

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

148. évf. 6. sz.

2017. JÚNIUS

ÁRA: 780 Ft

Előfizetőknek : 670 Ft



- AZ EPIGENEZIS VILÁGA
- A NAGY SZARVASBOGÁR
- UTAK ÉS AZ ÉLŐVILÁG



- ÜLEDÉKEK MARSON ÉS FÖLDÖN
- SZINTETIKUS BIOLÓGIA
- LÁNGOLÓ MEZŐK

■ VIZI E. SZILVESZTER AZ AKADÉMIAI ARANYÉREM KITÜNTETETTJE

A Kárpát-medence szarvasbogarai

A Kárpát-medencében a szarvasbogárfélék (Lucanidae) családjának 7 faja él. A nagy szarvasbogárról (*Lucanus cervus*) folyóiratunk 261-263. oldalán olvashatnak. A további 6 faj közül a fényes szarvasbogár csak az országhatáron kívül (Szlovákiában és Erdélyben) fordul elő.



Fényes szarvasbogár (*Ceruchus chrysomelinus*)



Kis fémesszarvasbogár (*Platycerus caraboides*)



Kis szarvasbogár (*Dorcus parallelipipedus*)



Nagy fémesszarvasbogár (*Platycerus caprea*)



Szőrös szarvasbogár (*Aesalus scarabaeoides*)



Tülkös szarvasbogár (*Sinodendron cylindricum*)

Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN
KIRÁLYI MAGYAR

TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
148. ÉVFOLYAMA



2017. 6. sz. JÚNIUS

Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi Díjas folyóirat



EMBERI ERŐFORRÁSOK
MINISZTERIUMA



Szellemi Tulajdon
Nemzeti Hivatala



Nemzeti
Tehetség Program



EMBERI ERŐFORRÁS
TÁMOGATÁSKÉZELŐ



NKA
Nemzeti Kulturális Alap



MMMA
MAGYAR MŰVESZETI
AKADÉMIA

Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap, az Emberi Erőforrások Minisztériuma, az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő, a Nemzeti Tehetség Program, a Magyar Művészeti Akadémia és a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával.



A kiadvány a Magyar Tudományos
Akadémia támogatásával készült.

Főszerkesztő:

STAAR GYULA

Szerkesztőség:

1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.

Telefon: 327-8950, fax: 327-8969

Lévelelő: 1444 Budapest 8., Pf. 256

E-mail-cím: termvil@titnet.hu

Internet: www.termesztudomanyvilaga.hu

Felelős kiadó:

PIRÓTH ESZTER

a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

Kiadja

a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat

1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.

Telefon: 327-8900

Nyomás:

PAUKER 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: 06-1-3278-950

e-mail: titlap@telc.hu

Előfizetés, reklamáció:

Magyar Posta Zrt.

Telefon: 06-1-767-8262

E-mail: hirlapelofizetes@posta.hu

Internet: eshop.posta.hu

Postacím: MP Zrt., Budapest 1900.

Előfizetésben terjeszti: Magyar Posta Zrt.

Árusításban megvásárolható a Lapker Zrt. árusítóhelyein.

Előfizetési díj:

fél évre 4200 Ft, egy évre 8040 Ft

TARTALOM

Szabad János: Mi van beleírva kromoszómáinkba?	242
Kapui Zsuzsanna: Víz vagy szél? Üledékek eredetének vizsgálata a Marson és a Földön.....	246
Sümegei Pál – Gulyás Sándor – Sümegei Balázs Pál: Új-Zélandon jártunk, mesterségünk címere a löszkutatás.....	250
Landy-Gyebnár Mónika: Érdekes légköri jelenségek a sarkvidékeken. Első rész	256
Merkel Ottó: Szörnyeteg vagy gyengéd óriás?.....	261
Vizi E. Szilveszter az Akadémiai Aranyérem kitüntetettje.....	264
Fizil Ádám – Gáspári Zoltán – Batta Gyula: Egy gombaellenes gombafehérré. PAF, a bűvös hatóanyag.....	265
Fekete Réka – Molnár V. Attila: Az utak hatása az élővilágra.....	268
Dürr János Béla: Millenniumi Díjak–2017. A Szellemi Tulajdon Világnapja.....	271
HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESSÉGEK	272
Venetianer Pál: Mi a szintetikus biológia?	274
<i>E számunk szerzői</i>	275
Babinszki Edit – Gáspár Anita – Kőbányai Péter: Lángoló mezők.....	276
Baranyi Tünde: Napkitörések. Második rész	278
Ladányi László: Fehérszék. Riolttakaró a hegygerincen	280
Pátkai Zsolt: 2016 télének időjárása	282
Herczeg János: A Hevesi Endre Díjról szubjektíven	284
FOLYÓIRATSZEMLE	287

Címképünk: Az atracélcincér (*Kalotás Zsolt* felvétele)

Borítólapunk második oldalán: A Kárpát-medence szarvasbogarai

Borítólapunk harmadik oldalán: Illusztrációk Sir William Hamilton Campi Phlegraei (Lángoló mezők) című könyvéből

Mellékletünk: A XXVI. Természet–Tudomány Diákpályázat cikkei (*Veréb Sándor Andor:* Anker Alfonz, az állatnemesítés művésze; *Darvai Zsuzsanna:* Egy magyar orvos a román függetlenségi háborúban; *Éliás János:* Egy karcagi tanár: Bujk Béla). *Kalotás Zsolt:* Az atracélcincér (címképünkhöz). Szerkesztőbizottsági tagunk, Bacsárdi László nemzetközi úrkutatási díja. Csomagoljuk a Simonyi Károly-különszámunkat. A XXVII. Természet–Tudomány Diákpályázat kiírása és versenyfelhívása

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

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

Főszerkesztő: STAAR GYULA

Szerkesztők:

KAPITÁNY KATALIN (yka@titnet.hu; 327–8960)

NÉMETH GÉZA (n.geza@titnet.hu; 327–8961)

Tördelés: LÉVÁRT TAMÁS

Szerkesztőségi irodavezető:
HORVÁTH KRISZTINA

SZABAD JÁNOS

Mi van beleírva kromoszómáinkba?

Mindenki tudja, hogy öröklődő tulajdonságaink alapja a kromoszómáinkba csomagolt DNS, és azt is, hogy a genetikai információ nem más, mint a bázispárok sorrendje a DNS-ben. Az is ismert, hogy kromoszómáinknak vannak olyan „képességei” is, amelyekkel szabályozzák a gének működését. Vagyis, kromoszómáink nemcsak a DNS-ben kódolt genetikai információ tárházai, hanem olyan, ún. epigenetikai – a genetikai melletti – mechanizmusoknak is, amelyek szabályozzák a gének működését. Az epigenetika tárgyát a génműködést szabályozó olyan mechanizmusok alkotják, amelyek a kromoszómák révén úgy öröklődnek sejtről sejtre, generációról generációra, hogy közben nem változik a DNS genetikai információtartalma. Az epigenetikai szabályozásban két szintet különíthetünk el: azt, amely sejtről sejtre öröklődik egyazon élőlényben, valamint azt, amely generációról generációra öröklődik. A jelen áttekintés egyrészt bepillantást nyújt az epigenézis világába, másrészt azt a kérdést feszegeti, hogy befolyásolható-e az epigenetikai program, és ha igen, milyen következményei lehetnek a génműködés epigenetikai átprogramozásának.

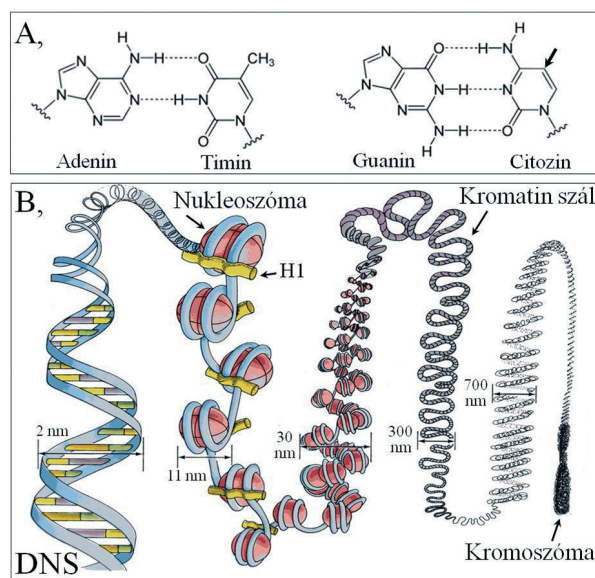
Minden gén minden sejtben?

Az ember genomjában – az egyszeres kromoszómakészlet DNS-ében – mintegy 3×10^9 bázispár, 20–22 ezer gén van. A genetikai információt az A=T és a G=C bázispárok sorrendje jelenti (1. ábra). Egy megtermékenyült petesejt két kromoszóma-garnitúrát hordoz: egy anyai, valamint egy apai eredetűt. Az első sejtől az egymást követő mitózisok eredményeként, miközben százbilliónyi sejt képződik, a testünket alkotó, ún. testi sejtek differenciálódnak. Vannak olyan géneink, amelyek minden sejtünkben kifejeződnek: genetikai kódjaik alapján funkcióképes fehérjemolekulák képződnek. És vannak olyanok is, amelyek csak bizonyos sejtípus(ok)ban aktívak. Például az ún. opszin gének csak a retina fényérzékelő sejtjeiben, a csapokban és a pálcikákban fejeződnek ki. Vajon miért csak ott? Talán elveszték pl. a májsejtekből a sejtek differenciálódása során? Vagy léteznek olyan mechanizmusok, amelyek az opszin géneket a fényérzékelő sejtjeinkben folyamatosan bekapcsolva tartják, a többiben pedig örökre becsukják? Ha vannak ilyen mechanizmusok, miként működnek?

A kromoszómák, vagy kromoszómáriszkek vesztese a testi sejtek differenciálódása során jól ismert jelenség az alacsonyabb rendű élőlények világában. Az ún. kromatin diminúció során egész kromoszómák, vagy csak kromoszómáriszkek előbb tömör kromatin-gombolyagokká válnak, amelyek aztán elvesznek a sejtosztódások, a sejt differenciáció folyamán, és hiányoznak azokból a sejtípusokból, amelyekben nincs szükség az elveszett gének funkciójára. A kromatin diminúció megszokott esemény pl. a papucsállatka, a lóbelgiliszta, sok levéltetű és evezőslábú rákfaj, a sötétszárnyú gombalegy, vagy a folyami ingola testi sejtjeiben. Am sohasem történik meg az ősvivarsejtben, amelyekből a faj fennmaradásá-

hoz szükséges ivarsejtek képződnek. Vajon a kromatin diminúció jelensége létezik a magasabb rendű élőlények életében is?

Az a tény, hogy jószíval bármely növény bármely testi sejtéből szaporodóképes növényt lehet regenerálni, azt mutatja, hogy a növények sejtjeiből nem vesznek el sem kromoszómák, sem pedig kromoszómáriszkek. Azok a kísérletek is erre a következtetésre vezettek, amelyekben állatok testi sejtjeinek magjait ültették olyan érett petesejtbe, amelyek sejtmagját eltávolították. A „mesterséges” zigóták egyikéből-másikából szaporodóképes állatok fejlődtek. E technika nyomán született pl. Dolly, a híres jerke 1996-ban. (Zárójelben jegyezzük meg, hogy Dolly 277 próbálkozásból az egyetlen sikeres volt. Vajon miért volt oly’ csekély a kísérlet hatékonysága?) Az itt említett eredmények alapján nyilvánvaló, hogy léteznek olyan mechanizmusok, amelyek azt biztosítják, hogy testi sejtjeink differenciálódása során azok a gének örökre „bezárulnak”, amelyek funkciójára bennük nincs szükség. Azok viszont „üzemképesek” maradnak, amelyek funkcionálnak az illető típusú testi sejtben. Melyek a géneket „becsukó” és „nyitva tartó” mechanizmusok?

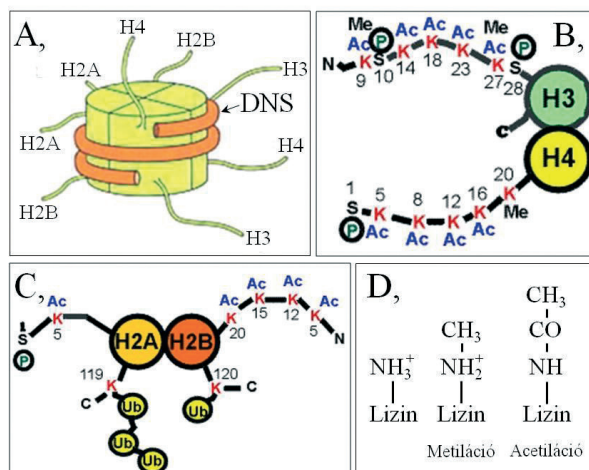


1. ábra. Bázispárok, DNS és kromatin. (A) A két bázispár. A genetikai információt a bázispárok sorrendje jelenti a DNS-ben. (A citozin $\checkmark$ nyílal jelölt pozíciója metilálható.) (B) A DNS-molekula hisztonfehérjékből álló labdacokra tekeredve nukleoszómakat alkot. A hiszton-1 (H1) -molekula stabilizálja a nukleoszómakat, és kapcsolatot teremt a kromatint alkotó fehérjeféleségek egyikével-másikával. A DNS-hez és a nukleoszóma-hoz további fehérjék csatlakoznak, kialakítva a kromatint, a kromoszómák anyagát. Egy kromoszóma tízezerszer rövidebb, mint a benne levő DNS

Kromatin nyitva, csukva

Amint említettük, a DNS-molekulák olyan kis fehérjelabdacsokra tekerednek, amelyek mindegyikét nyolc hisztonfehérje-molekula alkotja. A hisztonmolekulák végei kiállnak a labdacokból (2. ábra). A kiálló végben gyakori a lizin aminosav. A lizinek oldalláncának pozitív töltésű nitrogénje köti a DNS negatív töltésű foszfátsoportjait, biztosítva a nukleoszóma stabilitását.

(Egy-egy sejtünkben mintegy két méternyi DNS van. Hisztonlabdacokra tekeredve a nukleoszóma-fűzér hossza mindössze 90 μm .)



2. ábra. Hisztonok, nukleoszómák, lizin. (A) A DNS 164 bázispárnyi szakasza a nyolc hiszton- (két-két H2A, H2B, H3 és H4) fehérjéből álló labdacra tekeredve egy nukleoszómát alkot. A hisztonmolekulák végei kiállnak a nukleoszómából. (B, C) A hisztonok végeiben gyakoriak a lizin (K) aminosavak. (N és C a fehérjék két végét jelzi, a számok pedig azt, hogy az illető aminosav hányadik a fehérjét alkotó aminosav sorrendjében.) A lizinek oldallánca metilálható (Me), acetylálható (Ac), a szerinek (S) foszforilálhatóak (P). (Ub az ubiquitin kis fehérjemolekula jele.) (D) A lizin oldalláncának végén levő pozitív töltésű nitrogén (N^+) kapcsolódik a DNS negatív töltésű foszfátcsoportok egyikével. A lizin nitrogénjéhez metil- (egy, kettő, vagy akár három), vagy acetyl csoport kapcsolódhat. Az acetylált lizin nitrogénje elveszti töltését

A lizinekre – enzimek révén – metil- vagy acetyl csoportok „aggathatók”, illetve távolíthatók el, befolyásolva a nukleoszómák stabilitását. A szerinek enzimek foszfátcsoportokat vihetnek, és távolíthatnak el (2. ábra). A nukleoszóma-fűzérhez sok-sok további fehérjeféleség csatlakozik, és együttesen alkotják a kromatint, a kromoszómák anyagát. A kromatinfehérjék a sejt élet-szakaszának megfelelően tömörítik, vagy lazítják a kromatint, vagy gyakorta csak egyes szakaszait. Minél tömörödtebb a kromatin, annál kevésbé, vagy egyáltalán nem hozzáférhetőek a gének. A viszony fordítva is igaz: a laza kromatinban levő gének kifejeződhetnek, a bennük tárolt genetikai információ kibontható.

A hisztonok lizinjeinek metilációja, attól függően, hogy melyik lizin metilálódik, és hogy hány metilcsoport kapcsolódik a lizin nitrogénjéhez, tömörebbé vagy lazábbá is teheti a kromatint. Általánosságban elmondható, hogy a hiszton-3 negyedik helyén levő lizin (H3K4) metilációja a gének aktiválásával jár. Ugyanennek a lizinnek a kétszeres metilációja nyomán a kromatin tömörödik,

és elmarad a transzkripció, vagyis az átírás. A H3K9 és a H3K27 metilációja a gének inaktívulását okozza. Ám a hisztonmetiláció bonyolult jelenség.

A H4K20 lizin egyszeres metilációja a kromatin tömörödésével, a transzkripció elmaradásával jár. Ha ugyanez a lizin kétszeresen metilált, egy olyan fehérjemolekula-féleség kapcsolódik hozzá, amely létfontosságú a kettősszálu DNS-törések javításában. Ha a H4K20 háromszorosan metilált, a kromatin roppant erősen tömörödik. (Zárójelben jegyezzük meg, hogy ismertek olyan rákos daganatfélések, amelyekben a H4K20 háromszorosan metiláltságának szintje csökkent, illetve elmaradt.) A metiláció fontosságát tovább bonyolítja az a tény, hogy a metilált lizinekhez olyan fehérjeféleségek kapcsolódhatnak, amelyek a kromatint lazítják, vagy éppen tömörítik.

Bizonyosra vehető, hogy a metiláltság szintje függ a környezeti hatásoktól. Leírták például, hogy felelem hatására a patkányok hippocampus-sejtjeiben a H3K4 lizin háromszorosan metilálódik. Általánosan elfogadott vélemény, hogy a hisztonok metilációjának – más epigenetikus folyamatokkal egyetemben – fontos szerepe van az öregedésben, a különféle degenerációs betegségek kialakulásában, valamint az intellektuális képességek csökkenésében is.

A hisztonok lizinjeinek acetylációja nyomán elvész a nitrogén pozitív töltése (2. ábra). Az acetyláció következményeként csökken a DNS kötődésének erőssége a hisztonlabdacokhoz, a DNS-hez olyan fehérjeféleségek férkőzhetnek, amelyek beindítják a transzkripciót. Ismeretes például, hogy a H3K9 és a H3K14 acetylációja transzkripciót eredményez. Van olyan fehérjemolekula-féleség is, amelyek felismerik az acetylált lizineket, kapcsolódnak hozzájuk, és szabályozzák a kromatin szerveződését. A hisztonok acetylációját az ún. hiszton acetyltransferáz, és az acetyl csoportok eltávolítását a hiszton deacetyláz enzimek végzik. Eme enzimek funkcióját befolyásolva akár segíteni lehet beteg embertársainkon. Például a fenilvajsav, ami a hiszton deacetyláz

aktivitását gátolja, nyitott kromatint, és oly intenzív transzkripciót eredményez, amely végeredményben lehetővé teszi azoknak a fehérjemolekuláknak a lebontását, amelyek felhalmozódása Huntington-kór kialakulásához vezet.

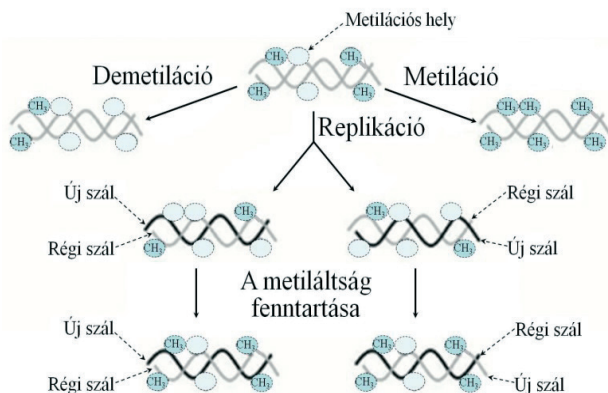
A szerinek foszforilációja nyomán nemcsak a foszforilált hisztonmolekula szerkezete és funkciója változik meg jelentősen, hanem a hozzájuk kapcsolódó fehérjék típusai is. Általánosan elfogadott vélemény, hogy a hisztonok foszforilációját a kromatin kondenzációja, tömörödése követi. Pl. a H3S10 foszforilációja a kromatin tömörödését, a mitózissra készülődést jelzi. A hisztonok foszforilációjának jelentősége van a DNS-hibák javításában, valamint a sejtek programozott halálában is.

DNS-metiláció

A kromatin tömörödése/lazulása nemcsak a hisztonok módosítása, hanem a DNS metilációja/demetilációja révén is szabályozott. Amíg az ún. metil-transferáz enzimek a citozinra metilcsoportokat építenek (1. ábra), a demetiláz eltávolítja azokat. A DNS metilációja nyomán, különösen, ha az a gének ún. szabályozó régióiban történik, csökken a gének aktivitása. Sőt, a DNS metilációja nyomán az érintett gének többnyire örökre bezárulnak, és zárva is maradnak az elkövetkező sejtosztódások, a sejt élete során. A gének metiláción alapuló zárva tartását a replikációk, az egymást követő sejtosztódások során jól ismert mechanizmus biztosítja (3. ábra).

A DNS metiláltsága lényegében megszűnik az ivarsejtek, a zigóták képződése során, ám újraképződés az embriogenezis, a sejtek differenciálódása folyamán, miközben azok a gének be-, illetve kikapcsolhatók maradnak, amelyek funkcióját a sejtek igénylik, azok pedig örökre zárva maradnak, amelyek termékeire nincs szükség az illető sejt típusban.

A DNS metilálódását, demetilálódását környezeti hatások is befolyásolják. Bizonyított tény, hogy a DNS metiláltsága jelentősen különbözik a dohányzók és a sohasem dohányzott emberek vérmintáiban. Több mint kétezer olyan génünk van, amelyek metiláltsága jelentősen különbözik a kétféle ember között. A különbség nemcsak a DNS metiláltságában érhető tetten, hanem a gének kifejeződés-mintázatában is. Bizonyosra vehető, hogy sok, a dohányzással kapcsolatos daganatfélésegek epigenetikai változás nyomán képződik. Az említett gének között vannak olyanok, amelyek metiláltsága a dohányzás abbahagyása után fokozatosan visszaáll a normális szintre, ám bőven vannak olyanok is, amelyek metiláltsága 22 évvel a dohányzásról leszokás után is eltér a normálistól. Az sem meglepő, hogy a várandósságuk alatt dohányzó nők



3. ábra. DNS metiláció. A DNS metilációja során valamelyik metiltranszferáz enzim metil- (CH_3) csoportokat visz a DNS-re, tömörítve a kromatint, egyben csökkentve, vagy akár megszüntetve a gének hozzáférhetőségét. A demetiláció során metilcsoportok távolítódnak el a DNS-ről, miáltal a gének hozzáférhetővé válhatnak. Vannak olyan enzimek, amelyek a replikáció folyamán képződő új DNS-szálakat az eredeti mintázat szerint metilálják, fenntartva a DNS metiláltságát

gyermeküknek vérmintáiban is kimutatható a különbség a DNS metiláltságában a nemdohányzók gyermekeihez képest. Sőt, a különbség nemcsak újszülöttek vérmintáiban, hanem még 8-éves gyerekekében is kimutatható. Talaly megjelent tudományos közlemények azt valószínűsítik, hogy a különbség – egyebek mellett – a gyerekek olyan nyomorúságainak is oka lehet, mint a nyúlász kialakulása, vagy az asztma.

Vörös-fekete tarka macskák

A gének örökre kikapcsolásának jól ismert típusa az egyik X kromoszóma inaktivációja a gerincesek nőtény embrióiban. Azért, hogy a nőtények (XX) és a hímek (XY) sejtjeiben az X kromoszómák géneinek termékeiből ugyanannyi legyen, a nőtények egyik X kromoszómáját (java részben, de nem teljesen) inaktiválódik. (Az X kromoszóma inaktiváció mechanizmusát a bekeretezett szöveg mutatja be.) Az X kromoszóma inaktiváció jelenségét alighanem a vörös/fekete tarka macskákkal lehet legjobban illusztrálni. A macskák bundaszínét egy X kromoszómához kapcsolatan öröklődő gén szürke, vörös és fekete változatai, alléljai határozzák meg. Ha például egy nőtény macskában az egyik X kromoszóma bunda színét meghatározó génje a fekete (X^f), a másik X a gén vörös változatát hordozza (X^v), két lehetőség van. Ha valamely sejtben az X^f kromoszóma inaktiválódik, úgy az X^v hordozó marad aktív. Az ilyen sejt utódsejtjeiből a bunda egy vörös foltja fejlődik. Az olyan sejt leszármazottai közül viszont, amelyekben az X^v kromoszóma inaktiválódik, és az X^f ma-

rad aktív, a bunda egy fekete foltja képződik (4. ábra). A bundán csak kevés folt van, ám ezek nagyok, ami azt jelenti, hogy az X kromoszóma inaktiváció az embriógenesis korai szakaszában következik be. Akkor, amikor az embrió még csak néhány sejtből áll, és egy-egy sejtől sok utódsejt származhat. A nagy foltokon belül nincsenek apróbbak, ami azt mutatja, hogy az X kromoszóma inaktiváció irreverzibilis, vissza nem fordítható esemény, az inaktiválódott gének örökre bezáródtak. Minthogy a foltok határai élesen rajzolódnak ki és nem elmosódtak, arra is következtethetünk, hogy az X kromoszóma inaktiváció ún. sejtautonóm módon történik: a sejt saját döntése, és nincsenek rá hatással a szomszédos sejtek. Az X kromoszóma inaktiváció az ember lányembriókban is megtörténik. Tankönyvi példa az olyan lányok esete, akik testéről foltokban hiányoznak a verejtékmirigyek (5. ábra).

Az egyetűjű ikrek vizsgálata is szépen mutatja a környezeti hatások és az epigenetika közötti kapcsolatot. Amíg ugyanis a fiatal egyetűjű ikrek DNS-ének metilációs mintá-

Az X kromoszóma inaktivációja

Az X kromoszóma inaktivációnak két típusa van. Amíg az előprogramozott (imprantált, bevésődött) esetében az apai eredetű inaktiválódik, a véletlenszerűen fele-fele arányban van az apai és az anyai eredetű. A folyamat kezdetén az X kromoszóma XIC (X-inaktiváció centrum) génje alapján XIST (X-inactive specific transcript), 17 ezernyi nukleotidból álló RNS-féleség képződik. XIST az ún. nem-kódoló RNS-féleségek egyike: nem kódolja fehérjemolekula képződését. A XIST RNS-molekulák beborítják azt az X kromoszómát, amelynek az XIC génje aktív. A XIST RNS-molekulákhoz fehérjeféleségek kapcsolódnak. Némelyikük metilálja a DNS-t, másikuk alacsony szinten tartja a hisztonok acetilációját, a H3K4 metilációját, ismét mások metilálják a H3K9 és a H3K27 helyeket. Csupa olyan esemény, amely tömöríti a kromatint, örökre bezárja a benne levő géneket. Végeredményben az inaktív X kromoszóma 3/4-e inaktiválódik.

rad aktív, a bunda egy fekete foltja képződik (4. ábra).

Ahány tarka macska, a foltok eloszlása annyi féle, amiből arra következtethetünk, hogy az X kromoszó-

zata meglehetősen hasonlít, életkoruk előre haladtával egyre jobban különbözik. A különbség különösen az olyan esetekben szembetűnő, amelyekben az ikrek eltérő körülmények között éltek életüket. Sokan úgy gondolják, hogy a betegségekkel szembeni eltérő fogékonyságuk oka is epigenetikus eredetű.

