folyamatához, amelyek elengedhetetlennek bizonyultak a detektoroknak a gravitációs hullámok észleléséhez szükséges alacsony zajszintjének eléréséhez. Drever még megérhette a munkája betetőződését a gravitációs hullámok első észleléseivel, és a hozzájárulásaiért több rangos díjat is átvehetett. A Nobel-díj azonban, a 2017. március 7-én bekövetkezett halála miatt, már nem lehetett ezek között.

A magyar részvétel és a folytatás

Az első magyarországi LIGO-tagcsoport az Eötvös Loránd Tudományegyetemen alakult meg *Eötvös Gravity Research Group (EGRG)* néven, *Frei Zsolt* vezetésével (és e cikk szerzőjének tagságával) 2007-ben. A csoport eleinte jelkereső módszerek fejlesztésével, forrásmodellező munkával, és egy, a LIGO detektorok körüli környezeti zajok monitorozására épített mikrofonrendszerrel támogatta a LIGO projekt sikerét. A csoporttagok műszak- és riasztási felügyeletet is elláttak a LIGO detektorállomásain és az interneten keresztül Magyarországról. Az első magyar Virgo-tagcsoport 2010-ben alakult meg a Wigner Fizikai Kutatóközpontban, előbb *Rácz István*, majd *Vasúth Máttyás*

vezetésével. 2014-ben a Szegedi Tudományegyetemen *Gergely Árpád László* is önálló LIGO-tagcsoportot alakított. A magyarországi csoportok elindulását és beilleszkedését a már LSC tagokként előbb a Caltech egyetemen, majd a Columbia University-n dolgozó *Márka Szabolcs* és *Márka Zsuzsa* segítették. Jelenleg (a University of Floridán kutató *Bartos Imrével* együtt) az LVC-nek mintegy húsz magyar tagja van.

Az ELTE LIGO-tagcsoportja jelenleg a LIGO és Virgo detektorok által észlelt gravitációshullám-jelek paramétereinek rekonstruálásában vesz részt az ehhez szükséges módszerek fejlesztésével. Az ELTE-n a LIGO-észlelések elektromágneses utómegfigyeléseivel fejlesztett galaxiskatalógus az augusztus 17-ei neutroncsillag-ütközés megfigyeléséhez különösen hasznosnak bizonyult. Ennek a felfedezésnek kapcsán a világegyetem tágulási ütemét jellemző Hubble-állandó gravitációshullám-megfigyelésekre alapozott első



Az ELTE LIGO tagcsoportja és a Nobel-díjas Rainer Weiss (Balról jobbra: Szölygény Ákos, Bécsy Bence, Rainer Weiss, Dálya Gergely, és Raffai Péter)
(FOTÓ: FREI ZSOLT)

becslésében is részt vehettünk. Figyelmünk eközben az elkövetkező időre is irányul: szimulációkkal jövőbeli detektorhálózatok optimalizációját is végezzük.

A LIGO és Virgo detektorok 2018 őszéig tervezett üzemszünet alatt vannak, ezalatt zajlik a detektorok műszeres továbbfejlesztése, finomhangolása és zajcsökkentése. 2018 őszén a detektorok várhatóan minden eddiginél nagyobb érzékenységgel kezdhetik majd meg a harmadik megfigyelő időszakukat.

RAFFAI PÉTER



A VILÁGHÁLÓ-ADDIKCIÓ IDEGRENDSZERI HÁTTERE

Az internetfüggő agy

A nagy technológiai felfedezésekre kivétel nélkül jellemző, hogy nagymértékben befolyásolják – jellemzően kedvező irányban – az emberek életét. Ez alól nem kivétel az internet sem, amely talán soha nem látott hatást gyakorol az emberek életére.

A világháló egyre nagyobb szerepet játszik a mindennapjainkban, amit a Központi Statisztikai Hivatal adatai is alátámasztanak. Az elmúlt évtizedben (2006-2016) Magyarországon a rendszeres internet-felhasználók aránya 43%-ról 79%-ra ugrott és a teljes lakosság 89%-a csaknem minden nap használja valamilyen formában. Jelentős mértékben megváltoztak a kommunikációs csatornáink, vásárlási szokásaink és munkahelyi tevékenységünk, de az „internetezés” vált a szabadidőnk eltöltésének elsősorú forrásává is. Habár az internet pozitív hatásait felsorolni szinte lehetetlen, egyre több tudományos bizonyíték mutat rá arra is, hogy az eltúlzott használat súlyos kedvezőtlen hatást gyakorolhat az egyén mindennapi mű-

ködésére. A témában dolgozó kutatók többsége szerint ezek a negatív hatások akár olyan mértékűek is lehetnek, hogy a problémás internethasználatot a viselkedéses addikciók közé kellene sorolni és speciális diagnosztikai kritériumokat, terápiás lehetőségeket kellene kifejleszteni a betegség felismerése és a betegek gyógyulása érdekében. A Mentális Zavarok Diagnosztikai és Statisztikai Kézikönyvének aktuális kiadása (DSM-V), amit a mentális betegségek gyűjteményének tekinthetünk, csak a függelékben említi az online játékfüggőséget (az internetfüggőség egy speciális típusa), hangsúlyozva, hogy több tudományos kutatásra van szükség a területen. Pszichológusokból, orvosokból és agykutatókból álló kutatócsoportunk

célja ezért, hogy jobban megismerjük a jelenséget és annak következményeit az idegrendszeri és mentális folyamatokra.

Az internetfüggőség típusai, előfordulási gyakorisága és mérése

Annak ellenére, hogy az internetfüggőséggel kapcsolatban még sok a megválaszolatlan kérdés, az elmúlt évtizedekben komoly eredményeket értünk el a jelenség megértésével kapcsolatban. A kutatási terület nagy úttörője, Kimberly Young, a 90-es években esernyőfogalomként gondolt az internetfüggőségre, mely öt alcsoportot foglal magában. Az első az internetes szexfüggőség, amely a szexuális tartalmú weboldalak túlzott mértékű látogatását jelenti. A második csoport az internetes kapcsolatfüggőség, amely az online kapcsolatokban való túlzott bevonódással jár együtt. A kényszeres internethasználattal kapcsolatos csoportok az eltúlzott vásárlást, szerencsejátékot és internetes szörfölést foglalják magukban; az utolsó csoport a fent említett online játékkülfüggőség – az online számítógépes játékok túlzott mértékű használatát jelenti. Később Young modelljét leegyszerűsítették, így jött létre a mai napig is használt kétféle csoportos felosztás. Az első csoportot *általános internetaddikciónak* nevezzük. Ebben a túlzott használat multidimenzionális, tehát nem terjed ki jól meghatározható területekre. A másik cso-

portot *specifikus internetaddikciónak* nevezzük, ahol a problémás használat általában egy vagy két jól körülhatárolt terület köré összpontosul (pl. internetes pornó, vásárlás, szerencsejáték, szociális média).

Az internetfüggőség elsősorban a fiatalkorúak problémájának tekinthető. Előfordulási aránya 0,7%-tól egészen 18%-ig terjedhet a fejlett országokban, kiemelten magas Nyugat-Európában, USA-ban és a távol-keleti régióban (Kína, Dél-Korea, Taiwan). Kialakulásában számos kockázati tényező játszik szerepet. Ezek közül kiemelkedő a nem (férfiak veszélyeztetettebbek), párkapcsolati státusz (egyedülállók könnyebben válnak függővé), családi háttér (az elégtelen szülői kontroll veszélyeztető tényező), társadalmi státusz (alacsonyabb jövedelmű családok gyermekei számára az internet nyújthat olcsó kikapcsolódási lehetőséget), az életkori sajátosságok (kollégiumi elhelyezés, internethasználat elterjedése az oktatásban), az internethez köthető viselkedésmintázatok (pl. e-mail sokkal kevésbé addiktív mint az azonnali választ lehetővé tevő csevegés) és kiemelt kockázatot jelentenek az egyéb mentális zavarok (szorongás, depresszió, impulzivitás, testképzavar, ADHD stb.).

Az internetfüggőség nem egységes jelenség, ezért a mérésével kapcsolatban is ellentmondásokba ütközhetünk. Mivel az interneten töltött órák száma ma már nem mérvadó és objektív mérési lehetőségek az etikai korlátok miatt csak korlátozott számban állnak rendelkezésünkre, a legelterjedtebb mérőeszköznek napjainkban az önkítöltős kérdőívek számítanak. Laconi 2014-ben összesen tíz különböző kérdőívet talált, melyek megbízhatónak bizonyultak. Ezek közül Magyarországon a Problémás Internethasználat Kérdőívet használják leggyakrabban, amelyet Demetrovics Zsolt és munkatársai fejlesztettek ki. A kérdőív az internetaddikció három jelentős komponensére fókuszál. Az első az obszesszió, amely az internettel kapcsolatos fantáziálást, ábrándozást mutatja. Megmutatja továbbá, hogy az egyén milyen mértékű lehangoltságot, nyugtalanságot és feszültséget érez akkor, ha nem tud internet közelébe kerülni. A második összetevő az elhanyagolás, amely az alapvető szükségletek, munkatevékenység (tanulás) és kapcsolatok háttérbeszorulásának mutatója a túlzott internethasználat következtében.

Az internetfüggőség kutatásának története

A 90-es években a pszichológia és pszichiátria klinikai gyakorlatában még csak anekdotikus történetek keringtek olyan „betegekről”, akik a túlzott internethasználat miatt elvesztették munkahelyüket vagy megromlott a családi életük, munkahelyi vagy iskolai teljesítményük. A szakemberek ezeket az elszórt eseteket egyszerűen problémás viselkedésként kezelték, nem tulajdonítva különösebb jelentőséget nekik. Az áttörés 1996-ban következett be, amikor Kimberly Young, a pittsburgi egyetem kutatója megírta az „Internetfüggőség: egy új betegség feltűnése (Internet addiction: the emergence of a new clinical disorder)” című tanulmányát. A tanulmányban az internetfüggőséget egy másik viselkedéses zavarhoz, a szerencsejáték-függőséghez hasonlította, és megalkotta az első széles körben használható kérdőívet is. Young azóta a téma legismertebb szakértője, számos könyvet, publikációt írt a témában és gyakori előadója a tudományos konferenciáknak. Magyar nyelven egyelőre nincs elérhető munkája.

A harmadik tényező a kontrollzavar, amely az internethasználat kontrollálásának nehézségeire utal. Azt gondoljuk, hogy a három tényezőnek köszönhetően kellő pontossággal tudjuk elkülöníteni a súlyos problémákat mutató csoportot az enyhén problémástól és az átlagos felhasználóktól.

Agyi plaszticitás

Mielőtt az internetfüggőség idegrendszerrel való kapcsolata kerülne a fókuszba, meg kell érteni az agy egyik legfontosabb tulajdonságát, a plaszticitást. A neuroplaszticitás röviden az idegrendszer nagyfokú változási/alkalmazkodási képességét jelenti. Ez a képesség hatványozottabban van jelen fiatal korban, és a mindennapokban vagy a klinikai gyakorlatban számtalan megnyilvánulási formája lehet. A leggyakrabban tapasztalt formája a tanulás. Tanulás során az agyunk mikro (idegsejtek működése megváltozik) és makro (egyres agyterületek működése és szerkezete megváltozik) szinten is megváltozik, átrendeződik. Az egyik legszemléletesebb példa a londoni taxisofőrök esete. A tekintélyes PNAS folyóiratban 2000-ben megjelent tanulmányban kimutatták, hogy az agy

téri memóriáért felelős területe, a hippocampus, taxisofőröknél megnő. Ennek okát abban látják, hogy a hivatásos taxisofőröknek fokozatosan meg kellett tanulniuk London kiterjedt térképét és ez a tanulási teljesítmény olyan mértékű, hogy az agy struktúrájában is jelentős változást okozott. A neuroplaszticitás a klinikai gyakorlatban is megnyilvánulhat. Erre a legjobb példa az egyes funkciók átrendeződése agysérülés esetén. Saját kutatásunk is igazolja, hogy abban az esetben, ha a beszédért felelős agyi régió (Broca régió) területén fejlődési rendellenesség tapasztalható, az agy másik féltekéjének hasonló területei átveszik a funkciót a sérült résztől. A két említett példa egyben rá is mutat a plaszticitás két fő megjelenési formájára: szerkezeti (londoni taxisofőrök) és funkcionális (agysérülések) plaszticitás.

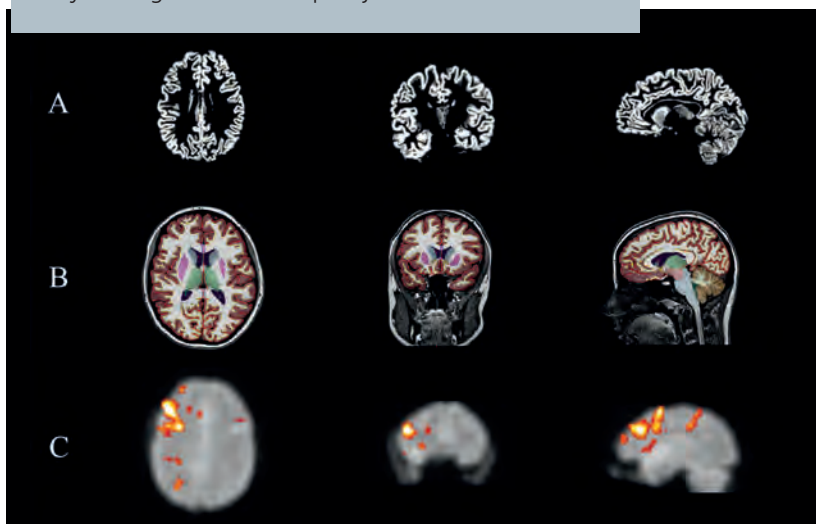
A neuroplaszticitás tehát az agy egyik fantasztikus tulajdonsága. Az agy saját szerkezetének és funkcióinak megváltoztatásával lehetővé teszi, hogy alkalmazkodjunk a környezet kihívásaihoz, és ezzel elősegítse a túlélést. Olyan ez, mintha egy számítógép nem csak a saját vezérlő programjait tudná felülírni, de képes lenne egyidejűleg a saját áramköreit is újratervezni. Azonban ahogyan minden élettani jelenségnek, az agyi plaszticitásnak is lehetnek árnyoldalai: amellett, hogy elképesztően ellenállóvá teszi az embert a környezet változásaival szemben, egyben sebezhetővé is teheti a külső és belső hatásokkal szemben. A legmarkánsabb példa erre az agyunk „használd vagy elveszíted” („use it or lose it”) természetete. Az emberek öregedés során gyakran tapasztalnak hanyatlást a különböző mentális funkcióikra (figyelem, emlékezet, nyelvi funkciók stb.). Ennek hátterében nem csak különböző neurodegeneratív betegségek állhatnak, hanem elég lehet pusztán az is, hogy nem állítják rendszeresen elég kihívás elé az agyat – kevés a

társas interakció, problémamegoldás és kreatív gondolkodás –, és ennek hatására az agy bizonyos területei elsorvadhatnak. A könnyen bejósolható, rutinszerű életmód változatlan környezetben tehát az agy plaszticitásának köszönhetően jelentős idegrendszeri változásokat okozhat, melynek hosszú távú életminőségi változások lehetnek a következményei.

Hogyan lehet mérni az agyi plaszticitást?

A nem invazív, tehát behatolást vagy sugárzást nem igénylő kutatási technológiák közül az egyik legelterjedtebb a mág-

1. ábra. Strukturális és funkcionális plaszticitás kimutatása MRI-vel. A) A voxel-alapú morphometria lehetővé teszi az agyi szürkeállomány térfogatában és topográfiájában bekövetkező változások kimutatását. B) A volumetriaelemzés segítségével az agykérgi és kéreg alatti területek térfogatát tudjuk megbecsülni. C) A képen a nyelvi funkcióért felelős területek aktivitásmintázatát látjuk, melyet fMRI segítségével készítettünk. A kiegészített funkciókért (pl. nyelv, mozgás, gondolkodás) felelős területek meghatározása a klinikai gyakorlat és a tudományos megismerés szempontjából is rendkívül fontos.



neses rezonancián alapuló képalkotás, az MRI. A módszer legfőbb előnye, hogy könnyen elérhető (a legtöbb városban megtalálható Magyarországon), nagyszerű téri felbontással rendelkezik, sok különböző mérési lehetőséget tesz lehetővé és tudásunk szerint semmilyen hosszú távú káros hatással nem rendelkezik. A méréseket két csoportba oszthatjuk. A strukturális méréseknek köszönhetően rendkívül jó felbontású felvételeket (~1mm³) készíthetünk az agyról, melyeket automatizált programok segítségével értékelünk ki.

Értékes információkat kaphatunk a szürke és fehérállományi struktúrák alakjáról, méretéről és összetevőiről. Később ezeket az információkat statisztikai elemzésnek vetjük alá és kapcsolatokat keresünk különböző betegségekkel vagy pszichológiai változókkal (pl. az internetfüggőség mértéke). A funkcionális mérések (fMRI) során az agy aktivitásáról kapunk információt. A technika azon alapul, hogy az idegi aktivitás és a fokozott agyi vérátáramlás mindig együtt jár, és mivel képesek vagyunk a véráramlás változásának detektálására, ezért – bár közvetett módon – képesek vagyunk megbecsülni az egyes agyterületek aktivitásának mértékét, és ezeket aktivitástérképek formájában ábrázolni.

A függőségek idegrendszeri háttere: a jutalmazórendszer

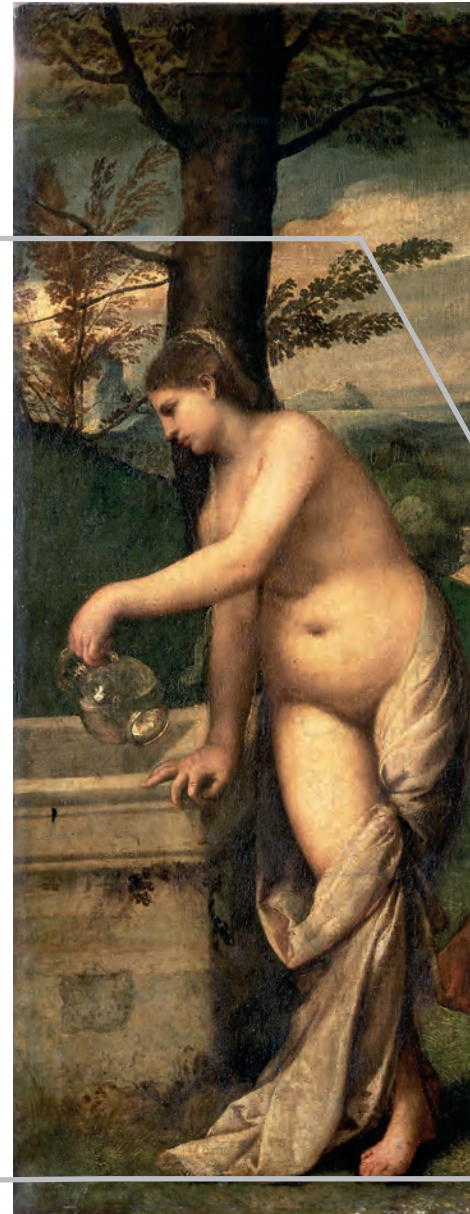
Egyre több tudományos bizonyíték támasztja alá, hogy létezik egy közös agyi jutalmazó rendszer, amely a jutalmazó vagy megerősítő ingerek hatására aktiválódik. A rendszert először James Olds és Peter Milner írták le, akik a patkányok agyában találtak olyan területet, amelyek elektromos ingerlése egyértelműen örömet okozott a rágcsálóknak. Később a kutatások az emberre is kiterjedtek. Felismerték, hogy ez a rendszer ellenőrzi az emberek viselkedését az olyan természetes, a túlélés szempontjából rendkívül fontos magatartásmintázatokkal kapcsolatban, mint a táplálkozás, folyadékbevitel, szex, társas interakciók; továbbá, hogy fontos meghatározója a motivációnak. Végtelenül leegyszerűsítve: a jutalmazó rendszer azt sugallja az egyénnek, hogy amit csi-

nál, az jó, csinálja minél gyakrabban. A memória-központoknak is üzen, méghozzá hogy figyeljenek különösen a környezetre, amikor az adott viselkedés történik – megkönnyítve ezzel a viselkedés későbbi megismétlését.

A rendszer „üzemanyaga” a dopamin nevű ingerületátvivő anyag (neurotranszmitter).

A szerelem mint természetes függőség

Nem minden függőségi forma tekinthető betegségnek. FMRI kutatások igazolják, hogy a szerelem korai fázisát akár természetes addikciónak is tekinthetjük. A jutalmazó rendszer érintettségének köszönhetően magyarázhatóvá válik az erre az időszakra jellemző kontrollvesztés és eufória. Feltételezések szerint azért jöhetett létre, mert segítette a szaporodást - ezáltal a faj túlélését.



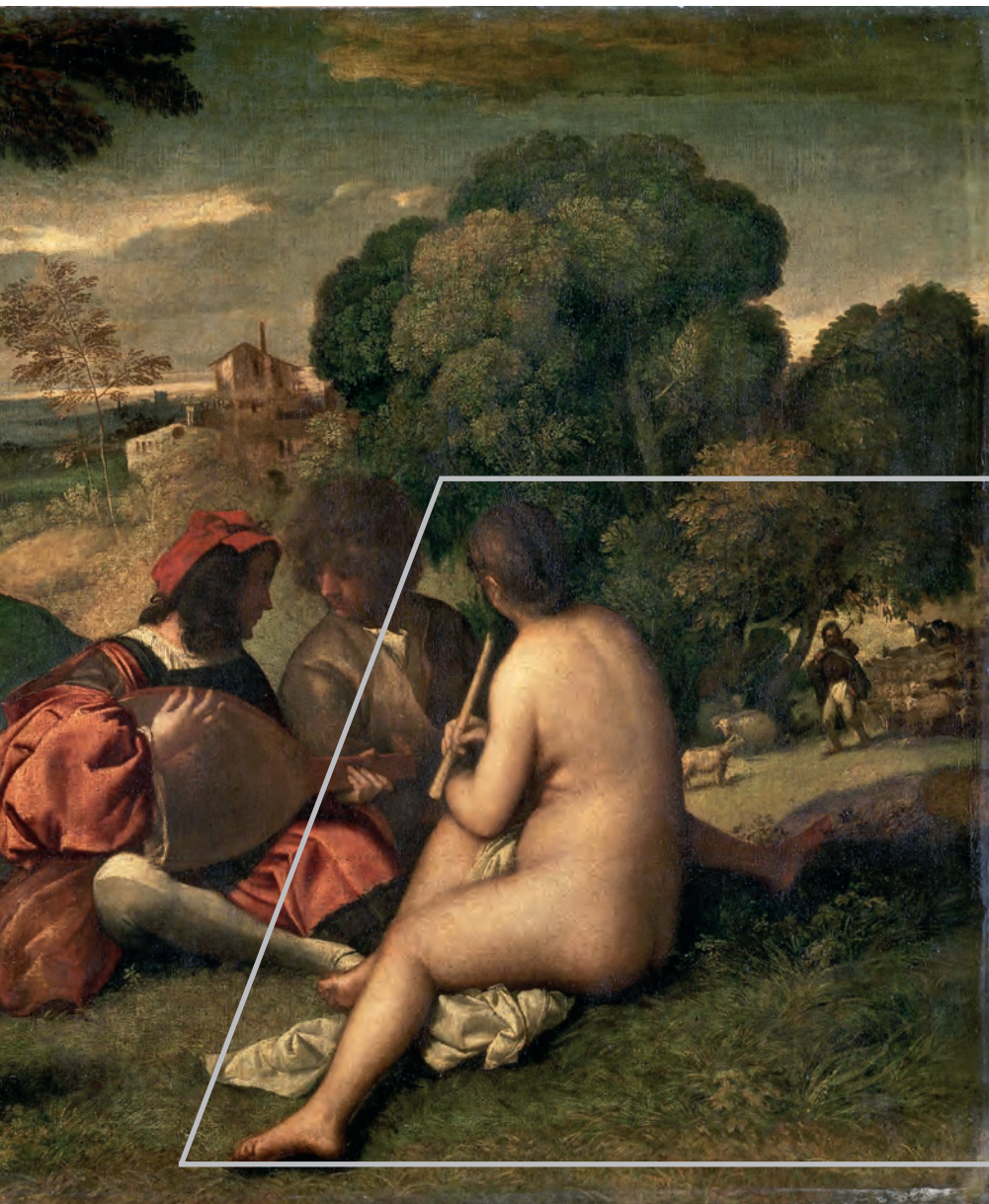
A jutalmazó rendszer egyik fontos területe a ventrális tegmentális terület (VTA), ami a dopamintermelésért felelős. A terület az élőlény korábbi tapasztalatai alapján dopamintermelésbe kezd, ha az észlelt inger adaptív (segíti az életben maradást, pl. élelem hatására).

A másik kiemelt terület a nucleus accumbens (NAc), ami a VTA dopamintermelő idegsejtjeinek az elsődleges célpontja. Ez a terület felelős azért a jutalmazó hatásért (örömeért/extázisért), amit az adaptív ingerek

provokálnak. A jutalmazó rendszer több magatartást szabályozó területtel áll kapcsolatban. Ezek közül az érzelmi folyamatokban és tanulásban szerepet játszó amygdalát és hippocampust, illetve a kontroll-

szerkezetét és működését — kedvező és kedvezőtlen irányban egyaránt. A gyakori aggodalmaskodás, körömrágás, felnőtt tartalmú weboldalak látogatása éppúgy hatással lehetnek, mint a rendszeres testedzés, relaxáció vagy könyvolvasás.