Genetikai bevésődés: szülői gondoskodás előprogramozott génekkel

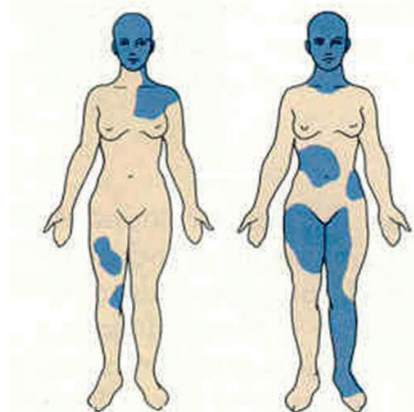
Különös, hogy például az emlősök méhlepénysejtjeiben, vagy az erszényesek nőtény embrióinak minden sejtjében az apai



4. ábra. Vörös/fekete/fehér tarka macskák. Az ábrán bemutatott macskák mindegyikének két X kromoszómája van. Az egyik a bunda fekete, a másik a bunda vörös színt kódolja. Annak a sejtnek a leszármazottai közül, amelyben a fekete színt kódoló X kromoszóma inaktiválódik, vörös folt képződik. Abból a sejtől pedig fekete folt ered, amelyben a vörös színt kódoló X kromoszóma inaktiválódik. (A fehér foltok az X kromoszóma inaktivációtól független esemény nyomán képződnek.)

eredetű X kromoszóma inaktiválódik. Vajon milyen alapon tesznek különbséget például a kenguruembriók az anyai és az apai eredetű X kromoszómák között? Nos, úgy, hogy a spermiummal érkező X kromo-

szóma már eleve meg van jelölve. A spermiumok képződése során egy ún. genetikai bevéődés (imprinting) történik, az X kromoszóma génjei mintegy előre vannak programozva: DNS-ük erősebben metilált, hisztionmolekulái pedig sokkal kevésbé acetiláltak, mint az anyai eredetű X kromoszómáé. Vajon a genetikai bevéődés érint olyan géneket is, amelyek az autoszómához



5. ábra. Verejtékmirigyekben hiányos mozaikok. Az ábrán bemutatott egypetéjű ikerlányok egyik X kromoszómája verejtékmirigyek képződést kódolja, a másik nem, mert a mirigyek képződését kódoló génje meghibásodott. Ha az ép gént hordozó X kromoszóma inaktiválódik, és a mutáns változatot hordozó marad aktív, olyan foltok képződnek, amelyek területén nincsenek verejtékmirigyek (világosbarnával jelölve). Fordított esetben viszont képződnek verejtékmirigyek a mozaikfoltok területén

kapcsoltan öröklődnek? Vajon vannak olyan gének, amelyek másként fejeződnek ki, ha anyai, és másként, ha apai eredetűek, előre programozódnak a szülőknél?

Igen, vannak. A klasszikus példa a Prader-Willi- és Angelman-szindrómák esete. A Prader-Willi- és az Angelman-szindrómás emberek genetikai tartalma azonos: mindkettőjükben hiányzik a 15. kromoszóma egy 4 milliónyi bázispárból álló szakasza. És bár a másik 15. kromoszóma eme részén levő gének épek, minthogy másként vannak előprogramozva az anyai és az apai eredetűek, különös szindrómákat mutató embertársaink fejlődnek (6. ábra). A Prader-Willi-szindrómás emberekben az apai eredetű *SNRPN* (*Small Nuclear Ribonucleoprotein-Associated Protein N*) gén eleve hiányzik, az anyai eredetű viszont úgy van előprogramozva, hogy ne funkcionáljon. Vagyis a Prader-Willi-szindrómás emberekben lényegében hiányzik az

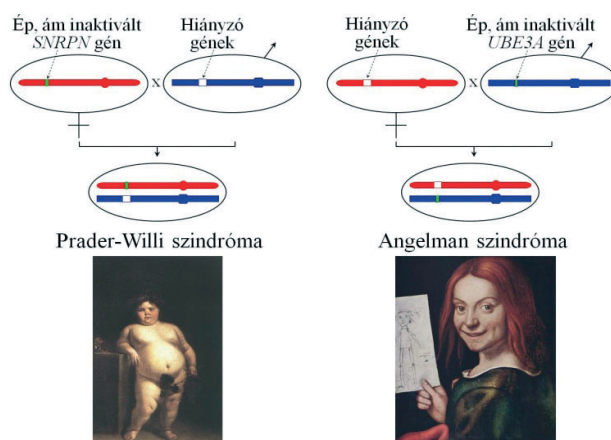
SNRPN gén. Az *SNRPN* gén terméke a pre-mRNS-molekulák szövetspecifikus érésében játszik fontos szerepet. Az Angelman-szindrómás emberekből pedig az *UBE3A* (az ubiquitin protein ligase E3A) gén funkciója hiányzik. Az anyai eredetű a 4 milliónyi hiányzó bázispár miatt eleve hiányzik, az apai eredetű pedig bár jelen van, nem funkcionál (6. ábra). Azért nem, mert a spermatogenezis folyamán genetikai bevéődés történik, amely kikapcsolja a gént. Az *UBE3A* gén terméke egy olyan enzim, amelynek a fehérjék lebontásában van fontos szerepe, különösen az agy egyes területein, ahol csak az anyai eredetű *UBE3A* gén aktív. A génfunkció hiányában érthető az Angelman-szindrómásak különös viselkedése.

A genetikai bevéődés tehát lényegében olyan, az ivarsejtek képződése során történő szabályszerű esemény, amely a DNS és/vagy a kromatin módosítása révén befolyásolja az utódok életét. Kérdés, hogy vannak-e olyan környezeti hatások, amelyek epigenetikai módon befolyásolják az utódok, vagy talán még az utódok utódainak életét is? Igen, vannak. Íme, néhány példa. Miközben ketcükbe cseresznyevirág illatát fűjték, áramütésekkel sokkoltak egeereket. A két hatás között hamar kialakult az ún. pavlovi reflex: a cseresznyevirág illatát megérezve az egeerek pánikreakciót mutattak. Különös, hogy cseresznye-illat hatására a kezelt egeerek utódai is pánikba estek, bár őket sohasem elektrosokkolták. A jelenséget a kutatók annak az M71 jelű génnek az epigenetikai bevéődésével magyarázzák, amely gén terméke a cseresznye-illatának specifikus receptora. Sőt, a szülők és utódai agyában nagyon hasonló típusú változások is kimutathatók voltak.

Leírták, hogy a patkányok alaptermészetét erősen befolyásolja, hogy életük kezdetén mennyit nyalogatja őket anyjuk. Minél nagyobb az anyai gondoskodás mértéke, annál sikeresebbek az utódok. Az anyai gondoskodás az utódok DNS-metiláltságában is kimutatható. Talán meg-

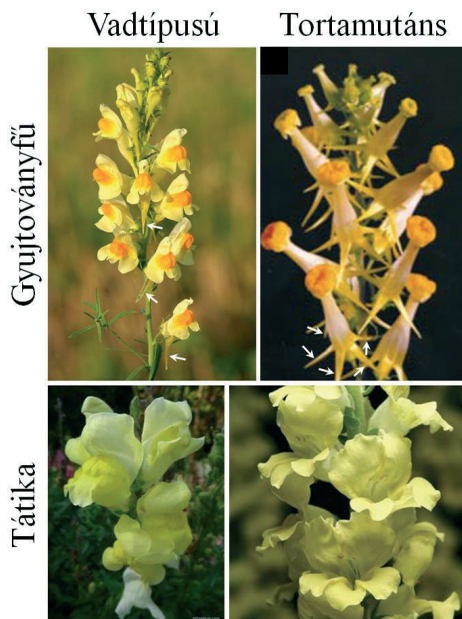
lepő, de a patkányok génjeinek megfelelő emberi génekben is kimutathatóak az epigenetikai hatások. Öngyilkosok génjeit vizsgálva kiderült, hogy egész más volt a DNS metilációs mintázata azokéban, akiket gyerekkorukban bántalmaztak, mint a kontrollcsoportban. Nem hiába mondják a szakemberek, hogy gyermekeink életének első éveiben semmi sem fontosabb, mint a szerető, elfogadó és bátorító családi környezet. Az elmondottakkal összecsengenek azoknak a vizsgálatoknak az eredményei is, amelyek azt írták le, hogy a holokauszttól túlélők gyermekeinek génjeiben kimutathatóak a szülőket ért traumák. Vagy például a bételt rágó szülők gyermekei, akik sohasem rágtak bételt, sokkal gyakrabban szenvednek olyan anyagcsere-betegségekben, amelyek a kontrollcsoportban jószérivel ismeretlenek. Úgy tűnik, hogy fiatalon a dohányzás rabjaivá váltak gyermekei 5–10 kilóval nehezebbek, mint a sohasem dohányzott szülők gyermekei. (Noha szüleik nem voltak elhízottak.)

Bizonyítottak vehető, hogy vannak olyan génjeink, amelyek epigenetikusan öröklődnek, és utódainkra öröklítik a környezeti hatásokat. A legújabb vizsgálatok azt mu-



6. ábra. Prader-Willi- és Angelman-szindróma. Az azonos genetikai tartalmak következményei attól függenek, hogy az ép géneket hordozó kromoszóma anyai, vagy apai eredetű-e.

Minthogy a gének másként vannak előprogramozva a petesejt, illetve a spermiumok képződése során, eltérően funkcionálnak az utódokban. A Juan Carreño „La Monstrua Desnuda” című festményén (1860) bemutatott Eugenia Martinez Vallejo (Prado múzeum, Madrid) minden bizonnyal Prader-Willi-szindrómás volt. Minthogy nem ismerik a jóllakottság érzését, és kényszeres evők, hat éves korukra elhízhatnak. Alacsonyak, arcuk kerek, szemek mandulavágásúak, nemi szerveik fejletlenek, szellemi fejlődésük visszamaradt. A Gian Francesco Caroto (1480–1555) „Gyermek portréja rajzzal” című festményén (Castelvecchio Museum, Verona) ábrázolt gyerek minden bizonnyal az Angelman-szindróma tüneteit mutatta: fejlődésben visszamaradt, beszéd- és egyensúlyzavarai voltak, boldogságban úszott, gyakran nevetett, mosolygott, koncentrációképesége csekély volt



7. ábra. Vadtípusú és tortaszimmetrikus virágok. Amíg a gyújtóványfű (*Linaria vulgaris*) és a tátika (*Antirrhinum majus*) vadtípusú virágai kétoldali szimmetrikusak, addig a tortamutáns-változat virágai – mint a torták – sugarasan szimmetrikusak. Azért, mert a gyújtóványfű *Lcyc*, valamint a tátika *cycloidea* génje funkciójának hiányában csupa ventrális típusú szíromlevelek képződnek (melyeket nyílak mutatnak)

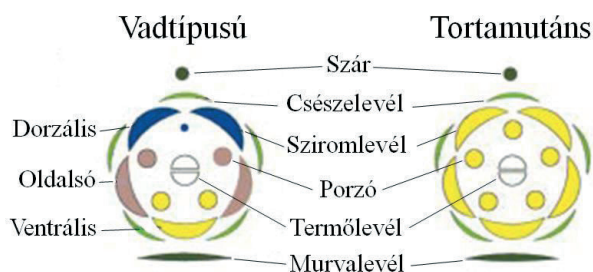
tatják, hogy mintegy 100 olyan génünk van, amelyek aktivitása genetikai bevéso-dés révén szabályozott. Közöttük kétszer annyi az apai, mint az anyai ágon előrepro-gramozott gén (<http://www.geneimprint.com/site/genes-by-species>).

Ismertek olyan ese-tek is, amelyekben a genetikai bevéso-dés nemcsak egyetlen, ha-nem több generációra is epigenetikusan öröklö-dik. Normális körülmé-nyek között ugyanis az epigenetikai program az ivarsejtek, a meiózis során törlődik, hogy aztán az embriógene-zis folyamán újraalakuljon. Vannak viszont olyan gének, amelyek epigenetikai státusza mintegy „túléli” az ivarsejtek képződését, és változatlanul megy generációról gene-rációra. A legismertebb példa alighanem a gyújtóványfű (*Linaria vulgaris*) ún. torta-mutánsának öröklődése (7. ábra). Amíg a vadtípusú növény virágai kétoldali szimmet-rikusak, addig a tortamutáns-változat, mint a torták, sugarasan szimmetrikus (8. ábra). Bár a kétfajta virágú növény *Lcyc* génjében a

bázispárok sorrendje azonos, a tortamutáns-változat *Lcyc* génje erősen metilált, ami miatt nem funkcionál. Olyan, mintha nem is létezne. A tortamutáns-jelleg – mint egy mutáció – recesz-szív tulajdonságként öröklődik generációról generációra. Meg-megesik, hogy a tortamutáns gyújtóványfűvektől olyan nö-vények származnak, amelyek virágai vadtípusúak, kétoldali szimmetrikusak. Az ilyen növé-nyek *Lcyc* génje nem metilált, és ellátja funkcióját.

Az *Lcyc* gén annak a *cycloidea* génnek a megfelelője, amely funkciója a tátika virágaiban a dorzális szíromlevelek és porzók kialakulását szabályozza (8. ábra). A *cycloidea* gén funkciójának hiányában torta-mutáns tátikavirágok képződ-nek: a dorzális szíromlevél- és porzókezdemények a ventrális programot hajtják végre, és végeredményben csupa olyan ventrális jellegű szíromlevél képződik, amelyek elrendezé-dése szimmetrikus.

Úgy tűnik, hogy az embe-rek esetében is vannak gene-rációkon átnyúló epigenetikus hatások. A második világhá-ború idején éhező hollandok unokái kö-zött négyszer több volt a cukorbeteg, mint a kontrollcsoportban. Vagy például a XIX.



8. ábra. A vadtípusú és a tortamutáns virágok szerkezete. A tortamutáns-változatban a *cycloidea* gén funkciójának hiányában a dorzális (felülső) szíromlevelek és a porzók a ventrális (alulsi) fejlődési programot hajtják végre

században a svédországi éhínség ide-jén éhező férfiak fiúunokái között ritkák voltak azok, akik keringési rendellenes-ség miatt haltak meg.

1865 óta, midőn Mendel feltárta az öröklődés törvényszerűségeit, a jelen-ség további érdekes aspektusait ismer-tük meg, köztük az epigenezist. Általa a környezet és a tulajdonságok öröklődése közötti kapcsolat fontosságát értettük, értjük meg.

Vajon kiderülne néhány marsi ho-mokszezből, hogy milyen közeg szállította őket? Ha víz, akkor csak időszakos áradás volt, mint egy földi vihar esőzése után a sivatagban, avagy esetleg egy ősi tó partján lökődtek a hullámok a szemcsét? Erre és hasonló kérdésekre keresi a választ a következő európai Mars-szonda – mindezt természetesen az élet lehetősége szempontjából vizsgálva.

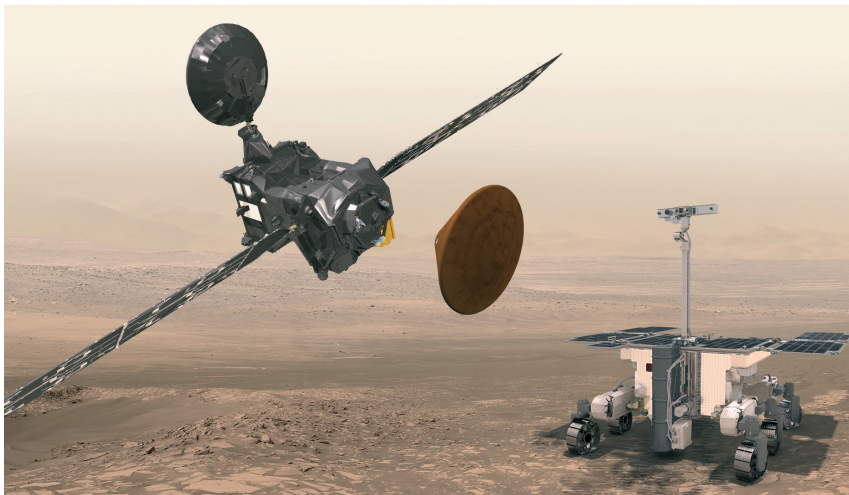
A Hold után sok ember számára a má-sodik legérdekesebb objektum a világ-űrben a Mars, nem véletlen, hogy ide küldték a legtöbb üreszközt. Az űrszon-dás Mars-kutatás története a 60-as évek elején kezdődött, amikor elindították a legelső szondát (a szovjet Marsz-1-et) a bolygó felé. Az évek alatt a kutatások fő célja folyamatosan változott, először a felszín általános felderítése, majd víz ku-tatása, jelenleg pedig a lakhatóság feltér-kepezése zajlik. A közeljövőben a fő cél az élet nyomának keresése, illetve minták Földre hozatala lesz. [1] Napjaink pro-gramjának fontos eleme a 2020-as indu-lással tervezett ExoMars rover küldetés is (1. ábra). A program és a marsi munka tervezése, illetve az eredmények értelme-zése miatt is szükséges az ún. Mars ana-lóg területek tanulmányozása a Földön (Izland vagy a sivatagos területek), bár bolygónkon csak részleges analógiákat találhatunk. Az itt végzett vizsgálatok le-hetőséget adnak olyan folyamatok (pl. folyóvíz vagy szél munkájának) megértésé-hez, amelyek már az egykori környezetek rekonstruálásban segítenek, ami főleg ak-kor hasznos, ha olyan műszereket haszná-lunk, mint amilyenek például az ExoMars roveren lesznek.

De a látványos sivatagok és sarkvidé-kek mellett nem kell lebecsülni hazánkat sem [1], mivel itt is találhatunk a Mars analóg kutatáshoz megfelelő terü-leteket, üledékeket, folyóvíz vagy szél által szállított és lerakott képződménye-ket. A magyar COOP-NN-116927 pro-gram célja „lemásolni” azokat a vizsgá-lati módszereket, melyeket az ExoMars végez majd, és bemutatni, mennyire könnyű vagy nehéz ezekkel az üledé-kek eredetét azonosítani. Ezért itt a Földön is a furatlyuk elkészítése után végigpásztázzuk, majd a megfelelő mű-szerekkel megvizsgáljuk a mintákat. Utóbbit tekintve „erősebbek vagyunk” a küldetést indító ESA-nál, igaz, mi bár-mekkora és bármilyen bonyolult labor-műszereket használhatunk. Ha itthon azonosítjuk a szállítási mód jellegze-tes bélyegeit, indikátorait, ezek célzott marsi keresésével hatékonyabbá tehet-jük a rover munkáját (a folyóvízi és szél által szállított üledékek elkülöníté-se nem mindig egyszerű) (1. táblázat).

KAPUI ZSUZSANNA

Víz vagy szél?

Üledékek eredetének vizsgálata a Marson és a Földön



1. ábra. A 2016–2018 ExoMars program elemei (Forrás: exploration.esa.int)

Az első európai rover a Mars vizsgálatára

Az ExoMars rover küldetés a tervek szerint 2020-ban startol, fő célja az esetleges élet számára nyújtott körülmények elemzése [3], és a felszín és felszín alatti kőzetek kutatásával a bolygófejlődés megértése. A leszálló egységről leguruló, kb. 6 hónapos élettartamra tervezett rover néhány km-es távolságot tesz majd meg, a folyamatos energiaellátását a tetején található napelemek biztosítják. A tudományos műszerek a Pasteur nevű egységben csoportosulnak: a rendszer többek között tartalmaz egy panorámakamerát, egy fűrót, mintaelosztó rendszert, illetve a különböző mintaelemző laboratóriumi egységeket. A terv szerint a rover 2 méteres mélységre fűr le, ami azért szükséges, mert a marsi környezetet átalakító különböző tényezők ilyen mélyre már nagyjából nem hatolnak le (2. ábra), így ha elérjük a kb. 2 méteres mélységet, feltehetőleg a roncsoló folyamatok által nem érintett kőzettel találkozhatunk.

A fűrés időtartama változó, néhány perctől akár napokig is terjedhet. A folyamat lassú, hogy ne melegedhessen fel a minta. A mintavételezés egy gyémánt geotechnikai vágófejjel történik: az így kapott fűrőmagok kb. 1 cm átmérőjűek és 4 cm hosszúak. A kiemelt anyag megértése azonban önmagában nagyon nehéz – kell a kontextus, amit egy „átlagos geológus” látna a helyszínen. A fűrés helyszínéről ezért a PanCam (fedélzeti

kamera) készít képeket, míg a CLUPI (közeli képfelvévő) szintén lefotózza a fűrés helyét és a mintát egyaránt (itt azt látja a szonda, amit egy geológus a nagyító alatt). Az utóbbi műszerrel nagyobb felbontású képek is készíthetők, akár 7 $\mu\text{m}/\text{pixel}$ felbontással. Ideális esetben az ISEM nevű infravörös detektor is segíti a célpont összetételének becslését,

	Eolikus (szél által szállított)	Fluviális (folyóvíz által szállított)
osztályozottság	nagyon jól osztályozott üledék (egyforma mérettartományú szemcsék jellemzik)	rosszul osztályozott, változó mérettartományú szemcséket tartalmazhat [agyag ($\leq 0,002$ mm), homok, akár görgeteg (64–256 mm)]
kerekítettség, koptatottság	jól kerekített szemcsék	változatos alak (szögletes, kerekített)
összetétel	monomineralikus vagy közel monomineralikus – döntően egyfajta ásványból épül fel: túlnyomórészt kvarc, ritkábban karbonát vagy egyéb ásványok	polimineralikus, főleg kvarc, földpát, csillám
kapcsolódó képződmények	homok, aleurit (aleurit-finom homokig)	konglomerátum, homokkő, agyagkő

1. táblázat. A legjellemzőbb tulajdonságok, amelyek alapján az eolikus és fluviális üledékeket a legegyszerűbb szétválasztani

bármiféle minta-előkészítés nélkül. A fűrőlyukban a fűrés során a fűrófej mellett, oldalt elhelyezkedő MaMiss érzékelő pedig végigpásztázza a falat az infravörös tartományban,

megbecsülve az összetételt és némi üledékes szerkezetet.

Ezután következik a minták vizsgálata, amely mindig a kiemlést követő kora reggel kezdődik, amikor a hőmérséklet még -40 °C alatt van, így mind az OH, mind a szerves anyag meg tud maradni a mintákban. A porítás után (kb. 1 mm³ anyagot porít a rendszer) a különböző műszerek kapják meg a port: a MicroOmega ásványazonosítást, szerves-, és OH-tartalom meghatározást végez, a MOMA szerves anyagot észlel, illetve biogén és abiogén molekulák kiralitását határozza meg), a Raman pedig az ásvány-, és szervesanyag-azonosításában, ill. OH-tartalom becslésében segít (2. táblázat).

Első analóg helyszín: Pilismarót

Az első, itthon vizsgált analóg terület Pilismaróton van, mely kb. 10 km-re nyugatra található Visegrádtól. A korábban már jól megkutatott terület előnye hogy viszonylag sok feltárás található egymás közelében (3. ábra) és mindössze kb. 2 méteres mélységig jelentős a fiatal, negyedidőszaki (kb. 2,5 millió évtől máig) üledékek változékonysága: megtalálható folyóvízi,

ártéri, sőt szél által szállított üledékek is.

Az összegyűjtött minták feldolgozása és mérése a Magyar Tudományos Akadémia Földtani és Geokémiai, valamint a Földrajz-

	ExoMars műszere (felbontás vagy tartomány)	Általunk használt műszer, (felbontás vagy tartomány)
Helyszínfotó	PanCam	fényképezőgép
Közelebbi kép a vizsgált mintákról	CLUPI (7 $\mu\text{m}/\text{pixel}$)	Optikai mikroszkóp, Morphologi
Ásványazonosítás	MicrOmega (0,9-3,5 μm tartomány)	FTIR Vertex 70 infravörös spektrométer (2,5-25 μm), Shimadzu UV-VIS-NIR 3600 spektrométer (1,8-2,4 nm)
Ásvány-, és szerves anyag meghatározás	Raman (a spektrális (hullámhosszban): kb. 6 cm^{-1})	Raman (Morphologi 3G ID)
Szervesanyag-meghatározás	MOMA (pyr-GC mód: $\leq 1\text{Da}$; LDI mód: $\leq 2\text{Da}$; 500-tól 1,000 Da-ig)	Raman, FTIR Vertex 70 infravörös spektrométer

2. táblázat. Az ExoMars rover (2. oszlop) és a magyar kutatók (3. oszlop) által használt műszerek (Da = dalton = atomi tömegegység)

tudományi Intézetének laboratóriumaiban zajlik. Minden műszeres vizsgálat alapja az optikai mikroszkópos elemzés, mely segítségével jellemeztük a rétegekből származó mintákat, azaz meghatároztuk a fő ásványokat, leírtuk a szemcsék méretét, kerekítettségét, koptatottságát illetve az üledékek osztályozottságát (3. ábra). Hasonlót a CLUPI műszer végez az ExoMars roveren, ez veszi „szemügyre” elsőként a mintát. Ezek után a földi, különböző rétegből származó porított mintákat, ásványmeghatározásra alkalmas műszerekkel vizsgáljuk (két infravörös spektrométerrel) – ezek az ExoMars MicrOmega berendezéséhez hasonló elemzéseket végeznek. Mindezzel tisztább képet kaptunk a minták pontos ásványos összetételéről (4. ábra). A földi laborban a Morphologi 3G ID műszer, amelyhez egy Raman-érzékelő is kapcsolódik szintén bevetésre került. Ez a berendezés képes az egyes a szemcséket külön-külön, többféle tulajdonságuk szerint is megmérni (kerekítettség, megnyúlás stb.) (5. ábra). Mindezekből statisztikák készíthetők, és a műszer a szemcséről külön-külön Raman-spektrumot vehet fel, így megállapítva egy érdekesebb szemcséről milyen ásvány is valójában.

A sokfajta mérés ellenére sem sikerült szembetűnő különbséget kimutatni a különböző eredetű minták között, azaz nem volt jelentős különbség sem ásványtanilag, sem morfológiailag pl. a fluviális és az eolikus eredetű szemcsék között. [4] Ez is bizonyítja, hogy sokszor hiába várunk tankönyvi példának megfelelő eredményeket, csak a szemcsékre koncentrálna néha szinte lehetetlen elkülöníteni a különböző üledékeket. A pilismaróti példa esetében ez feltehetőleg azzal magyarázható, hogy az eolikus üledékek korábban szállítottak folyóvízi úton is, de ezt követően nem szállítottott annyi ideig kizárólag eolikus, hogy a fluviális nyomok

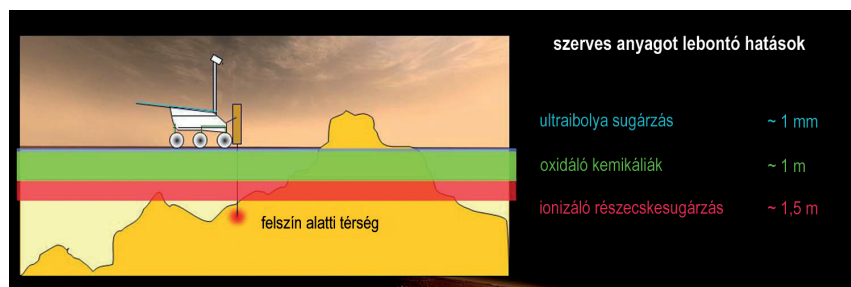
eltűnjenek a szemcsékről. Hasonló helyzet talán a Marson is előfordul – bár ennek valószínűségét még becsülni is alig tudjuk.

Francia kiküldetés – Orléans

A nemzetközi együttműködés keretében egy további sikeres pályázatnak köszönhetően (COST-STSM-TD1308-32028) lehetőségem nyílt egy hetet Orléans-ban, a Centre national de la recherche scientifique (CNRS) egyik központjában, a Centre de biophysique moléculaire-ben (CBM) tölteni. Ezen belül az exobiológiai csoport munkájába tekinthettem be rövid időre, mely nagyszerű együttműködés a természettudomány különböző területei között. Itt együtt dolgozik geológus, kémikus, fizikus vagy akár biológus. Az itt folyó kutatások fő tárgya az élet eredetének és fejlődésének elemzése, de nemcsak a földi körülmények kö-

a legérdekesebb. Az egyik PhD-hallgató a legősibb földi közetekben keres biológiai maradványokat (mikrobiális szőnyeg vagy mikrofosztila-nyomokat) és ezek geokémiai és morfológiai tulajdonságait vizsgálja. A minták alapján megpróbálja levezetni a közetekben található primitív, legtöbb esetben kemotróf bakteriális szervezetek ökológiáját, anyagcseréjét. Ezek a szervezetek az esetleges kipusztult, vagy jelenlegi egyszerű marsi élet lehetséges analógiáinak is tekinthetők. Egy másik, már befejezett kutatás során archai korú (kb. 2,5 milliárd évvel idősebb) fotoszintetizáló (fototróf) organizmusok evolúcióját vizsgálták az ősi Földön. Kifejlesztettek egy izotópelemzésre alkalmas kísérleti módszert, amelyet a szervezetek által létrehozott mikrobiális szőnyegek vagy sztramatolitokon használtak. A vizsgálatok során sikerült a legősibb fototróf szervezeteket tartalmazó közeteket (Josefsdal Chert, Barberton zöldkő-öv, Dél-India) megvizsgálni. A harmadik kutatási program a prebiotikus kémia és geológia határán mozogva próbálja megérteni, hogy valószínűleg milyen kémiai folyamatok játszhattak szerepet a korai Földön előfordult szerves molekulák felszínén és mi vezetett a mai, bonyolult biokémiai folyamatokhoz. Mindegyik kutatás hozzájárulhat a marsi kérdések megválaszolásához is.