A szokások tehát tulajdonképpen idegrendszeri változásoknak tekinthetők. Az egyén azért kezd el vágyakozni valami iránt, mert az agya érzékenyebbé válik egy élmény, tapasztalat iránt. Amikor ez a sóvárgás kielégül, dopamin szabadul fel a jutalmazó rendszerében és még ha rövid időre is, de az egyén kielégültnek érzi magát. A dopamin azonban nem csak az extázisért fele-



Egyoldalú szerelem mint kielégületlen sóvárgás

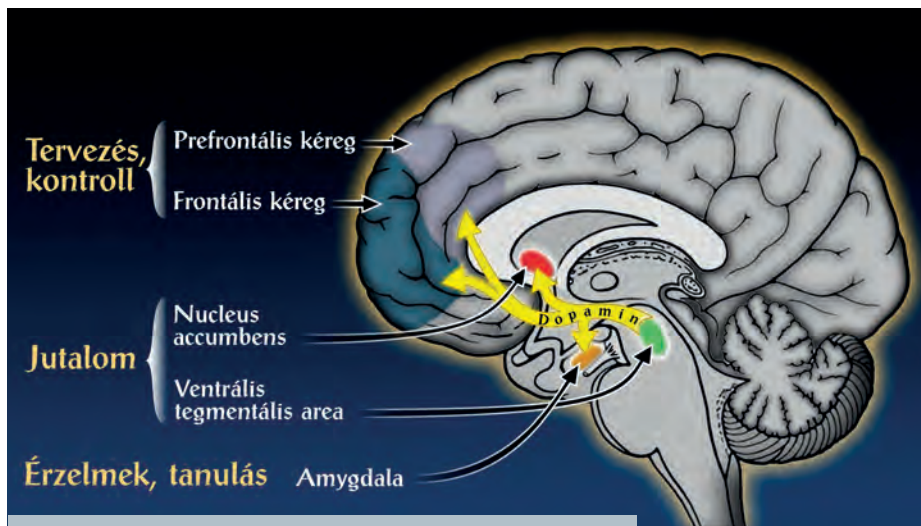
Szintén fMRI kutatások igazolják, hogy a viszonzatlan szerelem során hasonló idegrendszeri folyamatok játszódnak le a sóvárgókban, mint a szerfüggőkben. A szerelem tárgyának képeire szignifikánsan magasabb aktivitást tapasztaltak a VTA-ban, NAc-ben, mint közeli hozzátartozóik képeire.

folyamatokért felelős homloklebenyt (frontális kéreg) érdemes említeni, amely a magatartás kontrollálásáért felelős (mint látni fogjuk, függőségekben ez a terület alulműködik).

Rossz szokástól a súlyos függőségig

Mint korábban jeleztük, az agy plaszticitásának köszönhetően a gyakran ismétlődő viselkedésmintázatok megváltoztatják az agy bizonyos területeinek

lős, hanem a neuroplasztikus változás egyik fő katalizátora is: idegsejtek közötti kapcsolatok megváltoztatásával megerősíti a viselkedést, tehát a viselkedés valószínűsége a jövőben megnő. A függőségekre kivetítve: az első alkalommal, amikor a használat megtörténik, a dopaminvezérelt öröm az esemény után történik. Az újabb alkalmak során a dopamin egyre gyorsabban és gyorsabban szabadul fel, míg a használó eljut addig a pontig, amikor már önmagában a szerre (internetre) való gondolás is dopaminkiválasztást eredményez.



2. ábra. Az agy jutalmazó rendszere. A rendszer üzemanyaga a dopamin nevű ingerületátvivő anyag (neurotranszmitter), ami a ventrális tegmentális területen termelődik. Elsődleges célpontja a nucleus accumbens, ami az agy örömközpontja – aktivációjakor örömet/extázist érzünk. A jutalmazó rendszer feletti tudatos kontrollért a frontális és prefrontális kéreg területei a felelősek.

szüksége. 4. Ha a személy akadályozva van, megvonásos tünetek (szorongás, depresszió, ingerlékenység) jelentkeznek. 5. A személy gyakran kerül konfliktusba másokkal. 6. Viszsaesés következik be az egyén életének több területén, elsősorban a munkahelyi és iskolai teljesítményben. A hasonlóságok között ezeken kívül még azt említhetjük, hogy a függőségek gyakran járnak együtt más mentális zavarokkal. Kutatások igazolták, hogy a magas depresszióval, szorongással élő emberek, az evés- és testképzavarral élők, az impulzív valamint figyelemzavaros személyek nagyobb valószínűséggel lesznek internet- és szerfüggők.

A sóvárgás során történő dopamintermelődés motíválja a függőt a folyamatos használat irányába, és a használat során aktív idegrendszeri mintázatok minden egyes használatnál erősebbek lesznek. Egy idő után a szerfüggő már nem tudja uralni a viselkedését, a hatalom a szer kezébe kerül.

A függőségek idegrendszeri hátterének megértése után tehát fontos tisztázni, hogy az addikció nem az egyén erkölcsi hiányosságaiból fakad és nem is akarategyengeség. Egy betegségről van szó, amely elsősorban a fiatalok problémája, az agy jutalmazó rendszerének kóros működése áll a háttérben és legalább 50%-ban genetikai meghatározottságú.

Az internetfüggőség és a szerfüggőségek összehasonlítása

Az internet és szerfüggőségek számos hasonlóságot mutatnak. R. Brown szerint egy viselkedésmintázatot hat kritérium alapján lehet függőségnek nevezni, ezeknek az internetfüggők döntő többsége megfelel: 1. A problémás viselkedés szembetűnő, a szülők, tanárok, közeli hozzátartozók észreveszik a változást a személy viselkedésében. 2. A személy intenzív örömet, megelégedést érez a problémás viselkedés során. 3. Fokozatosan megváltozik a toleranciaszint – a személynek egyre több ingerre van

szüksége. 4. Ha a személy akadályozva van, megvonásos tünetek (szorongás, depresszió, ingerlékenység) jelentkeznek. 5. A személy gyakran kerül konfliktusba másokkal. 6. Viszsaesés következik be az egyén életének több területén, elsősorban a munkahelyi és iskolai teljesítményben. A hasonlóságok között ezeken kívül még azt említhetjük, hogy a függőségek gyakran járnak együtt más mentális zavarokkal. Kutatások igazolták, hogy a magas depresszióval, szorongással élő emberek, az evés- és testképzavarral élők, az impulzív valamint figyelemzavaros személyek nagyobb valószínűséggel lesznek internet- és szerfüggők.

Néhány téren azonban jelentős különbségeket is találhatunk. Talán a legfontosabb különbséget az internet könnyű hozzáférhetősége jelenti. A civilizált országokban a társadalom többsége már rendelkezik mobilinternettel (Magyarországon a KSH adatai szerint a mobilinternet-előfizetések száma 2015-ben 5,5 millió), de aki nem, otthoni vagy munkahelyi környezetben nagy valószínűséggel könnyen tud kapcsolódni a világhálóra. A másik fontos különbség, hogy az internet az életünk nélkülözhetetlen részévé vált. Kapcsolataink fenntartásának, munkahelyi feladataink intézésének és a kikapcsolódásunknak is fontos színtere. Éppen ezért az addiktív inger soha nem szüntethető meg teljesen, hiszen annak beláthatatlan következményei lennének az egyén életére nézve. Ennek a jelenségnek a segítségnyújtásban is fontos szerepe van, hiszen a szerfüggőségeknél működő teljes absztinencia (megvonás) nem alkalmazható netfüggőségben. A helyes megoldás a „digitális diéta” és a kontrollált, tudatos internet-felhasználás lehet.

Kimutatható-e a jutalmazó rendszer érintettsége internetaddikcióban?

Saját kutatásunkban arra kerestük a választ, hogy a szerfüggőségekhez hasonlóan megváltozik-e az internetfüggők jutalmazó rendszere. Vizsgálatunkban 82 fiatal felnőtt vett részt, az átlagéletkor 23 év volt. Az internetfüggőséget a Demetrovics Zsolt és munkacsoportja által kifejlesztett Problémás Internethasználat Kérdőív segítségével mértük, és mindhárom alfaktorát

vizsgáltuk (obszesszió, elhanyagolás, kontrollzavar). A jutalmazó rendszer egyes részeinek vizsgálatára 3 tesla térerjú MRI szkennert használtunk, és a kiváló minőségű képeket megbízható, széles körben használt programok segítségével értékeltük ki.

Eredményeink alapján az elhanyagolás és kontrollzavar szoros kapcsolatban áll a kontrollfolyamatokért felelős agyterülettel, az orbitofrontális kéreggel (OFC): minél erőteljesebb volt az elhanyagolás és a kontrollzavar mértéke, annál kisebb volt az OFC. A kényszeresség pedig a nucleus accumbenssel, a jutalmazó rendszer kitüntetett területével mutatott szoros pozitív kapcsolatot: akinél a kényszertünetek fokozottan voltak jelen, a NAc jelentősen megnövekedett.

Összegezve az eredményeket kijelenthető, hogy összefüggés van az internetaddikció 3 aspektusa és a jutalmazó központok strukturális jellemzői között. Ez az együtt járás felveti a hosszú távú negatív következmények lehetőségét és bizonyítottuk, hogy agyszerkezeti szinten az internetaddikció jelentős hasonlóságot mutat a szeraddíciókkal.

Hova tovább?

A társadalomkutatók egyetértenek abban, hogy jelenleg egy kulturális paradigmaváltáson megy keresztül a civilizáció, melyben a digitalizációnak köszönhetően újra kell definiálni a kapcsolatokat, munkát, szórakozást, egyszóval az életünket. A digitális eszközöknek köszönhetően soha nem látott mértékben változnak meg a mindennapjaink, azonban ennek a folyamatnak a hatásait jelen pillanatban csak korlátozott mértékben tudjuk felbecsülni.

A pszichológia és az idegtudományok talán legfontosabb kutatási kérdése a digitalizáció hatásának vizsgálata a fiatal, plasztikus agyra. Mivel a magyar kormány által elfogadott Magyarország Digitális Oktatási Stratégiájában is szerepel, hogy a köznevelési rendszert tartalmi és módszertani megújításának érdekében szükséges IKT (információs és kommunikációs technológia) alapúvá tenni, ez a kérdés még inkább kitüntetett. Ezért hoztunk létre a Pécsi Tudományegyetemen egy multidiszciplináris kutatócsoportot Janszky József és Lábadi Beatrix vezetésével. Kutatócsoportunk elsődleges célja, hogy orvosok, pszichológusok és MRI szakértők segítségével vizsgáljuk a digitális eszközök hatásait a lélek-tani-idegrendszeri folyamatokra. Reményeink szerint a kutatásainknak köszönhetően sok új információhoz jutunk a digitális eszközök használatának előnyös és hátrányos hatásaival kapcsolatban egyaránt.

DARNAI GERGELY – JANSZKY JÓZSEF

A közlemény megjelenését a Nemzeti Agykutatási Projekt (KTIA_13_NAP-A-II/9 és KTIA_13_NAP-A-II/11) támogatta.

IRODALOM

Saját közlemény:

- Altbäcker Anna, Plózer Enikő, Darnai Gergely, Perlaki Gábor, Horváth Réka, Orsi Gergely, Nagy Szilvia Anett, Bogner Péter, Schwarcz Attila, Kovács Norbert, Komoly Sámuel, Clemens Zsófia és Janszky József (2016): Problematic internet use is associated with structural alterations in the brain reward system in females. *Brain Imaging and Behavior* 10(4), 953-959.
- Altbäcker Anna (2017) „Disturbances in emotion processing and behavioral regulation: neuroanatomical and neurobiological factors” PhD Thesis, Pécsi Tudományegyetem, Klinikai Idegtudományok Doktori Iskola, Pécs, 2017
- Demetrovics Zsolt, Kun Bernadette (2010). Addiktológia Alapjai IV: Viselkedési függőségek. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2010
- Demetrovics, Zsolt (2014) Viselkedési addikciók: spektrum-szemléletű kutatások. MTA doktori értekezés, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 2014
- Kimberly Young és Cristiano Nabuco de Abreu (2011): Internet Addiction: A Handbook and Guide to Evaluation and Treatment, John Wiley & Sons kiadó: New Jersey.
- Nir Eyal és Ryan Hoover (2014): Hooked: How to Build Habit-Forming Products; Penguin Group kiadó: New York.
- Mari Swingle (2016): i-Minds: How Cell Phones, Computers, Gaming, and Social Media are Changing our Brains, our Behavior, and the Evolution of our Species, New society kiadó: Gabriola Island.

E SZÁMUNK SZERZŐI

DR. BENCZE GYULA, a fizikai tudomány doktora, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont Részecske- és Magfizikai Intézet, Budapest; **DARNAY GERGELY** tudományos segédmunkatárs, Pécsi Tudományegyetem, Klinikai Központ, Neurológiai Klinika; **DOBOLYI ÁRPÁD**, az MTA Doktora, címzetes egyetemi tanár, tudományos tanácsadó **DR. HEGEDÜS TIBOR** fizikus, a Szegedi Tudományegyetem Bajai Observatóriumának igazgatója, Baja; **JANSZKY JÓZSEF** egyetemi tanár, klinikaigazgató, Pécsi Tudományegyetem, Neurológiai Klinika és Pszichológiai Intézet; **LANDY-GYEBNÁR MÓNIKA** amatőr csillagász, Magyar Csillagászati Egyesület, Veszprém; **RAFFAI PÉTER** Phd, asztrofizikus, egyetemi adjunktus, ELTE Fizikai Intézet, Budapest; **OBORNY BEÁTA** ökológus, ELTE Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszék, Budapest; **MAGYARFALVI GÁBOR** egyetemi adjunktus, ELTE Kémiai Intézet, Szervetlen Kémiai Tanszék, Budapest. **NÉMETH GÉZA** geográfus, Erd; **DR. VEREBÉLYI KINCŐ** egyetemi tanár, ELTE Bölcsészettudományi Kar, Folklor Tanszék, Budapest.



AZ ÚT VÉGE

Ez Izland!

Izland különleges helyet foglal el utazásaim sorában. Egyrészt itt szálltam le először repülőgéppel (fől meg Bécsben), 1970-ben, 16 évesen, úton Amerikába, az itteni tájat láttam először a levegőből. Máig emlékszem a barna-zöld vulkáni tájra, a színes tetejű házakra. Lábam az izlandi földet nem érintette, de akkoriban még remény se nagyon volt arra, hogy valaha is fogja.

A 70-es években a magunkfajta számára Izlandra eljutni már-már egyenértékű volt a holdutazással. Magyar akkortájt csak véletlenül keveredhetett oda; mondjuk, a Fradit valamelyik kupában összesorsolták egy izlandi csapattal, melyet persze illet 8–10 góllal kitömní. Amikor aztán egy norvég barátom diái nyomán, 1976-ban megfogant bennem az utazás ötlete, még három évet kellett kiböjtölnöm, mire újra engedélyt és valutát kaphattam nyugati utazásra. (Bizony, fiatal barátaim, háromévente egyszer! Nem ám csak úgy, hogy amikor kedvünk szottyán.) A lehetetlen küldetés csak ekkor kezdődött. Vízumszerezés a norvég barát segítségével (oszlói izlandi követségre be, vízumkérő lap levélben elküldve, én vissza, ő ismét a követségre), hajójegy megvétele egy másik norvég barát segítségével Bergenben,

dán, svéd, norvég vízum beszerzése itthon, külön engedély extra kaja (öt kiló fölött ez is kellett) kivételére (kérdés: mit szándékozik tenni a kivitt élelmiszerral? válasz: meg akarom enni! — nem viccelek), kiutazás repülővel, komppal Berlinen és Warnemündén át az első dán kikötőig, onnan autóstop Oslóig, izlandi vízum beütése a követségen, vonat Bergenbe, aztán végre a hajó fedélzetén. (Unják? Hát még én hogy untam.) Kikötés a Feröer-szigeteken, fél nap Tórshavnban (visszafelé három nap és végig eső — bonyolult, most nem magyarázom el, miért), aztán egy délutánon megláttam Izland partjait. A hajó menetrendje miatt csak egy hetem maradt az egyhónapos útból, amit Izlandon tölthettem, hogy jobb híján stoppal körbeszáguldjam a szigetet.

Egy hetet szántam rá 2013 augusztusában is, de menynyire más volt ez az egy hét, bérelt autóval, előre foglalt szállásokkal. Három útitársat nem volt nehéz találni, bár az indulás előtt kicsit rezgett a léc. Dóri azon a hajnalon esett be a kiotói földrajzi diákolimpiáról (ehhez képest elég jól bírta), délután kocsival irány Bécs, este indulás Nikivel. (Hogy milyen Nikivel? Laudával! Most éppen ezen a néven fut a légitársasága.) Érkezés valamivel

éjfél előtt, immár sötétben (ha bő egy hónappal előbb megyünk, még félig világos lett volna), félórás keresgélés a keflaviki reptér méretes parkolójában a kocsink után, úgy 8–10 fokban. Ez csak harminccal kevesebb, mint az itthoni volt. Imádtam. Sofőrünk Peti, ezeréves barátom, pár percig furcsállotta, hogy a Kia kézi sebváltós, annyira hozzászokott az automatához. Neki egyébként a kolléganőjét, Marcsit („anyánk helyett anyánk”) sikerült rávenni az útra, bár nem volt nehéz. Éjszaka a reykjavíki youth hostelben (79-ben még arra se telt, végig sátraztam), szürke reggel, szemerkélő esővel. Jó 500 kilométer várt ránk. De milyen lesz az út? Mármint az útviszonyok. Harmincnégy évvel ezelőtt az egész szigeten nagyjából 100 kilométer volt leaszfaltozva, az is csak a főváros környékén, a többi lávasalak, vagy még annál is rosszabb. Mára az egy- és kétszámjegyű utak (néhol még az alsóbbrendűek is) tökéletesen burkolva, sehohol egy kátyú (4600 km!). Ezt meg hogy csinálják!? Időjárás ott is van. Hogy nincs forgalom? De van, bár tény, hogy nem az M7-es szintjén balatoni csúcsszezonban. Izlandon gyakorlatilag mindenkinek van autója, és turista is akad bőven. Csak Bécsből két gép indult (a mienken kívül az Austrian Airlines-é) egy órán belül. Az F jelzésű utakon viszont csak terepjáróval érdemes próbálkozni (a mienk nem az, sima bérautóval nem is szabad), pedig épp ezek az utak vezetnek a sziget belsejébe, a legvadabb vulkáni tájakra.

A sziget-kerülést kétféleképpen lehet megoldani. Az 1-es számú főúton vagy az óramutató járása szerinti irányba indulva, vagy ellenkezőleg, de teljesen mind-



Parti sziklák a Snæfellsnes-félszigeten

egy. Mi az előbbit választottuk, már csak azért is, mert így jönnek sorban a szállásaink. Első megállónk a *Hraunfossar-vízesés* (ez persze így tautológia, a *foss* – t.sz. *fossar* – vízesést jelent, a *hraun* pedig lávát; lesz még néhány ilyen). Ekkor még nem sejtettük, hogy utazásunk

jórészt vízeséstúra lesz, nem pedig vulkánkörút, de ebben is sok örömet leltünk. Egy lávamező lankás oldalában locsog lefelé a víz, sok ágbogra szakadozva, csekély magasságát szélességével kompenzálva. Mivel csapatunkban én vagyok az egyetlen, aki már járt a szigeten, büszkén, mintha csak én csináltam volna, megállok és imigyen szólva körbemutatok: ez Izland! Ettől kezdve, ha valami szépet láttunk, Peti meg-megszólt: ez Izland!? Innen csak kőhajításnyira zúg alá a *Barnafoss* (mely egyáltalán nem barna – a szó izlandi jelentése gyermek). Ehhez egy – ördög tudja, mikori – legenda fűződik. Egy a közelben lakó család karácsonykor istentiszteltre ment, otthon hagyván gyerekeiket, akiknek a szülők visszatérére nyomuk veszett. Illetve, nem veszett, hanem épp a zuhataghoz vezetett. A gyerekek nyilván lezuhantak a sziklaívról, amit anyjuk fájdalomában szétrombolt. Sebját, a vízesés gyártott másikat. Tervünk szerint megkerülnénk a *Snæfellsnes-félszigetet*, amiről azt tartják, ez Izland kicsiben, vagyis sok minden, ami az országra jellemző, itt előfordul. Ez erős túlzás, viszont csakugyan itt emelkedik 1448 méteres magasságba a Snæfellsjökull nevezetű, jégsapka borította vulkán, mely jó időben állítólag a légvonalban 120 km-re fekvő Reykjavíkból is látható. Most természetesen még öt kilométerről sem látható, térdig felhőben áll. Izlandon egyébként a légvonal mint olyan csak holmi léha kiszólás. Látsz valamit úgy 5–10 kilométerre, de 50-et kell megtenned, hogy oda is érj. Ennek az északnyugati fertálynak a partvonala egyébként is tagoltabb az átlagosnál, töméntelen öböl, fjord tarkítja, melyeket rendre meg kell kerülni.

Madársziklák is vannak a környéken. Mit nem adtam volna, ha közelebről látok több ezer lundát, vagy csak egyet, mely szokásához híven akár tucatnyi kis halat tart egyszerre a csőrében. Madár nincs, sziklák van, de azok legalább látványosak, és a tundra is virágozik. Talán még két-három hét, és a növények elalszanak jövő tavaszig. (Valójában nincs ám tundra, de annyi a kő és a talajok annyira terméketlenek, hogy olyan, mintha...)

A térkép feltűnően sok települést jelez. A valóságban azonban kiderül róluk, hogy szinte valamennyi csupán egy-egy farm.

Ahol több ház is akad egy csoportban, az már falu, a falu pedig nem lehet meg templom nélkül. Éjszakai szállásunk, *Siglufjörður* 1200 lakosával viszont már valódi város. 1940-ig csak a tengeren és egy lovakkal járható ösvényen volt megközelíthető, ennek ellenére lakossága a bőséges heringhalászat miatt több mint a duplája volt

a mainak. A hering azonban eltűnt a közeli vizekből, miként a lakosok többsége is. Az állam útépitésekkel igyekszik életben tartani kiüresedő településeit, ezért a közelmúltban két alagúttal is összekötötték a városkát a közeli településekkel.

Leghosszabb és a legtöbb látnivalót kínáló napunk következik, végre szép, napsütéses időben. *Akureyrit*, az ország második legnagyobb városát letudjuk egy szimpla áthajtással, inkább bálnákat szeretnénk látni. Erre a legalkalmasabb hely *Húsavík*, mely azzal is büszkélkedhet, hogy Izland első viking települése; 850 körül már lakták. Védett kikötőjéből felújított öreg halászhajók viszik a turistákat a nyílt vizekre, ahol nyaranta mintegy 60 eurónak megfelelő izlandi koronáért elvileg 11 bálnafaj egyedeit is megfigyelhetjük, néhányat gyakorlatilag garantáltan. Kettő sikerült: a hosszúsárnyú (más néven púpos) bálnákban mindig lehet bízni, de láttunk egy-két csukabálnát is. Izland egyike ama három nációnak (Norvégia és Japán mellett), mely a nemzetközi tiltás ellenére még mindig gyakorolja a bálnavadászat mesterségét. A hús zömét Japánba exportálják, a maradékot megetetik a turistákkal, hadd próbáljanak ki egy kis különlegességet. Izlandon egyébként, bár a halászat (és a kapcsolódó ágazatok) egyre kisebb szerepet tölt be a gazdaságban (de még mindig a GDP 27 százalékát adja), szinte minden családnak van valami köze a halhoz. Vagy úgy, hogy valamelyik családtag dolgozik hajón vagy feldolgozóüzemben, vagy úgy, hogy az ap-



Pszudokráter a Myvatn-tónál

ja, öregapja dolgozott hallal, enni meg mindenki eszi. Az ország gazdasági szerkezete alaposan átalakult. Itt a legmagasabb az egy főre jutó villamosenergia-termelés (főként vízerőművekből és persze a geotermikus energiából), az áramot pedig elsősorban a rendkívül energiaigényes alumíniumipar használja fel (nem mintha Izlandnak akár egy grammnyi bauxitja is lenne). A 90-es évektől ugrott meg a biotechnológiai ipar, a szoftverfejlesztés, a turizmus pedig az egekbe szökött. Manapság

évente mintegy másfél millió külföldi keresi fel a szigetet (ami a 332 ezres lakosszámmal viszonyítva óriási) és költ méregdrága mindennapi szükségleteire.

Ami e téren bennünket illet, alaposan beszájoltunk szalámiból, kolbászból, sajtból, de egyszer az is elfogy. Benzint, kenyeret csak-csak kell venni, aztán jöhetett a tészta, utazásunk második felének szinte mindennapi étke, levesek és egyebek formájában. Úgy a negyedik nap táján én lázadtam föl először, amikor a déli parton, *Vík* városka bisztróval kombinált benzinkútjánál ellenállhatatlan kényszert kezdtem érezni egy echte izlandi báránysültre. Lelki szemeim előtt ott lebegett az ártatlan kis jószág, aki jóformán még alig élt, de máris el kellett pusztulnia, hogy a tányérunkon végezze. Simán legyűrtem a lelki-furdalást meg a sültet is, isteni volt, úgyhogy két nappal később újabb kisbárányt kértünk asztalunkhoz. Még egy pohár sört is megengedtem magamnak, pedig az alkohol Izlandon igazi luxus. Az említett bárányért (körettel) pl. kerekítve 5500 Ft-nak megfelelő koronát fizettem, a sörért 2800-at. (Egy kiló kenyér kb. 1800 Ft.) Azt azért hozzátesszem, hogy a havi izlandi átlagbér meghaladja a félmillió koronát (1,3 millió Ft — ebből a közepes jövedelműek kb. 37 százalék jövedelemadót fizetnek). Az elmúlt évtizedekben volt itt már teljes és részleges alkoholtilalom, a sörárusítást pl. csak 1989 óta engedélyezik újra. Szupermarketekben azonban ne keressük, ott csak 2,25 százalékosat árulnak, az meg ugyebár nem sör, csak a neve. Van viszont állami (nemzeti?) italboltok (*Vínbúðin* — szó szerint borüzletek), ahol bármit megkaphatunk, persze horrorisztikus adókkal megpakolva. Ilyenekből viszont a hazánknál csak kissé nagyobb szigetországban mindössze 49 db van, 13 a fővárosban és környékén. A korlátozások oka egyszerű: az izlandiak a rövid téli nappalok során nagyon neki tudnak keseredni, ezért elég sokat ittak. Mindent összevetve, bár többféle szempont alapján készítek a világ legélhetőbb országainak listáját, Izland szinte mindegyiken az első tízben tanyázik.

A bálnalátás végül is megtörtént (habár nem nagy öröm, amikor kb. ötvenen egy emberként rohangásunk a hajó egyik oldaláról a másikra), s miközben fahéjas csigánkat majszolgattuk forró kakaóval (ez a cég specialitása) és visszafelé csorogtunk a kikötőbe, az járt a fejemben, hogyan fér bele a maradék délutánba még négy kihagyhatatlan látnivaló. A *Myvatn-tó* gyönyörű szabályos pszeudokrátéréivel szinte egyedülálló. A kráterek azért „pseudo”-k, mert nem kitöréssel, vagy vulkáni eredetű robbanással keletkeztek, bár kétségkívül krátereszerű alakzatok. Maga a tó nagyjából 2300 éve keletkezett, egy nála is nagyobb tó helyén egy hasadékkítörés következtében. Az történt, hogy amikor a forró láva a vizenyős területre ért, az alatta keletkezett



Dimmuborgir lávaalakzatai

gőz robbanásszerű folyamat során törte át a lavát, és a kiszóródott törmelék gyűrűszerűen lerakódott a jókora kipukkanó buborékok nyomán. A tó keleti partján a *Dimmuborgir* („sötét városok”) nevű sziklacsoport is az akkori idők terméke. Napjainkban jó pár felszakadt lávabarlang és bizarr sziklaalakzat őrzi e nem is túl régi esemény emlékét. Ha csak messziről is, de végre vulkánt is látunk. Ez a kb. 1 kilométer átmérőjű *Hverfjall*. Úgynevezett freatomagmás (a magma és a víz találkozása nyomán létrejövő robbanásos kitörés) működés eredménye, voltaképpen egy szépen fejlett tufagyűrű. Az Izlandra látogatók, azt hiszem, úgy képzelik, hogy lépten-nyomon vulkánokba ütközik a tekintetük, végtére is a sziget vulkáni működések szülötte. Hát nem! Ilyen látvány csak azoknak a szerencséseknek adatik meg, akik terepjáróval, a nagyon elszántak és ráérők pedig gyalogosan behatolnak a sziget belsejébe. Nekünk pedig se terepjárónk, se elég időnk, se elszántságunk nem volt.

Innen csak egy ugrás Izland egyik történelmi nevezetessége, a *Goðafoss*, vagyis az istenek vízesése. Egy gleccserből táplálkozik és bár csak 12 méter magas, nagyjából 30 méteres szélessége igen látványossá teszi. Úgy 1000 körül egyik, amúgy pogány papjuk, egyben törzsfőjük, úgy határozott, hogy honfitársainak fel kell venniük a kereszténységet, ezért a pogány viking istenek szobrait lehajította ezen a vízesésen.

A nap már erősen közelít a horizonthoz, mire elérjük a *Hverir* geotermális vidéket. Még szerencse, hogy itt majdnem minden színes, vagy legalábbis vörösbarna. Süvítő

gázkiáramlások, rotyogó iszapfortyogók, kellemesen büdös fumarólák között bóklászhatunk, s bár nem egy Yellowstone, bemelegítésnek feltétlenül jó a geotermális jelenségek világába.

Ha nem lennénk ennyire északon, s nem lenne ilyen sokáig világos, már semmit sem látnánk Izland legnagyobb vízeséséből, az elég pocsék úton megközelíthető *Dettifoss*-ból. (Így még éppen valamit.) Ez már tényleg Niagarával (legalábbis annak amerikai részével) vetekedő zuhatag a maga 45 méteres magasságával, bár vízhozama meg sem közelíti. És persze itt nincsenek motelek ezerszám, se borzalmas ajándékboltok, szörnyűséges esti kivilágítás; minden natúr. A Vatnajökull jégmezőből táplálkozik, és mint minden olvadékvíz, ez is piszkosszürke színű. Egy patak képében folytatja útját, mely egész csinos kis kanyont vájt magának a kőzetekben.

Már csak a szállásunkig kell eljutnunk. Fogytán a benzin, tankolni kéne. Az izlandi benzinkutak nagy többsége önkiszolgáló, de teljesen. Ember sehol. Találunk egy kutat, nem tudjuk működésre bírni, ezért még potyára autózunk vagy húsz kilométert a következőig, aztán vissza egy iszonyatos bekötőútra. Éjfél elmúlt, mire *Húsey*-be, a szállásunkhoz érkeztünk. Nos, *Húsey* nem város, nem falu, csupán egy farm, mely nagyjából két-három épületből áll. Hallózunk, zörgetünk, kopogtatunk, mire úgy tíz perc után előkerül a háziasszony és némileg bosszúsán ránk pirít a kései érkezés miatt, aztán áttelepíti a helyünkre befészkel kis társaságot.

Reggel, távoztukban lovas turistákat látunk (a lovagoltatás a ház egyik specialitása), no meg a távolban lus-



A Svartifoss-vízesés

tán heverésző fókákat, de hogy milyen fajtát, azt nem sikerült kideríteni. Lovat sokhelyütt látni Izlandon, legtöbbször magukra hagyva legelnek. Jobb, ha tőlem tudják meg: az izlandi póni valójában nem póni, hanem

kistermetű ló. Ha már elkeveredtünk a keleti partvidékre, elcsábítom társaimat *Seyðisfjörðurba*. Ide érkeztem hajóval 79 nyarán. Ugyanannak a feröeri társaságnak, a Smyril Line-nak a hajója hetente egyszer még ma is jár, igaz, már csak Feröerről és Dániából. Bár a hely régóta lakott, város(ka)ként csak a XIX. század közepe óta tartják számon, amikor norvég halászok elkezdtek faházakat építeni. Ezt aztán utódaik is folytatták, úgyhogy a nem egészen 700 fős településen sok szép régi faépület látható. Az élményt erősen mérsékli, hogy keményen fúj a szél és szakad az eső. Ez így is megy tovább estig, úgyhogy a mai napunknak lóttak. Nem is voltak nagy terveink, csupán eljutni Berunesig, ami szerintem nem is egy településnek, hanem egy hosztelnek a neve, a keleti parti fjordvidéken.

Szerencsére verőfényes napra virradtunk, hiszen mára ígérkezik utazásunk egyik fénypontja, a *Jökulsárlón* lagúna. 1979-ben éppen egy jó stoppot kaptam ki, vígan száguldottunk nyolcvannal a salakos úton, amikor megpillantottam. Állj, plíz! Akkor is csodás idő volt, leültem a vízpartra és vagy két órát bámultam a gleccsert, illetve a róla leváló kis jéghegyeket, amint szelíden lebegnek a vízen a tenger felé. *Teljesen egyedül voltam*, mármint emberileg, mert néhány sarki csér kemény támadásokat intézett ellenem, amikor a fészkeik felé merészkedtem. Persze, mit tudtam én, hol a fészkek, ők viszont tudták és kőkeményen védtek. Szóval, egyedül voltam. A civilizációra csupán a lagúna vizét levezető patakon átívelő, kissé az Erzsébetre hajazó függőhíd emlékeztetett. Most? Mint a búcsúban. Minimum száz autó parkolt a környéken, kávézó, ajándékbolt, motorcsónaktúrák, mi egymás. A Breiðamerkurjökull gleccser, a hatalmas Vatnajökull jégmező egyik nyúlványa ereszkedik itt alá, s amint hátrált, maga előtt hagyta önnön mélyedésében ezt a csupán 60 éve létező, de egyre növekvő tavat, melybe fölösleges jégtömegét bocsátja. A kék-fehér jeget szürke-fekete foltok, sávok tarkítják; vulkáni törmeléklerakódás nyomai. Ezeket közelebbről is megszemlélhetjük, ugyanis a tengerparton százával hevernek a folyócska által kihurcolt, és az árapály által oda-vissza terelgetett, akár kredenc nagyságúnak is megmaradt jéghegyek. Innen csak macskaugrás a szintén jégtömbökkel tarkított *Fjallsárlón* gleccsertő, mely bár társánál jóval kisebb, ám nem kevésbé látványos, viszont nincs lefolyása. Ha jó az idő, az útról is látszik Izland legmagasabb hegye, az Öräfajökull (2110 m), mely valójában egy jéggel borított rétegvulkán, ami aktívnak tekinthető, hiszen még a XVIII. században is kitört, és alighanem még fog is. A helyzet az, hogy Izland vulkánjainak egy része jégtakarók alatt pihen, ha éppen pihen. Ez viszont azzal jár, hogy kitörésükkor rengeteg jeget olvasztanak meg,



Ezt látni a Seljalandsfoss vízfüggönye mögül

és az olvadákvíz áradatként tör utat, többnyire délnek. Ilyenkor mindet visz – utat, hidat, és persze tömördek törmeléket, amit a parton szépe lerak. Ezt a jelenséget nevezik *jökulhlaupnak* (kb. gleccserfutás), a létrejött olvadákvíz-síkságot pedig *sandurnak* (szó szerint homok, pedig dehogyan az). Láttam egy filmet a szintén jég alatti Grímsvötn vulkán 1996-os kitöréséről és következményeiről és megállapítottam, milyen szerencse, hogy az izlandiaknak volt elég eszük lakóhelyileg távol maradni ettől a partszakasztól. Ezt nevezik Skeiðarásandurnak, mely 1300 négyzetkilométeren terül el a Vatnajökull jégmező és a tenger között. És igen, valamivel nyugatabbra láttunk valamennyit a hírhedt *Eyjafjallajökullból* is, mely 2010-es kitörésével annyi bosszúságot okozott a fél világ légiforgalmának. Az izlandi farmereknek is, hiszen a hamuhullás, mely csak aránylag kis területet érintett, megzavarta a legeltetést. Emberéletben nem esett kár.

A *Vatnajökull Nemzeti Parkba*, annak is a korábban önálló *Skaftafell* nevű részébe épp csak beugrunk (pedig itt napokat el lehetne túrázgatni és sokan meg is teszik), hogy röpké pillantást vessünk az egyik legérdekesebb izlandi vízesésre, a *Svartifossra*. Különlegességét az adja, hogy bazaltorgonák fölött-előtt zúdul le, úgyhogy az élmény 2 az 1-ben. A közelben látható néhány jellegzetes tőzegház is. Régi korok emlékei, amikor a betelepülők, de még kései gazdálkodó utódaik is ilyenekben laktak.

Alapja kőtömbökből épült, a vázuk nyírfából (mert az volt, amíg ki nem vágták szinte az összeset), arra pakolták a jól szigetelő tőzeget.

És ha már farmok... Az éjszakát a *Giljur* farmon töltjük. Jellegtelen, majdhogynem csúf külső, viszont háromcsillagos hotelnek megfelelő szobák, reggeli, utána beszélgetés a gazdával, aki épp füvet aratott és bálázott egymaga, spéci gépek segítségével. Ha Izlandon hatalmas gurigákat látnak kék, fehér vagy fekete műanyagba csomagolva, az fű, vagyis hát széna. A farmon hétszáz birkát tartanak, most fönnpelgelnek a domboldalakon. Húsból, tejtermékből az ország önellátó, de megterem némi krumpli, répa, káposzta is, a melegházi paradicsom, uborka, sőt trópusi gyümölcsök inkább csak kuriózumok. A hűvös klíma, a rövid tenyészidőszak és a pocsek talajok miatt ringó gabonátáblákat ne várjunk.

A közelbe ereszkedik alá a Myrdalsjökull jégmező egyik nyúlványa, a *Sólheimajökull* nevű gleccser. Csaknem a szájába lehet hajtani kocsival. A vak is láthatja, hogy erősen visszavonulóban van. Mellesleg rettentő koszos. Az ember már javában a jégen lépked, de alig veszi észre, olyan vastag rajta a törmelék. Egy fiatal srác félmeztelenül (felül) éppen lépcsőket vág a jégbe (lehetett vagy 15–16 fok, viszont pazar napsütés), hogy megkönnyítse a rövidesen érkező gleccsertúrázók dolgát. Aztán jöhet a napi vízesésadag: előbb a 60 méter magas *Skógafoss* az asznapra rendelt szivárványokkal, aztán a hasonló magasságú *Seljalandsfoss*, mely azzal örvendeztet meg látogatóit, hogy a lezúduló vízfüggöny mögé lehet kerülni és egy kis barlang védelméből bámulni.

Az árnesi hosztelben a recepciós srác azzal fogad, hogy ma éjszaka, ha szerencsénk lesz, *esetleg* láthatunk északi fényt. Nagyon csábító, de az ágy is. Majd ébresszettek fel. Nekünk jött be. Akik fennmaradtak, semmit sem láttak. Úgy tűnik tehát, a sarki fény most már kimarad az életemből. Sebaj, kimaradt más is.

Reggel, kifelé menet viszont látjuk a 1491 méter magas *Heklát*, Izland ikonikus vulkánját. Nem túl közletről, ráadásul ellenfényben, de a „mienk”. A sziget legaktívabb tűzhányója, utoljára 2000-ben mutatott életjelenségeket. Különlegessége, hogy a legtöbb izlandi vulkánal ellentétben nem bazaltos, hanem andezites lávát produkál.

Tekintettel a verőfényes izlandi nyárra, kigurulunk a tengerpartra, a szebb napokat is látott *Eyrbakk* falucskába, mely kiváló fekvése miatt évszázadokon át Dél-Izland legfontosabb kereskedelmi és halászkikötője volt. Most már nem az. Békés, csendes, szép színes faházakkal. Az egyik kertben öregúr napozik félmeztelenül. Alighanem

pokoli melege lehet a 16–17 fokban. Az újabb báránysülttel kecsegtető étterem még zárva, úgyhogy elugrunk a közeli *Kerið* krátertóhoz. Annak idején stoppal mentem erre felé, fogalmam se volt a létezéséről, amikor a sofőröm leterít egy pocsek mellékútra és azt mondta: most mutatok neked valami nagyon izlandit. Ez volt a *Kerið*, melynél akkor természetesen a kutya sem járt rajtunk kívül. Ránézésre maarkráternek tűnik, vagyis olyan, ami gőz- és gázrobbanással jött létre, ám kiderítették, hogy igazi, salakkúp jellegű vulkán maradványa, mely a magma kiürülése után beroskadt. Mindez kb. 3000 éve történt. Nem egy óriás, legnagyobb átmérője 270 méter körüli, viszont nagyon látványos. Mivel magánterületen van, belépődíjat is szednek, úgy rémlik, 2 eurót. Talán ez az egyetlen természeti látványosság Izlandon, aminek megtekintéséért fizetni kell. Viszont megéri.

Izland nem volna az igazi a gejzírvidék nélkül. Már a terület megközelítésekor sejtjük, hogy nagy buli lesz. 1979-ben, amikor még csak vacak földút vezetett be ide, a

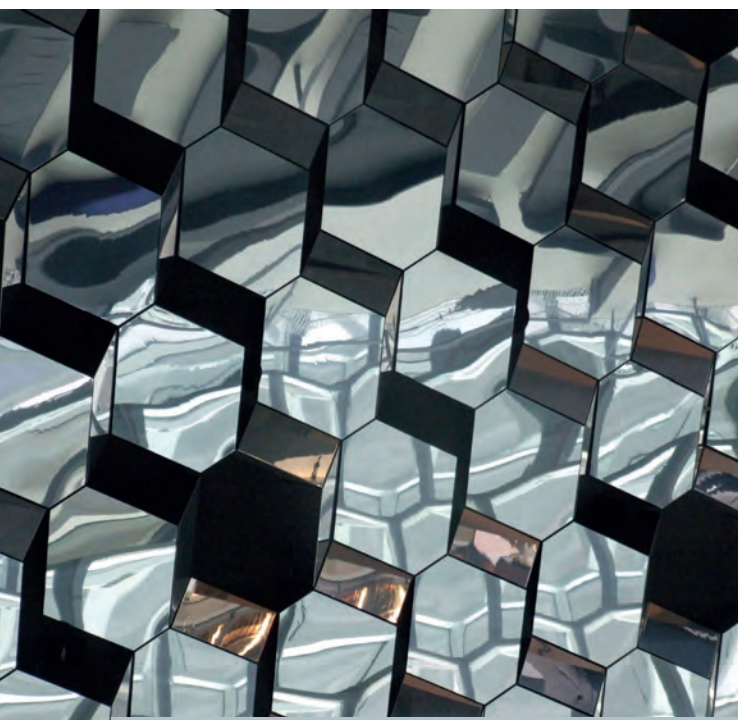


Jégfantázia – Jökulsárlón

sziget belsejébe, talán tucatnyian álltuk körbe az egyetlen, rendszeresen, 5–10 percenként 20–30 méter magasra kilövő gejzirt, a *Strokkurt*. Mostanra ez a szám minimum meghúszszorozódott, ráadásul az idő is kiváló. A nagy testvér, minden gejzírek névadója, a Geyzir azonban ellustult és rendkívül rapszodikus működésű. Időnként összeszedi magát, manapság átlagosan napi háromszor hajlandó kilövellni. A közeli *Gullfoss* vízeséshez annak idején valami tíz kilométert gyalogoltam (odafelé), amivel csupán azt próbálom újra érzékeltetni, mekkorát változott a turizmus Izlandon. Százak özönlenek percenként a szurdokhoz, melybe a *Hvítá* folyó aláveti magát, pontosabban előbb ugrik egy kicsit, majd belezúdul abba a kanyonfélébe, amit saját magának vájt ki.

A *Pingvellir Nemzeti Park* két okból is nevezetes. Egyrészt, mert Izland ősi telepesei itt alapították 930-ban a világ első parlamentjét. Volt itt akkoriban egy szikla (mára eltüntette az erózió), és a három évre választott törvénymondó itt hirdette ki az új törvényeket, ámbár bárki szólhatott, sőt beleszólhatott. A szikla helyét hatalmas zászló jelzi. A hely egyben geológiai kuriózum is. Talán ez az egyetlen hely a Földön, ahol szárazföldön látható két litoszféralemez, az amerikai és az eurázsiai határa. A kettő távolodását rendszeresen mérik is (nagyjából évi 20 milliméter).

Újra Reykjavík! A meteorológia a szikrázó nap után pocsék időt ígért, ami be is jött. Konkrétan esett. Városnézés immár kísérővel, Elísával, aki egy évet töl-



Üvegfantázia – Harpa, Reykjavík
A SZERZŐ FELVÉTELEI

tött a budapesti Fazekas gimnáziumban, de hogy miért, fogalmam sincs. Magyarul ugyanis nem tud, csak angolul, meg persze izlandiul meg. Ez utóbiből rögvest le is vizsgáztatjuk a *Höfði* háznál, a korábbi francia konzulátus faépületénél, ahol 1986-ban Gorbacsov és Reagan találkoztak. A vizsga abból áll, hogy felolvass néhány sort arról a kőtábláról, amit a nevezetes esemény emlékére állítottak. Ekkor döbbszünk rá igazán, hogy az izlandi szavak kiejtésének borzalmai messze túltesznek várakozásainkon. A skandináv nyelvek közül az izlandi a legarchaikusabb, ami érthető a hosszú elszigeteltség

után. Viszont minden izlandi beszél angolul. Ezt nem úgy mértem le, hogy mind a 332 500 izlandival beszélgettem. Viszont beszélte az angolt a farmer, az isten háta mögötti benzinkút kis boltjának eladója, bárki, aki az utunkba akadt.

Reykjavík színes kisvárosként élt az emlékeimben, s noha az elmúlt évtizedekben se vált nyüzsgő metropolisszá, rengeteget fejlődött. A színes kis faházaktól tisztas távolságban felhúztak jó pár modern épületet, sok az absztrakt köztéri szobor, az utcákon nyüzsgőnek az emberek (mit nekik egy kis eső), még magyar szavakat is hallottunk. A központban emelkedik a 74,5 méter magas *Hallgrímskirkja*, az ország legnagyobb temploma, melynek tervezőjét 1937-ben azzal bízták meg, hogy olyan építményt alkosson, ami az ország természetét tükrözi. 1945-től 1986-ig készült, bár nekem már 1979-ben úgy tűnt, hogy kész van. Előtte áll *Leifur Eiríksson* (vagy ha úgy tetszik: Leif Erikson) szobra, az Egyesült Államok ajándéka. Azé a vikingé, aki nagy valószínűséggel, évszázadokkal Kolumbusz előtt, eljutott az amerikai kontinensre, és társaival *Vinland* néven települést is alapított. Hogy hol lehetett *Vinland*, máig viták tárgya. Amit viszont annak idején nem láttam, merthogy még nem is létezett, az a 2011-ben átadott *Harpa* nevű (amúgy hárfát jelent – csak nincs valami nyelvi rokonság?) csupa üveg koncert- és konferenciaközpont. Nekem tetszik, az izlandiak is szeretik.

A reménytelen időben még nekifutunk, hogy lássunk valamit a Reykjanes-félszigetből, de már annak is örültünk, ha úgy 20–50 métert láttunk az útból a ködben. Elkeveredünk egy kis geotermális vidékre, sok örömünk nincs benne a szakadó esőben, úgy-hogy svédasztalos ebéddel vigasztalódunk – izlandi viszonylatban – meglepően olcsón.

2013. augusztus 14-én, hajnalban leszálltunk Schwechaton. Itt kezdődött minden és itt is ér véget. Azóta nemhogy az országból, de Érd és Budapest környékéről se nagyon tettem ki a lábam. Nem dacos elhatározásból – egyszerűen így hozta a sors.

Mint ahogy azt is, hogy ez volt az utolsó írásom a *Természet Világában*. Egyetlen munkahelyen eltöltött 39 év és öt hónap után, amikor a szerkesztő visszavonul, talán megengedhető néhány búcsúszó. Mindegyelőtt köszönöm mindazon szerzőimnek, akikkel pályafutásom alatt munkakapcsolatba kerültem, hogy jó cikkekkel táplálták lapunkat és rám bízták írásaim gondozását. Jó volt veletek együtt dolgozni. És persze köszönöm cikkeim olvasóinak is a megtisztelő figyelmet és érdeklődést.

NÉMETH GÉZA



KRITIKUS KÜSZÖBÖK ÉS HIRTELEN ÖSSZEOMLÁSOK

Miért nehéz előrejelezni a környezetváltozások ökológiai hatásait?

Az ember jelenléte sokféleképpen változtatta meg Földünk képét és a rajta élő fajok életlehetőségeit. Egyre pontosabb eszközökkel mérhetjük a klíma változásait, a szennyező anyagok mennyiségét, és műholdfelvételeken regisztrálhatjuk a természetes élőhelyek fogyatkozását. De vajon mennyire tudjuk, hogy amit a műszereink mérnek, mit jelent az élővilág különböző fajai számára?

A fajokat alkotó egyedek természetesen nem egyszerű „műszerek”: a környezeti hatásokat nem arányosan fordítják le életjelenségeikre. Nem várhatjuk például, hogy egy 10%-os csapadékmennyiség-csökkenés éppen 10%-kal csökkentse a túlélés valószínűségét. Ezen felül, az egyedek kölcsönhatásban állnak egymással: elsősorban versengenek az erőforrásokért, de az ilyen negatív mellett pozitív kapcsolat is lehet köztük. Ennek egyik jellegzetes példája az ún. dajkhatás, amikor az idősebb egyedek elősegítik az újulat megtelepedését (1a. ábra). E példán jól megmutatkozik egy fontos jelenség: a forrás – jelen esetben a víz – mennyiségétől függ a populáció sűrűsége, ugyanakkor a populációsűrűség vissza is hat a forrás mennyiségére, példánkban egyrészt a vízfelvétel miatt, másrészt a párolgás megváltoztatása révén. Visszacsatolás lép fel tehát a környezet és az élőlények között.

Különösen érdekesek azok a visszacsatolások, melyek tartós hatásúak. A medvehagyma esetében az egyed (klonális élőlényeknél ezt *ramet*-nek nevezzük) mindössze néhány évig él, és halálával megszűnik a hatás. Ezzel szemben a talajképződéssel járó vagy azt befolyásoló folyamatok hosszú ideig, az egyedek élettartamán túl is otthagyják „ujjlenyomatukat” a területen. Példa erre a sivatagi termékeny szigetek esete (1b. ábra). Azokon a részeken, ahol már megtelepedett egy elég nagy termetű egyed, további növények fognak megtelepedni, és fenn tudják tartani a foltot az alapító halála után is. Ahol pedig nincs növény, nehéz marad a benövényesedés. Működik tehát egy pozitív visszacsatolás, amelynek hatására két élesen elváló típus, fázis jön létre: egy magas és egy alacsony biomassza-termelődésű. A két fázisban eltérő a fajösszetétel, és más a víz- és tápanyaggazdálkodás [1]. A két fázis jellegzetes mintázatba rendeződik (2. ábra).

Az eddigi példák is jelzik, hogy ha külső környezetváltozás – például felmelegedés vagy szárazodás – hat egy ökoszisztémára, nem várhatjuk, hogy a válasz a hatással egyenesen arányos és azonnali legyen, vagyis hogy az ökoszisztéma hű tükörként



1. ábra. Példa a növények közötti pozitív kölcsönhatásra. Dajkhatás egy populáción belül (a). A medvehagyma idősebb egyedei árnyékukkal csökkentik a talaj kiszáradását, így növelhetik a fiatalabbak túlélését, feltéve, hogy az árnyék nem túl sűrű, tehát jut elegendő fény a fotoszintézishez. (b) Termékeny sziget egy dél-afrikai félsivatagban. A sivatagi és félsivatagi talaj általában nemcsak vízben, hanem tápanyagokban is szegény. Ahol már megtelepedett egy nagyobb termetű egyed, ott helyileg, szigetszerűen ki tud alakulni egy tápanyagban gazdag folt. A meglévő növényből avar lesz, támogatja az avar bontó szervezetek aktivitását, hiszen árnyékával védi a területet a túlmelegedéstől és a párolgástól, valamint elősegíti a csapadékvíz beszivárgását a talajba. A dajkhatás e környezetmódosítások miatt itt is jelentős. A termékeny szigeten általában nemcsak egy, hanem több növényfaj verbuválódik össze, és a különböző állatfajok számára is vonzó élőhelyet kínál

(FOTÓ: OBORNY BEÁTA)

mutassa a környezetbeli történéseket. A nem arányos jelleg az egyedek, populációk és közösségek szintjén megnyilvánuló, számtalan visszacsatoló folyamatból ered. Ezek egy része olyan, hogy az élővilág visszahat a helyi környezetre. Az ökoszisztéma önszerveződésének ismerete elengedhetetlen annak előrejelzéséhez, hogy egy adott környezetváltozás milyen hatást fog okozni.