A francia központhoz kapcsolódó egyik jelentős projekt: az ISAR (International Space Analogue Rockstone). Ennek a célja, hogy a földi, ún. Mars analóg közeteket olyan műszerekkel vizsgálják, amelyek az ExoMars programban is szerepelnek, és segítségével az űrszonda műszereit majd úgy kalibrálják, ahogy a földi mérések során a legjobb eredményeket adták. Cél, hogy a szonda indulásig összeállítsanak egy olyan referencia adatbázist, amely bazaltok, különböző üledékek és ásványok morfológiai, geokémiai és közettani tulajdonságait tartal-

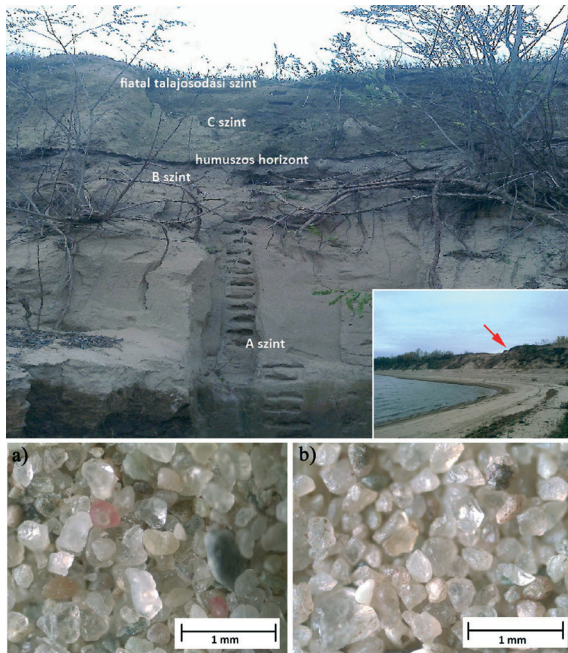


2. ábra. A szerves anyagokat lebontó hatások a Marson: UV sugárzás (a felső kb. 1 mm-ig jut le), oxidáló kemikáliák (a felső kb. 1 m-en hatnak), ionizáló sugárzás (kb. 1,5 m-ig jut le)

zött, hanem ennek lehetőségét a Naprendszer többi égitestén is (főleg a Mars esetében) vizsgálják. Jelenleg is több kutatás zajlik párhuzamosan, ezek közül számomra – mint geológusnak – az alábbi három volt

mazsa, így segítve az ExoMars munkáját.

A Franciaországban töltött egy hét alatt a különböző laborok megismerése után lehetőségem volt a saját mintáink leérésére az intézetben található Raman-műszerrel



3. ábra. A pilismaróti partfal és egy fontosabb feltárás. A kis képeken alul a) fluvialis homok és b) eolikus homok mikroszkopikus képe

(ásvány- és szervesfázis-azonosítás). Három mintát elemeztem: Líbiából származó dűnehomokot, dunai futóhomokot (eolikus üledékek), illetve egy miocén korú mecseki fluvialis homokkővet. A mérendő szemcséket és területeket mikroszkóppal választottuk ki (6. ábra), majd a líbiai homokról és a fluvialis homokokról összetétel-térképet készítettünk, illetve az érdekesebb szemcsék esetében pontméréseket is végeztünk. Kinti munkám másik nagy előnye, hogy az ISAR gyűjteményéből mintákat hozhattam haza, ami elősegítheti az ExoMars roverrel kapcsolatos itthoni munkánkat. Ezek között van egy átalakult vulkáni üledék Ausztráliából, egy bazalt Dél-Afrikából és kétfajta bazalthomok Izlandról (7. ábra).

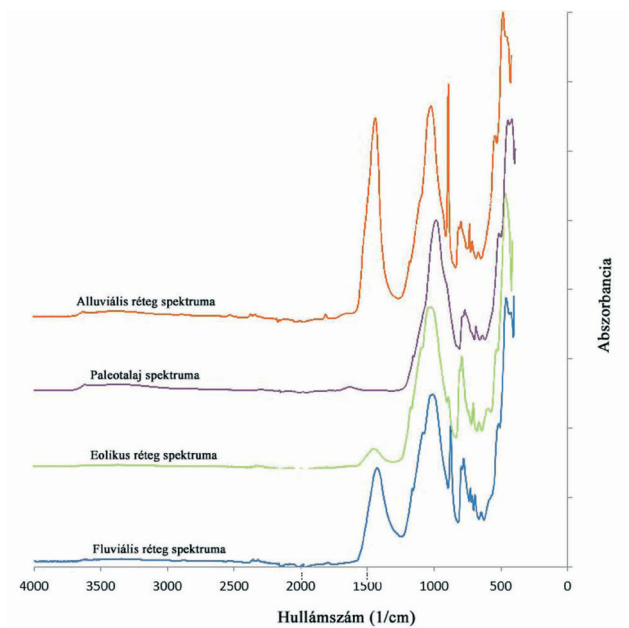
Mire jó ez az egész?

A marsi kutatás révén tehát egy alapvető földi kérdéskör is boncolható, amelynek keretében eddig kiderült: a valóság gyakran sokkal nehezebben értelmezhető és bonyolultabb, mint a tankönyvi példák. Még csak a munka elején járunk, de reméljük, hogy sikerül hasznos kiegészítő földi tapasztalatokat adni az ExoMars rover fúrásainak értelmezéséhez – többek között olyan szempontból is, hogy a nehéz eseteket miként kell kezelni.

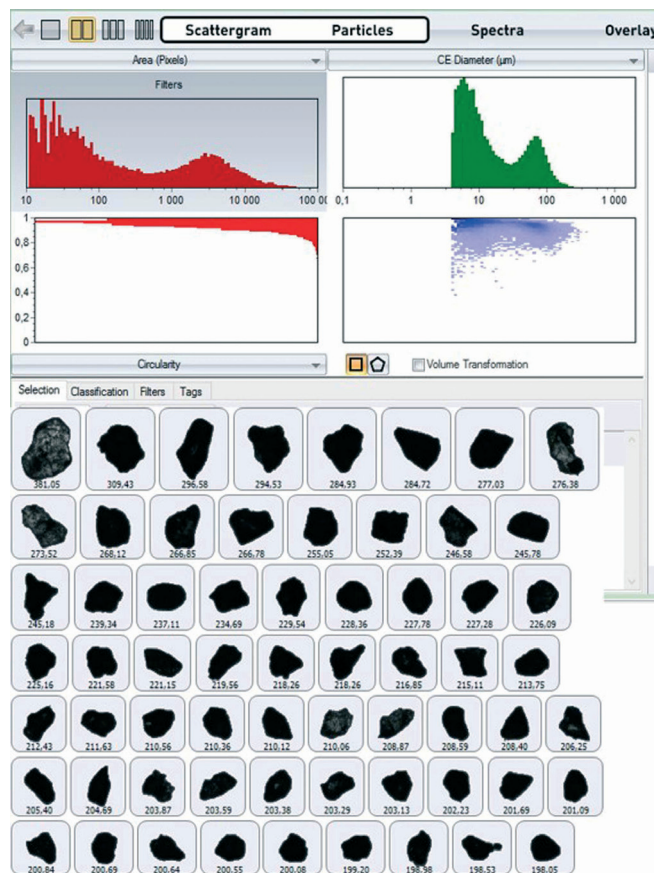
Az ilyen tapasztalatok segíthetik a különböző folyamatokkal kialakult üledékek eredetére vonatkozó határozó bélyegek megtalálását, a földi eredményeknek a

Marsra történő extrapolációjával. Mind ez segíthet az eredmények kiértékelésében is. A Marson még ma is fontos az esetleges eolikus és fluvialis üledékek elkülönítése, ez adhatja ugyanis azt a kontextust, ami esetleg egy azonosított szerves molekula, avagy potenciális ősi életnyom értelmezéséhez szükséges.

A projekttel nem csak a Marson is fellépő folyamatok földi megfelelőinek jobb megismeréséhez járulhatunk hozzá. Egy fontos nemzetközi programhoz kapcsolódó analógia kutatás újabb területen használhatja fel a hazai földtudományi ismereteket és laboratóriumi kapacitásokat. A Mars jobb megismerésében, egyes speciális témakörökben a földi folyamatok és jelenségek megértése



4. ábra. Az összes rétegről infravörös spektrométerrel kapott különböző spektrum



5. ábra. A fluvialis homokról készült Morphologi-s eredmények: a szemcsékről készült képek, illetve egyéb statisztikai diagramok



7. ábra. Az Orléans-i kiküldetés a) az ISAR minták, b) optikai mikroszkóp (a képen az intézet egyik doktorandusza: Keyron Hickman-Lewis)

segít, noha nem Marson dolgoznak a kutatók, a vörös bolygóra releváns eredményeket is kaphatnak.

A magyar analógia kutatóprogramot az NKFIH a COOP-NN-116927 pályázattal támogatta, továbbá köszönetet érdemel az eddigi munkában nyújtott segítségért Bradák Balázs, Józsa Sándor, Kiss Klaudia, Szalai Zoltán, Szeberényi József, Sztanó Orsolya és Újvári Gábor.

Az írás a Magyar Tudományos Akadémia Természettudományi Kutatóközpontja (MTA TTK) és a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat (TIT) közös ismeretterjesztő cikkpályázatán harmadik díjat kapott.

Irodalom

- [1] Kereszturi Á. 2012. Mars – fehér könyv a vörös bolygóról. Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest
- [2] Kereszturi Á., Bradák B., Újvári G. 2015. Hogyan vizsgálhatnánk más égitesteket a Kárpát-medencében? Természet Világa, 172-175.
- [3] Pál B., Kereszturi Á. 2015. Evaluation of liquid brine appearance at ExoMars rover's candidate landing sites. 46th Lunar and Planetary Science Conference, abstract 1796.
- [4] Kereszturi Á., Újvári G., Bradák B. 2014. Estimating the origin and transport process of grains expected to find during the drill of ExoMars rover mission. 45th Lunar and Planetary Science Conference, abstract 1496.

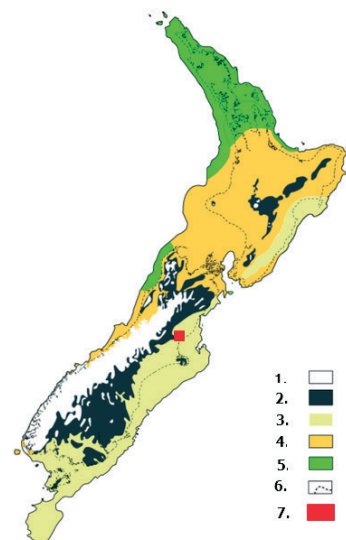
SÜMEGI PÁL–GULYÁS SÁNDOR–
SÜMEGI BALÁZS PÁL

Új-Zélandon jártunk, mesterségünk címere a löszkutatás

A negyedidőszaki szárazföldi képződmények közül az egyik legjellemzőbb közettípus a lösz, amely bolygónk felszínén mintegy 10 millió km²-t borít. A jégkori sárga üledéket alkotta löszös rétegekről és a bennük található fosszilis talajszintekről az első tudományos megfogalmazások Luigi Ferdinando Marsigli gróf (1658–1730) tollából származik. 1726-ban kiadott művében szerepel a következő két latin mondat: „Terra nigra fructifera pinguis. Terra lutosa cinerive et in fragmento cretacea priabilis” = „Fekete termékeny kövér föld (= fekete televény, azaz talaj). Sárgásszürke föld karbonátos fragmentumokkal (= lösz konkréciókkal).” Ez a munka az oszmán megszállás alól felszabadított királyi Magyarország déli részén, a Duna völgyében végzett utazást mutatta be, ahol a dunai magaspartokat alkotó löszös rétegeket és fosszilis talajokat ismerte fel Luigi Ferdinando Marsigli gróf. Ezzel szinte egy időben a Balaton déli részén, a somogyi partokat alkotó sárga földet (= löszös rétegeket) írta le Bél Mátyás magyar polihisztor Balatonkeresztúron. Majd Robert Towson, a skót akadémia tagja tárta fel a tatai gimnázium alatt található szörnyű elefántcsontokat (mamutcsontokat) tartalmazó löszös rétegeket 1790-es években a magyarországi utazásai során. Ezt követően a francia geológus, François Sulpice Beudant ismerte fel és térképezte a diluviális (jégkori) sárga földet a Balaton környékén, és térképre is vitte az elterjedésüket (1818).

A löszös képződmények első tudományos leírójának mégis a német heidelbergi ásványtani professzort, Karl Caesar Ritter von Leonhard (1779–1862) bárót tartjuk. Leonhard a Rajna völgyében felismerte, leírta, és a német bányászati lose (laza) kifejezést átveve, lösznek nevezte el ezt az üledékes képződményt 1824-ben megjelent könyvében. Leonhard a löszös rétegekből előkerült csigafajok héjait és a ma-

mutcsontokat is megemlíti ebben a munkájában, és többek között csigahéjas talajként (*Schneckelhausen Boden*) említi az Oppenheim környéki löszöket. Leonhard eredményeit Charles Lyell (1797–1875) a *Földtan alapelvei* (Principles of Geology)



1. ábra. Új-zélandi szigetek jégkori kiterjedése és növényzete az utolsó eljegesedési maximumban, 20–21 ezer évvel ezelőtt (Newnham et al. 2007)
1: jégtakaró kiterjedése; 2: jégtakaró peremén kialakult tundra jellegű növényzet; 3: olvadákvízsiáság és porfelhalmozódási övezet löszsztyeppel és szórtan fákkal, cserjékkel; 4: fenyővel, déli bükkal (*Notofagus*) kevert erdősztyepp; 5: döntően déli bükk- és kőtiszafafélék (*Podocarpus*) erdők; 6: Új-Zéland mai partvonal; 7: a vizsgált lelőhely

munkájában népszerűsítette, és az egész világon elterjesztette a lösz közzétani – geológiai szakkifejezést (1833). Ezt követően a világ sok területén felismerték a löszös



2. ábra. Oamaru-parti löszrétegek. A vulkanikus alapkőzet felett morénarétegek és az ezekre települt jégkországi löszös üledék található

képződményeket, de a képződési körülményekről a német földtudományi szakember, *Ferdinand von Richthofen* (1833–1905) és a magyar geológus, id. *Lóczy Lajos* (1849–1920) kínai útjait követően, az igen jelentős vastagságú kínai löszös rétegek felismerése és leírása után alakították ki csak az első reális elképzeléseket. Az említett kutatók kínai útjáig tavi, folyóvízi képződménynek tartották a löszös rétegeket – elsősorban azért, mert a löszös rétegek egy részében jelentős mennyiségű, vízi környezetben élő csigafaj héjait találták meg.

Az új-zélandi löszök

Ezekkel az első löszleírásokkal és tudományos munkákkal párhuzamosan ismerete fel és írta le *Julius von Haast* (1822–1887) bonni születésű geológus Új-Zéland déli szigetén, Christchurch városától déli irányban lévő Banks-félsziget löszképződményeit 1878-ban, majd a Canterbury síkságon 1879-ben. Julius von Haast, vagy, ahogy angol nyelvterületen hívták, *John Francis Julius von Haast*, kereskedőnek szánták, ezért 1858-ban, a 1840-től már a gyarmattá alakított Új-Zélandra küldte egy angol kereskedelmi ház. Itt viszont a korábbi tanulmányai, és fiatalkori álmai után indult inkább, és geológusként, paleontológusként kezdett el dolgozni. A löszképződmények mellett az óriásfűtő és ragadozó madarakat, a kihalt endemikus ropképtelen moákat, és a Földünkön valaha élt legnagyobb, 3 mé-

teres szárnyfesztávolságot, és 12–15 kg is elérő óriási ragadozó sast is leírta csontok alapján. A Philosophical Institute of Canterbury és Canterbury Museum nevű intézetet is Haast alapította, és ez utóbbiban a geológia és paleontológia tanáraként dolgozott. Érdemeiért lovaggá ütötték, a Déli-sziget északnyugati partjának egyik

legnagyobb városkáját, az odavezető hágot és egy kőzetet egyaránt Haast-ról, az új-zélandi löszök első felismerőjéről nevezték el.

A következő új-zélandi löszkutató, *John Hardcastle* (1847–1927) Angliából vándorolt be, aki Yorkshire-ben született, és az új-zélandi Timaru kisvárosának kikötőjében (Darling Harbour) található löszös rétegsort elemezte. Munkája során felismerte a timarui löszben található két erőteljes foszszilis talajt, és rámutatott a löszök és a foszszilis talajok klímajelző szerepére 1890-ben. Ugyancsak Hardcastle ismerte fel az új-zélandi löszök elemzése során, hogy poranyagát a nagy „jégmalom”, azaz a jégkori, óriásira duzzadt gleccserek és jégtakarók alakították ki azzal, hogy a hegységek anyagát lepusztították és a hegységek előterébe szállították a törmeléket. Onnan aztán további, elsősorban eolikus áthalmozódással kerültek megtalálási helyükre, a gleccserek és jégtakarók előterében található olvadékvíz-síkságok peremén kifejlődött löszös síkságokra. Ez a gondolatkör, amelyet ma már többszörösen is megerősítettek a kutatások, csak 80–90 év múlva került a kutatásokban vezető atlanti kutatócentrumok gondolatkörébe.

Ugyanakkor tudnunk kell, hogy mind az új-zélandi (**1. ábra**), mind az argentin (patagóniai) löszök kivételes helyzetben vannak, mivel a déli félteke közepes szélességén is lehetővé teszik a löszös képződmények vizsgálatát és összehasonlító elemzését az észak-amerikai és az eurázsiai löszökkel. Mindezek mellett kiemelkedő szerepük van

3. ábra. Lake Tekapo (Tekapó-tó), a 2011-es AQUA találkozó magyar–új-zélandi löszkutatói együttműködés megkötésének helyszíne a Christchurch város reptere felé ereszkedő repülőgépről fotózva



e képződményeknek abban, hogy jobban megérthessük a jégkorban lejátszódó klímaváltozásokat és azok környezetre gyakorolt hatását, melyek nyomán korrekt összehasonlító elemzéseket végezhetünk az északi és a déli féltekén a jégkor végén lejátszódott éghajlati változások menetéről, kifejlődéséről és szinkronizációjáról.

Az új-zélandi löszök esetében kiemelkedő jelentőségű, hogy a jégkorszak hidegebb periódusaiban a Déli-szigeten található Déli-Alpok hegységei teljesen eljegesedtek, és így a megnövekedett erózió, valamint a hegység előterében kialakult gyér növényzeti borítás következtében hatalmas mennyiségű glaciális por alakulhatott ki és szállítódott, rakódott le a Déli-sziget peremén. Ebből az igen nagy mennyiségű poranyagból jelentős vastagságú löszrétegek fejlődtek ki (2. ábra), de még a környező tengeri területeken is jelentős mennyiségű, szárazföldi eredetű poranyag keveredett a tengeri üledékekhez. Az igen korai tudományos kezdetek és a geológiai adottságok ellenére a jégkori valódi szárazföldi képződményekből, köztük a löszökből

ez a jelentős különbség azért alakult ki, mert a löszrétegekké formálódott poranyag alapkőzetét a Déli-Alpok keleti részén található karbonátmentes *Torless Grauwacke* sorozat aprózódása alkotta. Viszont a Canterbury-síkság északi részén, Christchurch város környezetében, valamint a Déli-sziget legészakibb részén, Marlborough és Blenheim vidékén a harmadidőszaki karbonátos alapkőzetek aprózódása nyomán karbonátos löszök fejlődtek ki, amelyben a gerinces-maradványok, csigahéjak, moa tojáshejak kiválóan konzerválódtak. Az első új-zélandi terepi gyűjtések során itt találtunk jó megtartású, unikális löszcsigákat 2005-ben, amikor is elhatároztuk, hogy legalább egy „*kiwilandí*” löszszelvényt feldolgozunk.

Miért a szegedi kutatók végezték a vizsgálatokat?

A magyar löszkutatás a konzervatív alpi nevezéktan használata és a ma már még hazai szinten is meghaladott hivatalos rétegtá-

közelítés fejlődött ki, míg a Kolozsvárról a trianoni békediktátum után Szegedre átköltözött egyetem és geológusok, *Sümeghi József* (1892–1955), *Miháltz István* (1897–1964) munkája nyomán a löszök részletes, *analitikus* geológiai, őslénytani elemzése alakult ki. Olyan őslénytani vizsgálatokat végző szegedi biológusok és paleontológusok (*Czögler Kálmán*, *Rotarides Mihály*, *Greguss Pál*, *Miháltzné Faragó Mária*, *Horváth Andor*) csatlakoztak ehhez az irányathoz, akik megalapították a Kárpát-medencei löszök malakológiai, paleobotanikai, közte pollenanalitikai, valamint a löszökben található szénült famaradványokkal foglalkozó anthrakológiai elemzéseket. Ennek a szegedi kutatócsoportnak a legkiemelkedőbb eredményeihez tartozik a Szeged – őthalmi lösz – paleolit lelőhely (1935–1936) és a paksi téglagyár (1952–1954) részletes geológiai és őslénytani vizsgálata.

Mivel a tanítványok (*Dobos Irma*, *Molnár Béla*, *Szőnoky Miklós*, *Iványosi-Szabó András*, *Kuti László*, *Mucsi Mihály*, *Kriván Pál*, *Moldvay Lóránt*, *Ungár Tibor*, *Urbancsek János*) töretlenül folytatták ezeket a kutatásokat az Alföldön, így a XXI. századunk kezdetén már igen jelentős adatbázis alakult ki Szegeden a Földtani és Őslénytani Tanszéken a löszök üledékföldtani, geokémiai, őslénytani vizsgálatáról. Majd 2000-től ezek a vizsgálatok új szinten folytatódtak, mivel a löszök vizsgálatába igen nagyszámú és sorozatot alkotó radiokarbon-elemzéseket, és statisztikusan értékelhető üledékföldtani, őslénytani analíziseket, közte növényi opalit- (fitolit), pollen-, növényi alkanvizsgálatokat kapcsolunk be. Mindezek mellett a löszös rétegsorokat addig soha nem használt, mindössze 2–4 cm vastagságú, néhány évtized alatt kialakult mintákra bontva gyűjtöttük be, és vizsgáltuk meg, valamint ezeket az elemzéseket kiterjesztettük a Vajdaságra, Baranya horvátországi részeire és a Partium területére is. Ennek nyomán a Kárpát-medencét átfogó üledékképződési modelleket, valamint paleobiogeográfiai rekonstrukciókat dolgoztunk ki az elmúlt mintegy 20 év során.

Ezekre az új megközelítésekre és eredményekre azonnal felfigyelt a nemzetközi kutatás, és kínai, közép-ázsiai, dél-szibériai expedíciók mellett új-zélandi tudományos együttműködés kialakítására is sor került 2011-ben, a Lake Tekapo-nál (3. ábra) szervezett ausztrál és új-zélandi negyedidőszak kutatókat tömörítő AQUA előadó ülésén. Ennek nyomán, és a 2005-ben végzett első terepi gyűjtés tapasztalatai alapján kezdtük el a közös munkát *Peter Almond* tanszékvezető egyetemi docenssel, az új-zélandi Lincoln Egyetem tanárával 2014-ben (4. ábra). Munkánk szerencsésen egybeesett a déli féltekén negyedidőszaki képződményeit vizsgáló kutatók azon törekvéseivel, hogy a jégkor legvé-



4. ábra. A magyar–új-zélandi team a Csendes-óceán partján (balról: Sümeghi Pál, Peter Almond, Gulyás Sándor)

viszonylag kevés éghajlat- és környezettörténeti vizsgálat készült Új-Zélandon, mivel elsősorban a tengeri, tavi-lápi képződményeken végeztek ilyen irányú vizsgálatokat a kutatók. A löszök iránti visszafogottabb tudományos érdeklődéshez az a tény is hozzájárult, hogy az új-zélandi löszök jó részét a karbonátmentesség és az enyhén savas pH jellemzi, ezért csontok, tojáshejak, csigahéjak nem maradtak fenn ezekben a rétegekben. Az eurázsiai löszök összetételétől

ni nomenklatura ellenére a világ élvonalába tartozik, mivel Lóczy Lajos kínai kutatásait követően, irányítása alatt az 1880-as évektől megkezdődött a Magyar Állami Földtani Intézetben a löszök agrogeológiai vizsgálata, térképezése. Majd a magyar löszkutatásban kétféle irányzat alakult ki az 1920-as években. Budapesten a *Cholnoky Jenő* professzor, majd *Bulla Béla* professzor alapította makroszkopikus rétegekre koncentráló, szemlélődő, *filozofikus* meg-



5. ábra. Az Mt. Cass löszszelvény a munkánk kezdetén

gén, az utolsó 30 ezer év során kialakult globálisan is kimutatható hidegmaximumot (Last Glacial Maximum) a lehető legrészletesebben elemezzék. A lehetséges terepi helyszíneknél olyan lelőhelyek közül szelektáltunk, ahol

Omihi szeli át. A waiparai löszös rétegek szempontjából az Omihi-folyónak van kiemelt jelentősége. Ugyanis a vizsgált területen karbonátos harmadidőszaki képződményeket erodált ez a folyó, mégpedig olyan

gátat alá vont terület bár a nyugati szelek, az ún. „üvöltő negyvenesek” övezetébe esik, az egész terület klímáját mégis a Déli-Alpok hegyvonulata befolyásolja. Nyáron (az északi félteke telén) a hegység szélvédett oldalán kialakuló északnyugati fön szél nyomán száraz és meleg idő alakul ki. Ekkor a hőmérséklet 18–26 °C közötti, de elérheti a 30 °C-ot is. A telek hűvösesek, nem ritkán havasak is, a levegő hőmérséklete 7–14 °C közötti. Így az évi középhőmérsékleti átlag 12–13 °C közé esik. A vizsgált területtől nyugati irányban található az Omihi-folyó, ahol az ősmaradványokat megcélzó iszapoló helyünket kialakítottuk, és mély, 10–15 méteres, szinte teljesen függőleges löszfalak övezik a medrét. Az Omihi-folyóhoz nagy kiterjedésű, az egész területet sakkáblaszerűen felosztó aszóvölgy-hálózat kapcsolódik.

A vizsgálat alá vont szelvény 300 méter széles volt, és a legjelentősebb vastagságú, platóhelyzetű szelvényrészelt választottuk ki mintavételre. A mintavételezés fizikai munkával kezdődött, mivel mintegy méter szélesen és másfél méter mélyen meg kellett tisztítani a kiválasztott profilt. A teljes munkát biztonsági kötél és hevederen lógva, Új-Zélandon kötelező biztonsági felszerelésben (védősisak, zárt védőruha, védőbakancs, védőkesztyű és védőszemüveg) kellett elvégezni (6. ábra). A letisztított profilból 2 cm-ként emeltünk ki mintákat mágneses szuszceptibilitás, lézer szedigráfias szemcseösszetétel, izotópos vizsgálatra (7. ábra). Mivel az elemzésekre majd 500 mintát gyűjtöttünk be, és ezeket az analíziseket Magyarországon végeztük el, a hajóúton és vasúton szállított minták mennyiségét is végig kellett gondolni. Az őslénytani vizsgálatokhoz mintánként 30 liter üledéket emeltünk ki mintánként, és szállítottuk le az Omihi-folyó völgyében kialakított iszapoló helyhez. Az iszapolásra 0,5 mm átmérőjű szitaszövetet használtunk, és szitán fennmaradt csigahéjakat, madártojásdarabokat, csontokat, és szennelt fákát válogattuk ki és határoztuk meg. A tömeges iszapolást és vizsgálatot azután döntöttük el, hogy a szelvény kialakítása során a tisztított falból moatojás-héj-darabok és a tudományra nézve új csigafajhéjak is előkerültek. A tojás-héjakat, gerinces-maradványokat és csigahéjakat felhasználtuk a legújabb radiokarbonos (AMS) vizsgálatokra is.