Ami történik és amit látunk

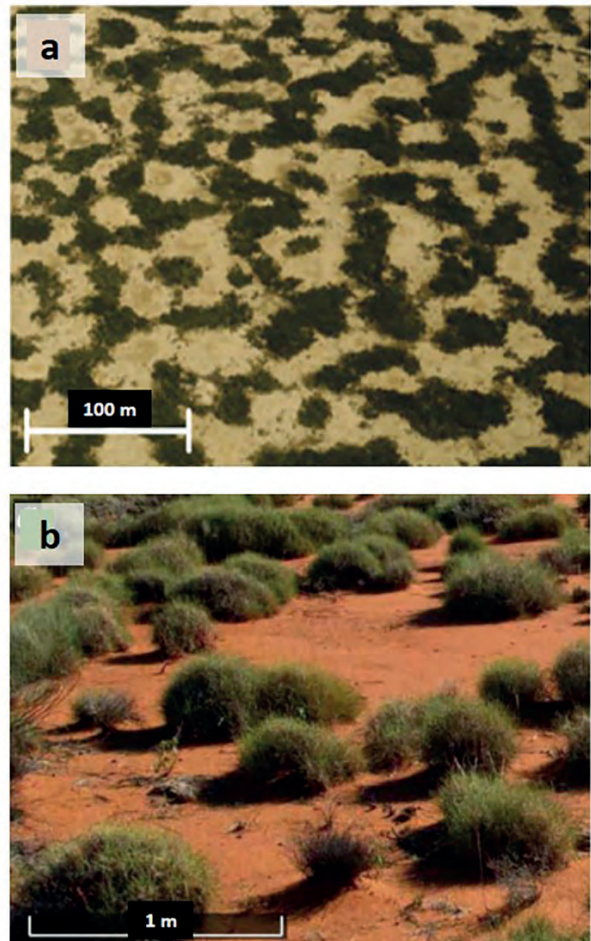
Egy egyszerű példán mutatom be, hogy még ha tökéletesen ismernénk is a helyi (lokális) folyamatokat – márpedig a természetben ritkán van ilyen szerencsénk –, akkor sem lenne magától értetődő megjósolni e folyamatok által létrehozott nagyobb léptékű („makroszkopikus”) mintázatokat. A példa egy számítógépes szimuláció; itt magunk választhatjuk meg, hogy milyen lokális szabályokat alkalmazunk. Példánk annyiban nagyon egyszerű, hogy egyetlen populációról lesz szó, amely homogén területen él. Mindössze azt vizsgáljuk, hogy a területen hol van jelen és hol hiányzik az illető faj (**3a–b. ábra**). Kétféle változás lehetséges: a lokális kihalás, melynek során egy foglalt hely üressé válik, és a megtelepedés, melyben egy üres helyre települ be a faj egy szomszédos foglaltól. Mivel csak szomszédos helyek között lehetséges kölcsönhatás, a jelenséget kontaktfolyamatnak hívják. Ez a térbeli terjedések – például inváziók, járványok – legegyszerűbb alapmodellje [3]. Vegyük észre, hogy van a modellben egy pozitív visszacsatolás (ahol foglalt hely van, amellet újabb foglalt hely tud keletkezni), és egy negatív (a foglalt helyek versengenek a rendelkezésre álló ürességekért)! Más hatás nincs, nem tételezzük fel például, hogy a faj jelenléte módosítaná a környezetet. Kérdésünk, hogy ha ebben az egyszerű rendszerben megadunk minden lokális információt – vagyis a kihalási és megtelepedési rátákat –, vajon mennyire könnyű ebből kitalálni a makroszkopikus tulajdonságokat, például hogy milyen sűrűségben tölti be a faj a területet? És ennek egy lényeges alkérdése: milyen lokális kihalási és megtelepedési értékeknél fog kipusztulni a faj a teljes területről?

A válasz egyáltalán nem könnyű, éppen a mintázatképződés miatt. Tekintsük meg először a **3b. ábrán** látható, sűrűn betöltött területet! Itt a fehérrel jelölt hiányfoltok kicsik; a fehér terület legnagyobb része egyetlen megtelepedési lépéssel elérhető. Tehát egy lokális kihalást viszonylag hamar tud pótolni egy megtelepedés, a terület betöltöttsége finoman ingadozik egy átlagérték körül. Ezzel szemben a **3a. ábrán** látható esetben az üres helyek nagy része nem érhető el azonnal, ráadásul az elérhető helyekért komoly

verseny folyik, hiszen a szomszédba való telepedés miatt a foglalt helyek csomósodva helyezkednek el. Ebben az esetben a betöltöttség térben igen változatos. Ha nemcsak pillanatfelvételt látunk, hanem tovább figyeljük a rendszert is, azt találjuk, hogy a betöltöttség időben is változatos, nagy ingadozásokat mutat [3]. A populáció önszabályozása az (a) esetben gyengébb, mint a (b)-ben.

Legyen a kontrollparaméterünk (melynek értékét változtatjuk) a megtelepedési és kihalási ráta aránya (jelöljük ezt k -val)! Vizsgáljuk meg, mi történik, ha a k értéke fokozatosan csökken, például egy klímaváltozás hatására (vagyis a 3c. ábra k tengelye mentén „lefelé” mozgunk)! Könnyen elképzelhető példa, hogy az aszályos időszak hosszabbodásával egy növényfaj csiranövényei kevésbé élnek túl, vagy idősebb példányai nagyobb eséllyel pusztulnak el. Legyen a környezetváltozás olyan lassú akár, hogy a populáció mindig fel tudja venni az újabb és újabb egyensúlyi állapotot! Az ábra fontos tanulsága, hogy a populáció kipusztulása küszöbjellegű. Magas k értékről indulva, egy darabig úgy észleljük, mintha nem lenne probléma, hiszen alig csökken a terület betöltöttsége. Viszont, ha már a kihalási küszöb közelében járunk, az ún. kritikus tartományban, akkor k kis változása is nagy változást okoz a populációban. A betöltöttség átlaga meredeken csökken (ez látható a grafikonon), ugyanakkor ingadozásai meredeken nőnek. Egy-egy kis bolygatás hatása is egyre nagyobb területekre terjed ki és egyre hosszabb idő alatt cseng le (kritikus lelassulás). Mindezek miatt minél közelebb kerül a populáció a kipusztuláshoz, annál nagyobb területen és annál hosszabb ideig kellene monitoroznunk, hogy állapotát reálisan felmérhessük. Vagyis – paradox módon – éppen a számunkra legérdekesebb, védendő populációk állapotáról a legnehezebb információt szerezni.

Az elméleti ökológusok számára az egyik nagy kihívás, hogyan lehet előzetes jeleket találni arra, hogy egy populációt kipusztulás fenyeget egy adott területen. Ezeket korai figyelmeztető jeleknek nevezzük. Ha a populáció az itt leírt, viszonylag egyszerű megtelepedési-kihalási dinamikát követi, akkor erre van lehetőség. A kritikus tartományban ugyanis számos makroszkopikus tulajdonság, például az itt bemutatott betöltöttség és a térbeli, időbeli ingadozás jellegzetes skálatörvényeket követ [3]. Rendszeres monitorozással talán a kritikus lelassulás a legkönnyebben észrevehető. Ilyet figyeltek meg például a gorbusa-lazacnál egy nem ennyire egyszerű, hanem bonyolultabb kritikus átmenet esetén [4]. A kritikus lelassulás egyik fontos természetvédelmi üzenete, hogy kipusztulás közeli fajnál a



2. ábra. Természetes foltmintázat félisivatagban (a) Nyugat-Afrikában és (b) Nyugat-Ausztráliában [1,2]

legkisebb előfordulási hely is fontos, és kis bolygatás is messzemenő, nehezen visszafordítható következményekkel járhat.

Határzónák és végvárac

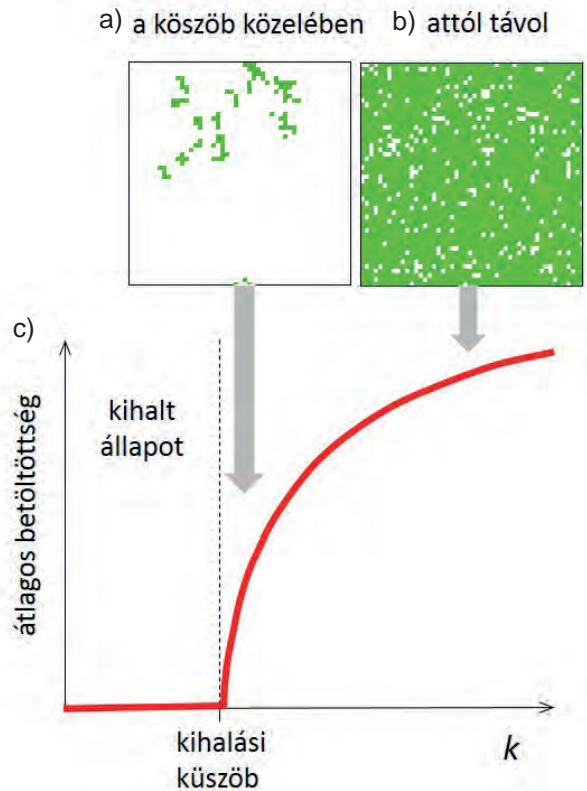
Az említett példában a kritikus küszöb voltaképpen két fázist választott szét, az élő és a kihalt populációt. Felvetődik a kérdés, hogy hol figyelhető meg jól ilyen átmenet a természetben? Kiváló lehetőség a populációk ún. környezeti grádiensek menti eloszlásának a tanulmányozása. Ez esetben egy vagy több környezeti tényező fokozatosan változik egy térbeli tengely mentén. Például egy hegyen fölfelé vagy az Egyenlítőtől a sarkok felé haladva csökken az évi középhőmérséklet, a fagymentes napok száma stb. Az ökológia történetének egyik legkorábbi megfigyelése, hogy e jellegzetes környezeti grádiensek mentén a növényzet gyakran övezetesen oszlik el (4a. ábra). A kontaktfolyamatnál leírt fázisátmenet egyszerű magyarázatot kínál arra, hogy egy adott faj elterjedési határa miért ér élesen

véget, dacára annak, hogy a környezeti körülmények fokozatosan változnak. Az erdőhatár esetében egy hegyen lentről fölfelé haladva tulajdonképpen azt látjuk, amint a populáció az élőből a kihalt fázisba megy át (4b. ábra).

Az előző részben bemutatott kontaktfolyamathoz képest azonban bonyolultabb helyzettel van dolgunk. A környezeti grádiens mentén ugyanis ún. forrás és nyelő kapcsolat alakul ki: a sűrűbben borított területek felől több kolonizáló egyed áramlik a ritkábbak felé, mint viszont, tehát folyamatos nettó áramlás van a peremvidék felé. Ez lehetővé teszi a faj előfordulását olyan területeken is, ahol a kontrollparaméter értéke már túl van a küszöbön, tehát az előfordulást csak a folyamatos utánpótlás teszi lehetővé. Fontos, idevonatkozó természetvédelmi üzenet, hogy ha a forrás-területeken, különösen annak szélén, irtjuk a fajt vagy károsítjuk élőhelyeit, akkor a nyelő területeken is kipusztulás következik be, tehát nagyobb területet érint a beavatkozás.

Érdeemes közelebbről is megvizsgálunk a határt (4c. ábra)! Ha ráközelítünk, találunk egy olyan részt, ahol a betöltöttség még egybefügg: ezen belül betöltött helyről szomszédos betöltött helyre lépve el tudunk jutni bárhová. (Jelen esetben az oldalukkal érintkező négyzeteket tekintettük szomszédosaknak, de választhatunk volna tágabb szomszédságot is.) Ennek szegélye egy egyértelmű, bár zegzugosan kanyargó határvonal (az ábrán pirossal jelölve). Vannak ezen kívül szigetszerű előfordulások is (világoszöld), melyek nagy többsége a külső, kedvezőtlenebb területeken fordul elő. Voltaképpen egy szegélyzőnát látunk egyre kisebb foltokkal, melyek közül a kedvezőbb – az ábrán a lentebbi – helyen lévőek még forrásként, a fentebbiek viszont nyelőként működnek. Mindezen szigetek „végvárai” az adott fajnak. Jelenlétük azért is fontos, mert klímaváltozáskor innen tud indulni a kiterjedés, hamarabb, mint ahogy a fő frontvonal ideér.

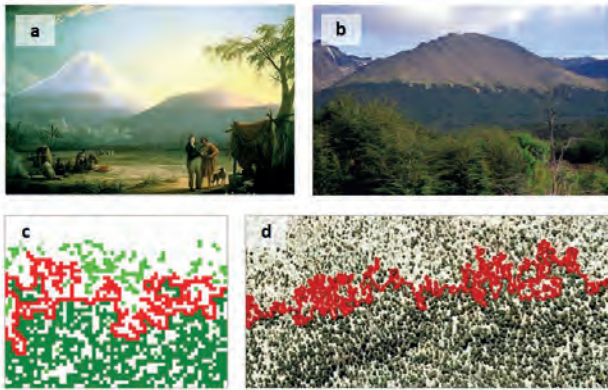
Különösen izgalmas helyzet az, amikor az adott faj elterjedési területe egy másikéval érintkezik, vagyis a környezeti grádiens mentén az egyik felváltja a másikat. A növényzeti övek esetében általában nem is elegendő az egyik, illetve másik öv egyetlen növényfaját tekintetbe venni (például a leggyakoribbat), hanem azt kell megértenünk, hogy különböző környezeti körülmények között, a grádiens különböző pontjain, hogyan tudja lecserélni az egyik növénytársulás jellegzetes fajkészlete a másikét. Több esetben is látványos makroszkopikus mintázatokat látunk. A legegyszerűbb helyzet az, amikor az egyik társulás „diktálja” a térfeosztást. Például a fás és nem fás növényzet találkozásakor gyakran azt tapasztaljuk, hogy a fák lokális megtelepedése és kihalása az uralkodó folyamat. A körülmények rosszabbodásával az erdőtakaró felszakadozik, és a résekbe benyomulhatnak a nem fás növényzet fajai (4d. ábra). Részletesen tanulmá-



3. ábra. Küszöbjelenség egy populáció számítógépes modelljében. Két pillanatfelvétel, amikor a populáció egyensúlyban van, azaz a betöltöttség várható értéke már nem változik az idővel. Zöld szín jelöli a foglalt, fehér az üres helyeket (a-b). A grafikon több futtatás átlagát mutatja. A kontrollparaméter (k) a helyi megtelepedési és kihalási ráta aránya. Ennek függvényében ábrázoltuk az egyensúlyi betöltöttséget (egyszerűsített rajz [3] nyomán). A kihalási küszöb alatt nem lehetséges tartós élet, vagyis az egyensúlyi betöltöttség nulla. A grafikon egy ideális, végtelen nagy rendszert mutat; véges rendszerben kevésbé éles az átmenet (c)

nyozott példa erre egy tajga–tundra határ [6], egy galériaerdő–préri határ [7], valamint egy fenyves–borókás és gyep határa [8] Észak-Amerikában. Ezekben az esetekben a határvonal alakját – annak legfontosabb statisztikai tulajdonságait – a fák megtelepedése és halálózása határozta meg.

Ettől eltérő a helyzet, amikor mindkét növényzeti típus lokálisan stabilizálódni képes, és így alkot foltmozaikot. Példa erre a termékeny szigetekkel tarkított félsivatag esete (2. ábra). A magas biomassza-produkciójú helyeken könnyebb a megtelepedés, az alacsonyokon nehezebb, tehát „akinek van, annak adatik, és akinek nincs, attól az is elvétezik, amije van”. A két fázis elkülönül, és mozaikosan osztja fel a területet. Az elkülönülést még fokozza az a hatás is, hogy a termékeny foltok közelében a nagytermetű növények gyökérzete túlterjeszkedik a folton, elszívja a vizet,



4. ábra. Éles növényzeti határok. Alexander von Humboldt, a növényzeti övek egyik első megfigyelője és leírója Friedrich Georg Weitsch festményén a Chimborazo tövében 1806-ban (a). Erdőhatár Coloradóban, az Egyesült Államokban (Dave Costner felvétele) (b). Erdőhatár részletesebb felbontásban, egy számítógépes szimulációban. Zöld és piros szín jelöli a fás növényzettel borított területeket; ezek közül a sötétzöld és a piros együtt az összefüggő erdőborítást, a világoszöld pedig a szigetszerű előfordulásokat mutatja. Piros szín jelöli az erdőhatárt, vagyis az összefüggő erdőborítás külső szegélyét (c) [5]. Fenyves-borókás és gyep határa Új-Mexikóban. Az előbbi sötétszürke és piros, az utóbbit világosszürke szín jelöli (feldolgozott Google Earth felvétel, részlet a [5]. közleményünk egyik ábrájáról). A piros ismét az összefüggő erdő határa. Az eredmények szerint ez főbb geometriai tulajdonságaiban hasonlított a számítógépen szimulált határhoz (d)

így a folt szomszédsága fokozottan alkalmatlan a megtelepedésre. Tekintsük át, hogyan változik e növényzet a csapadékmennyiség változásával! Ahogy csökken a csapadékmennyiség, a mintázat a következő, fokozatos átalakuláson megy át: nagyrészt termékeny terület kisebb hiányfoltokkal → labirintusszerű mintázat (2a. ábra) → pöttyös mintázat (2b. ábra). Ha azonban tovább csökken a csapadékmennyiség, a változás nem fokozatos lesz, hanem hirtelen következik be. Egy bizonyos csapadékmennyiségnél, mint küszöbnél, a foltok eltűnnek, a növényzet egyenletessé válik. Ekkor mindenütt az alacsony produktivitású, szegényesebb típust találjuk [1]. Ez a fordulat különösen jelentős lehet a Föld azon száraz területein, ahol a lakosság számára létfontosságú a növényzet biomassza-termelése a legeltetés miatt, például a Száhel-övezetben.

Fordulópontok

A küszöbértékek átlépésekor mindig fontos kérdés, hogy mennyire könnyű visszatérni, vagyis mennyire állítható helyre könnyen az eredeti állapot. A fűsivatagi növényzet

leírt példájában az a küszöb, aminél a foltosról egyenletesre változik a növényzet, nem ugyanaz, mint aminél egyenletesről foltosra. A csapadékkellátottságnak van egy olyan tartománya, melyben a meglévő termékeny szigetek stabilan fenn tudtak maradni, viszont ha valami elpusztította őket, nem egykönnyen tudnak újrakeletkezni [1]. Más növényzeti típusokban is megfigyelték, hogy az oda- és visszaalakulás feltételei mások lehetnek [9]. A hirtelen, nagymérvű, nehezen visszafordítható vagy visszafordíthatatlan változásokat „rezsimváltásoknak” nevezték el a kutatók. Egy korábbi állapot visszatérését természetesen az is döntően befolyásolja, hogy megmaradnak-e azok az élőhelyek, ahonnan a fajok vissza tudnak telepedni. Az ember által okozott élőhelypusztítás éppen az ökoszisztémák önszabályozó képességét csökkenti. Csak remélhetjük, hogy fenn tudnak maradni Földünk természetes ökoszisztémái, miközben bolygatjuk és feldaraboljuk őket, kipusztítjuk alkotóelemeiket — az őshonos fajokat —, és új alkotóelemeket — idegenhonos fajokat — juttatunk beléjük. A küszöbjelenségek arra hívják fel a figyelmet, hogy e rendszerek terhelhetők valameddig, de „a cérna elszakadhat”, akár számunkra észrevehető előjelek nélkül is.

OBORNY BEÁTA

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk az az NKFI-OTKA (K109215 és K124438) támogatásával jött létre. Köszönöm a kézirat átnézését és a hasznos tanácsokat Gulyás Máténak, Kröel-Dulay Györgynek, Bartha Sándornak, Scheuring Istvánnak, Meszéna Géának és Hubai Andrásnak.

IRODALOM

- [1] Rietkerk M. et al. (2004) Self-organized patchiness and catastrophic shifts in ecosystems. *Science* 305: 1926–1929.
- [2] Bordeu I. et al. (2016) Self-replication of localized vegetation patches in scarce environments. *Scientific Reports* 6: 33703
- [3] Oborny B., Meszéna G., Szabó, Gy. (2005) Dynamics of populations on the verge of extinction. *Oikos* 109: 291–296.
- [4] Krkosek M., Drake J.M. (2016) On signals of phase transitions in salmon population dynamics. *Proc. Roy. Soc. B*, 281: 20133221.
- [5] Gastner M. et al. (2009) Transition from connected to fragmented vegetation across an environmental gradient: scaling laws in ecotone geometry. *American Naturalist* 174: 23–39.
- [6] Zeng Y., Malanson G.P. (2006) Endogeneous fractal dynamics at alpine treeline ecotones. *Geographical Analysis* 38: 271–287.
- [7] Loehle C., Li B.-L., Sundell R.C. (1996) Forest spread and phase transitions at forest-prairie ecotones in Kansas, U.S.A. *Landscape Ecology* 11: 225–235.
- [8] Milne B.T. et al. (1996). Detection of critical densities associated with piñon-juniper woodland ecotones. *Ecology* 77: 805–821
- [9] Scheffer M. et al. (2001) Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413: 53–59.



A tudománynak is Brexit?

A *Nature* folyóiratban a brit tudomány jövőjéről látott napvilágot egy cikk annak kapcsán, hogy Nagy-Britannia kilépésre készül az Európai Unióból[1]. Az Oxfordi Egyetem két kutatója szerint az a tény, hogy az angolok megszavazták az EU-ból való kilépést, lényeges következményekkel jár a tudomány számára. A Brexittel kapcsolatos tárgyalások során is felvetődött, hogy a kutatás kulcsfontosságú a hosszú távú gazdasági eredményesség szempontjából, és Európa a gazdasági versenyképességének fenntartása érdekében, továbbá olyan kihívások kezelésénél, mint a klímaváltozás vagy az egészségügy problémái, erős és hatékony tudományos alapokra és innovációs rendszerre van szüksége, ezért elfogadhatatlan, hogy a Brexit ezeket veszélyeztesse.

A Brexit-tárgyalások több vitatott kérdésével ellentétben, a tudomány és a tudósok ügyében egyetértés látszik kialakulni, miszerint fontos fenntartani a szoros kapcsolatot az Egyesült Királyság és az EU között. Theresa May miniszterelnök a tudományt és az innovációt a Brexit 12 prioritása egyikének tartja. A *Pascal Lamy*, a *Kereskedelmi Világszervezet (World Trade Organization)* korábbi elnöke vezetésével létrehozott bizottság 2017 júliusában az EU-kutatás jövőjével kapcsolatban „teljes és folytatódó együttműködést javasol az Egyesült Királysággal”.

Az európai gazdasági és tudományos rendszer egyre inkább nemzetközivé válik, és az EU régóta támogat olyan együttműködések, amelyek lényegesen hozzájárultak a megerősödéséhez. A kutatók mozgási szabadsága, valamint az *European Research Council* és a *Marie Skłodowska-Curie Actions* anyagi támogatása különösen fontos volt a fejlődés szempontjából. 2015–2016-ban Nagy-Britannia egyetemi oktatóinak 17%-a más EU országból származott. Németországban az

egyetemek által alkalmazott külföldi kutatók száma az elmúlt tíz évben 74%-al nőtt, és ezek fele más európai országokból származott. Ennek a folyamatnak a korlátozása senkinek nem érdeke.

Az európai tudományos közösség természetesen tudatában van annak, hogy az együttműködés akadályozása végső fokon árt a tudománynak. Ennek elkerülése céljából a tudományos akadémiák, mint például a *Royal Society* Nagy-Britanniában és a *Leopoldina (Német Tudományos Akadémia)* ragaszkodnak ahhoz, hogy a Brexit tegye lehetővé a kutatók és a tudományos eredmények szabad mozgását. Virágzó kutatás és oktatás egyaránt erősíti az ipart, a gazdaságot, a foglalkoztatást, az egészségügyet, valamint a kultúrát. A tudományos közösségnek ki kell állnia emellett a kormánnyal szemben, vagy hosszú távon veszélybe kerül az európai gazdasági növekedés, együttműködés és társadalmi jólét.

Ezen kockázatok elkerülése céljából a Brexit-egyezménynek meg kell könnyítenie eszmék és szakképzett emberek szabad mozgását. Nehézkes adminisztráció vagy a családtagok utazásának korlátozása elegendő ahhoz, hogy angol kutatók Berlin helyett inkább Kaliforniát válasszák, vagy egy olasz kutató Pekingbe menjen Oxford helyett.

Az egyezménynek tartalmaznia kell az *EU Framework Program* 9-ben való részvételt is, amely 2021-ben kezdi meg a kutatási programok támogatását. Az EU-intézményekben felmerült, hogy ezt a programot szélesebb körűvé tegyék, mint a *Horizon 2020* programot. A tárgyalásokban nagyobb nyíltságot ajánlanak a nem EU-s országoknak, Norvégia és Izrael már társult az egyezményekhez. Más intézményekkel való együttműködés, mint például az *European Atomic Energy Community (Euratom)*, az *European Organization for*

Nuclear Research (CERN), valamint az *European Centre for Medium-Range Weather Forecasting* további megerősítésre szorult az Egyesült Királyságfolytatódó részvételével.

A bizonytalanság kockázattal jár. Áprilisban az UK Parlament felhívta a figyelmet arra, hogy agyelszívás léphet fel, ha az egyetemek és a kutatók helyzete továbbra is bizonytalan marad. Ha a károk bekövetkeznek, nehéz lesz a helyzetet megfordítani. A tárgyalások mindkét résztvevőjét emlékeztetni kell arra, hogy mindenkinek érdeke a gyors cselekvés. A nemzeti tudományos akadémiák azzal segíthetnek, hogy ezt hangsúlyozzák nemzeti és EU-képviselőik előtt.

A politikusoknak figyelembe kell venni azt a jóindulatot, amely a felek részéről megnyilvánul a kutatással kapcsolatban, és lehetővé teszi, hogy a tudománnyal kapcsolatban minél előbb megegyezzenek, ami mindenkinek csak a hasznára válik. Egy ilyen egyezmény még pozitív hatással is lehet a tárgyalások további részleteire.

BENCZE GYULA

IRODALOM

[1] Alex Halliday, Jörg Hacker: *Brexit and European Science?* Nature 358 (2017) 279

Ős-kotorékok, a dél-amerikai megafauna föld alatti nyomai

Valamikor 8–10 ezer évvel ezelőtt tűntek el a dél-amerikai megafauna egykori képviselői, mint például az elefánt nagyságú egykori óriáslajhár (*Megatherium*), vagy az övesállatok korabeli, számár méretű rokonai (pl. *Pampatheriidae*). Fennmaradt, ismert csontjaikon kívül az elmúlt évek során felfedezett, a föld mélyébe vájt lakóüregeik, kotorékaik árulkodnak.

A ma élő legnagyobb övesállat, az óriás tatu maximum 40 kilósra nő, föld alatti ürege 40 cm átmérőjű és 6 m hosszú. A megtalált őskori kotorékok viszont ennél nagyságrenddel nagyobbak. A már sok százra rúgó feltárt óstatuhoz köthető kotorékok közül a legnagyobb 1,5 méter átmérőjű és hossza eléri a 75 métert. Brazília legdélebbi államaiban (Rio Grande Sul és Santa Catarina) találták eddig a legtöbb üreget, a legelső jégkori ős-kotorék viszont Argentínában került elő.

A dél-brazil régióban már az őslakosok is ismertek olyan, szabadba nyíló föld alatti üregeket, amiket valamely kihalt állat vájt ki évezredekkel korábban. Ezt persze akkoriban senki se tudta. Ezekhez az üregekhez – mint általában a világban a barlangokhoz – legendáik is kötődnek, a tupi törzs például az erdőt őrző mitikus lény, a Curupira rejtekhelyének vélte, ahová a vadászaitól elcsent fegyvereket dugta el, hogy ezzel csikarjon ki „váltságdíj” némi itókát. (A tupi indiánok adták a világnak az övesállatok közismert nevét, a tatut is.) Más törzsek szerint a szintén mitikus óriáskigyó-szerű lény, a Boiúna lakhelyeül szolgáltak az üregek. Amikor az európai telepések megérkeztek, ők már a jezsuiták elrejtett kincseiről suttogtak az ős-kotorékok kapcsán.



A Brazília déli részén feltárt, kissé lapított ovális formájú, kb. 2 m magas és 4 m széles őskotorék az óriáslajhár egykori otthona volt

Jóval északabbra, a brazil-bolíviai határhoz közel, Rondonia államban 2010-ben jutott a brazil geológiai szolgálat munkatársa, *Amilcar Adamy* tudomására egy különös üreg. A környékbeli elmondásai alapján meg is találta a bejáratát, azonban mivel nem sikerült elérnie a terület tulajdonosát, és engedélyt szereznie a vizsgálathoz, ekkor

még csak azt tudta kideríteni, hogy valószínűleg nem természetes geológiai folyamatban kialakult barlangról van szó, ugyanis ugyanezen kőzetrétegben jól felismerhető, víz vájta barlangok is vannak, és azok egyáltalában nem hasonlítottak a különös, kerek, folyosószerű üregekre. Adamy végül 2015-ben tudott alaposabb vizsgálatot végezni csak a helyszínen, s ekkor vált világossá annak állati eredete is, így derült fény Amazónia vidékének első felismert őskotorékára. A kotorék 600 méter hosszú (a kisebb elágazásait is beleszámolva), és bár az erózió megnagyobbította az eltelt évezredek során, Adamy becslése szerint mintegy 4000 tonna talajt mozgattak meg a kotorék egykori kialakítói. A hatalmas méretű üreget nem egy-két állat vájta ki, hanem egymás utáni generációk munkája volt.

A dél-brazíliai őskotorékok tudományos története kicsit másképp, és néhány évvel korábban kezdődött. Szintén egy geológus, *Heinrich Frank* autóból, út közben pillantotta meg az elsőt egy építkezés során átvágott domboldalban, Novo Hamburgo városánál. Mivel az üreg jelenléte a helyszín geológiai tulajdonságaitól idegennek tűnt, pár hét múlva visszament, hogy közelebbről is megvizsgálja. Ekkor be tudott mászni a mintegy 3 méter hosszú üregbe, s érdekes karomnyomokat látott a plafonján. Kiderült, hogy őskotorék az üreg. E felfedezését megelőzően a professzor, aki egyébként geológiát oktat Porto Alegre egyetemén, még csak nem is hallott az őskotorékokról. Ezután Frank néhány hallgatójával végigjárta egy közeli autópályát kb. 70 kilométeres, épülő részét, és a dombokba bevágódó útszakaszok 70%-ánál találtak őskotorék-maradványokat. Az eltelt 10 év során mintegy 1500 őskotoréknak bizonyult üreget találtak és vizsgáltak meg, további több száz vár még vizsgálatra. Munkáikról 2016-ban az *Ichnos* folyóiratban jelentettek meg tanulmányt, amelyben leírták a talált üregek jellemzőit és a feltételezett létrehozó állatokat.

Két típusú üreg volt: a kisebbek nagyjából kerek keresztmetszetűek és 0,6–1,5 méteres átmérőjűek, a nagyobbak pedig erősen lapított oválisak, 2 m magassággal és 4 m szélességgel. A kétféle üreget két eltérő állathoz kötik, habár bennük talált ősmaradvány még nem áll rendelkezésre: a nagyobbik az óriáslajhár, a kisebbik valamelyik őskotorék „keze” munkája lehetett.

Jól ismertek e jégkori óriások fossziliái, s ezekből tudjuk, hogy ásásra alkalmas karmaik voltak Óriáslajhár és őstatu maradványokat, csontokat Darwin is talált a Beagle-lel tett kalandos útja során Patagóniában, az útleírás 5. fejezetében részletesen beszámol róluk.

Habár a ma élő lajhárok életmódja a fák lombkoronáihoz kötődik, az óriás ősök a talajszinten éltek, s némely fajuk kiváló úszó is volt, így például a karibi szigetvilágba is eljutottak. A feltehetően utolsóként kihalt

óriáslajhár-faj is karibi volt, Kuba, Haiti és Hispaniola szigetein talált legfiatalabb maradványaik mintegy 5000 évvel ezelőttiek.

Az övesállatok ma élő képviselői továbbra is üreget vájnak a talajba, életmódjuk a felszínhez és a felszín alá beásott járataikhoz kötődik, több fajuk kedveli a vízhez közeli élőhelyeket. Rovarevők, kiássák a földben megbújó lárvákat, néhány fajuk hangyára, természetesen szakosodott. A forró, száraz, tápanyagszegény nyári időszakot sok tatu a föld alatti járatában hibernáltan tölti, „nyári álom” alszik. Egyes területeken a tatuk a mi vakondjainkhoz hasonlóan rendszeres bosszúságot okoznak a kerttulajdonosoknak az ásásukkal.

A ma élő emlősök mintegy fele életének legalább egy szakaszában földbe vájt vackot, kotorékot, üreget készít, és mintegy 3,5%-ra tehető a teljesen föld alatti életmódot folytatók száma. Vajon a jégkori állatok életmódjának mely szakasza kívánta meg e hatalmas járatokat?

A kétféle típusú őskotorék közül a kerekded, kisebb típuson belül két mérettartományú van: 0,6–0,9, illetve 1,2–1,5 méteres. Ez az üreg legtöbbször egy folyosóból áll, néha kis oldalkamrákkal, és gyakran látni falaikon a létrehozó állat ásó karmainak nyomát, az üregek hosszúsá-



Brazília déli részén, Santa Catarina államban talált őskotorék, amelyet valószínűleg valamelyik őskotorék vájt ki
(FOTÓK: HEINRICH FRANK)

ga 30 méteres határig nyúlik. A járatok jó része vízszintes, néha lejtős, előfordulnak egymást keresztező járatok is. Több járatban a vajas nyoma nem egyenes, kisebb kamrákat és ezeket összekötő keskenyebb szakaszokat találtak, valószínűleg az állat ásás közben néha megpihent a kamrákban, majd később folytatta a munkát. Eddig az állatok maradványait nem találták meg egy üregben sem, azonban a testük lenyomatát igen, így például az őstatuk kültakarójára jellemző elrendezésű bőrcsontok

lenyomatait. Az üregek általában egykori vízpartokhoz közeli domboldalokon találhatóak, nem ritkán számos üreg egyazon dombon — egyes ma élő tatuk is hasonló életmódúak. Feltételezik, hogy legalább részben a nyári száraz időben hibernálódó tatuk pihenőhelyei voltak a kisebb ős-kotorékok. Ezt a kotoréktípust leginkább a lazább szerkezetű kőzetekben, megszilárdult üledékes talajokban találták meg, 90%-uk utólag törmelékkal telítődött krotovina. E típusú üregekre csak akkor találtak rá, ha pl. építkezés miatt az egykori dombokat átvágták.

A nagyobbik, lapított ovális típusú kotorékok néha meghaladják az 50 méteres hosszúságot, a végük felé szűkül a járat mérete, a legtöbbször nem vízszintesen épült. Az oldalfalakon itt is jelen vannak a ásást egykor végző karmok vājatai, illetve több olyan kiöblösödő, sima felületű részt találtak a folyosók alsóbb részén, ahol feltehetőleg rendszeresen pihent a kotorék építője. A nagy kotorékoknak inkább a keményebb sziklák adnak otthont, de ezen üregek is részben törmelékesek, mintegy 70%-uk aljzatán később besodródott kövek, üledék található. Számos kotorékot az évezredek alatt a bejutó víz tovább vājta, eltorzítva eredeti alakját s megnövelve a méretét. A nagy kotorékoknak otthont adó terep nagyjából sík, esetleg a fennsíkok, dombok enyhén emelkedő oldala. E típust eddig csak Braziliában találták meg. Megpillantásuk nem egyszerű, mert a bejáratot gyakran növényzet takarja, vagy leomlott kövek rejtik el. Argentínában a nagy típusú ős-kotorékok egy picit kisebbek a braziloknál

Hogy is kezdődött az ős-kotorékok felfedezése? Már a XX. század első felében is találtak Braziliában fura üregeket, egy részüket törmelékkal betemetve, annak idején a kutatók emberi tevékenység nyomainak vélték őket, így régészeti leletként tartották nyilván a „barlangokat”. Argentínában viszont már ekkor is ismert volt, hogy a föld alatti járatok némelyikében emlősöktől eredő csontmaradványok is voltak, így ott egyértelműnek tűnt, hogy állati kotorékok. Az argentin kutatások talán e korai felismerésnek és a leletgazdagságnak köszönhetően voltak helyes mederben, s mára az egészen apró, rágcsálók hagyta krotovináktól kezdve az egészen nagy, 1 méternél is nagyobb átmérőjű ős-kotorékokig számos ilyen járatot vizsgáltak meg és elemezték a bennük találtakat. A járatokból többek közt a mára kihalt tatufélék (*Pamprotheriidae*) maradványai is előkerültek, illetve a legnagyobb járatokat (a Patagóniában Darwin által is megtalált) *Mylodontidae*-k közé tartozó óriáslajhár vājhatta ki.

A brazil üregeket az első felfedezésüket (1930-as évek) követően évtizedeken át félreértelmezték, ember lakta barlangnak, természetes üregeknek, lávalagutaknak nézték őket, és csak 1990 után derült fény arra, hogy ezek valamilyen állat föld alatti ásó

tevékenységének köszönhetőek. Mára világossá vált a braziliai, de a kotorékoktól eltérő helyeken megtalált fossziliák alapján, hogy a kisebb típusú üregek egyik lakója feltehetőleg a *Propaopus grandis* nevű őstatu lehetett, ugyanis az üregek falán talált bőrcsont-lenyomatok ezen állat maradványainak felelnek meg. Az argentin kutatók úgy vélik, hogy a sajátjaiknál is nagyobb, 4 méteres brazil ős-kotorékok egykori építőmestere a *Lestodon* lehetett.



A kotorékot kiásó állat karomnyomai ma is jól láthatóak a falakon, a hatalmas méretüket érzékelteti a mellettük álló hölgy

A brazil ős-kotorékok feltárása és vizsgálata jelenleg is folyik, elsődlegesen az állatok karom- és testnyomaira koncentrálnak (eddig 40 üregben letek rá ezekre), s megpróbálják pontosítani az összes lehetséges létrehozó ősalatt fajtát. Nem világos teljesen még az sem, hogy az üreget egykor kivájó állat karomnyomait látják-e, vagy az üregbe később beköltözött, más állat alakította a falakat tovább. A még nem teljesen feltárt, vagy törmelékkal töltött üregekből talán bizonyító erejű csontok is előkerülhetnek valamikor.

Összeállította: **LANDY-GYEBNÁR MÓNKA**

IRODALOM

- <http://blogs.discovermagazine.com/crux/2017/03/28/paleoburrows-south-america/#.WPK6HNSLTGj>
 Megaichnus igen. nov.: Giant Paleoburrows Attributed to Extinct Cenozoic Mammals from South America (Ichnos, 2016. szeptember 15.)
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10420940.2016.1223654>
 Mammalian predator–prey relationships and reoccupation of burrows in the Pliocene of the Pampean Region (Argentina): new ichnological and taphonomic evidence (Historical Biology, 2015. szeptember 28.)
https://www.researchgate.net/publication/282330704_Mammalian_predator-prey_relationships_and_reoccupation_of_burrows_in_the_Pliocene_of_the_Pampean_Region_Argentina_new_ichnological_and_taphonomic_evidence
<http://www.ufgrs.br/paleotocas>

SZÜLŐ-GYERMEK KAPCSOLATI MODELLEK

Az utódgondozó viselkedés szabályozása

Az utód-, vagy ivadékgondozó viselkedés a fajtársak fiatal egyedeiről való gondoskodást jelenti abból a célból, hogy nőjön azok túlélési esélye. Ez, a leggyakrabban szülők által kifejtett viselkedés sokféle viselkedéselemet magában foglalhat, például a fészek helyének kiválasztását, fészeképitést, máskor a peték, tojások vagy fiatal egyedek őrzését, szállítását, védelmét, táplálékkal való ellátását, sőt esetenként a tanítását is. Utódgondozói viselkedések, ha nem is minden, de rengeteg fajban előfordulnak, a gerincesek összes osztályára, de sok gerinctelen fajra is jellemzőek.

A szülői viselkedéseknek jelentős lehet a haszna a faj fennmaradása szempontjából, ugyanakkor számottevő erőfeszítést is kívánnak a gondozók részéről. Ennek is köszönhetően az evolúció során az ivadékgondozó viselkedések többször kialakultak, és veszték el. Még változatosabb, hogy a szülők közül a hímek, nőstények, vagy mindkét szülő részt vesz-e az ivadékgondozásban. Viselkedésökológiai kutatások szerint ez összefügghet azzal, hogy milyen egy fajban a nemek közti arány felnőtt korban, valamint hogy mennyire lehetnek biztosak a hímek, illetve nőstények azzal kapcsolatban, hogy valóban ők-e a szülők. Így például a monogám kapcsolatban élő prérípocok esetén az apaállatokra a szoptatás kivételével minden szülői viselkedés jellemző, míg a rokon, de poligám hegyi pocok esetén a kizárólag az anyaállatok vesznek részt az utódgondozásban. Az emlősök közül főleg csak a főemlősök, kutyafélék, egyes rágcsálók mutatnak két-szülős gondozást, a legtöbb emlősfajra a kizárólagos anyai gondozás jellemző, aminek oka az anyának mint valódi szülőnek a bizonyossága, valamint az a tény, hogy az emlősök esetében, az utódok táplálásának feladata a tejtermeléssel fiziológiai értelemben is az anyához kötődik. Sokkal változatosabb emiatt a magasabbrendűek közül például a madarak ivadékgondozó viselkedése. Közöttük nemcsak a náluk domináns két-szülős gondozást találjuk, hanem kizárólagos nőstény és kizárólagos hím gondozás is előfordul. Ez fajhoz kötött lehet, olyan fajnál, ahol több a felnőtt hím, nagyobb a valószínűsége, hogy a hímek részt vesznek a tojások és a fiókák gondozásában. Ráadásul ez a madaraknál az evolúció során gyakran változott, azaz rokon fajok esetén is eltérő gondozási rendszerek alakulhattak ki.



Afrikai zöld majom (*Chlorocebus aethiops*) eteti gyermekét a Dél-Afrikai Kruger Parkban

(FOTÓ: [HTTPS://PIXABAY.COM/P-580791/?NO_REDIRECT](https://pixabay.com/p-580791/?no_redirect))

A gondozási rendszerek vizsgálatára jó modellt jelentenek például az úgynevezett parti madár fajok. Ezeknek jól ismertek filogenetikus rokoni kapcsolatai, és köztük a törzsfajlás során többször

bekövetkezett szülői stratégiaváltás, így az utódgondozást illető evolúciós változások is jól nyomon követhetők. Habár a szaporodási rendszer általában nem független az utódgondozási stratégiától, a madárfajok esetében a szülői gondozás változatosságot mutathat még azonos szaporodási rendszeren belül is, így poligám fajoknál is előfordul például, hogy a hímek végzik az utódgondozást. Ezenkívül a madarak hímjei és nőtényei közötti összehasonlítás lehetővé teszi az olyan ivari különbségek azonosítását is, mint a kotlás és fiókgondozás során vállalt különböző nemi szerepek, ugyanis előfordul kétszülős gondozás esetén, hogy az egyes ivadékgondozó viselkedéseket nem egyformán végzi a két szülő, hanem bizonyos feladattípusokra specializálódnak.

A madarak mellett a halak és kétéltűek ivadékgondozó viselkedése is változatos, nagy fajok közti különbségekkel. A csontos halak esetén a hímek gyakrabban végeznek ivadékgondozó viselkedést, fészeképitést, az ikrák őrzését, mint a nőtények. A kétéltűek ivadékgondozó viselkedése is gyakran összetettebb, mint pusztán a peték lerakása. Ráadásul bizonyított, hogy az evolúciójuk során egymástól függetlenül legalább 50-szer alakult ki köztük bonyolultabb ivadékgondozó viselkedés, mint például egyes fajok esetén a peték inkubálása – akár a gyomorban is –, vagy szállítása például a háti részeken.

Mint minden magatartásformánál, úgy az utódgondozás során is több feltétel teljesülése kell egy viselkedésem adott pillanatban történő megvalósulásához. Az ivadék jelenléte még nem feltétlen elegendő a gondoskodó magatartás kialakulásához. Ehhez természetesen motivációra is szükség van, ami azt jelenti, hogy az egyed végre akarja hajtani az adott viselkedést. Ez általánosságban kétféle módon valósulhat meg. Egyrészt gyakran hormonok szabadulnak fel az adott időszakban a gondozást végző egyed szervezetében. Emlősök esetében a terhesség alatt a magzatból származó ingerek, illetve a szülés folyamata változásokat okoznak a szteroidokhoz tartozó ösztrogénhormonok, a fehérjehormon prolaktin, valamint a peptidhormon oxitocin szintjében, hogy csak az utódgondozás szempontjából legfontosabb hormonokat említsük. Ezek a hormonok hozzájárulnak a tejtermelés beindulásához, de az anyai viselkedéseket is lehetővé teszik azok motivációs küszöbének csökkentése által. Rágcsálókban végzett



Patkány (*Rattus norvegicus*) anya szoptatja kicsinyeit
(FOTÓ: [HTTPS://CONTENTPATHWAY.S3.AMAZONAWS.COM/3604-BABY-RATS-STRESS-FULL.JPG](https://contentpathway.s3.amazonaws.com/3604-BABY-RATS-STRESS-FULL.JPG))

vizsgálatok szerint az anyai viselkedések kialakításában meghatározó a szerepe a vemhesség utolsó harmadában magas ösztrogén és progeszteron szintnek, a legutolsó napokban a progeszteron szintjében hirtelen bekövetkező csökkenésnek, valamint a szülőcsatorna ingerlése okozta oxitocin-felszabadulásnak. Alacsonyabb rendű állatok esetén szintén szerepet játszanak pl. évszakhoz, jóllakottsági szinthez, ellenkező nemű társához kapcsolódó hormonális változások, melyek általánosságban hasonló szereppel bírhatnak, mint az emlősökben levő hormonok, ugyanakkor a konkrét hormonok nagy változatosságát mutatták ki a kutatók a különböző fajokban. Az ivadékgondozó viselkedésre való hajlam tehát gyakran hormonokhoz kötődik, ugyanakkor a konkrét viselkedéselemek kiváltásában az ivadékokból származó ingereknek van meghatározó szerepe. Ezek az ingerek változatosak lehetnek, és építhetnek valamennyi érzékszervre, így a szaglásra, ízlelésre, látásra, hallásra, tapintásra. Bizonyos esetekben vannak meghatározott típusú kulcsingerek, melyek azonnal kiváltják a szülői gondoskodást. Ilyen például a veszélyben levő csirkék által kibocsátott hang, amire a tyúk azonnal reagál, ugyanakkor nem siet a fiókája segítségére, ha látja, hogy bajban van, de nem megfelelő módon csipog. Hasonló kulcsingerként működhet a tojások alakja, színe, mintája más madárfajokban, vagy a tátozó fiókák látványa, ami kotlást, illetve etetést vált ki a szülőkből. Specifikus, de hatékony ingerek még az összetettebb utódgondozást végző fajokban is szerepet

játszhatnak, gondoljunk csak arra, hogyan reagálunk az emberek gyermekeinek nagy szemére, mosolyára, vagy sírására. Kísérletesen a kölykök által kibocsátott ingereket patkányokban vizsgálták legtöbbször. Itt sem egyetlen inger váltja ki az anyai viselkedéseket, hanem a kölykök szaga és érintése a legfontosabb inger az anyaállat számára. Ugyanakkor a távol levő kölykök is tudnak üzenni, ha bajban érzik magukat, például egyedül vannak, félnek, fáznak vagy éhesek. Ekkor egy meghatározott magas frekvenciájú ultrahangot bocsátanak ki. Ezt a ragadozók nem hallják meg, de az anyapatkányok számára azonnali figyelmeztetést jelent, aminek a hatására megkeresik kölyküket és visszaviszik a fészekbe.

Különös szerepe van a szaglással kapcsolatos ingereknek rágcsálók esetén. A kölykök szagát a legtöbb rágcsálófaj nem elsősorban az orrával, hanem a mellette elhelyezkedő úgynevezett vomeronazális szerv segítségével érzékeli. Ez a szerv meghatározott illatok különösen nagy hatékonyságú felismerését teszi lehetővé, így többféle szociális interakcióban is kiemelten fontos szerepe van. A kölykök szaga alapvetően elriasztja tőlük a hímeket, sőt a nem anya nőtényeket is, ami akár még agresszióhoz is vezethet a kölykökkel szemben. A terhesség végén felépő hormonális hatások viszont átalakítják a patkányok és egerek hozzáállását ezekhez a szagokhoz, az immár vonzó lesz az anyaállatok számára. Ennél is érdekesebb az a mechanizmus, ahogy a hímek kölykökhöz való hozzáállása megváltozik. Ebben a párzásnak van döntő szerepe, valamint az anya felől érkező kémiai bemeneteknek. Úgy tűnik, hogy mindkét inger a vomeronazális szervet keresztül a kölykök felől érkező szagok hatását változtatják meg oly módon, hogy a kölykökre ne agresszióval, hanem gondozással reagáljon az apaállat. Itt egy időben elnyújtott hatásról van szó. A párzás után ugyanis csak kb. 4 nappal csökken le a kölyök felé mutatott agresszió, és a gondozó viselkedés 20 napra rá jelenik meg, és további 30 napig tart. Ez időben éppen egybeesik a saját alom felnevelésének idejével, ami után a hímek ismét bántalmazni kezdik a kölyköket.

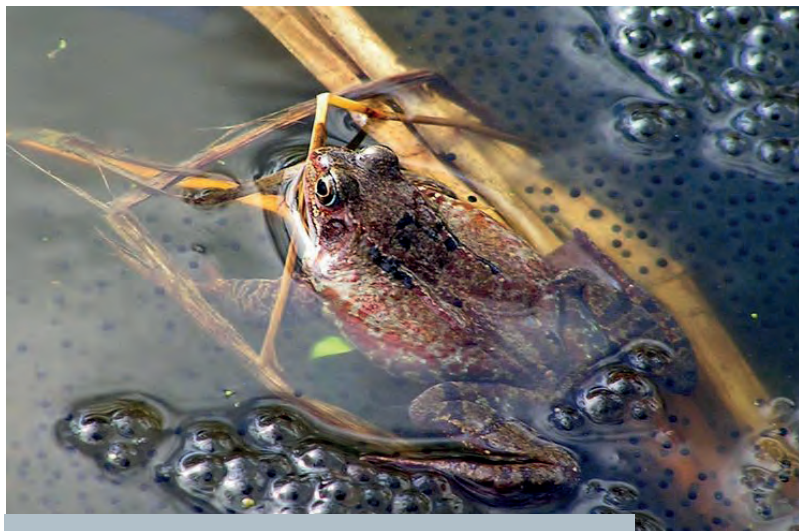
A szaglásnak jelentős szerepe lehet a saját kölyök idegen kölyköktől való megkülönböztetésében is. Ez nem minden fajban van jelen, például a rágcsálók, amennyiben anyák, általában gondozzák az idegen kölyköket is. Ennek valószínűleg az az evolúciós oka, hogy a természetben nem kerül a fészekbe más állat kölyke, illetve olyan fajok esetén, ahol több

család lakik közös odúban, azok genetikailag nem esnek távol egymástól, így egyfajta közös nevelésnek lehet evolúciós értelme. Más a helyzet a csordában élő állatokkal. Itt fontos, hogy megismerje az anyaállat a saját kölykét, és csak azt részesítse gondozásban, lássa el tejjel. Ennek mechanizmusát juhokban vizsgálták, és megállapították, hogy szaglási ingerek játsszák a fő szerepet. Az anyaállatok képesek megkülönböztetni egymástól a különböző borjak szagát. Az a szag, amit közvetlenül a szülés után érez az anyabirka (jerke), bevésődik számára a két esemény egyidejűsége, úgynevezett asszociatív tanulás által. A későbbiekben azok az agyi mechanizmusok, amik az utódgondozást irányítják, mindig „engedélyt kérnek” a szaglólenszertől, és csak akkor válnak aktívvá, ha azt megkapják azáltal, hogy a saját bárányának a szagát érzi az állat. Ellenkező esetben az állatok nemcsak hogy nem szoptatnak, de agresszíven is reagálnak a fiatal egyedek közeledésére. Mivel az a hatás szinte kizárólag szaglási ingerekkel szabályozódik, kísérletesen könnyen megtéveszthetők az anyaállatok. Ha a szüléskor más állatot szagoltatnak velük, akkor a saját ivadékuk helyett más bárányt fognak gondozni.