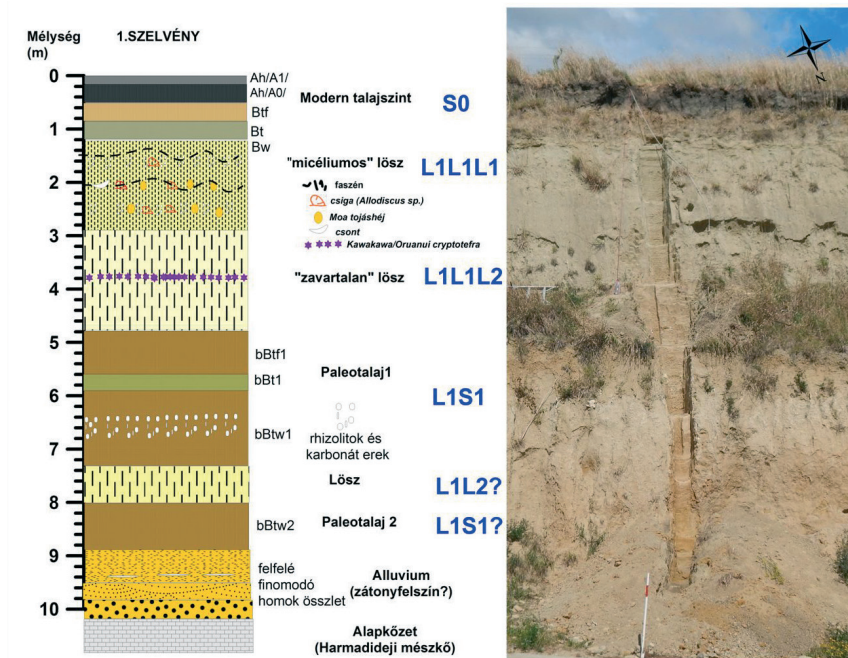
6. ábra. Új-zélandi védőfelszerelésben

már voltak korábban gyűjtések, így már egyértelmű volt, hogy a szelvény feldolgozása során az utolsó 30 ezer évre vonatkozó, és lokálisan, globálisan is egyaránt használható geológiai és őslénytani rekordokhoz juthatunk. A lelőhelyek ilyen irányú válogatása nyomán választottuk a terepi mintavétel, és a laboratóriumi vizsgálataink, földtani, klimatológiai és környezettörténeti elemzéseink helyszínéül a Canterbury-síkság északi részén a Waipara falucska melletti, a Csendes-óceántól néhány kilométerre, és a Mt Cass-re felvezető út mentén található löszszelvényt (5. ábra).

Terepi munkálatok

A szelvényt magába foglaló terület Mt. Cass régió. Ezt a régiót a terület fő vízgyűjtő folyója, a Waipara-folyó és mellékfolyója, az

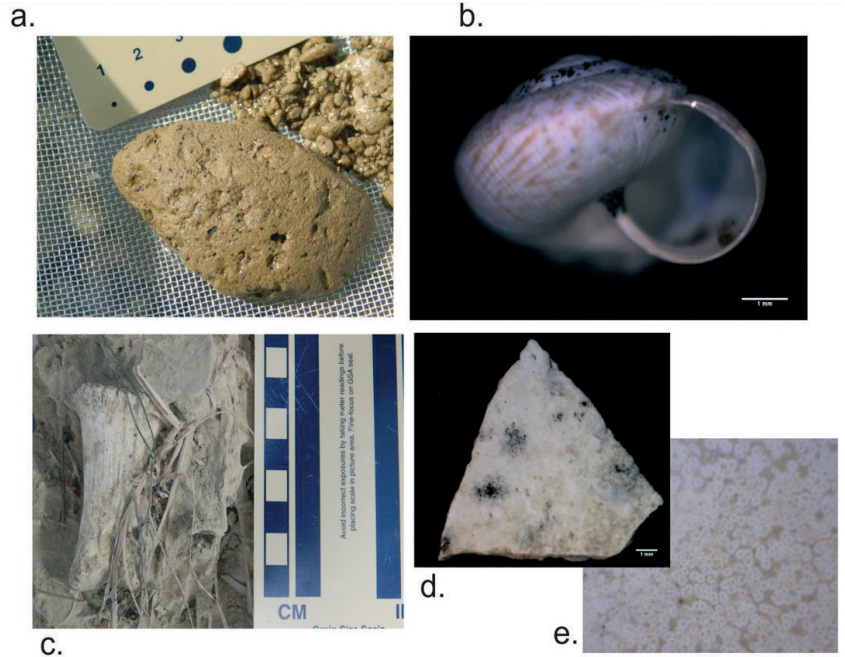
módon, hogy a Marine Isotope Stage 2 (MIS2 = 25 és 16 ezer évek között) megfelelő szakaszban a jégtakaró kiterjedése és ennek következtében lecsökkent tengerszintet, az erózióbázis mozgását követve bevágódott saját allúviumába. A karbonátos és kőzetlisztben gazdag allúvium felszíne így kiszáradhatott, és a szél által áthalmazott szemcsék alapanyagul szolgálhattak a Mt. Cass-i lösz alapanyagának. A szelvény szerkezetileg követi a területen húzódó Black antiklinális vonalát, a szelvényünk bázisát az antiklinális boltozatának megfelelően meghajlott, erőteljesen erodált és jégkori (pleisztocén) folyóvízi összlettel fedett oligocén mészkő alkotja. Az egész Déli-sziget folyamatos tektonikai aktivitásának következményeként a vizsgált szelvényrész a negyedidőszaki teraszfelszínekből kiemelkedett és enyhén KDK-i dőlésű. A szelvény kitérte EEK-i volt. A vizs-



7. ábra. A 2014 januárjában terepi munka során kialakított szelvény és rétegsora geológiai és őslénytani jellegzetességeikkel (Gulyás et al. 2014)

A szelvény vizsgálatának eredményei

A mintegy méter széles és 10 méteres profil átfogja a modern talajtól a karbonátos alapkőzetig tartó teljes rétegsort (7. ábra). Ennek alapját az erősen erodálódott oligocén korú mészkő alkotta. Erre települt a profilban mintegy méteres kifejlődésben felfelé finomodó, sík párhuzamos, majd vályúsan kereszttrétegzett fonatos folyómeder zátonyára jellemző aprókavicsos durvahomok, illetve durvahomokos középhomok települt, helyenként felszakított agyagos csomókkal keverve. A felszíntől számítva mintegy 9 méteres mélységben, a fonatos medrek által kialakított övzátony felszínén alakult ki az első, vörösbarna színű, erőteljes karbonátos konkréciókat, karbonátos gyökérkitöltéseket tartalmazó, finomhomokos szemcseösszetétellel jellemezhető egykori talaj. Erre a rétegre települt a mintegy félméteres kifejlődésben barnássárga színű, rétegtetlen löszszerű ötle. Ezen a löszös üledéken mintegy 2,5 méter vastagságú sárgásbarna színű paleotalaj fejlődött ki, amelynek alsó szintjében 10–15 cm hosszúságú karbonátterek, karbonátkonkréciók, kalcitosodott gyökérmadarványok (rizolitok) találhatók. A paleotalaj felső szintjében megtalálható volt a világosbarna színű kilúgzási szint, és az alatta található sötétbarna színű agyagfelhalmozódási horizont. Az agyagfelhalmozódási szintet le számítva, mindenütt a löszös alapkőzet kőzetlisztben gazdag kifejlődése dominált ebben a paleotalajszintben, amely mintegy 2 méteres vastagságú komplexumot alkot.



8. ábra. Fossziliák a szelvényből: (a) faszénes szint; (b) az egyik megtalált új *Allodiscus*-faj; (c) micéliumos löszből származó moa (*Dimornithiformes*) lápközépcsonkjára; (d) moa- (*Dimornithiformes*) tojáshéjdarab a löszszelvényből; (e) a moatojáshéj belső felszíne pásztázó elektronmikroszkóp felvételen

Erre a paleotalaj-komplexumra települt a majdnem 5 méteres kifejlődésű löszös réteg, amelyet szürkessárga színű, rétegtetlen, durvakőzetlisztes finomkőzetliszt alkot. A felszínközeli, mintegy méteres talaj ezen a rétegen képződött, ezért a tisztán löszös ho-

rizont mintegy 4,5 méteres kifejlődésű volt a vizsgált profilrészén. A makroszkóposan homogénnek tűnő löszsorozatot egy a geokémiai és mágneses szuszceptibilitás vizsgálatok során feltárt, rejtett vulkániporszint, úgynevezett rejtett tefraréteg osztja ketté (7. ábra). A kriptotefraszint 475 cm-nél húzódik és kora több kronológiai mérés alapján 25 400 +/- 200 év. Mindezek alapján a szelvény felső, megközelítőleg 4,5–4,7 méteres szakasza 25 ezer évnél fiatalabb. Ennél a szelvénytájaknál találhatjuk a legfontosabb kapcsolódási pontot az új-zélandi löszök és a magyarországi löszök között, elsősorban a madarasi, katymári, szeged-óthalmi löszös sorozatokkal kapcsolatban, mivel ezeknél a szelvényeknél 25 ezer évnél egy jellegzetes talajhorizont húzódik. Ezek a rétegtani adatok jó szinkronizációs lehetőséget, a fosszilis talaj, illetve a tefraszint vezérrétegeket biztosítanak az északi és a déli félteke szelvényei között, és ennek nyomán a környezeti változások kronológiailag összehasonlíthatóvá váltak.

Vizsont nem 25 ezer évvel ezelőtt, hanem 24 és 24,5 ezer év között történt az általunk vizsgálat alá vont új-zélandi löszszelvényben a legjelentősebb környezeti változás, a lösz színe sötétebbé vált, szövetében a

finomkőzetliszt-frakció aránya megemelkedett, finom karbonátkiválásokkal (micéliumos lösz) jellemezhető réteg alakult ki. Moatojás-, csontdarabok és csigahéjak, valamint apró szenült famadarványok kerültek elő ebből a szelvénytájakból. A változások alapján a

páratartalom és a növényzeti borítottság megnövekedett a területen. Valószínűleg egy hűvösebb, de nedvesebb éghajlati fázis fejlődhetett ki, de a mágneses szuszceptibilitás és a szemcösszetételi értékek még ezen belül is változásokat jeleznek. Úgy tűnik, hogy 300–400 éves enyhébb (mikrointerstadiális) szakaszok 1400–1500 éves hidegebb klímaszakaszokra osztják az utolsó hidegmaximumot. Azaz nem egy egységes hidegszint alakult ki 24,5 és 18 ezer évek között, hanem több lehűlési hullám fejlődött ki a rövidebb felmelegedési hullámok következtében. Ezen a ponton találhatjuk a másik legjelentősebb kapcsolata-

nak megfelelő XIII. században jelennek meg az első maorik Új-Zéland déli szigetén. A Mt. Cass löszszelvényén elért eredményeinket erősítik meg a déli sziget korábbi szárazföldi jégkori rekordjai, mindenekelőtt a Galway-tengerszem pollenlemezése, valamint a barlangi cseppkővizsgálatok. Ugyanis ezek nyomán 30 és 18 ezer évek között kifejlődött új-zélandi lokális elnevezéssel Otira glaciálisnak (9. ábra) nevezett szintben 29 ezer, 25 ezer és 22 ezer éveknél lehetett kimutatni interstadiális (felmelegedési) szintet. Ezek a felmelegedési és a köztük lévő lehűlési horizontok, annak ellenére, hogy a déli féltekén alakultak ki, nagy vonásokban jól szinkronizálhatóak a megfelelő módon, évtizedes felbontású mintákkal feldolgozott utolsó eljegesedési maximumot tartalmazó magyarországi löszszelvényekkel. Ugyanakkor a helyi tényezők, az eljegesedett hegyvidéki terület közelsége, az Antarktisz felé nyitott helyzet, a folyóvízi hálózat eltérése nyomán jelentős különbségeket is ki lehetett mutatni. Mindezek mellett a Déli-sziget elszigetelt helyzete,

Tudományegyetem Archaeológiai Intézetéből, 12. 1–2: 1–13.

Bruce, J.G. 1978. Loess content of soils in the South Island, New Zealand. Scale 1: 1,000,000. Map to accompany. Watt, J.P.C. ed. Loess Soils and Land use on the Downlands of the South Island of New Zealand, with particular reference to the North Otago area. Otago Catchment Board Publication, 4(2), 9.

Gulyás, S. – Almond, P. – Sümei, B.P. – Sümei, P. 2014. A déli kapcsolat – előzetes adatok a déli félteke első nagyfelbontású MIS2 lösz szelvényéhez: a Mt Cass lösz, Waipara, Észak-Canterbury, Új-Zéland. pp. 43 – 54. In: Sümei, P. szerk. Környezetföldtani és környezettörténeti kutatások a dunai Alföldön. GeoLittera Kiadó, Szeged.

Haast, J. 1878. On the geological structure of Banks Peninsula. Transactions and Proceedings of the Royal Society of New Zealand 11: 492–

Haast, J. 1879. Geology of the Provinces of Canterbury and Westland, New Zealand: a report comprising the results of official explorations. Printed at the "Times" Office, Christchurch, 486.

Hardcastle, J. 1889. The origin of the loess deposits on the Timaru plateau. Transactions & Proceedings of the New Zealand Institute 22: 406–414.

Hardcastle, J. 1890. On the Timaru loess as a climate register. Transactions & Proceedings of the New Zealand Institute 23, 324–332.

Horváth, A. 1954. A paksi pleisztocén üledékek csigái és értékelésük. Állattani Közlemények, 44: 171–185.

Newnham, R. M., Vandergoes, M. J., Hendy, C. H., Lowe, D. J., Preusser, F. 2007. A terrestrial palynological record for the last two glacial cycles from southwestern New Zealand. Quaternary Science Reviews, 26: 517–535.

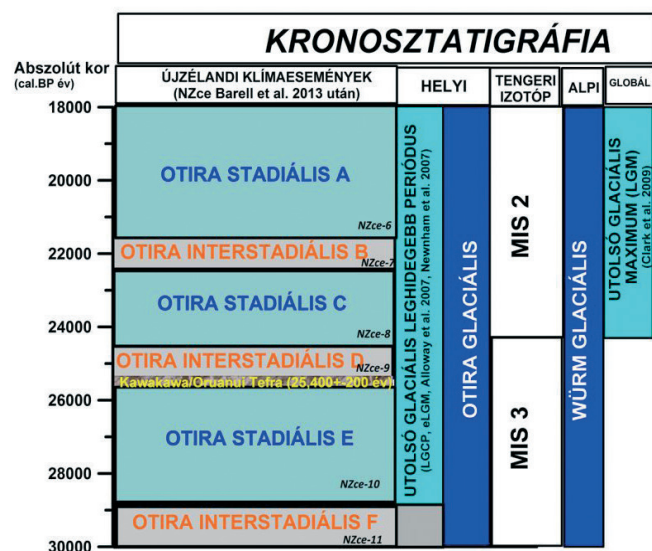
Smalley, I., O'Hara-Dhand, K., Wint, J., Jefferson, I. 2004. Broad summer rivers; narrow winter rivers; loess deposits forming. http://www.loess-lexicon.net/index.php?p=1_5

Schmidt, J., Almond, P.C., Basher, L., Carrick, S., Hewitt, A.E., Lynn, I.H., Webb, T.H. 2005. Modelling loess landscapes for the South Island, New Zealand, based on expert knowledge. New Zealand Journal of Geology and Geophysics 48: 117–133.

Sümei, P. 2005. Loess and Upper Paleolithic environment in Hungary. Aurea Kiadó, Nagykovácsi

Sümei, P., Gulyás, S., Csökmey, B., Molnár, D., Hammach, U., Markovic, S., Stevens, T. 2013. Climatic fluctuations inferred for the Middle and Late Pleniglacial (MIS2) based on high-resolution (~ca.20 y) preliminary environmental magnetic investigation from the loess profile of Madaras brickyard (Hungary). Central European Geology, 55: 329–345.

Sümei, P., Náfrádi, K., Molnár, D., Sávia, Sz. 2015. Results of paleoecological studies in the loess region of Szeged-Óthalom (SE Hungary). Quaternary International, 372: 66 – 78.



9. ábra. Új-Zéland jégkoriége kronosztratigráfiai rendszere

tot a dél-alföldi löszszelvények és a Mt. Cass löszszelvénye között. Ugyanis teljesen hasonló klímaingadozásokat és nem egy egységes lehűlési szintet jeleznek az utolsó jégkori hidegmaximum idején a dél-alföldi szelvények. Ez legjobban a globális szinten is kiemelkedő jelentőségű löszös réteggel jellemezhető madarasi löszszelvényénél figyelhető meg, ahol a mágneses szuszceptibilitás-értékek, a szemcse- és fitolitösszetétel, a malakológiai anyag egyértelműen hidegebb, de párás, valamint enyhébb, de szárazabb éghajlati szakaszok kifejlődését mutatja. Teljesen hasonló változásokat lehetett kimutatni a legfontosabb magyarországi paleolit lelőhelyen Ságvár-Lukas-dombszelvényében is. Gábori Miklós régész, a terület egyik feltárója, már 60 évvel ezelőtt el is nevezte ezeket a felső-paleolit vadászok mozgása, téli vadásztáborai szempontjából igen jelentős csapadékosabb szakaszokat egy francia és a ságvári lelőhely alapján Ságvár-Lascaux interstadiális 1 és 2 szinteknek. A Mt. Cass löszszelvényében az eddigi elemzések alapján valószínűleg ugyanezek a szintek mutathatóak ki, természetesen itt paleolit kultúra nélkül, mivel a mi középkorunk-

te, az endemizmus kiemelkedő jelentősége mind-mind jelentős különbségeket mutatnak.

Természetesen az itt bemutatott elemzések és vizsgálatok csak a kezdetét jelentik munkánkunknak, a radiokarbon-elemzésekkel, a fossziliák részletes vizsgálatával, a geológiai és őslénytani tényezők további és részletes analizisével pontosítani kívánjuk eddig elért eredményeinket. ✎

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Peter Almond új-zélandi kutatónak, a Lincoln Egyetem egyetemi docensének a terepi munkánál nyújtott segítségéért.

Irodalom

- Almond, P.C., Tonkin, P. 2012. Loess in Canterbury. AQUA fieldtrip guide. Lincoln University Press, Lincoln.
- Banner, J. 1936. Az első alföldi paleolit-lelet. Dolgozatok a Magyar Királyi Ferencz József-

LANDY-GYEBNÁR MÓNICA

Érdekes légköri jelenségek a sarkvidékeken

Első rész

Mára már gyakorlatilag bárki számára elérhetővé váltak a sarkvidékek, modern közlekedési- és navigációs eszközök segítségével. Meghódításuk idején azonban a felfedezők a megfigyeléseikre, tudásukra és gyakorlati tapasztalataikra, vagy sok esetben csak a megérzéseikre tudtak hagyatkozni, gyakran olyan körülmények között, amiket ma elképzelni is nehezen tudunk. Heteket, hónapokat kellett hajózni járatlan vizeken, esetleg csak pontatlan vagy nem is létező térképek segítségével navigálva. A fennmaradt hajónaplók, útinaplók, visszaemlékezések sok érdekességet elárulnak a körülményekről! Leginkább gazdasági haszon reményében indultak ezek az expedíciók, de mindegyik adott a tudomány számára is értékes információt. Az adott kor szellemének, tudásának megfelelő mérések, mintavételezések, állat- és növényvilágot érintő megfigyelések mind a felfedezők, az expedíciókkal utazó tudósok precizitását és kitartását igénylő feladatok voltak. Emellett a beszámolók számos érdekes légköri jelenségről is tanúskodnak. Ezek némelyike segítette a tájékozódást, míg mások ezzel ellenkezőleg hatottak, sok pedig egyszerűen a szépségével fogta meg az utazókat.

Jégblink, vízég, ködfalak – a tájékozódást segítő jelenségek

A sarkvidékek időjárása gyakran felhős, az alacsony szintű rétegfelhőzet, a köd sokszor heteken át kísérte a felfedezők, hajósok útját. A folyamatosan változó és mozgó jégtakaró, főként a nyári hónapokban, mindig kérdésessé tették, merre lehet továbbhajózni. Bizonyos távolságba persze elláthattak az árbóckosárból, ám igazán messzire nem. A jó döntésen a hajó épsége, a tengerészek, felfedezők élete múlt. Honnan lehetett tudni, hogy érdemes-e egy adott irányt tartani a hajónak, vagy épp valamerre elkanyarodni, sokszor a veszélyes, sodródó, feltorlódtó jégtáblák közt keresni az utat?



Vízég – a sötét vízfelület feletti ég sötét árnyalatot ölt
(Mike Brandon felvétele, forrás: Wikipedia)

Az alacsony szintű felhőzet alján láthatták a megoldást. A nyílt vízfelület sötétebb a jégmezőnél, róla nem verődik vissza annyi fény, mint a jégről. Ha a jég megnyílt, és nagyobb – hajózásra már alkalmas méretű – jégmentes tengerszakasz volt a távolban, a felette levő felhőzet alja is sötétebb volt a környező felhőzetnél. Ezt a jelenséget a hajósok vízégnek (angolul water-sky) hívják.

Ahol a jégtakaró borította a tengert, illetve a szárazulatot, ott világos lett a felhőzet alja, visszatükrözve a jeges-havas felszín fehérségét. Ezt hívják jégblinknek (angolul ice blink). E felhő-jelek az árbóckosárból már beláthatatlan, sok-sok kilométernyi távolságban is megmutatták, merre lehet járható tengeri út, vagy hol ütköznek áthatolhatatlan jégmezőbe. „Ha egyenesen előre nézel, semmi más nem láthatsz, mint a nyílt tenger sötétjét, a horizont felett egy fényes sávval, e sáv a

jégblink, ami az összetorlódtott tengeri jégmezőt mutatja” (Apsley Cherry-Garrard, Scott utolsó déli-sarki útjának krónikása).

A felhőzet színén kívül még támpontot adott a felszín feletti közvetlen lég-réteg is – a nyílt vízfelületek párologtak, a pára köddé állt össze. A jégmezőn egy határozott vonalban látott ködfal könnyen jelezhetette, hogy ott nyílt víz található. William Parry 1827-ben a Spitzbergák felől az Északi-sark irányába igyekezett a szakadozott jégmezőn át. Számtalan alkalommal figyelte meg a megnyíló csatornák feletti párát, s a ködképződést, valamint a ködben kialakuló, szintelen szivárványra hasonlító ködívét. 1827. július 23-án így jegyezte le a látottakat: „Fél hatkor gyönyörű természeti jelenségben volt részünk, először egy széles, fehér ködív jelent meg a nappal szemközti irányban, de a megszokott látványtól eltérően hamarosan erős színek mutatkoztak az íven, majd hamarosan



Novaja Zemlja-jelenség, a fotó Mila Zinkova felvétele (spaceweather.com), a rajzot pedig Nansen készítette északi útján, amelyről magyarul „Éjben és jégben” címen jelent meg útleírása

san öt további ív is megjelent a fő íven belül”. Parry tovább részletezi a jelenséget, olyan pontos leírással, amiből ma már azt is vissza tudjuk számolni, hogy mekkora páraszemcsékből állt a köd, amelyet látott.

A ködívек apró páracseppekből jönnek létre, amikor friss a köd (tehát épp kialakulóban van), az ív fehér. Később a szemcsék a levegőben lebegve egymáshoz tapadnak és nagyobb méretűvé válnak; ekkor jelennek meg a színek, még később a már túl nagy szemcséken nem tud kialakulni a jelenség. A fehér ködív azt jelzi, hogy a jégmezőn frissen kialakult hasadék feletti párákat látunk, ha színes a ködív, akkor a pára már egy kis ideje lebeg a hasadék felett. Ha pedig csak ködfal látszik, holott süt a nap, biztosak lehetünk benne, hogy a köd már „öreg”, s vele együtt a párákat biztosító hasadék is.

Déliábok – a tájékozódást akadályozó jelenségek

A sarkvidékeken különösen gyakori és erős déliábjelenségek alakulnak ki. A hétköznapi tájékozódásban a horizonton látszó „hegyek” vagy „szigetek” formá-

jában igencsak megtévesztő lehetett! A tájékozódásban a legnagyobb kihívást a horizonton nem várt pillanatban felbukkanó Nap jelentette a sarkvidékeken – a déliábjelenség miatt. Gyakorlatilag minden sarkvidéki felfedező útnaplója beszámol olyan helyzetekről, amikor a Nap jóval a csillagászatilag lehetséges első tél végi napkelte előtt felbukkan a horizonton, vagy jóval a késő őszi utolsó napnyugta után újra megjelenik. A helyzet ugyan zavarba ejtő, ám az okát a hajósok, sarkkutatók már régóta ismerték: a légköri refrakció miatt a horizont alatt lévő Nap déliáb-képe jön

Napot felhasználva, majd 1615-ben a Hold és a csillagok állását mérve már használta is a módszerét aktuális szélességi foka kiszámítására. A tapasztalt navigátor az egyéb déliábjelenségek alapján a navigációs táblázatokban megadott átlagértéket módosíthatta.

A tájékozódás a Nap égi helyzete alapján főként azon időszakokban jelentett problémát, amikor a Nap csak igen rövid ideig látszott, vagy igen alacsonyan járt a végig az égi útját. Ha a horizonton déliábok látszótak, nem volt pontos magának a horizontnak a helye sem, ráadásul a déliáb változhatott is a szél, a hőmérséklet változásával. Nem egyszer megrémítette a Nap a felfedezőket. *Shackleton* utolsó antarktiszi expedíciójának naplójában így számol be egy eseményről: „A Nap, holott egy hete már végleg lenyugodott, meglepett minket ma reggel. A korong több mint fele a horizont fölé emelkedett május 8-án, délelőtt 11 órakor a látóhatár ragyogása a Nap képévé alakult. Negyed órával később a váratlan vendég ismét eltűnt, de csupán kis időre: 11:40-kor újra megjelent, majd lenyugodott déli egykor, 1:10-kor megint felkelt, de csak azért, hogy 1:20-kor szép lassan újból lebukjon a horizont alá. Ezt a különös jelenséget az erős légköri refrakció okozta, déli 1:20-kor 2 fok 37 perccel emelte meg a Nap képét. A hőmérséklet ekkor -26°C volt, kiszámítottuk, hogy a fénytörés az elvártnál 2 fokkal nagyobb mértékű volt. Másképp fogalmazva, a Nap 193 km-rel délebbre jelent meg a horizont felett, mint a táblázatainkban megadott átlagos fénytörési



Távoli hegyek déliábja az erős inverzió hatására. A kép a Fichtelberg tetején született és a 170 km-re lévő csehországi Iser-hegység torzképét mutatja. A sarkvidéken ez a látvány mindennapos (Claudia Hinz felvétele)

a horizont fölé ilyenkor. *William Baffin* már 1613-ban alkotott egy módszert az egyes helyszíneken tapasztalható légköri refrakció kiszámítására a horizonton lévő

mutatók alapján számíthattunk volna rá.”. *Nansen* 1893–96 közti északi útján jegyezte fel 1894. február 16-án: „Ma délen még egy érdekesség történt, láttuk a napot, vagyis

csak a Nap képét, mivel délibáb volt. Először egy lapos, tüzesen ragyogó sáv jelent meg a horizont felett, aztán egy másik is felette – sötét csík választotta el őket egymástól – az árbockosárból öt ilyen, egyforma hosszúságú, párhuzamos fénycsávot láttam. Később kiszámítottuk, hogy a Nap 2 fok 22 perccel volt a horizont alatt délben.”.

Ezt a tüneményt külön névvel is illetik: Novaja Zemlja-jelenség. A Nap horizont feletti megjelenését jelenti akkor, amikor csillagászati értelemben még/már nem lehetne a látóhatár felett. A jelenség neve *Willem Barents* 1597-es, Novaja Zemlja szigetén eltöltött telelése idején észlelt „napkelte” alapján született, ugyanis az expedíció navigátora, Gerrit de Veer január 24-én megpillantotta a Napot, holott annak csak két héttel később kellett volna felbukkannia a földrajzi elhelyezkedésük alapján. Csak

akkor alig látszik torzulás, ám a légréteg határa felett azonnal megjelennek a torz formák. Akár annyi is elegendő a különbséghez, hogy az ember néhány méterrel magasabbra menjen. *Les Cowley* fizikus-légrétegoptikus az 1970-es években figyelt meg egy tengerparti kétszintes házból egy délibábos naplementét, mégpedig úgy, hogy először a földszinti ablakból látta a horizont alá bukó Napot, majd felszaladt az emeletre s onnan még egyszer megnézte, amint eltűnik a Nap délibábjá a látóhatáron.

Délibábok persze fényes nappal is vannak – és nem csak a sarkvidékeken. Az ottani délibábok azonban a poláris magas légnyomású övezetben a stabil légrétegződés miatt erőteljesebbek, gyakoribbak és látványosabbak. Nálunk a hortobágyi délibáb a közismert, ám sokkal látványosabb délibábjelenséget figyelhetünk meg a téli

szített térképre is felvitte ezeket a „földrak”.

Későbbi sarkkutatók pontosabb megfigyelései, s közelebbi útjai során e szárazulatok egy részét nem találták. A Wilkest megtévesztő délibábjelenségnek köszönhetően a horizont fölé emelkedő torlaszok, jéghegyek látszólag szárazföldi felszíni alakzatoknak. *John Ross* 1818-ban a Lancaster-szorost eltorlaszoló hegyláncot pillantott meg hajójáról – a hegylánc a Croker-hegység nevet kapta, azonban *Parry* egy évvel később feltárta, hogy csak délibáb lehetett, ugyanis ő már jóval távolabbra, a Melville-szigetig hajózott a Lancaster-szoroson keresztül. A belga antarktiszi expedíció *Belgica* hajójával *Adrien de Gerlache* 1898-ban a Bellingshausen által még szárazföldként felfedezett I. Sándor-sziget közelében járt, s így ír: „*Déli irányban szárazföld jeleit láttuk a délután során, ám később eltűnt a látvány. Bizonyos, hogy csak délibáb volt.*” *Robert Peary* 1906-ban egy általa Crocker-föld néven regisztrált, Grönlandtól északnyugatra levő sarkvidéki szárazulatot rajzolt be a térképére. Csak néhány évvel később, 1913-ban célzott expedíció derítette ki, hogy délibáb volt. *MacMillan* vezette az expedíciót, és még őket is többször megtévesztette a délibáb: „*Elértük Peary 1906-os kórakását, majd kiváló légköri körülmények közepette körülnéztünk, megláttuk azt, ami valóban szárazföldnek tűnt, DNy iránytól ÉÉNy irányba terjedt, és ha távcsővel figyeltük meg, még meggyőzőbbnek tűnt a délibáb szárazföldszerű látványa. Minden bizonnyal ugyanazt láthatta Peary is! Ha magam nem jártam volna be a most látni vélt területet, megesküdtem volna rá, hogy valóban szárazföldet látok.*” Érdekes, hogy a *MacMillan*-expedíció tagjaként velük utazó inuit, *Pee-ah-wah-to* az észleléskor megjegyezte, hogy a távoli szárazulatnak látszó dolog csak „homály”, és nem szárazföld. *Frederick Cook*, aki *Peary* versenytársa volt az Északi-sark elérésében, szintén látni vélt egy nagy szárazulatot, s *Bradley*-földnek nevezte a később szintén délibábnak bizonyult területet. Pusttán a véletlen játéka a két délibáb-helyszín névhasználatának: a *Peary* által Crocker-földnek nevezett délibáb *George Crocker* bankár, *Peary* egyik szponzora tiszteletére, míg a *Ross* által látott Croker-hegység az angol Admiralitás első titkáráról, *John Wilson Crokerről* kapta a nevét.

A délibábok időnként valós objektumokat is láthatóvá tesznek elképzelhetetlenül távolról. A felszín vonalát igen nagy területen követő egyöntetű inverziós légréteg a Föld görbülete miatt nem látható távoli terület képét is megemelhethi annyira, hogy a geometriai horizont alól a látható horizont fölé helyezze. *Robert A. Bartlett* kapitány 1939-ben Izland és Grönland közt felúton járt hajójával, amikor megpillantotta az egyértelműen azonosítható, jellegzetes izlandi *Snæfellsjökull*-t, mégpedig hajójának pontos



Hafgerdingar – a vikingek félelmetes tengeri kerítése, vagyis a távoli vízfalnak látszó délibáb (Mila Zinkova felfvétele, forrás: Wikipedia)

az 1970-es években született meteorológiai mérésekből derült ki, hogy a sarkvidékek jégmezői felett sok száz vagy ezer kilométer nagyságú területen kialakuló hőmérsékleti inverzió okozza a Novaja Zemlja-jelenséget. Az inverziós légréteg a környező levegőtől jelentősen eltérő sűrűsége miatt „csapdába ejti” a távoli tereptárgy (sziget, hajó, hegy, horizonton lévő égitest) képét, s a „csapdán” keresztül, mintha csak periszkópon néznénk ki, megpillanthatjuk azt hatalmas távolságból is. Az abnormális időpontokban felbukkanó napkorongot (ami a gyakorlatban igen ritkán korong alakú) több sarki expedíció említi, ma pedig már fényképek sokasága is rendelkezésre áll a jelenségről. A Nap, vagy egyéb tárgy torzulásának mértéke és természete attól függ, hogy az inverziós légréteghoz képest hol helyezkedik el a megfigyelő: ha a légrétegen belül van,

hidegpárnás időszakban valamelyik magasabb hegycsúcsunkról. Amikor a Kárpát-medencét a télen sűrű köd üli meg, e hegyek némelyike kilóg a ködrétegből, s a csúcson ragyogó, tiszta idő van. A távoli horizonton a tereptárgyak (általában más, messze lévő hegyek) képe a hőmérséklet-különbség függvényében torzul el, megemelkedik, felnyúlik, vagy épp ellapul a hegy teteje, az egymás melletti csúcsok asztallapszerűen egybefolyanak, s a legkülönlegesebb alakzatokat veszik fel. Ilyen helyzetben, ha a napnyugtát is megfigyeljük, tanúi lehetünk a sarkvidékek rejtélyes jelenségének.

A délibábok sok esetben tévesztették meg a felfedezőket, a legtöbbször talán *Charles Wilkes* amerikai Antarktiszkutatót, aki többször vélt szárazföldet látni a déli kontinens közelében tett hajóútja során, s az általa ké-

pozíciója ismeretében 550 km távolságból, holott a hegyet csupán 150 km-ről szabadott volna meglátnia. Egy érdekes elmélet (Waldemar H. Lehn, University of Manitoba) szerint a középkori viking hajósok is ennek a jelenségnek köszönheték mind Grönland, mind az észak-amerikai partvidék felfedezését. Elméletben, ha Nyugat-Izlandról ÉNy felé nézünk és a Bartlett által tapasztalt körülményekhez hasonló áll fenn, megláthatjuk Grönland partjait (kb. 400 km). Grönland nyugati pereméről pedig a kanadai partokat lehet észrevenni (szintén kb. 400 km). Wegener grönlandi tartózkodása idején tanulmányozta a délibábok ezen formáit, s azt vette észre, hogy a partok kis-kimagasló pontjairól tiszta időben (a légszennyező aeroszoloktól mentes sarki levegőben) sok esetben látszik távoli, egyébként megpillanthatatlan tárgy képe a horizont fölé nyúló formában. Ha a hajós út közben kerül bele a délibábot okozó inverziós légrétegbe, előfordul, hogy a korábban már egészen közelinek látott sziget eltávolodik – az inverzió ez esetben zsugorítja a távoli tereptárgy képét. William Scoresby navigátor 1820-ban jegyezte meg, hogy hasonló okból az Atlanti-óceán északi részén gyakorlatilag lehetetlen tisztességes távolságbecslést alkotni a látott partok, szigetek helyzetéről. A viking hajósok által ismert jelenség volt a *hafgerdingar* (a kifejezést „tengeri kerítés”-nek lehet fordítani). Jellemzően az Izland és Grönland közti tengerszakaszon észlelték a hajósok a távolban magasodó vízfalat, s a látványát féltelmesnek, hajókra veszélyesnek tartották, magát a jelenséget számtalanszor említik, magyarázat nélkül. Az egyetlen fennmaradt leírását a XIII. századi *Konungs skuggsjá* (A király tükre) címen ismert oktató írás adja, s első könyvének XVI–XVIII. része foglalkozik Izland és Grönland környékével, köztük a tengeri kerítéssel. A leírás így szól: „*Mint ha a világóceán összes hulláma és vihara összegyűlné, körbekeríti az egész tengert, és nincs rajta rés sehol. Magasabb a hegyeknél, meredek falú, kiugró szirtre hasonlít. Igen kevés eset ismert csak, amikor egy hajós megmenekült, ha látta a kerítést.*” A korabeli szöveg modern értelmezése persze sok elméletet hozott, köztük például népszerű volt, hogy cunami látványát vélték kiolvasni a leírásból. (Nansen is úgy hitte, hogy tenger alatti földrengések során keletkező cunamiról emlékezik meg a jelenség leírása.) A megoldást Wegener grönlandi megfigyelései hozták: alapos meteorológiai kutatásai és mindennapos környezeti észlelései alapján felismerte, hogy egy bizonyos típusú délibábjelenséget igen gyakran követ viharos idő. Ez az úgynevezett felső állású délibáb, ami akkor alakul ki, ha a hideg felszíni légrétegre melegebb levegő érkezik. A délibáb megmutatkozik például a leírt, falhoz, kerítéshez hasonló, a horizonton végighúzó

reszkető légréteggént is. A magasban érkező meleg levegő általában közeledő ciklonokhoz kötött, s a meleget azután hamarosan követi a ciklon hidegfrontja, amely heves viharokkal, igen erős széllel jár – valódi veszélyt hordoz a hajósok számára.

Szent Elmo tüze – a hajósok védőszentje hóviharban

Douglas Mawson 1912–14 közti antarktiszi expedíciója fő bázisának helyét kiválasztott pont a Commonwealth-öböl partján az ott eltöltött időszak alatt rendkívül széles helyszínek bizonyult. A kontinens felől (szinte kizárólag DK-i irányból) fújó, gyakorlatilag folyamatosan tomboló, nem ritkán hurrikán erejű szél finom porhó hatalmas tömegét mozgatta a tenger irányába. Amikor össze-

tett egy hegyes, miniatűr 'villámhárítót' az épület tetején lévő zászlórúdra. Innen egy szigetelt vezetékot húzott be az épületbe, így bentről figyelhetjük az elektromos töltés aktuális jelenlétét. Idebenn kb. 1 hüvelyk távolságig kékes fénylés vette körül a drót végét, s ha elektromosan vezető tárgyat tettünk a közelébe, szikrák áradatát szórta feléje és eközben ózonszagot is éreztünk. Természetesen nem volt folyamatos ez a jelenség, így érdemesnek találtuk valamilyen automata jelző elkészítését a detektálására. Hurley egy elektromos csengőt kötött a vezetékre, s ez minden alkalommal megszólalt, amikor a tetőről a töltés lekúszott a vezetékünkön, az éjjeli őrünk feladata volt rögzíteni a hallott eseményeket. Azonban hamarosan le kellett szerelnünk a csengőt az alvók nyugalma érdekében, mivel olyan gyakran és hevesen zajongott. Azt azonban megfigyeltük, hogy



Edward A. Wilson abszolút valóságű pasztellrajza az 1911-ben az Antarktiszon megfigyelt gyöngyházfényű (sztratoszferikus) felhőkről (Forrás: NOAA)

egyre gyakrabban lett sötét, az expedíció tagjai könnyedén megpillanthatták a hajósok körében jól ismert jelenséget, a Szent Elmo tüzét. Március 22-én észlelték először, a *nefoszkóp* (felhőmozgást megfigyelő műszer) csúcsain. „Ahogy az idő egyre hidegebb lett, erősödött a jelenség intenzitása. ... A ládák sarkán, a kövek csúcsain sápadt kékes fénylés ragyogott. Ugyanez a ruházat kiálló részein, a kesztyűkön, sapkákon is megjelent – de az ember nem érzett semmit se belőlük, legalábbis a tomboló szélben, hóviharban. Viszont a szélmérő több alkalommal is szikrákat szórt Madigan ujjaira, amikor kicserélte az adatrögzítő lapokat. Mivel ezt csak csupasz kézzel lehetett elvégezni, így egyszer még érezte is a mintegy fél hüvelyk távolságba húzó szikrát az ujján. Aztán úgy döntöttünk, hogy rendszeres megfigyeléseket folytatunk a jelenségről, ezért Corell készi-

az elektromosság akkor volt a legintenzívebb, amikor a legapróbb szemcséket hordta a hóvihar, s nem feltétlen akkor, mikor a legsűrűbb volt.” A későbbiek során, amikor üzembe tudták helyezni a rádiós távirójukat, azt is megfigyelték, hogy a vevőn hallani lehetett a kisülések okozta zavarást, amikor jelen volt a Szent Elmo tüze. Habár a jelenség igen régóta és igen jól ismert („már a régi görögök is”), a hétköznapi életben ritkán adódik lehetőség a megpillantására, ezért különösen érdekes minden beszámoló. Néhány éve egy alpesi hegycsúcs időjárás-obszervatóriumának korlátján és a műszereinek csúcsán jelent meg a Szent Elmo tüze, s az obszervatórium webkamerája ezt rögzítette is. A jelenség idején intenzív, aprópehelyes havazás volt – a körülmények hasonlóak voltak a Mawsonék által átéltekhez. A jelenség létrejöttéhez azonban nem kell zivatar –

bár kétségkívül ez a leggyakoribb esemény, amelynek során megfigyelik, csupán a levegő elektromos töltöttsége szükséges (alapvetően 30 000 V/cm télerősség, csúcsos tárgyaknál picit kevesebb is elég). Ez létrejöhet a már említett aprószemes havazás során, porviharban vagy vulkáni hamuhulláskor is, de megfigyelték már homokfúvásos tisztítás alkalmával is. Az elektromos töltések a tereptárgyak csúcsai közelében összegyűlve ionizálják a környező levegő nitrogénjét és oxigénjét, e két gáznak köszönhető a kékeslila szín, így gyakorlatilag plazma fénylését látjuk a Szent Elmo tüzeiben. Érdekes lesz (reméljük, hogy sor kerül rá) megtudni, hogy a marsi porviharok és a ritka marsi szén-dioxid-légkör képes-e létrehozni a jelenséget.

megfigyelő, azonban csak a sarkoktól távolabb, mivel a sarkokon nyáron világos hozzá az égbolt. Ez utóbbról nem is olvashatunk a sarki utazók naplóiban, ám pl. hazánkban is megfigyelhetjük nyári estéken és hajnalokon. A kétféle felhőben a sarkvidékekhez kötődésük mellett közös még, hogy viszonylag új jelenségek. A PSC-ről az első, hiteles feljegyzések az 1870-es évekből ismertek (valószínű, hogy korábbi is lehetett, de még feltáratlanul hevernek az észlelések valamely obszervatórium eseménynaplójában vagy régi krónikában), míg a világító felhőről csak 1885-ben születtek az első biztos észlelések.

Mivel az utazók a sztratoszferikus felhőkkel találkozhattak, így a leírásaikban is ez kapott szerepet, erről beszélhetünk bővebben. *Henrik Mohn*, a norvég meteorológiai

fajta. Mivel a két sarkvidék közül a zártabb légkörségi rendszer miatt a délin van hidegebb, így az ózonlyuk ottani kialakulásában is ez játszik szerepet. Azonban, míg nem voltak állandó személyzetű kutatóbázisok az Antarktiszon, addig az északi sarkvidékről származó PSC-észlelések voltak túlsúlyban.

Mivel a PSC a légkör magasabb rétegében van, így a megpillantása is speciális időponthoz kötött: hajnalban vagy alkonyat körül, leginkább akkor, amikor a Nap még/már a horizont alatt van. Nappal is jelen van, de a drámai színhatást akkor érik el, ha a troposzféra nem süti a Nap, a sztratoszférát viszont igen, így a sötétebb égi háttérből ragyogó színeivel és fényével kiemelkedik a felhő. A *gyöngyházfényű felhő* név a II. típusú tökéletesen leírja, hiszen a vízjég miniatűr kristályain elhajló és interferenciát szenvedő fény csodálatos színeket hoz létre! A felhőre különösen jellemző a többé-kevésbé szabályosan hullámos, kis lencse alakú párnákból álló formavilág, ami a sztratoszféra erős szeleinek köszönhetően alakul ki. Valószínűleg a világon legelső, bizonyosan gyöngyházfényű felhőt ábrázoló képet alkotta meg *Edward A. Wilson*, aki kétszer is járt az Antarktiszon. Wilson 1912-ben, Scott tragikus expedíciója során életét vesztette, ám rajzai, paszelleképei megmaradtak, s ezek közt található a gyöngyházfényű felhőt, annak jellegzetes forma- és színvilágával ábrázoló kép is. *Apsley Cherry-Garrard* könyvében, amelyet a Scott-expedíció tagjaként vetett papírra, több alkalommal is beszámol különösen színes felhőkről, amelyeket télen láttak, amikor a Nap a horizont alatt volt folyamatosan. Wilson számos más légköri jelenséget is megörökített, ezek ábrázolásának tudományos pontosságáról Cherry-Garrard külön, kiemelten emlékezik meg, hivatkozva a Wilsonnal közösen észleltekre.

1893. december 11-én Nansen a Fram fedélzetéről észlelt egy különös felhőt, amelyet ő fura sarki fényként írt le: „*Este furcsa megjelenségű sarki fényt láttam, fehéresen fénylő cirrusz vagy cirrocumulus jellegű felhő volt a déli horizonton, először azt hittem, a Hold világítja meg, de nem volt fenn a Hold. Amíg a vékony ruhámban kinn fagyoskodva figyeltem, se nem pulzált a fénye, se oszlopok nem nőttek ki belőle, csak lassan-lassan kúszott az ég alján. Délkelet felé volt a legerősebb a fénye. Később Hansen, aki éjszaka tovább figyelte, beszámolt róla, hogy lassanként észak felé mozgott a felhő, de mozgó sarki fényt nem észlelt.*” Ebben az időszakban a Hold keskeny sarlóként folyamatosan a horizont alatt volt, így kizárható, hogy az világította volna be a felhőt. A decemberi időpont lehetőségessé teszi, hogy I. típusú PSC volt, amit Nansen különös sarki fénynek vélt, természetesen ez egyáltalán nem biztos, de a leírás alapján jó esély van rá.

(A cikk második részét következő számban közöljük.)



Szoba a Mawson-féle antarktisi expedíció bázisán, az asztalon a Szt. Elmo tüzét detektáló szerkezet látható (Frank Hurley felvétele)

Felhők a troposzféra felett

A hétköznapi életben lehet látni felhőket a légkör legalsó rétegében, a 8–14 km magasságig húzódó troposzférában, mivel itt játszódik le a felszínre nagy hatással lévő időjárási jelenségek. A troposzféra felett is vannak felhők, azonban ezek csak speciális körülményekhez kötődve jöhetnek létre, megpillantásukhoz jókor, jó helyen kell lenni. Két, teljesen eltérő magasságban s eltérő körülmények közt kialakuló felhőtípusról beszélhetünk – ezek mindegyike kötődik a sarkvidékekhez. A felszínhez közelebbi a sztratoszférában, 15–25 km magasságban, télen kialakuló sarki sztratoszferikus felhő (röviden PSC), s ennek igen látványos, színpompás változata, a gyöngyházfényű felhő. A másik, bolygónk légkörében a legmagasabban, a mezoszférá határán, 80–85 km-es szinten kialakuló felhő pedig az éjszakai világító felhő (röviden NLC), amelyet nyáron pillanthat meg a

intézet igazgatója 1893-ban jelentetett meg egy tanulmányt, amelyben a PSC légköri elhelyezkedését számolta ki, s jutott arra a következtetésre, hogy 20–25 km-es magasságban alakulnak ki e felhők. Télen a sztratoszféra alsó régiójában igen hideg alakulhat ki, amikor az ott igen kis arányban jelen lévő tiszta vízpára, vagy épp savak és vízpára keveréke alkotta elegy kondenzálódni képes. A kétféle típusú összetevő kétféle PSC-t hozhat létre: -78°C -on az I. típus, a vízen kívül salétromsavat és kénsavat is tartalmazó, részben fagyott, részben folyadék állapotú apró cseppecskékből álló; -85°C -on a II. típusú a tiszta vízből álló jégkristályokká fagyott jön létre. A II. típusú a színpompás gyöngyházfényű felhő, s a korai észlelések is erről számolnak be. Az I. típus viszont az ózonrétegünk bomlásához köthető, mivel a savas cseppecskék katalizálják a légkörbe felkerült klór reakcióit, emiatt a modern tudomány számára ez a fontosabb és alaposan kutatott

MERKL OTTÓ

Szörnyeteg vagy gyengéd óriás?



Hím nagy szarvasbogár (Németh Tamás felvételei)

A Magyar Rovartani Társaság 2011 óta jelöli ki az Év rovarát, 2015 óta internetes szavazás eredményének megfelelően. Az idén a nagy szarvasbogár (*Lucanus cervus*) lett a győztes, megelőzte a nem kevésbé látványos óriás-énekeskabócát és a fecskefarkú lepke-t. Az Év rovarának több kritériumnak is meg kell felelnie: így például legyen szabad szemmel is jól azonosítható, ne legyen túl ritka, ne csak a szakemberek ismerjék, kapcsolódjanak hozzá pozitív érzelmek (például legyen tetszetős), esetleg szerepeljen a közoktatásban, legyenek kultúrtörténeti vonatkozásai, és rajta keresztül fel lehessen hívni a figyelmet a természetvédelem szükségességére. A szarvasbogár e feltételeknek maradéktalanul eleget tesz.

Európa legnagyobbja

A nagy szarvasbogár – pontosabban a hazánkban is élő nevezéktani törzsalakja (*Lucanus cervus cervus*) – a legnagyobb európai bogár: rágókkal együtt mért testhossza eléri a 80 millimétert. A Magyar Természettudományi Múzeumban őrzött legnagyobb hazai példánya 79 milliméteres. A Törökországban és a Levantei régióban élő *Lucanus cervus judaicus* alfaj néhány milliméterrel még nagyobb is lehet, de a 10–12 centiméteres szarvasbogárhímekekről szóló beszámolók alaptalan túlzások. A méret-

ben közvetlenül utána következő európai bogarak mind cincérek: az ácsincér (*Ergates faber*, 60 mm), a nagy hőscincér (*Cerambyx cerdo*, 55 mm) és a diófincér (*Aegosoma scabricorne*, 52 mm) Magyarországon is előfordulnak.

Bogarunk világviszonylatban is jelentős méretű állat: a szarvasbogárfélék (Lucanidae) eddig ismert 1200–1300 fajából csupán egy-két dél-amerikai és délkelet-ázsiai faj hosszabb testű nála.

A nagy szarvasbogár alaposan és intenzíven kutatott rovarfaj. Életmódjáról, megjelenéséről magyar nyelven is sokat olvashatunk régebbi és újabb állattani és természetrajzi könyvekben, illetve cikkekben és a világhálón is. A jelen írás a szarvasbogárral kapcsolatos ismeretek közül néhány újabb feltárt vagy kevésbé köztudott aspektust mutat be.

Élesztőt a gyerekeknek!

„A szarvasbogár lárvája 5 évig fejlődik” – olvashatjuk a legtöbb helyen. Valójában azonban ez az időtartam 6 évre is kitolódhat; a kontinensen legalább 4 év, de Nagy-Britanniában rendszerint csak 3 év.

A pete lerakásától a lárvá kikeléséig	3 hét (június–július)
A táplálkozó és növekedő lárvá	3–6 év
Bábkamra készítése	6 hét (áprilistól júniusig)
Előbáb (prepupa)	1 hét
Bábozódás	0,5 óra
Bábállapot	1 hónap
Az imágó kikelése a bábból	1 óra
A kültakaró megsötétedése és megkeményedése	1 hét (július)
Várakozás a kikelésre a talajban	10–11 hónap (július–augusztustól május–júniusig)

A szarvasbogár egyedfejlődésének főbb szakaszai és azok időtartama

Az egyedfejlődésből néhány fontos mozzanatot külön érdemes megemlíteni. A talajba fél méterre is leásó nőtény szarvasbogár minden egyes petéje köré kis golyót készít talaj- és korhadékszemesékből, melyet „beolt” speciális élesztőgombákkal. A leendő lárvá (a pajor) ugyanis nem képes megemészteni a fát, ehhez szükségesek a bélcsatornájában lévő élesztőgombák, melyek az enzimek által hidrolizált hemicellulóz monomerjét, a xilózt fermentálni tudják. A kikelő lárvá először a golyó anyagát fogyasztja el, így jut hozzá az élesztőgombákhoz. A nőtény bogár a golyók belsejében akkora üreget hagy, hogy amikor a peteérés közben vizet vesz fel és növekszik, a lárvá a kikelése előtt pontosan kitöltse azt.

Nőtény nagy szarvasbogár





Nagy szarvasbogár lárvái

Az érett lárvá – melynek tömege Nagy-Britanniában eléri a 13, a kontinensen a 21 grammot is – bábozódás előtt elhagyja a faanyagot, és a talajban ököl nagyságú bábkamrát készít. Ettől kezdve nem táplálkozik, hanem bélsatornájának maradéktalanul kiürített tartalmát beledolgozza a kamra „vakolatába”. Lényeges mozzanat, hogy a vakolatba így belekerülnek a gombák is. A kamra falának belülől makulátlanul simának kell lennie, mert a legkisebb egyenetlenség a kikelő imágó torzulásához vezethet. A korábban C alakúan meggömbült, most üres bélsatornájú pajor teste kiegyenesedik, összezsugorodik, vizet vesz, bőre ráncos lesz, és a felhalmozott zsírtól sárga színt ölt. Ez az előbáb állapot, melynek végén az előbáb bőre a fejtől kezdve felhasad, majd az előbukkanó báb a régi bőrt izegve-mozogva leveti magáról.

A bábkamrában fekvő báb néha változtatja a helyzetét, így elkerüli, hogy „fel-fekvései” legyenek, ahogy az mozdulatlan fekvésre kárhoztatott súlyos betegeknél is előfordulhat. A hím bogár hosszú rágói a bábállapotban a teste alá hajlanak, kikeléskor azonban előrenyúlnak, így a hím pajor eleve nagyobb kamrát készít magának, hogy majd elférjen.

A bábból kikelő bogár teste eleinte puha és világos színű. A nőtény bogárra ekkor igen fontos feladat vár: vissza kell szereznie az élesztőgombákat, hiszen ezek a bábozódás előtt a távozó béltartalommal együtt kiürültek a testéből – viszont ott vannak a bábkamra falában. Mivel azonban a szarvasbogár imágó állapotában gyakorlatilag nem táplálkozik (legalábbis szilárd táplálékot nem tud magához venni), a vakolat elfogyasztásával nem juthat hozzá a gombákhoz, és azokat nem tárolhatja a bélsatornájában. Először 2010-ben japán szarvasbogarakon, majd 2013-ban az

európai nagy szarvasbogáron is sikerült laboratóriumban megfigyelni, hogy a nőtény hogyan oldja meg a feladatát. A még lágy kültakarójú bogár kiölti a potroha végét, és folyadékcspepeket kibocsátva felátja a kamra falát. Ezután a folyadékot felszívja a tojócsove feletti szervbe, a mikangiumba, mely tehát teljesen független a bélsatortól. Az élesztőgombákat ebben

tárolja mindaddig, amíg élete végén be nem oltja velük a petéi közegét.