Kardinálistinty (*Cardinalis cardinalis*) fiókái nyitják nagyra csőrüket etetés céljából (FOTÓ: [HTTPS://I.YTIMG.COM/VI/1T-WLDHJ6MJQ/MAXRESDEFAULT.JPG](https://i.ytimg.com/vi/1T-WLDHJ6MJQ/maxresdefault.jpg))

Az anyai viselkedés háttérében álló idegrendszeri mechanizmusokat a kutatók néhány évtizede tanulmányozzák. Először több olyan agyterületet azonosítottak, melyek fontosak az adott viselkedés kivitelezésében. Ezen területek közé tartozik az agy úgynevezett jutalmazó rendszere. A jutalmazó rendszer a középagy dopamintartalmú idegsejtjeiből indul ki, és fontos szerepe van abban, hogy választani tudjunk különböző viselkedési alternatívák közül,



Gyepi béka (*Rana temporaria*) petéivel (FOTÓ: [HTTP://WWW.TERMESZETTAR.HU/ANYAGOK/BEKA/BEKA.HTM](http://www.termesztar.hu/anyagok/beka/beka.htm))

hiszen általában nem tudunk egyszerre két dolgot csinálni, azt választjuk tehát, amivel nagyobb jutalomra számíthatunk. Ezt a rendszert tévesztik meg a kábítószeresek azáltal, hogy az agy dopaminrendszerét mesterségesen, kémiaileg serkentik. Az anyapatkányok részére a kölykeik olyan erős jutalmat jelentenek, hogy ha választhatnak, hogy visszakapják a tőlük kísérletben elvett kölykeiket, akkor ezért lemondanak a felkínált kábítószerrel, pl. kokainról is. A jutalmazó rendszer aktivációja bármilyen fontos is a szülői viselkedések kivitelezése szempontjából, inkább csak azt biztosítja, hogy más viselkedések helyett ez valósuljon meg. Vagyis a jutalmazó rendszer nem specifikusan szabályozza a szülői viselkedéseket, például az agy e területének roncsolódása következtében az állatok sokféle viselkedése megváltozik. Vannak azonban olyan agyterületek, melyek működésének kísérletes gátlása után anyaállatokban szelektíven csak a szülői viselkedések változnak meg, az állat egyéb viselkedései normálisak maradnak. Ezek közül legfontosabb a köztiagy elülső részén található úgynevezett preoptikus terület. Régóta ismert, hogy ennek a területnek a roncsolódása után megszűnnek rágcsálókban az anyai viselkedések, a terület elektromos ingerlése viszont kiváltja azokat. Azonban ez az agyterület sokféle idegsejtet tartalmaz, az utódgondozáson kívül például itt vannak a testhőmérséklet szabályozásában résztvevő neuronhálózatok, itt szabályozódik a szervezet napi ritmusa, vagy a só- és vízháztartása.

Az utóbbi években vált technikailag lehetővé, hogy válogatott idegsejteket szelektíven aktiváljanak a kutatók egy ilyen komplex agyterületen belül, anélkül,

hogy más, akár a térben keverten elhelyezkedő idegsejtek működését befolyásolnák. Egy kísérletben galanin neuropeptid tartalmú sejteket tettek fényérzékennyé egerek preoptikus területén. Ez a sejtpopuláció az adott terület idegsejtjeinek csak kis részét teszi ki, mégis, megvilágítás hatására az utódgondozó viselkedések indukálhatók voltak, még hímek esetén is. A megvilágítást itt szó szerint kell érteni, egy optikai szálon keresztül vezetnek be megfelelő frekvenciájú lézertényt az agy mélyére, a preoptikus területre. Ezután egy villanykapcsolóval válik szabályozhatóvá, hogy a hím egyedek agresszíven, vagy gondoskodóan viszonyuljanak

a kölykökhöz. Ráadásul olyan módon is lehet vezérelni a galanin idegsejtek kisülését, hogy meghatározott frekvenciájú (színű) fény hatására az aktivitásuk szűnjön meg. Ilyenkor az anyaállatok gondozó viselkedése is abbamarad, fény bekapcsolásakor agresszívvekké válnak a kölykeikkel szemben. Mindezek az új felfedezések komoly hatással vannak általánosságban a viselkedésszabályozással kapcsolatban is. Sikerült ugyanis azonosítani egy ösztönszerű, de mégiscsak bonyolult viselkedés, az utódgondozó viselkedés szabályozásának egy központi elemét, egy jól meghatározott idegsejtpopulációt formájában. Könnyen lehet, hogy más, kevésbé jól reprodukálható, így kísérletesen nehezebben vizsgálható viselkedések háttérben is hasonló mechanizmusok állnak. Ugyanakkor sok feladat áll a kutatók előtt még az utódgondozás agyi mechanizmusaival kapcsolatban is. Az a tény, hogy találtak egy fontos sejtpopulációt, nem jelenti azt, hogy más sejttípusok nem játszanak akár hasonlóan fontos szerepet. Sikerült megmutatni, hogy a galanin tartalmú sejtek aktiválódnak szoptatás hatására, és hogy a prolaktin hormon is hat a működésükre. Ugyanakkor nem tudjuk, hogy más hormonok milyen hatást fejtenek ki ezekre a sejtekre, és azt sem, hogy például a szaglási eredetű bemenetek hogyan jutnak el hozzájuk. A galanin sejtek aktiválásának a hatására többféle utódgondozó viselkedés kialakul, ennek agypályái még nem ismertek. A jutalmazó rendszert aktiválják a galanin sejtek, de valószínűleg a megfelelő mozgások kivitelezéséhez fontos további vetületeik is vannak más agyterületek felé, melyek felderítésre várnak. Ezen kívül keveset tudunk a galanin sejtekben belül zajló változásokról. Miközben anyai magatartás alakul ki, vélhetően molekuláris szintű változások zajlanak a galanin sejtekben, összhangban megváltozott aktivitásukkal.

Ezeknek a molekuláris változásoknak a felderítése egyre inkább lehetségessé válik mind RNS mind pedig fehérjék szintjén a gyorsan fejlődő RNS szekvenálásos genomikai, valamint tömegspektrometriás proteomikai módszerek felhasználásával. Ezek a rendszerbiológiai eszközök egyszerre több ezer, akár az összes RNS és fehérje mennyiségének változását mérni tudják. Összehasonlítható lesz velük például a galanin sejtek összetétele anyaállatokban, és gondozást nem mutató nőstényekben vagy hímegekben.

Az embereknél természetesen a szülő-gyermek kapcsolat lényegesen bonyolultabb, nem egyszerű ösztönök irányítják. Szerepet játszanak magasabb rendű érzelmek, mint a szeretet, ami elsősorban az embereknél kiemelten fejlett agykéreg működéséhez kapcsolódik. Emellett a gyermekeink nevelésében tudatos, kognitív funkcióink is fontosak, melyek szintén az agykéreg bizonyos részeihez köthetők. Ezek az agykérgi területek egyelőre kevésbé felderítettek, aktivitásuk nem követhető jelenleg sejtszintű térbeli felbontással. Az emberben végzett kutatások fő eszközei a nem-invazív képalkotó technikák, így például a mágneses magrezonancia spektroszkópia, amivel ha nem is sejtes, de milliméteres pontossággal azonosíthatók olyan agykérgi területek, melyek egy édesanyában a gyermeke hangjának vagy látványának hatására aktiválódnak. Megállapítható volt, hogy édesanyákban, sőt a gyermek nevelésében résztvevő apákban is aktiválódik a jutalmazó rendszer, és bizonyos agykérgi területek is, mint például a mediális orbitofrontális kéreg és az inzula elülső része. Mindezen kísérletek nemcsak az anya-gyermek kapcsolat jobb megértését szolgálják, hanem lehetőséget nyújthatnak az azt veszélyeztető leggyakoribb betegség, a gyermekágyi depresszió megértésére, kezelésére is. A szülés utáni hetekben a nők 50-70%-a panaszkozik fáradtságra, időnként elkeseredett, ingerlékeny, szomorú, ok nélkül elsírja magát, esetleg nem tud aludni. Mindezek a gyermek ellátása okozta megnövekedett terhekkel, stresszel magyarázhatók, és nem tekinthetők betegségnek. Ugyanakkor az anyák 10-15%-ában súlyosabb tünetek jelennek meg, komoly hangulatváltozás, dühkitörések, bűnösség és jelentéktelenség érzése, étvágytalanság, családtól való elfordulás, a babával való kommunikáció hiánya, rá nézve ártó gondolatok. Ezek veszélyeztetik az anya egészségét, az anya-gyermek kapcsolatot, és a gyermek felnevelésének minőségét, ezért az anya kezelésre szorul, hasonlóan, mint a nem anya depressziós páciensek. Mivel a depresszió kialakulásának veszélye

több mint tízszeresére nő a szülés utáni időszakban, felvetődik, hogy az anyasághoz történő adaptáció agyi mechanizmusai siklanak félre, és járulhatnak hozzá a depresszió kialakulásához. Ezeknek a mechanizmusoknak a megértése azért is fontos, mert az szülő-gyermek kapcsolat minősége ebben az érzékeny időszakban hatással lehet a gyermek fejlődésére. Érdekes módon nem elsősorban a fizikai vagy akár a szellemi fejlődés szenved csorbát, hanem ez az időszak a felnövő gyermek későbbi szociális kapcsolataira lehet legnagyobb hatással. Az ennek hátterében álló folyamatokat rágcslómodellben tanulmányozták. Megállapítható volt, hogy az anyai gondoskodás mértéke hatással van a kölykök DNS-ének metilációs mintázatára, ami hosszú távon befolyásolta egyes gének, így különösen a szociális kapcsolatokban fontos ösztrogén és oxitocin receptorok kifejeződésének mértékét.

Számos adat arra utal mindazonáltal, hogy az emberben ismert szülői viselkedések ösztönszerű komponense hasonló lehet, mint azt rágcslókban leírták, és ez egészül ki további érzelmi és kognitív komponensekkel, melyeknek a kutatása jelenleg szintén intenzíven folyik pszichológiai és agykutatási módszerek kombinálásával.

DOBOLYI ÁRPÁD

A szerző kutatásait a Nemzeti Agykutatási Program támogatja.

IRODALOM

- Dulac C, O'Connell LA, Wu Z (2014) Neural control of maternal and paternal behaviors. *Science* 345, 765-770.
- Dobolyi A, Grattan DR, Stolzenberg DS (2014) Preoptic inputs and mechanisms that regulate maternal responsiveness. *J Neuroendocrinol* 26, 627-640.
- Rilling JK, Young LJ (2014) The biology of mammalian parenting and its effect on offspring social development *Science* 345, 771-776.
- Wu Z, Autry AE, Bergan JF, Watabe-Uchida M, Dulac CG (2014) Galanin neurons in the medial preoptic area govern parental behaviour. *Nature* 509, 325-330.
- Bridges RS (2015) Neuroendocrine regulation of maternal behavior. *Front Neuroendocrinol* 36, 178-196.
- Cservenák M, Kis V, Keller D, Dimén D, Menyhárt L, Oláh S, Szabó ÉR, Barna J, Renner É, Usdin TB, Dobolyi A (2017) Maternally involved galanin neurons in the preoptic area of the rat. *Brain Struct Funct* 222, 781-798.
- Völgyi K, Udvari EB, Szabo ER, Gyorffy BA, Hunyadi-Gulyas E, Medzihradszky K, Juhasz G, Kekesi KA, Dobolyi A (2017) Maternal alterations in the proteome of the medial prefrontal cortex in rat. *J Proteomics* 153, 65-77.



Ezüstös Bangkok, ezüstös Asztana

A 49. NEMZETKÖZI KÉMIAI DIÁKOLIMPIA

A kémiai diákolimpiák megrendezését az előző években változások és cserék kísérték, hisz nehéz és költséges egy ilyen méretű, 300 diákot mozgó rendezvényt megvalósítani. 2017-ben viszont nyugodt és sikeres versenyre lehetett számítani. Thaiföld ugyanis sok éve már elvállalta a rendezést az egyik koronahercegnő 60. születésnapjára tekintettel. A hercegnő védnöksége nem csak formáságnak tűnt, hisz valóban publikáló kémikusról (természetes anyagok kémiája) van szó. A királyi család életébe időközben a sors beleszólt. A király őszi halála után tartó egyéves nemzeti gyász a verseny alatt is érvényben volt, és a kémikus hercegnőt betegsége miatt nővére helyettesítette a megnyitón, de a gondos előkészületek és a tetemes költségvetés meglátszott a 2017. július 6–15. között tartott versenyen.

Rengeteg közreműködéssel, és kifogástalan koreográfiával zajlott az olimpia, aminek szakmai részét a Mahidol Egyetem biztosította, de számos más tudományos és oktatási szervezet is közreműködött a verseny lebonyolításában. A korábbi olimpiák, például az 1999-es bangkoki esetében tapasztalt bonyodalmak (időigényes utazások, gyomorrontások, elhúzódnó ünnepek) teljesen elmaradtak. A versenyen 78 ország 297 diákja vett részt, ami rekordszám az olimpiák 49 éves történetében. Az olimpia egyik fő célja, a tehetséges diákok nemzetközi kapcsolatépítése is kiválóan sikerült.

A magyar csapat tagjainak eredményére, a négy ezüstéremre is joggal lehetünk büszkéek: *Sajgó Mátyás* (Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc, tanára: Endrész Gyöngyi), *Turi Soma* (ELTE Apáczai Csere János Gimnázium, Budapest, tanárai: Borissza Endre, Villányi Attila, Sebő Péter), *Kalapos Péter* (ELTE Trefort Ágoston Gimnázium, Budapest, tanára: Kutrovác László), *Botlik Bence Béla* (ELTE Apáczai Csere János Gimnázium, Budapest, tanára: Villányi Attila).

Ugyan egyéni verseny lévén, nem hirdetnek összeítést, a magyarok a 14. helyre kerültek a nemzetek rangsorában az egyik legjobb európaiként (Románia



A csapat a megnyitóra és a hercegnőre várakozva (Szabó András, Villányi Attila, Botlik Bence, Turi Soma, Perényi Katalin, Sajgó Mátyás, Magyarfalvi Gábor, Kalapos Péter)

és a legjobb diákat adó Oroszország után). A mezőny élén szokás szerint a távol-keleti országok és Oroszország voltak.

A vetélkedő szakmai része megfelelt a korábbi ázsiai olimpiák tapasztalatainak. Az elméleti feladatsorok terjedelme eltúlzott, a tartalmuk helyenként tankönyvi stílusú volt, ami a kihívást kereső kiváló diákok esetén nem feltétlenül szerencsés, hisz az ilyen esetekben a gyorsan és megbízhatóan dolgozó diákok vannak előnyben, nem pedig a kreatív és inventív versenyzők. A versenyeken a feladatsor első változata mindig a szervezők felelőssége, de ezt a kísérő tanárok összessége, a nemzetközi zsűri tetszése szerint alakíthatja, már amennyiben erre a rendelkezésre álló időben módja van. Sajnos a feladatkitűzők több helyen is eltértek a bevett szokásoktól. Nem próbálták ki a feladatsort olyanokkal, akiknek ismeretlenek voltak a példák, így sem az időigényről, sem a feladatsor buktatóiról (pl. mindenki vagy senki által megoldott részkérdésekről, rosszul pontozható részekről) nem volt tudomásuk. A feladatsort tapasztalt mentorok sem tudták előre véleményezni, és a szerzők nem fogadták el a kísérő tanárok előzetes javaslatait sem. Így a plenáris vitára maradt sok megvitatnivaló. Minthogy a kérdések egyenként egyszerűek voltak, így nemigen volt többsége az egyes kérdések törlésének, hiába tartott hajnalig a vita, megmaradt a 11 feladat, melyeket 5 óra alatt kellett megoldaniuk a diákoknak.

A gyakorlati fordulók a kémiai diákolimpiák nagyon fontos részei, mindazonáltal gyakran voltak a közelmúltban elégedetlenek a laborfeladatokkal a tanárok. A feladatkitűzőknek nyilván figyelemmel kell lenniük arra, hogy a középiskolásoknak eleve kevés laboratóriumi tapasztalata van, és lassabban dolgoznak, mint egy gyakorlott technikus vagy vegyész. Másrészt az elvégzendő kísérletnek is jól reprodukálhatónak, érdekesnek kell lennie. Sőt, az talán még ennél is fontosabb, hogy értékelésekor valóban azt tükrözze, mennyire jól dolgozik a diák: ha elvét egy lépést, nem az előírásos módon csinálja, akkor rosszabb mérési eredményt, kevesebb terméket kapjon. Az idén nem volt probléma az időigénnyel. Bár 3 feladat volt (pH-indikátorok spektrofotometriás vizsgálata, a kalcium-jodát oldhatóságának titrálásos meghatározása és egy szerves kémiai szintézis), ezek általában különösebb nehézség nélkül lementek a laborforduló 5 órája alatt. Az értékelhetőségükkel kapcsolatban viszont támadtak kétségek utólag. Sajnos előre ezt nehéz volt megjósolni, ugyanis a szervezők ezt a fordulót sem próbálták ki egyben, és nem láthattunk előre a reprezentatív eredményeket. Így aztán a tanárok hajnalig vitatkoztak azon, hogyan lehet biztosítani azt, hogy ne legyen konfliktus a két diák által közösen használt spektrofotométer körül, de a fontos kérdések nem kerültek elő.

A tulajdonképpen szellemes spektrofotometriás mérésnél olyan pontosságot vártak el a szerzők ugyanis, ami már a mérés eredendő hibáját közelítette. A néhány nappal korábban és a verseny ideje alatt a szerzők által lebonyolított mérések között például már a hibahatárnál nagyobb volt az eltérés. Így aztán a diákok pontjait befolyásolhatta a véletlen (a műszerük beállítása, a mérőhelyük hőmérséklete). A másik kérdéses gyakorlat a szerves szintézis volt, aminél az előállítás után átkristályosítással tisztított termék minősége és mennyisége volt a döntő. Csak hogy a szerzőknek is csupán a felhasznált anyag 7%-át sikerült megkapniuk a saját eljárásukkal, ami tehát valószínűleg nem volt részleteiben kidolgozva. Nem lehetett tudni, milyen tényezők befolyásolják, hova és miért tűnik el a 93%-nyi kiindulási anyag. Ha valaki nem a recept szerint dolgozott, pl. tovább melegítette a reakcióelegyet, könnyen kaphatott az elvártnál több anyagot, így nem feltétlen a legjobban dolgozók kapták a legtöbb pontot.

A szabályok szerint az olimpiára két hét felkészítés engedélyezett. Talán már csak a magyar csapat az egyetlen az élbolyban, aki szigorúan tartja magát ehhez. A távol-keleti versenyzőktől hallani, hogy

őket már évekkel korábban kiválasztják. Nálunk az idén is éles versenyben alakult ki a négy fő az ELTE Kémiai Intézete által végzett válogatón. A tágabb keretbe az Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny és a Középiskolai Kémiai Lapok levelező versenyének legjobbjait hívtuk meg. Mindkét héten a reggeltől estig tartott órák és laborok mellett három vizsgadolgozat is terhelte a résztvevőket. A dolgozatok szerzői és az órák tartói között is sok a volt olimpikon, nemcsak az ELTE-ről, hanem több cégtől, kutatóintézetből is. Ugyanezen a válogatón derül ki mindig a következő évi Mengyelejev Diákolimpia csapata is, a legjobb nem végzős diákokból. A felkészítő és az utazás költségeit az EMMI idén megemelt támogatása tette lehetővé. A csapat kísérői *Zihné Perényi Katalin*, *Szabó András* és *Magyarfalvi Gábor* voltunk a felkészítők közül. A kísérők munkáját szakmai megfigyelőként segítette *Villányi Attila*, aki saját költségén utazott velünk. Az olimpia résztvevő országai az esemény végén újra megválasztották a verseny intézőbizottságába (Steering Committee) a következő két évre.

2018-ban a jubileumi 50. versenyt két ország, Szlovákia és Csehország együtt rendezi, részben az első olimpia helyszínén, Prágában.

AZ 51. NEMZETKÖZI MENGYELEJEV KÉMIAI OLIMPIA

A Mengyelejev olimpiát Kazahsztán fővárosában, Asztanában rendezték 2017. április 23. és 30. között. A Szovjetunió egykori tantárgyi versenyei közül egyedül fennmaradt kémia megméretésén az idén fordult elő először 1992 óta, hogy mind a 15 egykori köztársaság képviseltette magát. A tavasz végén tartott, komoly kihívást jelentő olimpia nagyon jó megméretetés a nemzetközi porondra készülő középiskolásoknak. Románia, Bulgária mellett rendszeres induló már Törökország, Izrael, Szaúd-Arábia. Magyarország már 2012 óta résztvevő. Az idén összesen 120 versenyzőt neveztek az országok.

A kezdeti években a Richter, az EGIS, a MOL támogatása tette lehetővé a magyar csapat kiutazását. Az elmúlt két évben már a Nemzeti Tehetség Program pályázati támogatása fedezte a részvétel költségeit. A diákok kiváló korábbi eredményei nagyon jó támogatást adtak a pályázathoz, amelyet a Magyar Kémikusok Egyesülete bonyolított le. Az idén először nagyon szerencsésen mód volt arra is, hogy a kémia olimpiákon szokásos 4 főnél többen képviseljék Magyarországot. A résztvevők ugyanis ekkor még versenyben vannak a nyári Nemzetközi Kémiai Diákolimpia csapatába, és a versenytapasztalat, az extra készülés sokat segíthet a nagy versenyen is. Hatukat már a tavalyi diákolimpiai

felkészítőn megneveztük, hisz a tél végi nevezés, repülőjegy-vásárlás idején még a magyar tanulmányi versenyek javában folytak.

A Mengyelejev-olimpia külsőségeit nagyban befolyásolja a rendező ország. Az idén Kazahsztán kitett magáért. A sztyeppe közepén, extravagáns épületekkel, bevásárlóközpontokkal felépített új főváros maga is impresszív. A csapatok egy belvárosi négycsillagos szállodában laktak és versenyeztek. A gyakorlati fordulót az újonnan épült Nazarbajev Egyetem tágas laborjaiban tartották. A verseny tartalmát viszont a moszkvai Lomonoszov Egyetemhez kötődő versenybizottság határozza meg, évtizedek óta változatlan formában.

KÉMIAI DIÁKOLIMPIA

A két elméleti fordulón felbukkanhat szinte bármi, ami felsőbb matematika nélkül tárgyalható az egyetemi anyagból. Igaz, a legtöbbször olyan rejtvény formájában kérdeznak rá, aminek kulcsát a kérdés tartalmazza, és így összerakható a válasz. Kívülállóknak még ebbe belegondolva is mehökkentően nehezek egyes kérdések, különösen azok, amelyeket a második elméleti fordulón tűznek ki. Azt ugyanis még tovább bonyolítja, hogy a diákok 15 feladatot kapnak meg, hármat-hármat öt nagy területről (szerves, szervetlen, analitika, fizikai kémia, biológia és makromolekulák), de megoldásaikból csak területenként egyet értékelnek. A feladatokat oroszul készítik el. A versenybizottság biztosít a versenyzőknek egy angol fordítást is (ami néha elég hevenyészett), de a kísérő tanárnak lehetősége van a diákok nyelvére lefordítani a vizsgákat. A versenybizottság nem túl barátságosan kezeli ezt a kérdést, és fordításra csak a fordulókát megelőző három éjszaka utolsó óráiban a kezdésig egy szobába bezárva ad módot.

A verseny végén az elméleti fordulók javítását maguk a diákok vitatják meg a feladatszerzőkkel, és ismerik így a saját eredményeiket a labor kivételével. Ennek ellenére a zárőnnepség mindig sok izgalommal jár, ugyanis az érmeiket a résztvevők rangsora határozza meg: arany a legjobb 10%, ezüst a következő

A Mengyelejev-csapat az asztanai nagymecset előtt:
Arany Eszter, Stenczel Tamás, Sajgó Mátyás, Turi Soma,
Kalapos Péter, Bajczi Levente, a kazah kísérő.
Hátul a kísérő tanár, Magyarfalvi Gábor.



A Megbékélés és Megértés Palotája Asztanában

20%, és bronz további 30%. Az idén nagy volt az örömmünk, szokás szerint minden magyar érmet szerzett, és ezek szépen csillogtak: *Stenczel Tamás* ezüstérem (Török Ignác Gimnázium, Gödöllő, tanárai: Karasz Gyöngyi és Kalocsai Ottó), *Bajczi Levente* ezüstérem (Török Ignác Gimnázium, Gödöllő, tanárai: Karasz Gyöngyi és Kalocsai Ottó), *Arany Eszter* ezüstérem (Lovassy László Gimnázium, Veszprém, tanára: Kiss Zoltán), *Turi Soma* ezüstérem (ELTE Apáczai Csere János Gimnázium, Budapest, tanára: Borissza Endre), *Sajgó Mátyás* bronzérem (Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc, tanára: Endréz Gyöngy), *Kalapos Péter* bronzérem (ELTE Trefort Ágoston Gimnázium, Budapest, tanára: Kutrovác László).

A magyar csapat részvételét az Emberi Erőforrás Minisztérium NTP-NTV-16-A-0034 kódszámú pályázatának és a Magyar Kémikus Egyesületének segítségének köszönhetjük. A csapat köpenyeket és formapólót is kapott a MRSALE és a Merána Kft. jóvoltából.

MAGYARFALVI GÁBOR

MÁRCIUSI SZÁMUNKBÓL

BATÁRY PÉTER – BÁLDI ANDRÁS:

Fenntartható élelmezésbiztonság

CSIZMADIA TAMÁS – LŐW PÉTER:

Mirigysejtek önemésztése

DÁLYA GERGELY:

Galaxiskatalógussal a világegyetem titkainak nyomában

HOLLÓSY FERENC: Az év ásványa, a fluorit

TOMPA ANNA: Állati eredetű mérgek





DIÁKOLIMPIA A SZIÁMI KIRÁLYSÁGBAN

A Thaiföldi megmérettetés

A 11. Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpiát Thaiföld rendezte meg 2017. november 12–21 között. Magyarország 11 fős küldöttséggel vett részt a megmérettetésen.

Mint minden évben, most is többlépcsős válogatási folyamat előzte meg a Thaiföldre utazó diákok névsorának összeállítását. A 2016/17. tanév háromfordulós országos középiskolai versenye a korábbi gyakorlathoz képest újdonságot hozott: a jelentkezők egyéni, otthoni versengése helyett az iskolákban kezdődött a válogatás. Az első két feladatsort helyben nyomtatták ki, és írárták meg a tanulókkal. A harmadik forduló otthoni észlelési feladatból, valamint egy adatfeldolgozási probléma megoldásából tevődött össze. Ezeket már egyénileg kellett beküldeni. A három forduló során legjobb teljesítményt felmutató 18 diák kapott meghívást a döntőre, ami 2017. március 23-án Székesfehérváron, a Szabadművelődés Házában zajlott. Ennek során a nemzetközi diákolimpia szabályainak megfelelő versenyen mérték össze tudásukat a bejutott tehetségek. A legjobb 8 diák kerülhetett a nemzeti válogatott keretbe.

A kerettagok a tanév hátralévő részében több hétvégén a nemzetközi szinthez felzárkóztató intenzív képzést, égboltismereti kurzust, sőt még coach tréninget is kaptak. Végül egyhetes nyári „olimpiai edzőtábor” során a nemzetközi verseny körülményeinek

megfelelő stílusú edzésben is részük volt. A tábor záró verseny során dőlt el, hogy ki lehet az az 5 fő, aki végül Thaiföldre utazhat.