A nagy szarvasbogár hímjeinek két morfológiailag különböző alakja: a major (nagyobb) és a minor (kisebb) forma

A fegyverzet allometriája

A szarvasbogarak legtöbb fájára feltűnő ivari kétalakúság (szexuális dimorfizmus) jellemző: a hím és a nőtény megjelenésében erősen különbözik egymástól. A hím szarvasbogár leginkább szembeszökő bélyege a két agancsszerűen megnagyobbodott rágó. A két rágó egymással szemben úgy működik, mint a cukorfogó: szorítani tudnak, de harapni nem. A nőtény két rágója viszont

mozgás közben átfedi egymást, mint a metszőolló két pengéje, így vágásra is alkalmas (ezért a nőtény sokkal inkább ejtethet vérző sebet az ember bőrén, mint a hím). Ahhoz, hogy a rágók nagy erővel szoríthassanak, tömeges izomzatra van szükség, emiatt a hímek feje erősen kiszélesedett a nőtényekéhez képest, és sokkal szélesebb, mint az előtoruk. Végül pedig a hímek lábai – főleg az elülső lábak – sokkal hosszabbak, mint a nőtényekéi.

A hímek fegyverzetének (rágójának és fejének) méretére az allometrikus növekedés jellemző. Allometriáról akkor beszélünk, ha egy testrész növekedési rátája eltér az egész testétől. Ez az allometrikus együtthatóval (a) fejezhető ki. Ha $a > 1$, pozitív allometriával van dolgunk, vagyis a nagyobb egyedek vizsgált testrésze aránytalanul nagyobb a kisebb egyedek ugyanazon testrészénél. Ha $a < 1$, a vizsgált testrész aránytalanul kisebb. (Ha $a = 1$, a növekedés izometrikus, a nagyobb egyedek adott testrésze arányosan nagyobb.)

A hím szarvasbogarak rágójának és fejének növekedése pozitív allometriát mutat. Ennek megfelelően két morfológiai kategória alakult ki a hímek körében: a major (nagyobb) és a minor (kisebb). A minor hímek rágója nem csupán rövidebb, de egyenesebb is és gyengébben fogazott; fejük alig vagy nem szélesebb az előtoruknál, a nőtényekéhez hasonló. A két kategória egyben két eltérő szaporodási stratégiát is jelent.

Nagy hímek – kis hímek

A major hímek általában a kifolyó fagyfű környékén várakoznak a nőtényekre, melyeket vonz az erjedő, cukros folyadék. Ha több hím is jelen van, heves harcot vívnak a nőtényekért, és ennek során a nagyobb és erősebb hímek nagyobb sikereket érnek el. A szemben álló felek felméri egymás erejét, és ha nyilvánvalóan nagy a különbség köztük, a gyengébb fél harc nélkül elvonul. A hasonló méretű egyedek azonban egymásnak esnek: rágóik hallható csattogása közepette taszigálják és szorongatják egymást, közben igyekeznek fogást találni a másikon. Az ivari szelekció tehát a nagyobb rágókat és fejet részesíti előnyben, emiatt alakult ki a pozitív allometria.

Mindennek azonban ára van. A major hímek rágója ugyan viszonylag könnyű, hiszen belül üregek, de a rágók izomzata súlyos. Testük súlypontja a középső lábak elé helyeződött (a minor hímeknél és a nőtényeknél mögöttesen), ezért a

járásuk instabil. Járásuk a bogarakra általánosan jellemző „tripod” jellegű és kétciklusos: vagyis egyszerre az egyik oldali elülső és hátulsó, illetve a másik oldali középső lábuk érinti a talajt, majd az ellenoldali lábak következnek. Járás közben tehát sohasem támaszkodhatnak egyszerre a két elülső lábukra. Hogy „ormehéz” testük mozgás közben ne bukjon állandóan előre, csak úgy tudják elérni, hogy gyorsan elindítják a következő ciklust, mielőtt agancsuk a földre érne. Ráadásul a talajon minduntalan beleakadnak a növényzetbe.

A nehéz major hímek röpte is lassúbb és nehezebb. Rágójuk egyáltalán nem áramvonalas, de az aerodinamikai erők hatása eltörpül a nagy fegyverzet miatt meg-növekedett gravitációs erőhöz képest. Mivel az áramvonalasság nem jelent szelekciós nyomást, a különféle szarvasbogárfajok himjeit ez nem korlátozza a változatos alakú rágók kialakításában.

Felmerült annak a lehetősége, hogy a meghosszabbodott elülső lábak javítják a gyalogló vagy álló bogár stabilitását. Modellszámítások és megfigyelések szerint azonban ez nincs így. A hosszú lábak csupán arra valók, hogy ha a major hímnak sikerült megragadnia vetélytársát, akkor lábait kinyújtva, a teste elülső részét magas-

szárnyra és a repülőizmokra fordítja; így minor hímek alakulnak ki. A fegyverzet pozitív allometrikus növekedése akkor kezdődik, ha az erőforrások bősége-sébe, és a lárv mérete meghalad egy genetikailag meghatározott küszöbértéket. Így azonban a szárnyak és izomzatuk növekedése relatíve lassabb, tehát negatív allometriát mutat. Ilyen módon tehát a természetes szelekció (mely a hatékony szárnyakat részesíti előnyben) gátat szab az ivari szelekciónak (mely a test rovására növeli a fegyverzetet).

A minor hímek gyorsabban és biztosabb léptekkel közlekednek a földön, ezért első-sorban a talajon gyalogló vagy üregekben elbújó nőstényeket keresik. Harcba nem bocsátkoznak, viszont többet, gyorsabban és messzebbre repülnek, így a genetikai diverzitáshoz nagyobb mértékben járulhatnak hozzá.

Szarvasbogarat látott a lakóhelyén vagy kirándulás közben? Megfigyelését töltsse fel a Vadonleső (www.vadonleso.hu) honlapjára! Ezzel nagy segítséget nyújthat a szarvasbogár elterjedésének megismeréséhez és a faj megőrzéséhez.

Jelöléses-visszafogásos, illetve a predációs nyomást elemző vizsgálatok mind azzal az eredménnyel zárultak, hogy bár a major hímek szaporodási sikere nagyobb, a nagy fegyverzet ráfordítási költsége miatt a minor hímek túlélési esélye nagyobb. Többek között ez is egyensúlyt teremt a két forma fennmaradása között, és megakadályozza, hogy a hímek még szélsőséesebb méreteket öltsenek. Alacsonyabb minőségű táplálék esetén a minor hímek túlsúlyba jutnak; ez történt Nagy-Britanniában, ahol a szarvasbogár városlakó állat lett, és lárvái tölgyek helyett mindenféle más fafaj korhadó

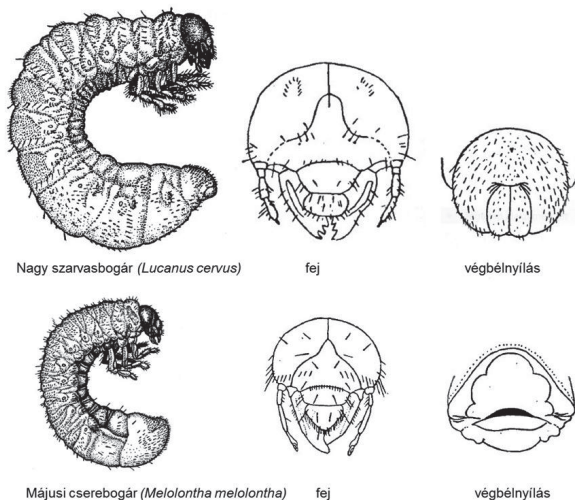
anyagában fejlődnek. Úgy tűnik, igazán nagy és fejlett hímek tölgyet fogyasztó lárvákból lesznek; feltevések szerint a tölgyekben található mio-inozitol nevű gyűrűs cukoralkohol jelenlétének szerepe lehet abban, hogy a lárvák nagyobbra nőnek.



A nagy szarvasbogár egyedfejlődését ábrázoló tábla Edmund Reitter (1908) Fauna Germanica – Die Käfer des Deutschen Reiches – Band II című könyvéből (a: peték, b: fiatal pajor, c: érett pajor, d: hím báb, e: nőstény báb a bábkamrában, g: hím imágó, f: nőstény imágó)

Irodalom

- Endrődi S. 1956: Lemezescsápú bogarak – Lamellicornia. – In: *Magyarország Állatvilága (Fauna Hungariae)*, IX, 4. Akadémiai Kiadó, Budapest, 188 pp.
- Fremelin M. 2017: *Stag beetles – All they need is love and wood.* – <http://maria.fremelin.de/stagbeetles/index.html> [Hozzáférés: 2017. március 22.]
- Goyens J., Van Wassenbergh S., Dirckx J., Aerts P. 2015: Cost of flight and the evolution of stag beetle weaponry. *Journal of the Royal Society Interface* 12: 20150222. <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2015.0222>
- Harvey D. J., Gange A. C., Hawes C. J. & Rink M. 2011: Bionomics and distribution of the stag beetle, *Lucanus cervus* (L.) across Europe. – *Insect Conservation and Biodiversity* 4: 23–38.
- Merkel O. 2014: Nagy szarvasbogár. – In: Haraszthy L. (szerk.): *Natura 2000 fajok és élőhelyek Magyarországon*. Pro Vértes Közalapítvány, Csákvár, pp. 238–242.
- Romiti F., Tini M., Redolfi De Zan L., Chiari S., Zauli A. & Carpaneto G. M. 2015: Exaggerated allometric structures in relation to demographic and ecological parameters in *Lucanus cervus* (Coleoptera: Lucanidae). – *Journal of Morphology* 276: 1193–1204.



A nagy szarvasbogár és a májusi cserebogár pajorjának eltérései. A méretbeli különbségen kívül a fej varratainak lefutása, illetve a végbélnyílás alakja is más (Forrás: Endrődi 1957)

ra emelve felfelé és hátrafelé könnyebben elhajlíthassa azt.

A fegyverzet létrehozása nagy ráfordítást igényel. Ha a lárv kevés és gyengébb minőségű táplálékhoz jut, az erőforrásokat elsősorban nem a fegyverzet-re, hanem magára a testre, azon belül is a

Vizi E. Szilveszter az Akadémiai Aranyérem kitüntetettje

A Magyar Tudományos Akadémia 188. közgyűlésén, 2017. május 8-án ünnepélyes keretek között adták át Vizi E. Szilveszternek az Akadémia legrangosabb kitüntetését, az Akadémiai Aranyérmet. Az alábbiakban a kitüntetettet bemutató kisfilm szerkesztett szövegét közöljük. (Forrás: <http://mta.hu/>)

Vizi E. Szilveszter: Már gyermekkoromban is jellemző tulajdonságom volt, hogy mindenre azt kérdeztem: miért van? Ez a magatartás elvezetett a tudományhoz, megszerettem a kutatást. Pécsen kezdtem, az Orvostudományi Egyetemen, majd fölkerültem Budapestre, ahol Issekutz Béla tanácsára elkezdtem foglalkozni az aggyal, a kémiai ingerületátvitellel, azzal, hogyan „beszélgetnek” egymással az idegsejtek. Eljutottam Oxfordba, ahol Sir William Paton volt a főnököm. Neki köszönhetem, hogy egy nagyon sajátos gondolkodásmód uralkodott el rajtam: mindig a kísérletekből kell kiindulni, és mindig föl kell állítani egy hipotézist is. Az ottani kísérleteimből olyan adatok jöttek ki, hogy az egyik kémiai ingerületátvivő anyag úgy tud kommunikálni egy másik ideghálózattal, hogy közben az idegek nem létesítenek szoros kapcsolatot, de a másíknak a felszabadulását gátolni tudják. Tehát funkcionális kapcsolat jöhet létre, de csak abban az esetben, ha a másik idegsejt megfelelő jelfogóval rendelkezik, mely érzékelni tudja az üzenetet. A különböző gyógyszerek is ezen a sajátos jelfogókon fejtik ki a hatásukat, nem pedig a szoros kapcsolatot létesítő úgynevezett szinapszisokon.

Narrátor: Éveken át professzora volt a New York-i Albert Einstein College of Medicine egyetemnek. Több mint 400 tudományos dolgozata jelent meg, 12 könyvet írt vagy szerkesztett, eddig 19 691-en hivatkoztak munkáira. Több európai tudományos akadémia tagja. Elnöke a Bethlen Gábor Alap kuratóriumának, a Magyar Atlanti Tanácsnak és a Magyarország Barátai Alapítványnak.

Freund Tamás: Vizi Szilvesztert, mint tudóst, kezdő kutató koromban – 21 évesen – ismertem meg. Felnéztem rá, fantasztikusan nagy tekintélyű farmakológus volt, az ő hívására jöttem haza. 1990-től a Kísérleti Orvostudományi Intézetben átvettem ennek az osztálynak a vezetését, ami nekem óriási kifizetési lehetőséget adott. Örökké hálás leszek neki ezért, mert úgy gondoltam, hogy itthon, Magyarországon mindent megkaptam, ami szükséges ahhoz, hogy az ember nemzetközi élvonalba tartozó laboratóriumot felépítsen. Ezt a lehetőséget Vizi Szilveszter biztosította.

Valóban Nobel-díjat érő munkásság van a háta mögött. Ha valamit ki kell emelni, talán az, hogy a nem-szimpatikus transzmisszió-

nak a felfedezése az ő nevéhez fűződik. Ez koncepcióváltás volt a gyógyszerkutatásban. Neki köszönhetjük, hogy világhírű, idegtu-



Vizi E. Szilveszter átveszi az Akadémiai Aranyérmet Lovász Lászlótól, az MTA elnökétől (szerkesztőbizottságunk elnöke szerkesztőbizottságunk tagjától)
(Szigeti Tamás felvétele)

dományokra specializálódott orvostudományi kutatóintézeté váltunk. Eddig meg tudtam tartani az intézetet a nemzetközi élvonalban, ehhez az ő tanácsai máig segítenek.

Vizi E. Szilveszter: Sikereim titka, hogy a munkatársaimat mindig egyenrangú társként kezeltem. Meghallgattam a véleményüket, kritikájukat. Még ennél is fontosabb volt, és mai napig az, a családom, hiszen a család irányítuként szolgál az ember számára.

Narrátor: A japán császártól megkapta a Szent Kincs Rend arany és ezüst csillaga kitüntetését. Többek között Széchenyi-nagydíjjal, Corvin-lánccal és George Washington-díjjal ismerték el tevékenységét.

Sperlágh Beáta: Vizi professzortól tanultam a gyógyszerkutatást, a farmakológiai mesterségnek minden csínját-bínját, illetve a gyógyszerkutatóknak azt a sajátos szemléletmódját is, hogy mindenfajta életfolyamatot úgy néz, hogy miként lehetne abból gyógyszer felfedezni. Vizi professzor úr remekül ért az emberekhez, mindenkivel megtalálja a közös hangot. Ezért nagyon élvezetes és hatékony vele a közös munka. Ennek köszönhető, hogy mindenből kihozza teljesítménye maximumát. Mint a Magyar Tudományos Akadémia elnöke, folyamatosan támogatta tanítványait a pályafutásukon, köztük engem is. Nagyon sokat köszönhetünk neki.

Vizi E. Szilveszter: Azt hiszem, hogy minden magyar tudós számára a legnagyobb kitüntetés, ha az Akadémia elnöke lehet. 2002-től 2008-ig töltöttem be ezt a tisztséget, előtte

6 évig alelnök voltam. A XX. század végén, a XXI. században különösen, olyan mértékben felértékelődött a szürkeállomány, a tudás, hogy ma már az országok rangsorát nem a nagyságuk, hanem sokkal inkább a szellemi tőke mennyisége dönti el.

Az Akadémia elnökeként, amikor itt nap mint nap feljöttem a lépcsőskön, minden alkalommal Széchenyi István szobra mellett haladtam el. Eszembe jutottak szavai, a Hitelben írt utolsó mondata: „Sokan azt gondolják: Magyarország volt, én azt szeretném hinni: lesz!” Gondolatával, hogy magyarul kell tanítani, megfogalmazta az Akadémia számára a feladatot: a kutatás, a fejlesztés, az innováció mellett kötelességünk mindenki számára hozzáférhetővé tenni a tudomány, a kultúra, a humán- és természettudományok eredményeit. Így keletkezett a huszadik század utolsó évtizedében a Mindentudás Egyeteme, és még sok minden, amely azt a célt szolgálta, hogy a tudást megosszuk másokkal.

Kányádi Sándornak a gyönyörű négyesora is a tudást átadó hivatásról szól:

*Aki megért
s megértet
egy népet
megéltet.*

A tudás, amit elsajátítunk, az köztulajdon. Azt megosztani másokkal: közérdek. Ez az Akadémiának is a feladata.

Narrátor: Sikerei közé tartozik, hogy negyven, addig állami épület és ingatlan került az Akadémia tulajdonába. Elnöksége idején kezdte el szervezni az Akadémia a világ egyik legjelentősebb tudománydiplomáciai rendezvénysorozatát, a World Science Fórumot. Megalapította az Akadémia hatodik területi bizottságát Kolozsváron, és a nyugati professzorok elnöki bizottságát.

Vizi E. Szilveszter: Amikor megkérdezik, hogy miért jöttem haza, Kosztolányi versére utalva azt mondom: az Üllői úti fák hívtak. Igen, hazajöttem, és ezt sikerként élem meg. Azt tudom üzenni a jövő tudósainak, a magyar tudományos közélet valamennyi szereplőjének, hogy mindig tisztességgel és becsülettel szolgálják a tudományt, mert a tudomány nem politikafüggő, mert a tudomány olyan, hogy nemcsak a magyarságot szolgálja, hanem az egész világot is. A mi munkánk hasonlít ahhoz, ami Kodály Zoltánt és Bartók Bélát jellemezte: magyar népzénét gyűjtöttek, abból építkeztek, ugyanakkor európai zenét szereztek. ♦

FIZIL ÁDÁM–GÁSPÁRI ZOLTÁN–BATTÁ GYULA

Egy gombaellenes gombafehérje

PAF, a bűvös hatóanyag

A gyógyászatban alkalmazott terápiás szerek ellen kialakuló rezisztencia miatt egyre nagyobb az igény az új antimikrobiális hatóanyagok fejlesztésére és alkalmazására. Tudjuk, hogy a Föld biomasszájának mintegy fele gomba. Ezek egy része kórokozó, így az általuk okozott fertőzések célzott és hatékony kezelése nem mindennapi kihívás.

Egy az elmúlt években létrehozott nemzetközi, osztrák és magyar kutatócsoportok között kialakult együttműködés eredményeként néhány olyan új gombaellenes fehérjét fedeztek fel és jellemeztek molekuláris szinten [1], melyeknek szerepe lehet bizonyos gombafertőzések okozta betegségek gyógyításában. Érdekes módon ezeket a fehérjéket is gombák termelik. Ám a nyilvánvaló szerkezeti hasonlóság ellenére a különböző fehérjék eltérő hatásmechanizmussal pusztítanak egyes gombafajokat. Írásunkban a fehérjecsalád általunk legbehatóbban tanulmányozott képviselőjének, a PAF-nak atomi felbontású szerkezetét és belső dinamikáját feltáró vizsgálatainkat foglaljuk össze.

A PAF (*Penicillium Antifungal Protein*), mint neve is mutatja, a *Penicillium chrysogenum* gomba által termelt gombaellenes fehérje, amely többek között az *Aspergillus* törzsek növekedését gátolja. Az emlőssejtekre nincs hatása, így terápiás alkalmazása távlatilag ígéretesnek mondható. Hatásmechanizmusáról jelenleg annyit tudunk, hogy a megtámadott gombaszervezetben programozott sejthalált (apoptózist) okoz, azonban ennek részletei, így pl. a fehérje támadáspontja nem ismert. Érdekes, hogy a PAF legismertebb rokona, az *Aspergillus giganteus* által termelt AFP fehérje hatásmechanizmusa más. Reményeink szerint a PAF atomi szintű szerkezetének és belső dinamikájának (molekuláris mozgások) vizsgálata közelebb vihet bennünket működésének megértéséhez.

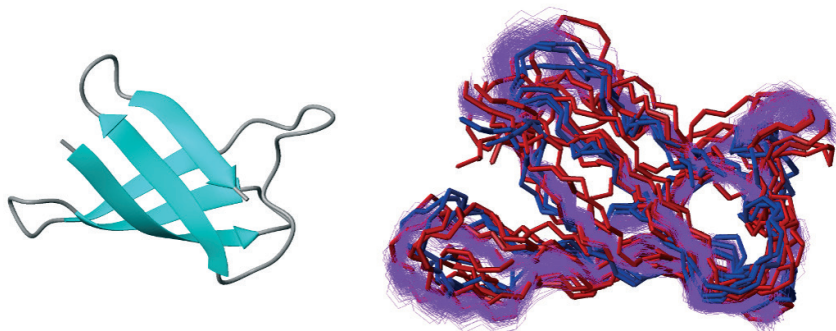
Az 55 aminosavból felépülő PAF rendkívül stabil. Emiatt kiválóan alkalmas oldatfázisban végezhető NMR- (mágneses magrezonancia) spektroszkópiai méréseken alapuló szerkezeti és dinamikai vizsgálatokhoz. A legújabb kutatások azt igazolják, hogy a fehérjének nem csupán a háromdimenziós szerkezete, hanem annak különböző időskálán történő változása, azaz a fehérjék dinamikája is döntő mértékben meghatározza a működés, vagyis a biológiai szerep betöltésének mechanizmusát. Célunk ezért a térszerkezet tisztázása mellett a belső mozgások leírása és azok szerepének értelmezése is volt.

A PAF szerkezetére a hidrogénhidakkal stabilizált béta-redőzött másodlagos szerkezet jellemző, ami kedvez a spektroszkópusnak abból a szempontból, hogy az egyes aminosavak kémiai egységeinek (pl. amid NH-csoportoknak) a környezete különböző, így az NMR-spektrumban a megfelelő jelek jól elkülönülnek, vagyis a jelek feloldhatósága kiváló. A mole-

kula három diszulfidhidat tartalmaz, amelynek mintázata, azaz a résztvevő cisztein aminosavak kapcsolódási sorrendje csak az NMR-mérések alapján nem volt egyértelmű. Ennek pedig oka az, hogy a hatból négy cisztein kénatomjai nagyon közel helyezkednek el egymáshoz, így akár kétféle mintázat is lehetséges. Ezek biztos meghatározása csak a kémiailag szintetizált fehérje tömegspektrometriás elemzésével volt lehetséges. Legújabbban írt kutatókkal közös röntgen-kristallográfiai vizsgálatok is alátámasztották ezeket az eredményeket, független megerősítést adva korábbi következtetéseinknek.

A diszulfidhid-mintázat segítségével, az NMR-spektroszkópiai mérésekkel meghatározott oldatfázisú PAF térszerkezetet 2015-ben publikáltuk. [2] Ehhez jó néhány két- és háromdimenziós NMR-spektrumra volt szükség, amit több hetes mérési időt igényelt. A szerkezetet beküldtük a fehérje- (pdb) adatbankba, ami az alapos ellenőrző eljárásokat követően igazolta, hogy a szerkezet jó minőségű.

Az új szerkezeti biológiai szemléletmód szerint a térszerkezet önmagában nem elegendő egy fehérje működési mechanizmusának atomi szintű megértéséhez: ehhez a molekula belső



1. ábra. Balra: a PAF térszerkezeti modellje a béta-szálak kiemelésével (kék nyilak), az őket összekötő hurokrégiók szürkével ábrázolva. Jobbra: a PAF közvetlenül észlelhető formájának sokaságmodellje (lila), valamint a meleg (344 K, piros) és hideg (268 K, kék) állapotokra jellemző, egymástól leginkább különböző szerkezeti modellek. Jól látható, hogy a hideg és meleg forma közötti különbségek a hurokrégiókban a legnagyobbak

mozgásainak feltérképezése is szükséges. A belső mozgások során történő szerkezeti átrendeződések következtében a molekulák alakváltoztatásai határozzák meg azt, hogy milyen partnermolekulákkal tudnak hatásos kölcsönhatást kialakítani. Ez elsősorban – de nem kizárólagosan – a μ s-ms időskálájú belső mozgásokra igaz, míg az ennél gyorsabb mozgások jellemzően a konformációs entrópia (rendetlenség) és annak a kötődés hatására történő megváltozása révén befolyásolják a molekuláris felismerést.

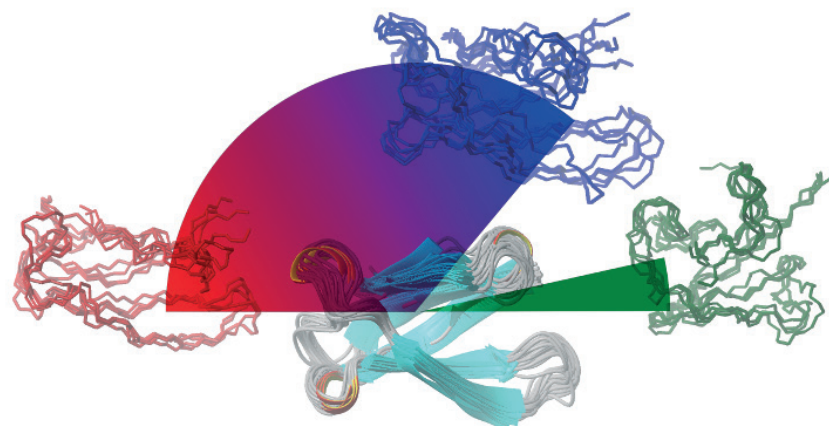
Ezért olyan NMR relaxációs méréseket végeztünk, amelyek a PAF különböző időskálán lejátszódó belső mozgásainak követését lehetővé tették. A gyors, ps-ns időskálájú belső mozgások esetében a PAF viszonylag merev, a mért „rend-paraméte-

rek” nem utaltak változatos dinamikára. Ezért igencsak meglepődünk, amikor a hőmérséklet függvényében felvett egyszerű spektrumok kiértékelésébe kezdünk. Azt találtuk, hogy a molekula mind magas, mind alacsony hőmérsékleten jelentős változáson megy át. Ez a változás azonban csak a molekulák összességének szintjén értelmezhető. Arról van ugyanis szó, hogy az észlelt jelek a hőmérséklet emelésével és csökkentésével a molekulák egyre kisebb hányadából származtak, azaz egy optimális hőmérséklettől (kb. szobahőmérséklet) távolodva, a molekulák egyre nagyobb hányada vált „NMR-láthatatlanná”. Régóta ismert, hogy a fehérjék szerkezete meleg és hideg hatására is átmehet komoly változásokon, a stabil háromdimenziós szerkezet felbomolhat, kitekeredhet, a PAF esetében tapasztalt változásoknak azonban két meglepő aspektusa is van. Az első, hogy egy igen kompakt, három diszulfidhíddal összekötött szerkezetről van szó, ahol bizonyos, hogy pusztán a hőmérséklet változtatásával a diszulfidhidak nem bomlanak fel, így nem számítottunk hagyományos értelemben vett kitekeredésre, illetve ilyen irányba mutató jelentős szerkezeti változásokra. A második nem várt eredményünkre akkor derült fény, amikor a kitekeredés fizikai

gűl, de nem utolsósorban, természetesen maguknak az egyes állapotoknak a pontos szerkezeti jellemzőit is ismernünk kellene. Ekkor, a kutatók által csak részben megértett okokból, előfordulhat, hogy a molekulák egy része az adott mérési eljárás segítségével nem detektálható. A hőmérséklet változtatása a fennálló dinamikus egyensúlyt eltolja, ezért a nem észlelhető állapotok aránya is megváltozhat.

Ha a vázolt kép minden lényeges vonását ismernénk, akkor rendelkezésünkre állna a dinamikus egyensúly teljesnek tekinthető leírása. Ez azonban több okból sem tekinthető reális célkitűzésnek. A valós rendszerben a molekulák száma olyan nagy, hogy azt még megközelítőleg sem tudjuk már csak tárolási kapacitás szintjén sem leírni, ennél 10–12 nagyságrenddel kevesebb fehérjeszerkezet számítógépes reprezentációja sem tekinthető még rutinnak. Emellett ismernünk kellene a molekula által felvehető lehetséges térszerkezeteket, ami még ennél is komolyabb problémát jelent: az elméletileg lehetséges összes konformáció száma csillagászati, a mi 55 aminosavas fehérjénk esetében minimálisan 3^{55} -ra, azaz kb. 10^{26} -ra tehető (a fehérjefeltekeredés Levinthal-paradoxona szerint). Végül pedig ezen csillagászati számú állapot közötti lehetséges átmenetek részleteit, valószínűségét is ismernünk kellene, amihez szükség lenne nem csupán az állapotok, hanem a közöttük átvezető átalakulási útvonalak energetikai viszonyainak feltérképezésére is.

Az ilyenfajta teljes leírás helyett ezért olyan modellek felállítása lehet a reális cél, amely az egyes főbb állapotok lényeges vonásait tükrözi, és megmutatja, hogy a molekula mely részeinek átalakulása járulhat hozzá jelentős mértékben az észlelt jelenségekhez. Ehhez a legmegfelelőbbek az utóbbi 10–15 évben terjedni kezdő ún. sokaságalapú leírások, amelyek a hagyományos szerkezeti modellekkel szemben nem várják el, hogy az észlelt kísérleti paramétereknek való megfelelést egyetlen szerkezeti modell segítségével érjük el, hanem az egyes jellemzőket sok különböző szerkezet átlagaként értelmezik. [3] Az ilyen modellek természetüknél fogva közelebb állnak a valósághoz, hiszen a mérések során is sok molekuláról kapunk



2. ábra. A PAF szerkezeti formáinak dinamikus egyensúlyi rendszere. Alul középen a szobahőmérsékleten észlelhető fő forma, pirossal a magas, kékkel az alacsony hőmérsékletre jellemző részlegesen kitekeredett formák, zölddel pedig a fő formával szobahőmérsékleten kicserélődésben lévő állapot. A dinamikus egyensúlyban részt vevő formák egy részéről jelenleg nincs információ

modelljét leíró egyenleteket ráillesztettük a mért adatainkra. Ennek alapján ugyanis még a maximális stabilitás hőmérsékletén is, tehát amikor a mintában lévő molekulák legnagyobb része „látható”, még mindig mintegy 20–30%-ra becsülhető a „láthatatlan” molekulák aránya. Ez az érték hasonló, illetve nagyobb az egyéb fehérjék esetében publikált értékeknél, és értelmezése nem egyszerű.

Az eredmények lehetséges magyarázatához ismét a belső dinamikát kell segítségül hívnunk. A fehérjék sokaságát úgy képzelhetjük el, hogy nagyszámú (a konkrét mérésekhez használt mintacsőben 10^{17} – 10^{18} db) molekula folytonos szerkezeti átalakuláson megy keresztül, ahol egyensúly esetén mindig adott számú molekula van bizonyos szerkezeti állapotokban. Az ún. ergodikus hipotézisnek megfelelően, minden egyes molekula idejének ugyanakkora részét tölti egy-egy állapotban, amekkorára része az egész sokaságnak egy adott időpillanatban abban az állapotban előfordul. Lényeges szempont, hogy az egyes állapotok közötti átalakulás milyen gyakori, vagyis az adott szerkezeti átrendeződés milyen időskálán megy végbe, ez természetesen függ a konkrét állapotoktól, amelyek között ez megtörténik. Vé-

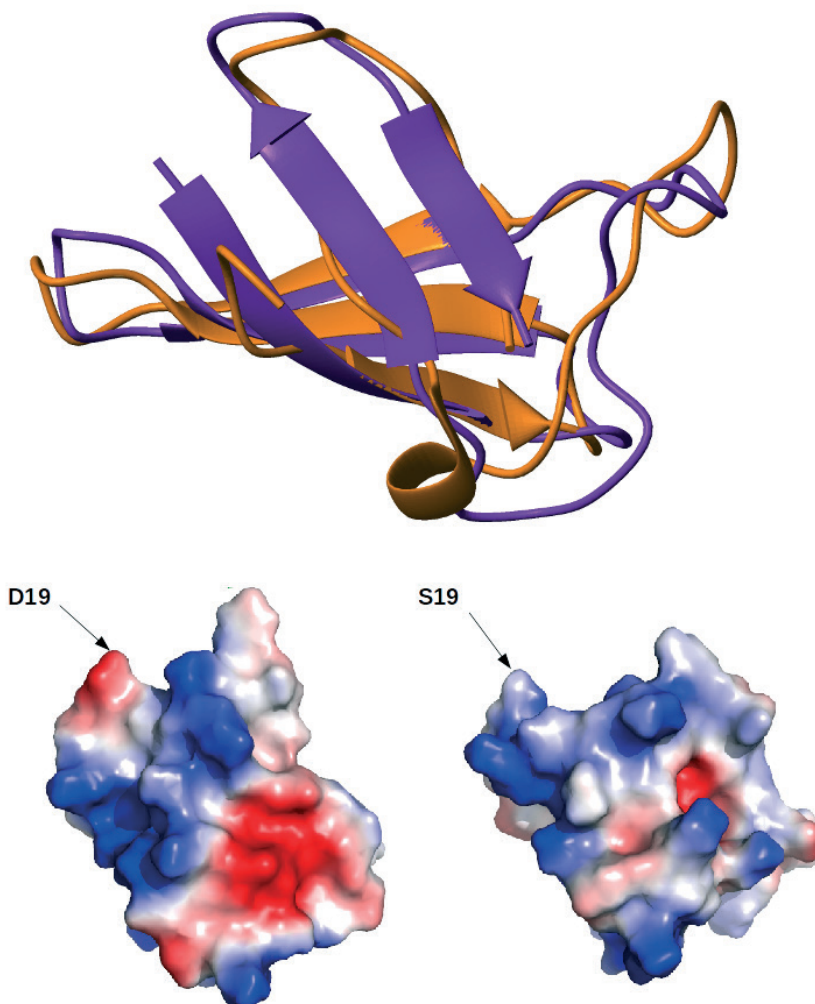
azok átlagának megfelelő információt, ugyanakkor felvetik az ún. túllillesztés lehetőségét, amikor a paramétereknek való megfelelés tetszőlegesen sok, de nem feltétlenül biológiailag releváns szerkezet segítségével is elérhető. Ezért fontos az előállított sokaságok független elemzése, az előállításukhoz nem felhasznált paraméterekkel való összevetése, akár annak konkrét vizsgálata, hogy kevesebb szerkezettel megkapható-e ugyanolyan vagy jobb megfelelés.

A kísérleti adatoknak megfelelő sokaságok alapvetően kétféle módszerrel állíthatók elő. Az első módszer a kísérleti megköte-
ket felhasználó molekuladinamikai szimuláció, ahol a molekulák belső mozgásait korlátok közé szorítva biztosítjuk a kísérleteknek való megfelelést oly módon, hogy egyidejűleg több molekulát szimulálunk és a paramétereket az egyidejűleg számolt molekulákra vonatkoztatott átlagaként értelmezzük. A második módszer esetében egy előre létrehozott, nagy szerkezeti változatosságot mutató molekulahalmazból szelekciós eljárással választunk ki egy olyan sokaságot, alhalmazt, amely összességében megfelel a mérési eredményeknek. Az első módszert általában akkor alkalmazzuk, amikor viszonylag kisebb léptékű elmozdulásokat, azaz egy jól

meghatározott átlagos térszerkezethez közeli szerkezeti állapotokat kívánunk feltérképezni, míg a második akkor kerül előtérbe, amikor változatos, nagyobb léptékű átrendeződéseket kívánunk jellemezni.

A PAF esetében mindkét módszert alkalmaztuk. A gyors, ps-ns időskálájú mozgásokra jellemző paramétereket egy szimulációhoz plusz feltételként hozzáadva olyan sokaságot kaptunk, amely várhatóan jól tükrözi a molekula közvetlenül észlelhető formájának dinamikai változatosságát azon a hőmérsékleten, ahol ezen forma aránya a legmagasabb. [4] Ezután arra voltunk kíváncsiak, hogy a hideg és meleg hatására megjelenő, részlegesen kitekeredett formák mennyire térnek el egymástól, azaz hasonló-e a magas és az alacsony hőmérséklet hatására bekövetkező szerkezeti-dinamikai változás. Ehhez a két szélső hőmérsékleten mért ún. kémiai eltolódásadatokat használtuk fel, melyek az egyes atommagok kémiai környezetére jellemzőek, ezáltal a molekula háromdimenziós szerkezetétől is függenek. Egy előre elkészített, változatos konformációs halmazból mindkét hőmérsékleten 10 000-szer megismételtünk egy véletlenszerű elemeket is tartalmazó szelekciós eljárást. Ezután minden egyes szerkezetre megvizsgáltuk, hogy hányszor kerültek be a végső, szelektált sokaságba a két hőmérsékleten. Végül kiválasztottuk azokat a szerkezeteket, amelyek esetében a legnagyobb különbség volt abban, hogy hányszor kerültek be a magas és hányszor az alacsony hőmérsékletre jellemző paraméterek alapján szelektált sokaságokba. Ezáltal olyan szerkezetekhez jutottunk, amelyek esetében a két szélső hőmérsékletre jellemző jellegzetességek közötti különbségek várhatóan maximálisak vagy ahhoz közeliak. Fontos ugyanakkor megjegyezni, hogy ezek a szerkezetmodellek viszonylag kevés adat alapján készültek, tehát megbízhatóságuk valamelyest elmarad a közvetlenül észlelhető formát reprezentáló sokaságtól. A várakozásoknak megfelelően a PAF nem tekeredik ki, a szerkezeti változások a béta-szálak közötti hurokrégiókra koncentrálódnak, ám ezek különböznek a hideg és meleg hatására kitekeredett formákban (1. ábra).

A molekula rejtett konformereinek feltárása érdekében olyan méréseket is végeztünk, amelyek képesek arra, hogy az észlelhető állapottal adott időskálán dinamikus egyensúlyban lévő szerkezeti változatokról információt adjanak. Ezen mérések segítségével valóban észleltünk egy máshogyan nem dektálható állapotot, mely különbözik a szobahőmérsékleten jellemző, illetve a hideg/meleg hatására részlegesen „kitekeredett” formáktól is. Ez a rejtett állapot azonban a molekulák csupán 0,15%-ára jellemző, messze nem tehető tehát felelőssé a szobahőmérsékleten nem látható mintegy 20–30%-nyit kitevő láthatatlan formáért. Erre a kis hányadban jelenlévő rejtett formára csak egy nagyon közelítő szerkezeti modellt tudunk készíteni, amely pusztán annyit mutat, hogy a molekula – egyébként térben egymáshoz viszonylag közel lévő – két végén történnek jelentősebb térszerkezeti változások. A kapott eredmények alapján egy olyan modellt tudunk felállítani, ahol



3. ábra. Fent: a PAF (lila) és a D19S-változat (narancs) szerkezetének összevetése. Jól látszik a hasonló harmadlagos szerkezet és az egy hurokban való eltérés. Alul: a PAF (balra) és a D19S variáns (jobbra) felszíni töltéeloszlásának összevetése. Piros: negatív, fehér: semleges, kék: pozitív töltés

a közvetlenül észlelhető forma számos más szerkezeti állapottal áll dinamikus egyensúlyban, és ez az egyensúly a hőmérséklet változásával eltolódik (2. ábra). Az egyik ilyen, a láthatóval egyensúlyt tartó forma a molekula végeinek elrendeződésében különbözik a fő konformertől, de a közvetlenül nem mérhető formák jelentős részéről jelenleg nem rendelkezünk információval, az „sötét anyag”-nak tekinthető.

Azt jelenleg nem tudjuk megmondani, hogy az észlelt szerkezeti-dinamikai különbségeknek van-e funkcionális szerepe, és ha igen, milyen módon járulnak hozzá a molekula hatásmechanizmusának kialakításához. Bár a PAF-nak nem ismerjük kötőpartnereit, az igen valószínű, hogy a felületén jelenlévő sok pozitív töltésű oldallánc (lizin) szerepet játszik a gombaellenes hatás kialakulásában. Ennek feltérképezésére több olyan variánszt állítottunk elő, amelyek felszínén egy-egy aminosavat megváltoztattunk. Ezek közül az egyik legérdekesebb az, amelyben a 19. pozícióban lévő, negatív töltésű aszparaginsav aminosavat semleges töltésű szerinre cseréltük, ennek neve az aminosavak egybetűs rövidítéseit felhasználva D19S variáns. Funkcionális

oldalról a D19S-változat lényegesen gyengébb gombaellenes anyag, mint a vad típusú PAF, és ez a különbség leginkább abban érhető tetten, hogy növekvő Ca^{2+} -ionkoncentráció hatására hamarabb elveszti hatásosságát. Szerkezeti oldalról igen érdekes különbséget látunk a D19S és a vad típusú PAF között: a szerkezet egésze keveset változik, azonban egy hurokrégió konformációja jelentősen más lesz a mutáció hatására, és ez együtt jár a felszíni töltésmintázat megváltozásával (3. ábra). A felszínen lévő, töltéssel rendelkező aminosavak kölcsönhatásainak részletes elemzése arra utal, hogy az ezek közötti kapcsolatok nagymértékben átrendeződnek. Ennek magyarázata, hogy a 19-es pozícióban lévő negatív töltés kiesésével az ugyanannyi pozitív töltésű felszíni oldalláncra eggyel kevesebb negatív töltésű oldallánc jut, és a pozitív töltések így inkább azok közé csoportosulnak. A változás ennél annyiival összetettebb, hogy természetesen a sok pozitív töltés közötti tisztítás is szervező erőként jelentkezik. Összességében a funkcionális és szerkezeti változások megerősítik, hogy a felszíni töltéssűrűségnek és -eloszlásnak szerepe van a biológiai hatás megjelenésében. [5]

A PAF tehát ígéretes gombaellenes hatóanyag lehet, azonban működése kapcsán nagyon sok még az ismeretlen tényező. Eddigi erőfeszítéseink ellenére kevés, a PAF fehérjével specifikus kölcsönhatásba lépő molekulát találtunk (membránalkotó foszfátidilinozitolok és membrán kivonatból származó ismeretlen nagy fehérjékkel való kölcsönhatást azonosítottunk eddig). A PAF tehát nagy stabilitása ellenére, természetes állapotában bonyolult dinamikus egyensúlyban létezik és csak részben jellemezhető közvetlenül a nem detektálható szerkezeti formákkal. A felszíni töltésseloszlás szerepe felveti, hogy az egyes szerkezeti átrendeződések összefüggésben lehetnek a hatásmechanizmussal. Annyi jelenleg bizonyosnak látszik, hogy a PAF és variánsai még hosszú ideig elátnak bennünket és egyre több együttműködő partnerünket újabb felderítendő titkokkal és szakmai feladványokkal.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az NKFI Hivatal ANN110821 és NF104198 azonosítójú pályázatait, valamint a GINOP-2.3.2-15-2016-00008 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalom

- [1] Nikoletta Hegedüs, Florentine Marx: Antifungal proteins: more than antimicrobials? *Fungal Biol. Rev.* (2013) 26: 132-145.
- [2] Ádám Fizil, Zoltán Gáspári, Terézia Barna, Florentine Marx, Gyula Batta: „Invisible” conformers of an antifungal disulfide protein revealed by constrained cold & heat unfolding, CEST-NMR experiments and molecular dynamics calculations *Chem. Eur. J.* (2015) 21:5136-5144
- [3] Annamária F. Ángyán, Zoltán Gáspári: Ensemble-based interpretations of NMR structural data to describe protein internal dynamics *Molecules* (2013) 18:10548-10567
- [4] Barbara Richter, Joerg Gsponer, Péter Várnai, Xavier Salvatella, Michele Vendruscolo: The MUMO (minimal under-restraining minimal over-restraining) method for the determination of native state ensembles of proteins. *J Biomol NMR* (2007) 37:117-135
- [5] Christoph Sonderegger, Ádám Fizil, Laura Burtcher, Dorottya Hajdu, Alberto Muñoz, Zoltán Gáspári, Nick D. Read, Gyula Batta, Florentine Marx: D19S mutation of the cationic, cysteine-rich protein PAF: novel insights into its structural dynamics, thermal unfolding and antifungal function. *PLoS ONE* (2017) 12:e0169920

FEKETE RÉKA – MOLNÁR V. ATTILA

Az utak hatása az élővilágra

A közutak egyaránt hatással vannak az élő és az élettelen környezetre. Megváltoztatják a táj arculatát és többnyire negatív hatással vannak az élővilágra. Egy útszakasz kiépítése az állatok elgazolásától az élőhelyek feldarabolásáig sokféle következménnyel járhat. Az úthálózatok kiterjedése világszerte egyre növekszik és egyre jelentősebb környezeti gondokat okoz. Az élőlényekre kifejtett negatív hatásait meglehetősen sok tanulmány dokumentálta. Másfelől viszont az egyre intenzívebben hasznosított tájakon az



Az útszegélyek teret adhatnak olyan agresszívan terjedő növényfajoknak, mint a komoly ökológiai, gazdasági és egészségügyi károkat okozó ürömlevelű parlagfűnek

utakat kísérő természetközeli élőhelytöredékek (mezsgyék, árokpartok) az eredeti életközösségek utolsó menedékhelyeiként szolgálhatnak.

A korunkra jellemző globalizáció egyik jellegzetessége, egyszerűsödés a világméretű kereskedelem és közlekedés növekedésének jellemző mutatója, hogy az Európai Unió tagállamain belül a 2008-ig létesült burkolt utak hossza meghaladta az 5 millió kilométert, az Egyesült Államokban a 4 és fél millió kilométert, Japánban csaknem elérte az 1 millió, Kínában pedig a 3 millió kilométert.

Az utak sokasága negatív összefüggést mutat a legtöbb élőlénycsoport sokféleségével. Az utak legáltalánosabb

negatív hatásai közé az élőhelyek feldarabolása, az érintett élőlényközösségek sérülékenyebbé válása, a természetes élőhelyek önfajok általi könnyebb elérése sorolható.

A vidra Európa-szerte veszélyeztetett faj, visszaszorulásának egyik fő okaként a megnövekedett közúti forgalmat tekintik



Az utak élővilágra kifejtett negatív hatásai közül a legszembeötlőbb a járművek által elütött állatok nagy száma. Az utóbbi évtizedekben a gerinces állatok esetében a „vezető halálokok” mellé felsorakozott a közúti gázolás is. A szaporodási időszakban (általában kora tavasszal) a közutakat keresztezve, a peterakó helyekre vándorló kétélűek állományaiban óriási pusztítást végezhet a forgalom. A kétélűeken kívül más állatokat is fenyeget a forgalom. Becslések szerint Hollandiában évente mintegy 160 ezer emlőst és több mint 650 ezer madarat ütnek el, Bulgáriában pedig 7 millió madarat. Az Egyesült Államok területén naponta 1 millió gerinces állatot gázolnak el. Természetesen nem csak a gerincesekre van nagy hatással a forgalom, a rovarok is óriási számban végzik a különféle járművek szélvédőin.



A dán kanálfü út menti terjedését az utak téli sózása miatt a talajban megnövekedett sótartalom teszi lehetővé

Nemcsak a közlekedés, hanem a vele járó zaj is nagy hatást gyakorol az állatokra: míg a fajok egy része sikeresen alkalmazkodik a megváltozott körülményekhez, addig mások inkább elkerülik a zajos utakat. Zaj hatására az állatok érzékszervei, például a hallás is károsodhat az utak közelében, illetve eltérő mértékben érzékenyvé válhatnak a különböző frekvenciájú hangokra, stresszhormonjaik szintje növekedhet, valamint az állatok táplálkozó- és élőhelyjellemzői károsan megváltozhatnak. Ezenkívül fontos megjegyezni, hogy az éjjeli aktivitású állatok, mint egyes békafajok, éjjeli lepkék és baglyok élettevékenységét nagyon zavarja a járművek fénykibocsátása.

Az útépités okozta élőhely-feldarabolódás következményeként az élőlények állományai is feldarabolódnak. Az út akadályként működve gátolja az egyedek terjedését, és ezáltal egymástól elszigeteltté teszi a populációkat. Az így létrejött egyre kisebb egyedszámú állományok genetikai változatossága csökken, aminek következtében fennmaradásuk esélye is. Egyes kutatók szerint talán ebben a folyamatban rejlik az utak legjelentősebb ökológiai hatása.

A közutak a növényvilágra is nagy hatást gyakorolnak. Az út menti növényzetre kedvezőtlenek lehetnek a gépjárművek által kibocsátott szennyező anyagok, melyek felhalmozódhatnak mind a talajban, mind a növényekben. Ezenkívül a szálló porok is több káros következményre van: felerősíti az olyan másodlagos stresszfolyamatokat, mint a kiszáradás, a patogénekre való érzékenység, a nehézfémek és a különböző fitotoxikus szennyező anyagok felhalmozása.

Az utak és szegélyeik nagy szerepet játszanak az idegenhonos növényfajok inváziójában. A terjedést könnyű magvú növényfajok esetében elősegítheti a járművek által keltett légáramlat, illetve a járművekre tapadt sár, ami – különösen fejlett az út menti vegetáció esetén – jelentős mennyiségű magot tartalmazhat. Egyetlen, 15 ezer kilométert megtett járműre tapadt sárból több mint 100 növényfaj csíráképes magjait mutatták ki. Egy másik vizsgálatban egy év alatt 240 autóra tapadt sárból összesen 33 (többségében kismagvú és zavart termőhelyeken, nitrogénben dús talajokon élő) növényfaj 690 egyedet csíráztattak ki.

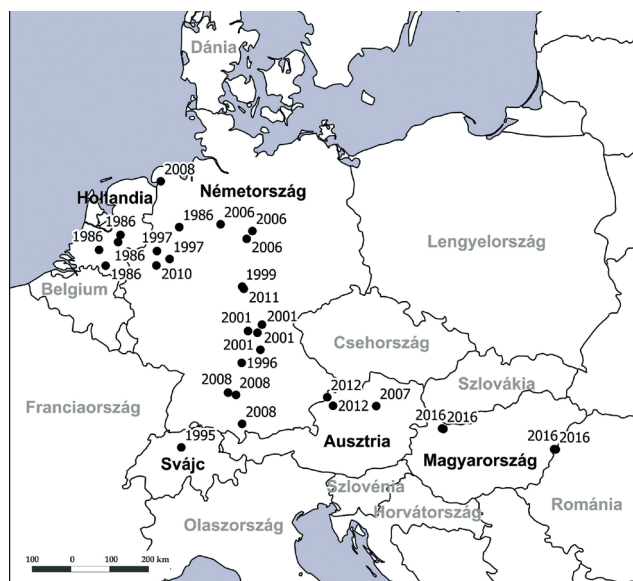
Az özöngyomok az utak – mint ökológiai folyosók – melletti terjedését elősegítheti útépitésekhez használt talaj, az utak kezelése (gyomirtózás, sózás). Emellett az útszegélyek kaszálását végző járművek ürmölvelő parlagfű terméseinek terjesztésben betöltött szerepét is dokumentálták. Úgy tűnik, hogy az allergén virágpóra miatt

közegészségügyi problémát okozó faj új területeken való megtelepedésében és térhódításában kulcsszerepet játszanak az útszegélyek. Az idegenhonos, utak mentén terjeszkedő növényfajok képesek sikeresen kolonizálni a természetes élőhelyeket az utak által érintett területeken is.

Stopposok a tengerpartról

A téli időszakban az utak csúszásmentesítésére leggyakrabban alkalmazott megoldás a sózás, amely jelentős változásokat okoz az út menti talaj adottságaiban (kémhatás, tápanyagok elérhetősége és egyensúlya) és emiatt megváltozhat a növényzet összetétele. A talajban megnövekedett sótartalom ozmotikus stresszt okozhat, vagyis megnehezíti a növények vízfelvételét. Sókedvelő (azaz halofil) növényfajoknak a 200 mM fölötti sókoncentrációjú élőhelyeken túlélni és szaporodni képes fajokat nevezünk ki. Ezek között vannak olyanok, melyek sós körülmények között mutatnak optimális növekedést, többségük azonban só hiányában. Utóbbi esetben nem obligát halofitonokról beszélünk, hanem gyenge kompetíciós képességű, széles ökológiai toleranciájú fajokról.

Hazánkban évente átlagosan ötven olyan nap van, amikor az utakon sikkasztás-mentesítésre van szükség. Csak a fővárosban egy átlagos télen mintegy 30 ezer köbméter konyhasót (nátrium-kloridot) használnak fel e célból. Az utak rendszeres téli sózása újabban lehetővé tette az eredetileg erősen sós talajú termőhelyeken (tengerpartokon és szikes pusztákon) előforduló sótűrő növényfajok megtelepe-



A dán kanálfü eddig észlelt út menti előfordulásai Európában és az észlelések dátuma

dését és terjedését. Hazánkban az utóbbi években a téli időszakban sózott utak szegélyein számos olyan faj (például magyar sóvirág, közönséges mézpázsit és szikipozdr, sziki útifű és kamilla) tűnt fel, ahol a közelben nincs számukra megfelelő élőhely. Nyugat-Európában a sózott utak mentén viszont eredendően tengerparti növényfajok kezdtek terjeszkedni. Nagy-Britanniában olyan tengerparti fajok jelenlétét mutatták ki utak mentén mint a tengerparti szikisófü és tengerparti árpa, a bagolyfü, a sziki útifű, a sziki őszirózsa, a közönséges és a dán kanálfü.

Ez korántsem eseti jelenség; a magyar sóvirágot mindössze néhány éve találták meg csehországi autópályák mentén, a hasonlóan

sótűrő fényes labodának pedig egyre több állományát találták meg autópályák mentén. Hazánkban is számos sótűrő faj utak menti terjedésére figyeltek fel, például így került elő a magyar sóvirág először a Bükk hegységben, de terjedőben van a tatárlaboda és a közönséges sziki pozdor is. Az atlanti-mediterrán tengerpartokon őshonos csókablábú útifű autópályák mentén észak felé terjed. Hazánkban 2013-ban találták meg először Győr környékén, de azóta előkerült utak mel-

lől a Gödöllői-dombság és a Közép-Dráva-völgyének területéről is.

Az Európa atlantikus vidékeinek tengerpartjain előforduló dán kanálfü első utak mellett élő állományait mintegy 30 éve észlelték a Brit-szigeteken és a Benelux államok területén. A következő két évtizedben eljutott Svájcba, Németországba és Ausztriába is. Érdemes megemlítenünk, hogy e faj egyértelmű bizonyítékot szolgáltat arra, hogy a tengerparti fajok terjedése és az utak sózása között összefüggés van. Mára Nagy-Britannia nagy részén (így Északi-Írországon is) igen gyakori az ottani sózott utak mentén. Írországon viszont, ahol az utak csúszásmentesítésére homokos kavicsot használnak, nem tudott teret hódítani. A faj 2016-ban bukkant fel hazánkban az M1-es



A bugás tövisperje őshonos elterjedési területén kívüli terjeszkedése már évszázadokkal ezelőtt megkezdődött, manapság ezt a folyamatot nagymértékben elősegítik a vasutak, illetve az autópályák

autópályák és a 42-es autópályák mentén. Sok százezer példányt számláló állományai a tavaszi virágzáskor autóból is észrevehető fehér szőnyeggel borítják be az útpadkát. A növény tömegesen az út szegélyétől mérve átlagosan 50–80 cm távolságra jelenik meg, de egyedei ritkán találhatók meg az úttesttől 3–4 méternél tovább. Vizsgálataink alapján az állományok egy részének terjedése a szigorú tél ellenére az utóbbi évben tovább nőtt, emiatt további terjedése várható. Vizsgálataink alapján egyetlen példány akár több száz magot is teremhet. Kísérleteink alapján a magvaknak nincs szükségük hideghatásra, 0–0,75%-os sótartalmú táptalajokon 90%-ot meghaladó arányban csíráznak. A szabadban csíranövényei szeptember-októberben jelennek meg és a 2016–2017-es igen zord telet is átvészelték. Számításaink szerint a faj terjedési sebessége mintegy 50 km/év, amely felülmúlja az 1–2 évtizeddel ezelőtt kalkulált értékeket. A terjedési sebesség növekedésében az úthálózat fejlődése, az egyre intenzívebb forgalom, a nyugat-európai állományok növekvő száma és magprodukciója is állhat. Mindez természetvédelmi kérdéseket is felvet: egyrészt ugyanis akár egy évtizeden belül elérheti az Adriai-tenger partvidékeit, másrészt térségünkben számos autópálya és főútvonal halad át természetesen szikes pusztákon. Mindkét esetben fennáll a lehetősége annak, hogy a faj eredeti elterjedési területéről távoli, természetközeli élőhelyeket hódítson meg.