Irány Sziám!

Az utazó csapat nemzetközi környezetű szituációs tréningjére 2017. augusztus 30 és szeptember 1 között Horvátországban került sor. Szlovénia, Magyarország és Horvátország csapatának „miniolimpiája” immáron harmadik alkalommal került megrendezésre. Idén a legjobbunk Gémesi Antal volt, aki második helyezést ért el. Sajnos a késő őszi diákolimpia miatt több válogatottunk is egyetemi tanulmányaival kellett összeegyeztetnie a kiutazást — ez Gémesi esetében nem sikerült. Így első számú tartalékunk lépett a helyébe.

Idei versenyzőink névsora: Goto Tomoi (Budapest, Szent István Gimnázium — kiutazáskor már Manchesteri Egyetem), Gyűrűs Boldizsár (Budapest, ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium), Knoch Júlia (Pécs, Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnázium — kiutazáskor már ELTE), Puskás Dávid (Marosvásárhely,



Maha Chakri Sirindhorn hercegnő, a verseny fővédnöke

Bolyai Farkas Elméleti Líceum), Világos Blanka (Budapest, Szent István Gimnázium).

Csapatvezetők: Hegedüs Tibor (igazgató, SzTE Bajai Observatórium), Kovács József (tudományos főmunkatárs, ELTE Gothard Asztrofizikai Observatórium).

Megfigyelők: Dálya Gergely (doktorandusz, ELTE), Kalup Csilla (hallgató, ELTE), Dr. Kiss Áron Keve (ügyvezető, Magyar Csillagászati Nonprofit KFT), Udvardi Imre (tanár, Könyves Kálmán Gimnázium).

A thaiföldi olimpia

Érkezéskor a küldöttségeket a szervezők által kirendelt fogadóbizottság várta a phuketi repülőtér kijáratánál. A diákokat már rögtön érkezés után szétválasztották a delegációk felnőtt tagjaitól, és egy távolabbi szállodacentrumban helyezték el őket.

Itt kell megemlíteni, hogy Thaiföld államformája alkotmányos monarchia. A jelenlegi király a Chakri dinasztia kilencedik uralkodóját váltotta fel, annak tavalyi halála után. IX. Ráma Thaiföld leghosszabb ideig regnáló királya volt. Ő alapította a modern thai csillagászati kutatóintézetet (NARIT, 2004) IV. Ráma (Mongkut) születésének 200-ik születésnapján. Mongkutot tekintik Thaiföld modernizálójának, a thai tudomány és kultúra atyjának. Értett a csillagászat is, pl. pontosan kiszámolta az 1868.08.18-i napfogyatkozás időpontját, és legjobb észlelhetőségének helyét is.

Az idei olimpia hivatalos megnyitó ünnepségét alapvetően áthatotta Maha Chakri Sirindhorn thai

hercegnő jelenléte, aki az olimpia fővédnöke volt. Az ünnepséget a diákok szállásául is szolgáló Duangjitt Hotel Resort dísztermében tartották. A hosszas várakozás alatt nem volt szabad még a hercegnő csillagászati érdeklődését bemutató alkalmi kiállítást sem megtekinteni, a félezres tömegnek készenlétben kellett várakozni. „Unaloműzéseként” többször elpróbáltatták a csapatok kivonulásának és hercegnő előtti tisztelésének menetét. Végre megérkezett a hercegnő, elhangzottak a beszédek, méltatások, majd a csapatok felvonulása. Ezután néma

csendben kellett végigvárni, amíg a magas rangú vendég megtekintette a kiállítást, és végül az udvartartással váltóváltva eltávozott. Bár az ünnepélyesség megvolt, minden csillogott-villogott, mégis mindenki csalódott, hiszen semmiféle kulturális műsor nem volt, ami mindig kiemelkedő színfoltja a nyitórendezvénynek.

Már a megnyitó napján megindult a munka a felnőttek számára: először az éjszakai és nappali megfigyelési feladatok, majd az adatfeldolgozási problémák megvitatása és véglegesítése. A nemzeti nyelvekre fordítással hajnalra sikerült végezni – így minden távolról érkezett delegáció tovább cipelte a zónaidő-eltolódás okozta fáradalmait. A másnapi program egész napos kirándulás volt: a hajón kapott frissítő és az utazás alatti pihenőidő sokat javított mindenki közérzetén. A csodaszép szigetvilág, a cseppkövekkel díszített sziklák közötti kajakozás maradandó élményt jelentett. A legérdekesebb egy szinte a statika csodájának tekinthető sziklaoszlop volt, amit egy James Bond-film tett világhírűvé. Eközben a diákok szálláshelyén a versengés is megkezdődött.

További kétnapos megfeszített munkával elkészültek az elméleti feladatsorok, és a csapatverseny feladatai is.

Miközben a diákok a legfontosabb fordulókát teljesítették, a küldöttségek felnőtt tagjai már a jövőbeli diákolimpiák megrendezéséről és a szabályrendszer kisebb módosításáról vitakoztak. Kiderült, hogy a 2018. évi olimpia megrendezése problémákba ütközik. Ezek után megnyugtatóan hatott a 2019. évi magyar diákolimbia prezentációjának bemutatása, és tájékoztató anyagaink szétesztása. Nagy sikert arattunk!

A munka nagy részének végeztével újabb egész napos kirándulást szerveztek vendéglátóink. Ellátogattunk Phuket szigetének legnyugatibb fokára, majd egy hangulatos tengerparti étteremben kaptunk helyi jellegű ebédet. Megnéztük Phuket legrégebbi épületeit, múzeumát. A nap végére pedig a koronát Thaiföld leglátványosabb monstre show-jának megtekintése tette fel. Betanított elefántok és más állatok felvonultatásával, fantasztikus pirotechnikával, élvezetes zenével kísért produkcióhoz még csak hasonlót sem láttunk eddig. Nagyrészt autentikus történelmi táncjáték volt, ezt váltotta fel egy-egy modern stílusú bűvészjelenet, kabarészerű betét, artista légtáncprodukció. Egy biztos, nagyon jól szórakoztunk a kb. kétezer ötszáz nézővel együtt.

Az ötödik nap vége felé felcímzett tasakokban kapta meg minden nemzeti küldöttség a saját versenyzői megoldásainak fénymásolatait. Nagyjából 1 nap állt rendelkezésre arra, hogy a csapatvezetők is lepontozzák saját diákjaik munkáit. Másnap estére buszokkal áthozták a diákokat a felnőttek szállására, a Marriott Hotel Resort Spa-ba, ahol közös estélyre került sor. A szokás szerinti teljes elzártságú versenyidőszak után ez az első lehetőség, hogy mindenki találkozzon a sajátjaival. A tengerparton felállított rendezvénysátor alatt megterített asztalok körül felszabadult beszélgetés zajlott, miközben thai tradicionális zenék és táncok nyújtottak kulturális élményt. A közös vacsora után hagyományszerűen a vállalkozó kedvű nemzeti delegációk mutattak be kis műsort: énekeket, népies táncokat, mókázást.

Eredményeink, hazaút

Ezután már csak a legizgalmasabb része maradt hátra az egész diákolimpiának: a helyi zsűri által adott pontok és a nemzeti csapatvezetők pontszámai közötti negatív eltérések esetén mindenki megpróbálhat még néhány pontot szerezni a sajátjai számára. Ezen még sok múlhat.

Csoportkép a záróvacsora utáni percekben



A feszített menetrend szerinti viták változó sikerességűek, de a mi delegációnk is sikerrel tudott jogosnak megítélt pontokat gyűjteni. A nap végén az olimpiát záró utolsó nemzetközi bizottsági ülésen dőltek el az érmek és a dicséretetek ponthatárai. 2017-ben 10 arany, 22 ezüst, és 35 bronz érmet, valamint 45 dicséret vált kioszthatóvá. A magyar csapat 4 dicsérettel a középmezőnyben végzett: a 22. helyen, holtversenyben Belorussziával, és megelőzve olyan csillagászati hagyományokkal rendelkező országot, mint Görögország. Aminek viszont még jobban örülnék: egyik diákunk, Gyűrűs Boldizsár a csapatversenyben csapatával első helyezést ért el, Puskás Dávid pedig a második helyezett csapat tagja volt!

Gyorsan elrepült a 10 nap, egyesek már a záróünnepségről indultak a repülőtérré. A mi csapatunk másnap, reggeli után szedelődzködött össze, és a kirendelt minibuszokkal még egyszer utoljára átvágott a kis sziget helyenként zsúfolt, máshol vadregényes tájain. A helyi terminálról felszálló gépünk bő óra múlva Bangkokban tett le bennünket.

A hazautazás előtti napon még alkalmunk nyílt néhány helyi érdekesség megtekintésére. Ilyen volt a híres vasúti piac (Maeklong), és az „úszó piac”, valamint a Tigris Barlangtemplom (Wat Tham Sua). Alkalmunk volt látni az idősebb korosztály ikonikus filmtémáját is: a Kwai folyó feletti vasúti hidat. Mindezek, Bangkoknak a Csaphraja folyón hajózva látott éjszakai fényeivel együtt kis társaságunk életre szóló élményeivé váltak.

Tapasztalataink és a jövő

Mint mindig, az idei diákolimpia kapcsán is számtalan új ötlet, és a kritikus pontokra adható újabb megoldás fogalmazódott meg bennünk. Ezek jó részét a 2019. évi magyar rendezés során fel is fogjuk használni. A felkészülésre vonatkozó újabb terveinket hamarosan, a 2018. évi magyar keret

tagjainál fogjuk először alkalmazni. A verseny folyamatban van, az utolsó előkészítő forduló után derül ki, kiket hívhatunk be a márciusi döntőre. Minderről a <http://www.bajaobs.hu/iaaa> honlapon lehet tájékozódni.

A 2017. évi diákolimpiai részvételt támogatta: az EMMI, az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő NTP-NTMV-17-B-0003 kódú pályázata, a „Légy több, tégy többet” Alapítvány, a Szkíta Kézműves Bolt, és felajánlásaikkal az alábbi magánszemélyek: Bánhidi Andor, Csabai László, Laczkó Éva, Morvai József, Uhrin András.

HEGEDÜS TIBOR

BÚCSÚZUNK CSÁSZÁR ÁKOSTÓL

(1924–2017)

Múlt év végén érkezett a szívenütő hír: „2017. december 14-én, életének 94. évében elhunyt Császár Ákos, az MTA rendes tagja, az általános topológia nemzetközileg elismert szaktekintélye.”

Császár Ákos évtizedek óta segítette folyóiratunk munkáját. Első cikkét lapunkba 1957-ben írta. „Geometria mérés nélkül” címmel érdekes feladatok sorával mutatta be a topológia alapfogalmait, megvilágítva e tudományterület lényegét. Szerkesztőbizottságunknak 1983-ban lett tagja, 1995 és 1998 között pedig az elnöke volt, ahogyan a folyóiratunk megjelenését segítő Természet–Tudomány Alapítványnak is. Tudására, emberi tisztességére, lelkiismeretességére mindig bizton számíthattunk.

Kötelességtudó, feladatvállaló tudós ember volt, számos helyen töltött be elnöki tisztséget több cikluson át: Bolyai János Matematikai Társulat, MTA Matematikai és Fizikai Tudományok Osztálya, majd a Matematikai Tudományok Osztálya. Az MTA Elnökségének is tagja volt. Szívügyének tartotta a tudomány közkinccsé tételét, évekig elnöke volt a TIT József Attila Szabadegyetem tanácsának.

Közéleti szerepvállalásairól így vélekedett: „Vallom, hogy akinek megvannak arra a képességei, ki kell vennie részét a közéletből. Tudom, sokan nem lelkesednek ezért... De ha mindenki magába zárkózna, nem maradna cselekvő, feladatvállaló ember.” Az általa értékesnek tartott közösségeért végzett munkái nem vetették vissza a tudományművelésben. Bizonyítékként idézzünk az alma mater, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Császár Ákos munkásságát méltató nekrológiájából. Kedves egyetemén, ahol egykor a diplomáját is megszerezte, később évtizedekig vezette a legendás Analízis I. Tanszéket. „Tudományos tevékenységének két fő területe a valós függvénytan és a topológia volt. Az 1940-es, 1950-es években írt valós függvénytan munkái kiemelkedő, ma már klasszikusnak számító eredményeket tartalmaznak. Az 1950-es évek végétől érdeklődése a topológia felé fordult... Ő alkotta meg a szintopogén tér fogalmát, amely a topologikus terek, az uniform terek és a szomszédsági terek közös általánosítása. A szintopogén terek elméletének alapos kidolgozása tekinthető talán a legnagyobb hatású eredményének. Tudományos adatbázisok mintegy 180 referált munkájáról tudnak, ezek között négy szakkönyv szerepel.

Az általános topológia alapjairól szóló könyvét három nyelven is kiadták. Császár Ákos nevét több matematikai fogalom, így a Császár-derivált és a Császár-poliéder is



A Szily Kálmán-emlékérem átvételekor
(Fűvészkert, 2008)

őrizi... Tudományos és közéleti munkáját számos elismerésben részesítették. 1962-ben Akadémiai Díjat, 1963-ban Kossuth-díjat kapott. 1981-ben a Csehszlovák Tudományos Akadémia Bolzano-aranyéremmel tüntette ki. 1983-ban neki ítelték a Szele Tibor-emlékérmét. 1984-ben elnyerte a Munka Érdemrend arany fokozatát, 1992-ben pedig az ELTE-emlékérmét. 1994-ben a Magyar Köztársasági Érdemrend Középkeresztjét kapta. 1999-ben elnyerte az Arany János Közalapítvány a Tudományért nagydíját. 2008-ban ismeretterjesztői munkásságáért Szily Kálmán-emlékéremben részesült. 2009-ben elnyerte az Akadémiai Aranyérmét.”

A szerkesztőségünk által alapított Szily Kálmán-emlékérmét azok a szerzőink kaphatják, akik legalább 50 éve dolgoznak folyóiratunknak, segítik misszióinkat, a tudomány közkinccsé tételét. Ez a díj főhajtás az értelem és hűség előtt, tiszteletünk és szeretetünk jelképe. Császár Ákos a díjat megköszönő szavaival meglepetéssel is szolgált: „Számomra különösen megható egy Szily-emlékérem átvétele, mert rokona vagyok Szily Kálmánnak. Dédanyám, Szily Vilma közeli rokonságban állt vele. A folyóirathoz is régi emlékek fűznek, hiszen édesapám rendszeresen járatta a Természettudományi Közlönyt, dolgozószobájában őrizte, példányait már fiatalon érdeklődéssel tanulmányoztam. Így azután most egy családi emlékérem tulajdonosa lettem, és ezt nagyon szépen köszönöm.”

Császár Ákos életművében szerves egységet alkotott a kutatói, a tanári, a szervezői és a tudománynépszerűsítői munkásság. Tudóstársai állították: „A magyar tudományos életnek alig van még egy olyan nagysága, aki annyit tett volna az általa művelt tudományért, mint Császár Ákos.”

Fájdalmas most elbúcsúzunk Tőle.

A Szerkesztőség

Felső-bácskai települések nép- és helyrajza

A Szerb Vajdaság és Temesi Bánság kormányzója, gróf Johann Coronini-Cronberg 1859 januárjában levelben fordult a települések vezetőihez, jelezve azt a szándékát, hogy helytörténeti-néprajzi monográfiát kíván összeállítani az adott területről. Felhívásához a készülő mű alapjául szolgáló adatokra vonatkozó kérdőívet, és ennek a kitöltéséhez útmutatót mellékelte. A négy témakört felölelő, körülbelül 40 tételből álló kérdőív egy része földrajzi és meteorológiai jellegű, a másik része néprajzi. A most kiadott gyűjtemény a Császári és Királyi Helytartósághoz beküldött válaszokból azokat válogatta ki – összesen huszonhetet –, amelyek a mai Magyarország, illetve közvetlenül a szerb határ másik oldalán fekvő településekről származnak.

Irigylésre és egyszersmind dicséretre méltó a kötet szerzőjének, *Nebojszki László*nak a kutatói szorgalma, igényessége és a tökéletességre való törekvése a kötet létrehozásában. Nemcsak felkutatta a már-már elfeledett iratanyag helyét, hanem le is másolta a különböző kézírással, gót betűkkel telerótt lapokat, majd átírta a szöveget a mai német betűkkel és le is fordította magyarra az említett kérdőívre érkezett válaszokat. Ennek a munkának az eredménye a kétnyelvű kötet, amelyet a szerző-szerkesztő történelmi és tudománytörténeti bevezetője tesz teljessé a jegyzeteken és fényképeken kívül. Még ahhoz is segítséget nyújt, hogy a tárgyalt témák értelmezéséhez fogódzókat találjon az olvasó. A kötet megvalósítása érdekében a szerző más szakemberek tanácsát és segítségét is igénybe vette, például Láng József irodalomtörténészét és Vízkelety András nyelvtudós és irodalmárét.

A kötet negyven kérdésének már az összetétele is érdekes, a korabeli hasonló felmérésekhez képest akár következetlennek is mondhatnánk. A figyelmes olvasás után sem derül ki egészen világosan, hogy összeállítójának végül is mi lehet a célja, annyira széles témakörök kerülnek szóba. A XIX. század közepén a bunyevác, német és magyar vegyes lakosságú falvak és mezővárosok vezetői azonban

nem kerültek zavarba, egyszerűen kihagyták az adott tájon értelmezhetetlen kérdéseket, mint amilyenek a hegyek vagy az Alföldön ismeretlen természeti jelenségek irántiak voltak. Más esetben szinte szóról szóra követték a kérdést, még akkor is, ha a válasz negatív volt. A mai olvasó számára ugyanakkor már az is tanulságos, hogy a kérdések milyen színvonalú válaszok megadására tartották felkészültnek az illetékes hivatalnokokat. II. Józsefnek a birodalom lakosai életmódját szabályozni kívánt

rendeleteinek, a felvilágosodás gondolatainak utóhatását érezzük akkor, amikor az egészségügyi ellátásra, az oktatásra, vagy a lakóházak építésére és használatára vonatkozó kérdéseket olvassuk. A babonákról, mágikus eljárásokról, varázslással történő gyógyításokról szóló jelentések ugyanezt tükrözik, tudniillik azt, hogy a falusi társadalom felső rétegei már képesek a falu lakosainak többségétől eltérő véleményeket megalkotni. Az a korban elfogadott gondolat, miszerint a táj, a munka, az ember és az ember jellege szorosan összefüggő egységet alkot, a kérdések összességéből látszik. Természetesen a válaszok még érdekesebbek: elsősorban a tartalmaik miatt, másodsorban a természettudományos ismeretek és egyéb műveltségi javak hazai és vidéki ismertségi szintjének jelzése miatt. Érzékelhető a helységek fekvésének, vízrajzának, geológiai sajátosságainak, növényzetének a bemutatásánál, hogy a jegyzők ismerhették a korábbi földmérések gyakorlatát és adatait. Az éghajlat leírása többnyire szűkszavú. A termelési módok, a gazdasági eredmények, az állatállomány összetétele és használata a helybeli tapasztalatokat tükrözi. A gazdaságtörténet „alulnézetből” ekkora területre vonatkozóan, ilyen részletesen és pontosan megadva kivételnek számít a szakirodalomban, amelynek keretében jobbára makró-adatok, például egy nagy uradalom gazdálkodásának az elemzését nyújthatja a kutató. Feltűnő, hogy a kereskedelem milyen kevés figyelmet kapott az áttekintésekben. Ez bizonyítja, hogy az ekkor még önellátásra berendezkedett falusi gazdaságok jobbára a gabonafelesleget, esetenként a birkagyapjút



és ritkábban lovakat értékesítettek, mivesebb áruk iránti szükségleteikre irányuló igényét pedig a nagyobb települések céhes iparosai ki tudták elégíteni.

A lakosság vallási-felekezeti ismertetésénél láthatjuk, hogy a katolikus többség mellett előfordul görög katolikusokon, reformátusokon kívül minden településen 30–50 tagú zsidó közösségek is éltek, feltehetően kereskedelmi szolgáltatásokat nyújtva.

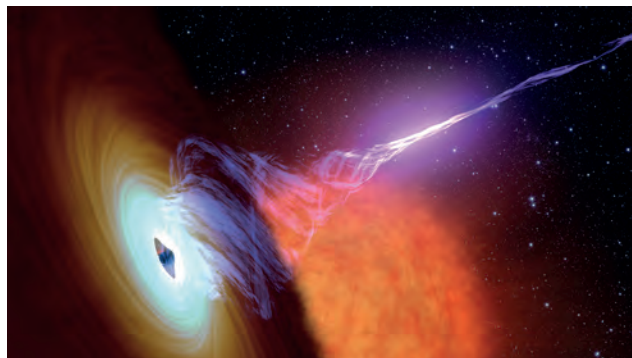
A *helység története, általános leírása (1), az időjárási viszonyok (2), a határ felosztása, állapota és növényi kultúrája (3)* után következik *Az ember (4)* című, olykor ugyancsak több részkérdésből álló befejező rész. A megélhető életkortól, betegségektől kezdve az időtöltés módjaiig sok mindenről kapunk hol szűkszavú, hol bővebb tájékoztatást. Van olyan jegyző, aki még a német közmondásokat is leírja, mások a németek gyermek Jézus ünneplését, illetve a bunyevácok és magyarok betlehemezését említik meg az ünnepek kapcsán. A szellemi kulturális javak népi rétegeinek a megbecsülése nem minden közösségben tudatosult: a hivatalnokok többsége mit sem tud a népköltészetről vagy a népdalról. Az énektudást rendszerint a templomi áhítat egyik kifejezési formájának tartják.

Feltűnő, hogy bár a kérdések lehetőséget adnának a lakosság etnikai csoportjainak részletes bemutatására, erre alig kerül sor a válaszokban. Hol egy magyar lakodalmról, hol egy német disznóvágásról, hol pedig a bunyevác lányok viseletéről kapunk részletes képet, függetlenül attól, hogy milyen nemzetiségű volt az írás szerzője. Azt azonban nem könnyű kideríteni, hogy a nemzetiségekre vonatkozó sztereotípiák tapasztalatokon vagy valahonnan kapott mintákon alapulnak-e. A bunyevácok jellemzése visszatérően kedvezőtlen, lusták, hirtelen haragúak, verekedősek. A magyarok nem olyan hanyagok, mint a bunyevácok, de kevésbé beosztóak, mint a németek. Ez utóbbiak minden tekintetben az első helyen állnak. Szorgalmasak, tiszták – de a magyarokkal ők is verekednek. A vendégszeretet, önbecsülés hol az egyik csoportnál, hol a másikon fordul elő. Nagyon tanulságos, hogy a nemzetiségek jellemzéséből – ami bármennyire töredékes, vagy éppen e miatt a töredékesség miatt – hogyan épül fel egy-egy falu önképe, akár reflexív tükörben.

Nebojszki László most közreadott gyűjteményében szinte in statu nascendi látjuk a bácskai települések összehasonlíthatatlanul sajátos kultúrájának a kibontakozását, amely a közös vonások mellett lehetővé tette és máig fenntartotta a nemzetiségi csoportok – identitások tudatát is.

(Nebojszki László: *Felső-bácskai települések néprajzi helyrajzi leírása 1859–60-ból. Argumentum Könyvkiadó – Országos Széchényi Könyvtár, Budapest, 2017.*)

VEREBÉLYI KINCSŐ



FEKETE LYUK GENERÁLTA ANYAGKILÖVELÉS

A csillagból és fekete lyukból álló, V404 Cygni jelű kettős rendszer régóta a csillagászok érdeklődésének középpontjában áll. A mindössze 6 és fél nap kerिंगési idejű rendszerben a 9 naptömegű fekete lyuk folyamatosan anyagot szív el K színképtípusú csillag kísérőjéből, ami heves változásokat produkál az elektromágneses színek különböző tartományában. Legújabban a NASA NUSTAR röntgenszűrővel a röntgentartományban, a chilei Very Large Telescope szupergyors, percenként 28 felvétel készítésére alkalmas kamerájával pedig a látható fény tartományában egyszerre figyelték a rendszer viselkedését. A látható tartományban végzett megfigyelések önmagukban azért nem elegendők, mert csupán ezek alapján a csillagászok nem tudják eldönteni, honnan jön a megfigyelt fény, a fekete lyukat körülvevő és azt tápláló gázkorongból, magából a kísérőcsillagból, vagy a fekete lyuk és a gázkorong kölcsönhatásaként a rendszerből kiinduló gázkilövellésekből (jetekből).

A röntgentartományban végzett párhuzamos észlelések segítenek tisztázni a bizonytalanságot, ehhez azonban a megfigyelések időpontját ezredmásodperces pontossággal kell mérni. A 2015. június 25-én végzett mérések kezdetén a forrás spektrumában az alacsony energiájú röntgensugárzás dominált, a rádiótartományban végzett megfigyelések szerint pedig nem volt jele anyagkilövellésnek. Fél óra elteltével a Föld eltakarta az objektumot a röntgenműhold elől, amikor viszont folytatni tudta a megfigyeléseket, kiderült, hogy az eltelt rövid idő alatt drámai változások következtek be: a nagyenergiájú röntgensugárzás vált dominánssá, a rádiótartományban végzett észlelés szerint pedig beindult a plazma kilövellése. Azt is megfigyelték, hogy a látható tartományban bekövetkező felvillanások csupán 0,1 másodperccel követték a röntgenvillanásokat, vagyis a látható fényt kibocsátó terület nem lehet messze a röntgenkoronától, azaz a fotonoknak a gázkilövellésekből kell eredniük.

A párhuzamos megfigyelések alapján a következő kép rajzolódik ki a rendszerről. A fekete lyuk által a kísérőcsillagról elszívott gáz nagyobb része a fekete lyukat táplálja, de az erős mágneses tér a gáz egy részét egy szuperforró, ezért röntgensugárzó koronába téríti el. Ebből a tartományból indul ki a gázkiövellés. A gáz felgyorsul, majd amikor mintegy 30 ezer km távolságra jut, akkor sugárzása már a látható fény tartományába esik. Ezek után a legizgalmasabb, még nyitott kérdés annak tisztázása, milyen mechanizmus gyorsítja fel a gáz áramlását ebben az átmeneti, a röntgensugárzó korona és a látható fényt sugárzó gáznyúlvány közötti tartományban.

(www.skyandtelescope.com, 2017. november 4.)

A PANDÁK EURÓPAI EREDETÉRE UTAL A RUDABÁNYAI LELET

A medvefélék családján belül az Ailuropodinae alcslád egyetlen élő képviselője az óriáspanda (*Ailuropoda melanoleuca*), aminek máig bizonytalan az eredete. A kutatók egy része a Spanyolországban előkerült, és Kretzoi Miklósról elnevezett 11,6 millió éves Kretzoiartcos beatrixot tekinti az óriáspanda legkorábbi ismert rokonának. A legújabb adatok is európai eredetet sejtetnek, ráadásul magyarországi leletek alapján. David Begun, a Torontói Egyetem munkatársa Rudabánya mellett talált több fogat és állkapocstörédeket, melyek egy példányhoz tartozhattak. A *Miomaci pannonicum* névre keresztelt állat körülbelül 10 millió évvel ezelőtt élt a mai Észak-kelet-Magyarország



területén a *Rudapithecus hungaricus* társaságában. A fogak alakja és a zománc felülete alapján a táplálkozási szokásai hasonlítottak ugyan a mai rokonokéhoz, de még kevésbé lehetett alkalmas az ellenállóbb növényi táplálék elfogyasztására. Így bár a rokonság egyértelmű, a *Miomaci* valószínűleg nem tekinthető az óriáspandák közvetlen előfutárának. Körülbelül

5 millió éve a hőmérséklet csökkenése miatt a buja szubtrópusi erdőségek teljesen eltűntek a területről, így a pandák kiszorultak az európai földrészről.

(Geobios, 2017. október)

HOGYAN KERÜLIK EL A BÉKÁK A SAJÁT MÉRGÜKET?

A Texas Egyetem kutatói által vezetett csoport érdeklődésének középpontjában a fakúszó békák (*Dendrobatidae*) egyik alcsoportja áll, amely az epibatidin nevű idegmérget termeli. Ez a mérge az idegrendszerben az acetilkolin neurotranszmitter dokkoló pontjaira települ, azt ingerli, aminek eredménye akár halálos görcs is lehet. Részben erre figyelmezteti a mérgező békák sok képviselője a lehetséges ellenségeit élénk színével.

A kutatók választásának egyik oka az volt, hogy az epibatidin már jól ismert: potenciálisan függőséget nem okozó fájdalomcsillapítók kifejlesztésében játszik



szerepet, mely során azonban a mellékhatások okoznak problémát. Annak ismerete, hogy hogyan bánnak a békák a saját mérgejükkel, lehetővé teszi a gyógyszertervezés javítását — legalábbis ezt várják a kutatóktól. A vizsgálat alapja 28 békafajból származó szövetminta volt. A vizsgálati csoport egy része az epibatidin mérget termeli, egy második más toxinokat, és a 28 faj kontrollcsoportja teljesen ártalmatlan békákból állt. Ily módon a kutatók képesek voltak genetikai összehasonlításokat végezni, hogy nyomon kövessék az epibatidin iránti tolerancia hátterét a mérgező békák esetében.

Kiderült, hogy az epibatidint alkalmazó békák egy kis genetikai mutációt fejlesztettek ki, amely megakadályozza a toxin kötődését az idegrendszeri vivőanyag, az acetilkolin receptoraira. A receptor egy olyan fehérjeszerkezet a sejtek külsején, amely a külső és a belső jeleket továbbítja egymás között. A receptorok olyanok, mint a záruk, amelyek mindaddig zárva maradnak,

míg a megfelelő kulcs nem nyitja őket. A békák ellenségeinél az acetilkolin mellett az epibatidin is megfelelő kulcs az acetilkolin-receptor „zárjába”, és így fejt ki toxikus hatását. A kutatók jelentése szerint a békáknál a „zárnak” pontosan ez a most felfedezett finom változása akadályozza meg a toxikus hatás érvényesülését.

Egy másik sajtóságot is felfedeztek: ahhoz, hogy az acetilkolin megfelelő „kulcs” legyen, a békák a „zárnak” egy második finom mutációját is létrehozták, ami optimalizálja a kívánt hatást. Lenyűgözte a kutatókat, hogy ezek a viszonylag kis módosítások milyen tökéletes módon képesek megváltoztatni a receptor funkcióját. A remények szerint az új felfedezések segíthetnek a gyógyszerfejlesztésben. Ez az idegi kulcs-zár rendszer fontos szerepet játszik ugyanis a fájdalomingerek átvitelében, de a kábítószer-függőség kialakulásában is.



A kutatók azt remélik, hogy a békák koncepcióját követve új gyógyszereket tudnak kifejleszteni, amelyek gátolhatják a fájdalmat vagy megszakíthatják a drogfüggőség hatalmát.

(www.wissenschaft.de, 2017. szeptember 22.)

ÚJ KIHALT ERSZÉNYES OROSLÁN AUSZTRÁLIÁBAN

Ausztrál kutatók egy legalább 19 millió évvel ezelőtt kihalt erszényes oroszlán maradványait találták meg a világhírű Riversleigh lelőhelyen (ÉNy-Queensland). A Wakaleo schouteni névre keresztelt fajnak a koponyája, a fogai és a felkarcsontja került elő a 18-26 millió éves rétegekből. A kutyaméretű (mintegy 23 kg-os) ragadozó a területet egykor beborító esőerdőben élt a késő-oligocénben és a kora-miocénben. Mérete alapján alig ötöde lehetett a Thylacoleonidae család legnagyobb és legkésőbb (30 000 éve) kihalt képviselőjének, a Thylacoleo carnifex fajnak. A családba tartozó fajoknak nagyméretű, pengeszerű előzáfoga volt, mellyel felaprították a zsákmány húsát. A mostani felfedezés

szerint legalább két erszényes oroszlán élt a késő-oligocénben a területen. A valamivel kisebb Priscileo pitikantensist a Pitikanta-tó mellett fedezték fel 1961-ben. A két lelet összehasonlítása alapján a paleontológusok megállapították, hogy ez utóbbi faj is a Wakaleo nemzetségbe sorolható (például a három felső előzáfog és a négy záfog alapján). Ezek voltak a nemzetség legprimitívebb képviselői, a későbbi fajok mindegyikénél csökkent az előzáfogak és záfogak száma.

(Journal of Systematic Palaeontology,
2017. december 6.)

ÚJONNAN FELFEDEZETT, ÉLŐ SZTROMATOLITOK TASMÁNIÁBAN

Bolygónk legelső ismert élőlényközösségei a kb. 3,7 milliárd éve már élt, cianobaktériumok alkotta, réteges baktériumfilm telepek, a sztromatolitok - a legkorábbi maradványait Ausztrália és Dél-Afrika területén találták meg. Ma már csak rendkívül kevés helyen vannak élő sztromatolitok, ráadásul nagyrészt sós környezetben. Egy új felfedezéssel ezek száma bővült most: Tasmániában egy karsztforrás környezetét benépesítő telepet találtak. A régiót uraló savas kémhatású tőzeges területen a szigetszerű, mésztufa kúpokból eredő források környezetében enyhén lúgos, ásványi anyagokban igen gazdag foltok vannak, egy ilyenben találták a sztromatolitot a lúgos forrásvíz és a tőzegláp savas vizének határán. A felfedezett telep legnagyobb sztromatolitja kb. 10 cm-es, a nagy részük csak néhány centis, sárgás-zöldes színű csomócskákat alkotnak. A kutatók a sztromatolitok összetételét, vagyis a benne élő baktériumokat is elemezték, s a máshol élő sztromatolitoktól eltérő közösséget találtak. A főbb fajok a cianobaktériumok, alfaproteobaktériumok, valamint a szokatlanul nagy számban jelen lévő chloroflexiák közé tartozó baktériumok.

Mivel a sztromatolitokat elszerűen legelik a vízi csigák, a nagyobb élőlényeket is felmérték s találtak különféle férgek, álkérészt, kagylósrákot, evezőlábú rákot, illetve egy olyan felemáslábú rákot, amelyről eddig úgy tudták, hogy csak Új Zélandon honos. A puhatestűeket ugyanazok a fajok képviselték, amelyeket a környező tőzeglápból már korábban ismertek, ezen csigák és kagylók a források környezetében azonban a házaikra rakódott karbonátos ásványok miatt nehezen mozogtak, ez a sztromatolitok életben maradásához elengedhetetlen a kutatók szerint. Az újszerű környezeti feltételek megismerése talán hozzásegít a világon másutt még esetleg rejtőző sztromatolitok felfedezéséhez is.

(Nature Scientific Reports, 2017. november 13.)



RITKA TRITON-FEDÉS

A Naprendszernek a Földről csak nehezen megfigyelhető égitestjeiről értékes információt szerezhetnek a csillagászok annak megfigyelésével, ahogyan az adott égitest elfed egy távoli, halvány csillagot. Legutóbb a Neptunusz legnagyobb holdja, a 2700 km átmérőjű Triton esetében volt erre lehetőség; a hold október 5-én Észak-Amerika keleti, Európa nyugati és Afrika északnyugati részéről nézve eltakarta a Vízöntő csillagkép egyik, 12,6 magnitúdós csillagát. A csillag mindössze 1 magnitúdóval fényesebb, mint maga a Triton, és a fedéskor az égitestek 13 ívmásodpercre helyezkedtek el a 8 magnitúdós Neptunusztól, ami viszonylag könnyen megfigyelhetővé tette a jelenséget. Ennek köszönhetően az említett területek 65 obszervatóriumából 20 cm és 1 méter közötti átmérőjű távcsövekkel végeztek megfigyeléseket, és csak több lehetséges helyszín kedvezőtlen időjárása miatt nem volt ez a szám még nagyobb. Tekintettel arra, hogy a fedés legjobban az Atlanti-óceán északi területéről volt megfigyelhető, a NASA repülőgépre telepített infravörös obszervatóriumával (SOFIA) is észlelték a jelenséget. A vizsgálatok fő célja a Triton ritka légkörének észlelése volt. A jelenség megfigyelése azért is érdekes volt, mert a Triton 1997 óta nem fedett el ennél fényesebb csillagot. A Voyager–2 űrszonda 1989-ben a Neptunusz mellett elrepülve a Tritont is megfigyelte, az 1997-es fedéskor pedig megállapították, hogy a holdon alig tíz év alatt kimutatható mértékű globális felmelegedés következett be. A kutatók elsősorban arra voltak kíváncsiak, folytatódott-e ez a tendencia.

A SOFIA-ról és a fedés középvezetési vonalában elhelyezkedő legalább 15 további csillagvizsgálóból látták a fedés közepén bekövetkező felvillanást, amely akkor következik be, amikor a pontosan a Triton középpontja mögött elhelyezkedő csillag fényét a hold légköre a Föld felé fókuszálja. A felvillanás megfigyelése azért fontos, mert a fényváltás részletei a légkör mélyebb rétegeinek tulajdonságairól is információt nyújtanak, szemben a belépéskor, illetve kilépéskor tapasztalható fényváltás egyszerű megfigyelésével. A felvillanás megfigyeléséhez némi szerencse is szükséges. A csillagfedések megfigyelését koordináló nemzetközi szervezet (IOTA) munkatársa például elutazott a fedés jelzett középvezetési vonalába, de a villanás során észlelt fényesség csak fele volt az eltakaratlan csillag fényességének. Kiderült, hogy az előrejelzés

pontatlan volt, így egy kb. 100 km-re északabbra dolgozó megfigyelő a csillag eredeti fényességének kétszeresét észlelte a villanás csúcspontján.

A SOFIA obszervatórium Kaliforniában állomásozik, és általában a Csendes-óceán fölött végzi a repüléseit. Most viszont előbb átrepült Floridába, majd onnan az Atlanti-óceán fölött repülve követte a fedés vonalát. A megfigyelés éjszakáján a SOFIA előbb a szokásos, 11,6 km-es repülési magasságáig emelkedett. Ott azonban azt tapasztalták, hogy még nagyobb magasságban is cirruszok zavarják a megfigyelést, és a víz-pára mennyisége is sokkal nagyobb a vártnál. Ezért végül 13 km magasra kellett emelkedniük, hogy négy különböző hullámhosszon megfelelő minőségű észlelést végezhesse.

A fedés közepén bekövetkező felvillanás megfigyelésén kívül fontos a fedés kezdete és vége időpontjának pontos mérése a különböző helyekről, mert ezekből a Triton, illetve a légkörének esetleges lapultságára lehet következtetni. (A csillag a hold korongjának egy-egy húrja mentén halad el a hold mögött, a megfigyelés helyéből a húr helye, a fedés időtartamából a húr pontos hossza számítható ki, így a fedést okozó égitest, vagy ami ebben az esetben még érdekesebb, légkörének alakja rekonstruálható). A megfigyelések feldolgozása még folyik, a feltett kérdésekre csak a kiértékelések végeztével kaphatunk választ.

(www.skyandtelescope.com,
2017. november 6.)

bild der wissenschaft

ÁTOK VAGY ÁLDÁS AZ ELEKTROMOS CIGARETTA?

Mióta közel tíz évvel ezelőtt forgalomba került, egyre nagyobb népszerűségnek örvend az elektromos cigaretta, melyben nem dohány ég el, hanem egy kis fűtőelem folyadékot, úgynevezett liquidet párologtat el. Az e-cigaretták használói ezért nem is dohányosoknak, hanem gőzölőnek, vagy vaporeknek hívják magukat, mely az angol vapour (gőz) szóból származik.

Az e-cigarettákban elpárologtatott folyadékelegy általában nikotint, különböző aromákat és hordozófolyadékot, általában propilén-glikolt tartalmaz, ugyanakkor léteznek olyan liquidek is, amelyekben nincs nikotin. Nikotinoldatok és aromák külön is megvásárolhatók. Az ízek sokfélesége szinte korlátlan: a különböző

klasszikus dohányfajták mellett alma, cseresznye, vanília vagy csokoládé ízesítések is kaphatók. A gőzölni vágyók így kívánság szerint keverhetik ki saját folyadékukat.

A gőzölés mellett főleg egészségügyi okok szólnak: a hagyományos cigaretták füstje számos különböző káros anyagot tartalmaz, a kátránytól a hidrogén-cianidon (kéksav) és formaldehidon át egészen a káros porrézecskekig, amelyek a tüdőbe jutva rákot okozhatnak. Mivel az e-cigarettában dohány nem ég el, a felsorolt mérgek többsége hiányában az elektromos cigaretta gőze kevésbé veszélyes a passzív dohányosokra nézve.



Mivel a gőzölők 80–120 Celsius fokos hőmérsékletre jóval alacsonyabb, mint egy égő cigarettáé, ezért is nem, illetve alig keletkeznek káros égési termékek. Néhány szokatlanul magas hőmérsékletű gőzölő esetében azonban formaldehid akár a cigarettához hasonló mennyiségben is keletkezhet.

Annak ellenére, hogy füstmentes e-cigarettáról van szó, gőzük többnyire mégis tartalmaz nikotint. A stimuláns dohányhatóanyag az egyik legerősebb növényi mérge és nagyfokú függőséget okoz. A dohányzásról való leszokás első lépéseként sok dohányos az e-cigarettára tér át, ami a nikotínéhséget ugyan még kielégíti, így súlyos elvonási tünetek nem fordulnak elő, de a káros füst nem veszélyezteti tovább a szervezetet. Kísérletek igazolták, hogy az e-cigaretták a dohány alternatívájaként valóban segíthetnek a leszokásban.

Igaz ugyan, hogy a dohányzásról való leszokás elősegítése céljából már évtizedek óta létezik nikotinos ráógumi és tapasz. Ezek azonban messze nem olyan kedveltek, mint amilyen népszerűsége az e-cigarettának pár év alatt sikerült szert tennie. Ez valószínűleg annak köszönhető, hogy az elektromos cigaretta használata annyira hasonlít a dohányzásra: sok e-cigaretta a hagyományos cigarettához

hasonlóan néz ki, továbbra is lehetséges a szociális elemény a dohányzó vagy gőzölő barátokkal és az egyéni szokásokat alig kell megváltoztatni.

Az e-cigaretta kockázatairól ugyanakkor nagyon megoszlanak a vélemények. Egyesek szerint teljesen ártalmatlanok, mivel nem tartalmaznak rákkeltő füstöt és hozzáadását okozó nikotint is csak kis mértékben, vagy egyáltalán nem tartalmaznak. Mások különösen a tizenéveseket tartják veszélyeztetettnek: egyes folyadékok édes vagy gyümölcsös íze a gőzölést sokkal vonzóbbá teszi, mint a dohányzás. A fiatalok így már korai stádiumban hozzá szokhatnak az e-cigaretta használatához, majd gyorsabban térhetnek át a nikotínra. Az e-cigarettát ezért részben kritikusan potenciális indítódrognak tartják. Ezen kívül korai még az e-cigarettát alacsony károsanyag-tartalma miatt a dohány „egészséges alternatívájának” tekinteni. A gőzölők még nincsenek elég ideje a piacon ahhoz, hogy megbízható hosszú távú vizsgálatokat végezhetek volna velük. Ezért lehetetlen még bármit is mondani a gőzölés hosszú távú hatásairól.

A gőzben az apró cseppek idővel feloldódnak, ezért nem terhelik a tüdőt olyan mértékben, mint a füstreszecskek vagy a kátrány. De nem tisztázott, hogy rövid távon a tüdőben vajon ugyanúgy viselkednek-e, mint a szilárd részecskek. Vannak azonban arra utaló jelek, hogy a propilén-glikol vivőanyag gőze irritálja a nyálkahártyát, és érzékenyebbé teszi a baktériumok által okozott fertőzésekkel szemben. Vannak olyan feltételezések, hogy a gőzölőket nemcsak a nikotín, hanem más tiltott szerek inhalálásához is használják. Ez azonban akár előnyt is jelenthet az orvosi alkalmazás szempontjából: Amerikában például már léteznek kannabisalapú termékek alkalmazására szolgáló e-cigaretták. Akinek kannabiszt írnak fel receptre, az ennek köszönhetően dohányzás nélkül tudja használni.

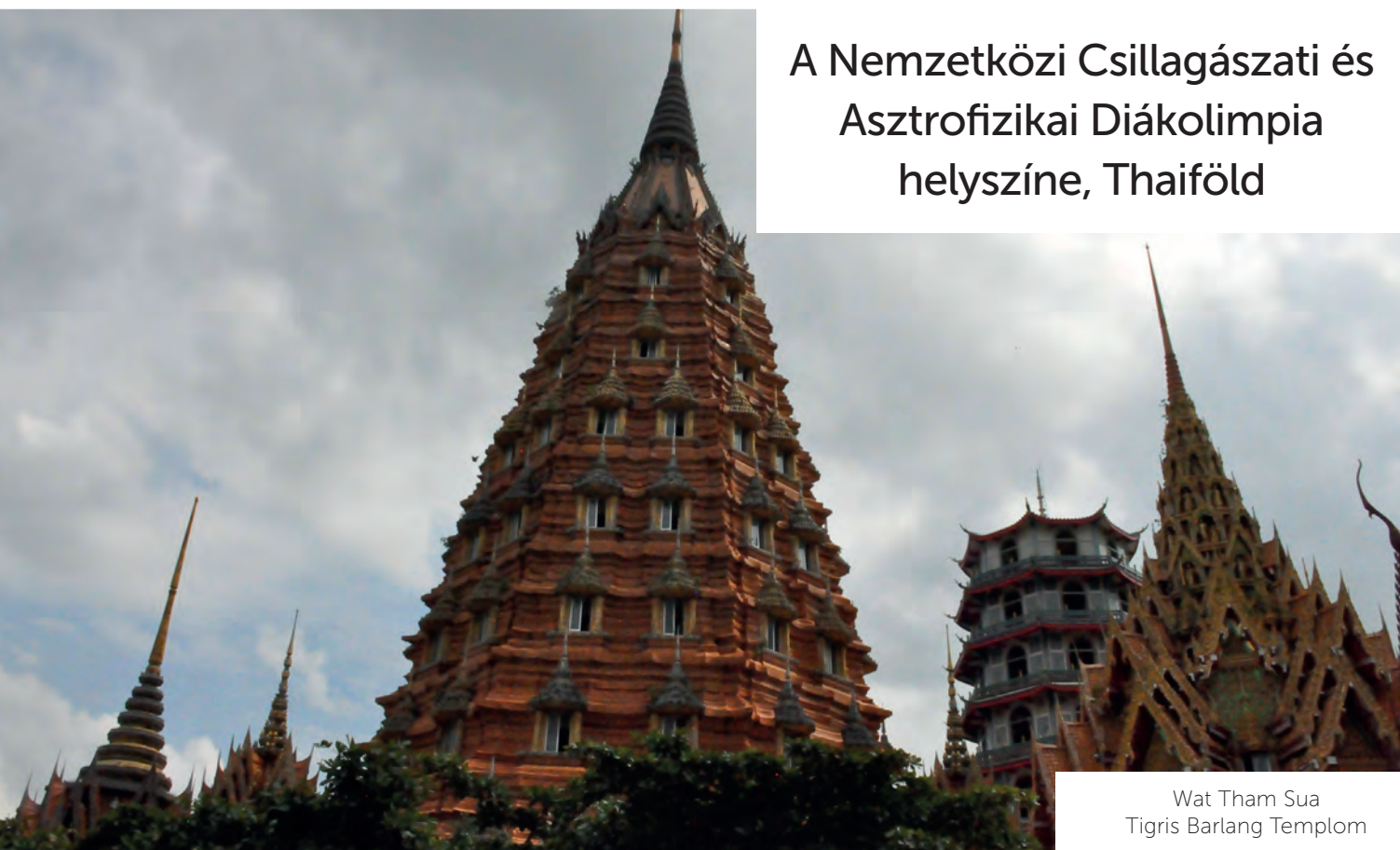
Ugyancsak tisztázatlan az e-cigaretta jogi helyzete. E tekintetben a különböző államok különbözőképpen járnak el: a dohányzási tilalom bizonyos helyeken a gőzölőkre is vonatkozik.

Mit gondoljunk tehát az e-cigarettáról a dohányással szemben? Armando Peruga az Egészségügyi Világszervezettől (WHO) a dohányzást egy magas épület 100. emeletéről való leugráshoz hasonlítja. Az e-cigarettázás ezzel szemben egy alsóbb szintről való ugráshoz hasonlít — csak a pontos magasság nem ismert még. Így a gőzölés az egészség szempontjából jobb, mint a dohányzás, de a nem-dohányzás és a nem-gőzölés még mindig a legjobb.

(Bild der Wissenschaft, 2017. szeptember 24.)



A bangkoki Királyi Palota



A Nemzetközi Csillagászati és Asztrofizikai Diákolimpia helyszíne, Thaiföld

Wat Tham Sua
Tigris Barlang Templom


Tradicionális táncbemutató a zárőnnepélyen



Híres thai szuperprodukciónak a programok között

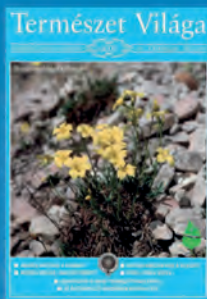


A Természet Világa különszámai

A különszámok ára az utolsó kettő kivételével egységesen 500 Ft. Korlátozott számban megrendelhetők a Kiadónknál, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulatnál (1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16. Telefon: 327 8965, fax: 327 8969, e-mail: titlap@telc.hu). A -tel megjelölt számaink már csak könyvtárakban hozzáférhetők.



Evolúció (1995) 




Természetvédelem (1995) 




World of Nature (1995)




Változások a légkörben és az éghajlatban (1996) 



A biológiai sokféleség (1996) 



Időjárás és előrejelzés (1998) 



Geológia (1998)



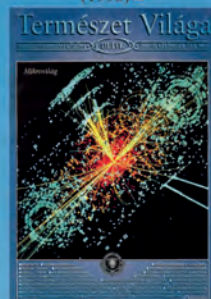
Matematika (1998) 




Orvostudomány (2000)



Informatika (2000)



Mikrovilág (2000) 



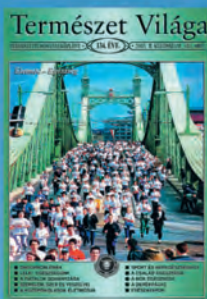
A magyarországi fizika kultúrtörténete (2001, 2002)



A természet múzeuma (2002)



Bólyai-emlékszám (2003)



Életmód-Egészség (2003)



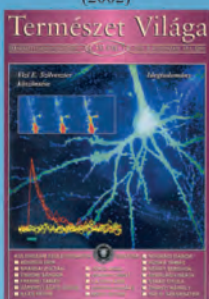
Neumann-emlékszám (2003)



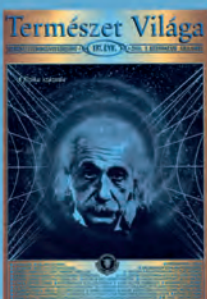
Együtt (2004)



Kémia (2005)



Idegtudomány (2006)



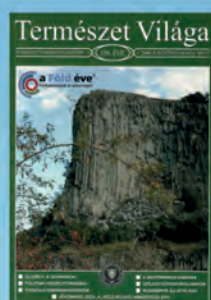
A fizika százada (2006)



Napjaink kémiája (2007)



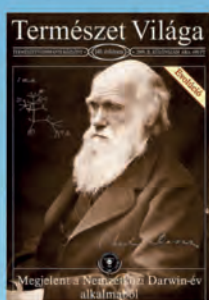
Földközben a világűr (2008)



A Föld éve (2008)



Feltárul a Világegyetem (2009)



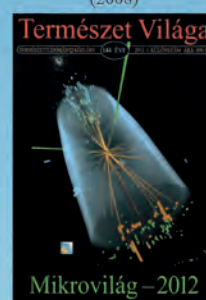
A Darwin-év (2009)



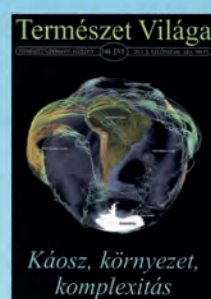
Emberközben a fizika (2011)



Vízben, borban kémia (2011)



Mikrovilág – 2012



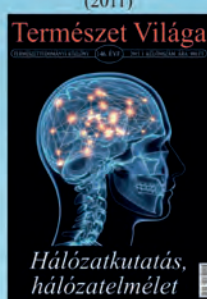
Káosz, környezet, komplexitás (2013)



A Kalmár-verseny feladatai (2014)



Európával a világűrben (2014)



Hálózatok kutatás, hálózatelmélet (2015)



Ember és környezet kapcsolata (2016)



Simonyi Károly-emlékszám (2016) Ára: 980Ft