Orchideák úton-útfélen

A felsorolt negatív hatások mellett az utaknak nagy szerepe van a veszélyeztetett növényfajok megőrzésében is. Egyes természetes és természetközeli élőhelyek kiterjedése a megváltozott tájhasználat következtében folyamatosan csökken, így velük együtt számos növényfaj is veszélybe került. A hagyományos gazdálkodás felha-

gyása, az iparszerű mezőgazdasági termelés térhódítása és a faültetvények létrehozása veszélyezteti számos élőhely fennmaradását. Európában például mára veszélyeztetett élőhelyekké váltak a külterjesen művelt kaszálók és legelők. A művelés intenzitásának megváltozása két különböző irányú változást hozhat létre ezeken az élőhelyeken. A hagyományos hasznosítás (kaszálás, legeltetés) viszszafejlésével csökken a cserjésedés, erdősülés és a már korábban említett özöngyomok terjedése indul meg. Az intenzíven művelt (meliorált, trágyázott, túllegeltetett) gyepekből pedig kiszorulnak az érzékeny és ritka fajok. Úgy tűnik, az ilyen folyamatokra érzékeny növényfajok megőrzése szempontjából egyre jelentősebb szerepet töltenek be az olyan kisebb, ember által alkotott és fenntartott (antropogén) élőhelyek, mint az útszegélyek és útbévágások. Ezek a keskeny gyepsávok ökotonként, vagyis két eltérő élőhely közötti átmeneti zónaként értelmezhetők. Az ökotonok fajkészlete sokszor gazdagabb, mint a környező területeké, mivel mindkét élőhelytípus élőlényei megtalálhatók benne, és vannak olyan fajok, amelyek kifejezetten két élőhely határán 'egyensúlyoznak', mert egyébként egyik élőhely fajaival sem képesek felvenni a versenyt. Ilyenek például az orchideák (kosborfélék) is, amelyek gyakran ilyen átmeneti zónákban találják meg létfeltételeiket. Az útszegélyek azért biztosítanak megfelelő élőhelyet bizonyos növények számára, mert sok helyen érvényesül a hagyományos tájhasználat egyik eleme, a kaszálás. Ráadásul az útbévágások részsíjait által levezetett víz növeli a nedvességtartalmat, ami kedvez a növények fejlődésének. Ezek a folyamatok és tulajdonságok együttesen járulnak hozzá egy fajgazdag közösség kialakulásához az utak mentén.

Hazánkban már tucatnyi orchideafaj került elő útszegélyekről, például a Mecsekben, a Bakonyban és a Keszthelyi-hegységben. Az Európa számos országában folytatott vizsgálataink során több tucatnyi orchideafaj sok ezer példányát találtuk meg utak mentén. Az egyes fajok igényeit illetően például lejtőszög és fás szárú borítás tekintetében jelentős különbségeket tapasztaltunk. Ez összefüggésben áll azzal, hogy az útszegélyek és útbévágások az alapkőzet, a tengerszint feletti magasság, a kitettség, a lejtőszög, a mikro- és makroklima függvényében igen változatos termőhelyi körülmények kialakításával sokféle környezeti igényű faj számára biztosítanak megfelelő élőhelyeket.

A kőzetek legjellegzetesebb kísérői közé tartoznak az impozáns és veszélyeztetett fajok között számon tartott sallangvirágok, amelyek legnagyobb állományai utak mentén ismertek, azoktól távolabb általában csak kisebb számban, elszórtan fordulnak elő példányaik. Három fajuk 9 országra kiterjedő vizsgálata során kimutattuk, hogy egyedeik lényegesen közelebb fordulnak elő az úttesthez, mint azt a véletlen alapján várhatnánk. Az úttesttől mért távolság nem befolyásolja a hajtások magasságát és a virágok számát – azaz a tövek kondícióját. Ugyanakkor az úttest közvetlen közelsége hátrányosan érinti a példányok szaporodási sikerét, mert virágaiknak kisebb hányada hoz termést. Ez a hatás valószínűleg az utak megporzó rovarokra gyakorolt hatásán keresztül érvényesül. Ezzel együtt, mivel a sallangvirágok több mint száz éve ismertek, jelentős és szaporodóképességű út menti állományai a fajok fennmaradásának zálogai lehetnek. Mindez azonban az utak és útszegélyek kezelésén is múlik. Természetvédelmi szempontból kifejezetten kívánatos ezeknek az élőhelyeknek a kaszálása, ugyanakkor kerülendő a vegyszeres gyomirtás.

Irodalom

- Forman R.T. & Alexander L.E. 1998. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 207–231.
Clifford H.T. 1959. *Journal of Ecology* 47: 311–315.
Tyser R.W. & Worley C.A. 1992. *Conservation Biology* 6: 253–262.
Vitalos M. & Karrer G. 2009. *Neobiota* 8: 53–60.

MILLENNIUMI DÍJAK–2017

A Szellemi Tulajdon Világnapja

„Nem termékeny lapály, hegyek, ásványok, éghajlat 's a 't. tesz a közérőt, hanem az ész, mely azokat józanon használni tudja. Igazibb súly s erő az emberi agyvelőnél nincs. Ennek több vagy kevesebb léte a nemzetnek több vagy kevesebb szerencséje.”

Széchenyi István Hitel című művének, 'A kiművelt emberfő' fejezetéből származó, jól ismert gondolata összecseng az ENSZ Szellemi Tulajdon Világszervezete ez évi üzenetével, melyben az emberi életminőség javításának kulcsát a kreativitásban, az innovációban találta meg.

A kreativitás, az emberi alkotó tevékenység egyaránt hajtóereje a haladásnak a tudományban, a gazdasági életben, a technológiában és a művészetekben – az az minden emberi törekvésben. E korlátlan erőforrás felismerése, fejlesztése és gazdasági tökékeként való hasznosítása kulcsfontosságú korunk világában ahhoz, hogy javíthassunk az emberi élet minőségén.

A Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala a kezdetektől minden évben változatos programokkal rendezte meg, és kiemelkedő szakmai műhelyek bemutatásával, elismerésével törekszik évről évre emlékeztetést tenni az április 26-ai szellemi tulajdon világnapját.

Ebből az alkalommal kerül sor évről évre a Millenniumi Díjak átadása. A díjat a Magyar Szabadalmi Hivatal elnöke alapította a magyar millennium évében a szellemi tulajdon védelmében fontos szerepet játszó intézmények elismerésére. Átadására idén 17. alkalommal került sor, kiemelkedő hazai szellemi műhelyeink iparjogvédelmi, szellemi tulajdonvédelmi érzékenységu tevékenységének elismeréseként.

A Millenniumi Díj kitüntetettjei

A Cellux Csoport egy 2006 óta működő tervező és alkotó közösség. Tagjai között van designer, képzőművész, pszichológus, meseterapeuta, pedagógus, szociológus és kertész is, ezen látásmódok sajátos keve-

réke közös munkájuk alapja. Zászlójukra kezdetektől az értéktérítést, a tudásmegosztást és a közösségépítést tűzték. Azóta is a fenntartható és tudatos életformával kapcsolatos kommunikáció és a társadalmi felelősségvállalás kérdései foglalkoztatják a csoport tagjait. Szerteágazó tevékenységük három fő irányra osztható. A

nemesítői tevékenységet végez, hogy létrehozzák a jó vetőmagot. A szegedi búza fogalom szektorukban. Hazai kukoricájuk, repcéjük, szójájuk kimagasló teljesítménye, és a cirok, tritikále, durumbúza, árpa, zab kínálatuk meggyőző hozama egyaránt garantálja a dinamikus növekvő partneri hálózat erősödését. Gazdáik igényesek a vetőmagra, a technológiára, a környezetünkre, a logisztikára épp úgy, mint a tudásfejlesztésre és a megújulásra. „Nekünk a kutatótársaimmal az az elvünk, hogy a magyar gazdátársadalmat ki kell tudunk szolgálni többféle búza-fajtával, ami a piaci igény. Tehát mi a piacból élünk elsősorban. Normatív állami támogatást nem kapunk az utóbbi években, hanem bizonyos pályázatokban veszünk részt. Egyébként teljesen a piacról élünk, mint bármelyik nemzetközi nagyvállalat és ott kell helyt állnunk a termékeinkkel a piacon, ezért is van óriási jelentősége még a védettségnek és a szabadalmaztatásnak” –

Bóna Lajos, a gabonakutató igazgatója véleménye szerint.

Az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont – Wigner

Adatközpont a legmodernebb technológiai színvonalú kiszolgáló infrastruktúra által kivételes energia-hatékonyssággal, környezetbarát módon folyamatosan és hatékonyan támogatja a kutatás és innováció dinamikus változó igényeit. Az évtized elején sikeresen pályázott az intézmény az Európai Nukleáris Kutatási Szervezet (CERN) nemzetközi tenderén. A mintegy 30 pályázó közül kiválasztott CERN@WIGNER projekt eredményeként 2012 végéig Budapesten, a KFKI csillébérci telephelyén épült meg a világszínvonalú Wigner Adatközpont. A koncentrált, nagy energiasűrűségű számítási és adattárolási kapacitás innovatív megvalósítása nemcsak hazai viszonylatban szolgál referenciaként a jövő hatékony kutatási és informatikai projektjeinek, hanem egyúttal a



Díjazottak és díjátadók. Pető Gábor és Lévai Péter (MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont), Piróth Eszter (TIT), Pais Panni (Cellux Csoport), Hornung Ágnes, a Nemzetgazdasági Minisztérium államtitkára, Bóna Lajos (Gabonakutató Nonprofit Kft.), Luszcz Viktor, a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala elnöke (Mohai Balázs felvétele)

Cellux Design Stúdióban komplex tervezési feladatokra vállalkoznak, mely nemcsak tárgyak, hanem installációk, rendszerek, kiállítások, virtuális termékek és grafikai munkák tervezésére és elkészítésére is kiterjed. A Cellux Elméleti Laborban szakmai workshopok és tréningek szervezését vállalják a tervezés, a kreatív problémamegoldás és az ezekhez kapcsolódó módszertanok témaköreiben. A Cellux Közösségi Műhelyben pedig különböző alkotó foglalkozásokon gyerekekkel és felnőttekkel közösen a fenntarthatóság legkülönbözőbb témáit dolgozzák fel.

A Gabonakutató Nonprofit Kft. hosszú évtizedeken át az értékes hagyományokra és a legmodernebb ismeretekre építve, a legkiválóbb minőséget és hozamot garantáló, kiemelkedően eredményes növény-



A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat Milleniumi Díját Píróth Eszter igazgató vette át Luszcz Viktor SZTNH elnöktől

következő évtized e-science fejlesztéseit meghatározó, új európai kutatási informatikai trend élére is helyezi Magyarországot.

„A CERN és a Wigner adatközpontját úgy kell elképzelni, mintha ez egyetlen adatközpont lenne, jelenleg 3 darab egyenként 100 gigabites kapcsolat köti össze a két adatközpontot, tehát ez a sebesség lehetővé teszi azt, hogy teljesen mindegy, hogy az egyik számítógép a másik számítógépet címzi meg, éri el akár a genfi központban akár a budapesti központban” – hangsúlyozza Pető Gábor, a Wigner Adatközpont vezetője.

Napjaink tudományos sikereihez elengedhetetlen az információtechnológia hatékony támogatása. A modern fizikai tudományok többsége hatalmas informatikai erőforrásokat igényel. A hagyományos kiemelkedő számításiigényű nagyenergiás fizika mellett az asztrofizika, a geofizika, továbbá a nanotechnológia és a szilárdtestfizika különböző ágai is egyre gyakrabban támaszkodnak masszív számítási és adattárolási infrastruktúrára. Hasonlóképp igaz ez a fizikával rokon alkalmazott tudományok egész sorára, mint pl. a meteorológia, az áramlástan, a hálózatmodellezés vagy éppen a pénzügyi kockázatelemzés.

Lévai Péter akadémikus, főigazgató szerint: „Nálunk nemcsak a körülmények kiválóak, nemcsak az infrastruktúra, hanem az a csapat, amely üzemben tartja. Ötödik éve kiválóan végzik a tevékenységüket, és méltán híresek Európában, méltán jelentenek tulajdonképpen zsinórmértéket, hogy hogyan kell egy tudományos adatközpontot üzemeltetni, hogyan kell a tudományos kutató-fejlesztő közösség számára lehetővé tenni egy ilyen adatközpontnak a tevékenységét, működését.”

A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat állandóan megújulva, a tudástársadalom megteremtésén munkálkodik a tehetséggondozásban, a kultúraterjesztés-

ben megkerülhetetlen szerepet játszik. „Európában is egyedülálló, hazánkban is párját ritkítja, hogy egy ismeretterjesztéssel foglalkozó szervezet alapításának 175. évfordulóját is megérje” – hangsúlyozza Píróth Eszter, a TIT Szövetségi Iroda igazgatója, a Társulat 175. évfordulójára készült emlékkötet számára írt előszavában. A hazai tudományos ismeretterjesztés 1841 tavaszán a Királyi Magyar Természettudományi Társulat létrejöttével működő szervezetet kapott, intézménnyé vált. Az alapító tagok tisztségviselőket választottak, munkájukat tervszerűen végezték, fejlődési irányokat határoztak meg. A szóbeli, személyes ismeretátadás után elindult

a folyóiratokban, könyvekben az írásbeli ismeretközvetítés is. A tudományok új területeinek új művelői kapcsolódtak be az ismeretterjesztés szélesedő folyamatába. A Társulat mint élő organizmus változott, alakult, keresve és legtöbbször megtalálva helyét és lehetőségeit az évszázados változó körülmények között. Túlélte történelmi viharokat, meg nem szűnt, működése folyamatos. Hozzájárulása a tudástársadalom, a természettudományos-műszaki kultúra kialakításában, a köz- és felsőoktatáson kívüli valamint felnőttképzési, élethosszig tartó tanulási lehetőségek kínálatában ma már megkerülhetetlen.

Az 1990-nel eljött megújulástól a mai napig olyan, nemzetközi megmértetésben is kiemelkedő tudósok vállaltak vezető, egymást követően elnöki szerepet – méltón az alapító elődökhöz, mint Bugát Pál, Irinyi János, Jedlik Ányos, Szily Kálmán, vagy az újabb időkben, Szentágothai János, Benkő Loránd, Vizi E. Szilveszter, vagy napjainkban Hámosi József akadémikus.

Az országzserre több mint negyven tag-szervezetet számláló társulat, három ismeretterjesztő folyóirata (Természet Világa – 1869, Élet és Tudomány – 1946, Valóság – 1958), bemutató csillagvizsgálója, planetáriuma, akkreditált nemzetközi nyelviskolája, ill. vizsgaközpontja, a külhoni magyarság anyanyelvi képzése, tehetséggondozó tanulmányi versenyek, PhD hallgatók és középiskolások diákok számára kiírt cikkpályázatai, részvételük a Magyar Tudomány Ünnepe rendezvénysoroztatában, a Mindentudás Egyetemében, vagy akár a Kutatók Éjszakája rendezvényein, mind-mind a tudásszerzés, képességfejlesztés, tehetséggondozás felbecsülhetetlen értékű műhelyei és a tudományos, műszaki pályák felé vonzódás motiválói, a pályaválasztás segítői is egyben.

DÜRR JÁNOS BÉLA

KEVESEBB SÖTÉT ANYAG LEHET A FIATAL GALAXISOKBAN?

Hat fiatal galaxis vizsgálatából arra következtetnek, hogy ezekben a vártnál kevésbé érvényesül a sötét anyag hatása. Közel fél évszázada az Androméda-köd forgására vonatkozó mérések szolgáltatották az első bizonyítékot a sötét anyag létezésére. A galaxis középpontja körül keringő gázfelhők közül 67-nek nagyon pontosan megmérték a sebességét, és azt kapták, hogy a magtól 15 000 fényévnél távolabb sem csökken a keringési sebesség a várt mértékben, a felhők ott is majdnem olyan gyorsan keringtek, mint a mag közelében, ami a láthatatlan anyag gravitációs hatására utalt. Később a sötét anyag létezését más, például a galaxishalmazok galaxisainak mozgására vonatkozó mérésekkel is alátámasztották. A megfigyelések alapján úgy tűnt, hogy a galaxisok, de még a galaxishalmazok is a sötét anyag nagy tömegű halóiba ágyazódnak bele, amely halo már akkor is létezett, amikor a galaxis csillagai még nem világítottak.

Most a *Max Planck Intézet* (Németország) csillagásza hasonló méréseket végeztek távoli galaxisokra, de eltérő eredményt kaptak. Több száz távoli (az ősrobbanás utáni 2,5–8 milliárd évvel volt állapotukat mutató), a Tejútrendszerhez hasonló galaxist vizsgáltak meg, amelyekben évente 50–200 naptömeg anyag alakult csillagokká, ami abban az időben átlagosnak mondható. Ők is a hidrogénfelhők mozgását vizsgálták, és megállapították, hogy hat fényes és nagy galaxisnál a magtól távolabbi felhők sebessége annak megfelelően kisebb, mintha a vártnál kevesebb a sötét anyag lenne jelen. Ugyanezt tapasztalták további 97 halványabb galaxisra vonatkozó méréseik átlaga esetében is.

Mindemellett, az eredmény inkább a galaxisok fejlődésére vonatkozik, mintsem a sötét anyag természetére. Lehetséges magyarázatként egyesek felvetették, hogy ezekben a galaxisokban még folyik a sötét anyagból álló halo növekedése. Ez azonban alapvetően megváltoztatná a galaxisok fejlődéséről alkotott eddigi képet, mert aszerint a halo hamarabb jön létre, és csak utána kezd összegyűlni a gáz, majd a csillagok. Másik lehetőség, hogy ezek a galaxisok fejlődésük rendkívüli szakaszában járnak, amikor a csillagkeletkezés a legintenzívebb. Emiatt csak a galaxisok belső vidékét figyeljük meg, vagyis csak azt a részüket látjuk, ahol a közönséges anyag hatása az uralkodó, a sötét anyag dominálta külsőbb részeket nem látjuk.

(www.skyandtelescope.com,
2017. március 15.)

SZERVES VEGYÜLETEK A CERESÉN

Lapunkban többször foglalkoztunk a Ceres kutatásának új eredményeivel (legutóbb: Természet Világa, 2017. február), a NASA Dawn űrszondája 2015 óta folyó mérései alapján azonban egyre újabb eredmények látnak napvilágot. Nemrég arról számoltak be a küldetés eredményeit feldolgozó szakemberek, hogy a Ceres magas északi szélességén kiterjedt, szerves vegyületeket tartalmazó foltot találtak. Önmagában a szerves anyagok jelenléte nem meglepő, a kisbolygókról származó meteoritokban már többször is találtak ilyeneket, sőt két kisbolygónál földi színképi mérések alapján gyanítják a jelenlétüket. A Dawn mérései azonban sokkal egyértelműbbek ezeknél. A Ceresen a szerves anyagokat az 50 km átmérőjű Ernutet kráter belsejében, a kráter peremén és néhány foltban a környéken mutatták ki, egy nagyjából 1000 négyzetkilométeres területen, de úgy tűnik, mintha nem állnának kapcsolatban a kráterrel. A Dawn legalább egy, sokkal kisebb lerakódást a 400 km-rel távolabbi Inamahari-kráter környékén is felfedezett. A szerves anyag mibenlétét, pontos összetételét azonban eddig nem tudták megállapítani, de az az alifás szerves anyagokra hasonlít (ellentétben a gyűrűt tartalmazó aromás vegyületekkel, az alifás vegyületek általában egyenes szénláncúak), ezek a molekulák jobban ellenállnak a hőnek és a sugárzásnak.

Az eredmény két szempontból is érdekes. Egyrészt, a Ceresen bőven találtak vízjeget, valamint karbonátokat és sókat. Ezek jelenléte a szerves anyagokkal együtt kedvező környezetet teremt a prebiotikus kémiai folyamatokhoz. Másrészt, úgy tűnik, mintha a szerves vegyületek nem becsapódásokkal kerültek volna a Ceresre. Nem találtak ok-okozati kapcsolatot a létező kráterekkel, és a becsapódás valószínűleg a többi törmelékkel együtt jobban szétszórta volna ezeket az anyagokat. Ezért feltételezik, hogy az anyagok magából a Ceresből származnak, talán az égitest mélyéből hozta a felszínre valamilyen folyamat, de ennek a részleteit illetően egyelőre még találgatásokba sem bocsátkoznak. Más kutatók viszont azt gyanítják, hogy valaha jégvulkánok működtek a Ceresen, tehát nincs kizárva, hogy a kis égitest geológiailag sokkal aktívabb annál, amilyennek sejtettük.

(www.skyandtelescope.com,
2017. február 16.)

VEGETÁRIÁNUS VOLT AZ ÓRIÁSLAJHÁR

Lajhások már 10 ezer évvel ezelőtt is éltek a Földön, mint például az elefánt méretű Megatherium. Ezek azonban túlságosan nagyok és nehézkesek voltak ahhoz, hogy a mai fajokhoz hasonlóan naphosszat a fák ágairól

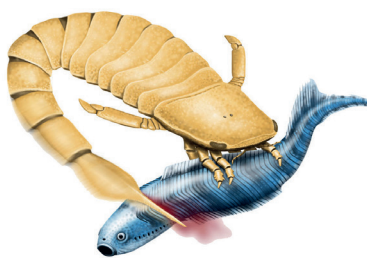
lógjanak lefelé. Ehelyett a talajszinten éltek és nagyméretű üregeket ástak a talajba. A táplálkozásuk régóta erősen vitatott, különösen a hatalmas karmaik járultak hozzá a különböző spekulációkhoz. Ezek a karmok vajon vadászfegyverek voltak, vagy föld alatti rovarkolóniákat ástak ki velük? Esetleg hatalmas karmaik ellenére a maiakhoz hasonlóan növényevők voltak?

A kérdés eldöntéséhez a legkézenfekvőbb a fogak morfológiai és kopásvizsgálata lehetne, ám az óriáslajhákhoz hasonló fogakat nem ismerünk a ma élő állatoknál. Egy nemzetközi kutatócsoport a *Senckenberg Kutatóintézet* munkatársainak vezetésével most a szénizotópok összetételét vizsgálta meg a csontjaikban. A ragadozók esetében a bevitt proteinek aránya jóval magasabb, mint a főleg szénhidrátokat fogyasztó növényevőknél, és ezt a csontokba beépülő izotópok jól dokumentálják. A fosszilis csontok alapján úgy tűnik, hogy a Megatherium kizárólag növényekkel táplálkozott. Az óriáslajhák táplálkozási szokásainak ismerete segít megérteni az egykori ökoszisztémákban betöltött szerepüket.

(Gondwana Research, 2017. április 18.)

OLDALIRÁNYBA SZÚRTAK A TENGERI SKORPIÓK

Már 430 millió éve, jóval a barrakudák és a cápák megjelenése előtt is sok különféle ragadozó portyázott a tengerekben. A legféltetesebbek az eurypteridák, más néven tengeri skorpiók voltak. A modern skorpiók és törzfarkú rákok rokonságába tartozó állatoknak vékony, hajlékony teste volt. A 3 méteresre is megnövő példányok némelyi-



Fantáziarajz a *Slimonia acuminatáról*

ke erős karmokkal rendelkezett. A legújabb kutatások szerint volt egy további fegyverük is a fogazott faroktővis révén, amiről eddig azt gondolták, hogy csak védekezésre szolgált. A megállapítást egy új fosszília (*Slimonia acuminata*) felfedezése segítette elő a skóciai Lesmahagow közelében. A példány fogazott tővisben végződő farka erősen az egyik irányba ívelődött. A homárokkal és garnélákkal szemben, melyek széles farkuk fel és lefelé irányuló csapko-

dásával úsznak előre, az eurypteridák farka vertikálisan alig mozgott, horizontálisan viszont nagyon mobilis volt. A lelet alapján a tengeri skorpiók a farkuk oldalirányú csapásaival támadhatták és ölthették meg áldozataikat. Ezekkel a mozdulatokkal kis hidraulikus ellenállásba ütköztek, és közben nem is mozdították el magukat a korai gerincesek közül kikerülő préda mellől.

(The American Naturalist,
2017. április 18.)

ELSÜLLYEDT ŐSKONTINENS MAURITIUS ALATT

Az Indiai-óceán egyik gyöngyszeme, a turistaparadicsomként jól ismert Mauritius szigete fiatal vulkanikus kőzetekből áll – a legidősebb itt talált kőzet is alig 9 millió éves. A sziget – több indiai-óceáni társával együtt – egy forrópontnak köszönheti a létét.

A Nature Communicationsben megjelent tanulmányt jegyző kutatók a Gondwana szuperkontinens feldarabolódását tanulmányozták, s a kőzetben rejtőző cirkonkristályokat vontak ki a szigeten talált trachitból, mivel a cirkonkristályokba a kialakulásuk során radioaktív elemek épülnek be, így alkalmasak arra, hogy a korukat meghatározzák.

2012-ben már találtak ősi, 2 milliárd éves cirkonkristályt mauritiusi parti homokban, azonban az akkori felfedezést erős kételkedés fogadta. Feltételezték ugyanis, hogy külső szennyeződés útján került oda a szemcse, amiből kivonták a cirkont. A mostani esetben a szigetet felépítő vulkanikus kőzet egy darabjából vontak ki 13 cirkonkristályt, ezek közül 10 a trachit korának megfelelő volt, 3 azonban igen ősi eredetre utalt. E három cirkonkristály életkorát 2,5, ill. 3 milliárd évre becsülik a bennük lévő tórium-, ólom- és uránizotópok alapján. A cirkon egykori prekambriumi kontinentális kőzetekből származik, e kőzetek pedig valahol Mauritius alatt lesüllyedve pihennek. A forrópontból induló, a földkérget áttörő vulkánkitörések során az ősi cirkon belekeveredett a felszínre jutó olvadékba, majd tanúja lett a sziget alatti kontinentális kéregmaradványnak.

A kutatás eredménye alapján a Gondwana a feldarabolódása során nem egyszerűen széthasadt, hanem számos kisebb kéregtöredék keletkezett, többek közt a Mauritia nevet kapott mikrokontinens, amelynek jelenlétét gravitációs anomália is sejteti. Hasonló korú kőzeteket az indiai Dharwar-kratonban, illetve Madagaszkár középső-keleti részén is találtak, Mauritia ezen területek közt helyezkedhetett el.

(Nature Communications,
2017. január 31.)

Mi a szintetikus biológia?

VENETIANER PÁL

A kérdésre a legtöbb olvasó azt válaszolná: az élet vagy az élőlények egyes fontos „részegységeinek”, makromolekuláinak mesterséges létrehozása kémiai szintézissel. Ez a válasz lényegében helyes, de a szintetikus biológia – vagyis a huszonegyedik század jellemző és fontos új tudományos diszciplínája – ennél lényegesen többet jelent. Noha pontos definíciót nehéz adni, a legjobb körülírás az, hogy ez az új tudományág a konstruktív műszaki tudományok szemléletét és módszereit viszi be a biológiába. Vagyis az élő sejtek egyes „részegységeit” (makromolekulákat, sejtstruktúrákat, önálló funkciójú molekulakomplexeket) gépalkatrészként kezelve próbál meg új „gépeket”, működési egységeket létrehozni, ahogy a gyerek a Lego előre gyártott elemeiből épít különböző konstrukciókat. Ez a műszaki megközelítésmód azt is jelentheti, hogy élőlényeket „programoznak át” egy emberi szempontból hasznos cél érdekében.

A „szintetikus biológia” kifejezést először Leduc francia biológus használta 1910-ben, de a tudományág valódi születési dátuma inkább a mostani ezredforduló. 2000-ben jelent meg a vezető tudományos folyóiratban, a *Nature*-ben két közlemény, amelyek ilyen konstrukciókról számoltak be. Az egyik például azt írta le, hogy a molekuláris biológusok által legjobban ismert, legtöbbet vizsgált baktériumban, az *Escherichia coli*-ban létrehozta három jól ismert génműködést szabályozó egység mesterséges összekapcsolásával egy olyan új szabályozó rendszert, amely meghatározott ritmusban oszcillált két állapot között, amit egy fluoreszkáló fehérje megjelenése, illetve eltűnése jellemzett. Ma már emberi sejtek szövetkultúrájában is konstruálhatók ilyen típusú mesterségesen összekapcsolt szabályozó rendszerek, amelyek szinte a számítógépek bizonyos logikai funkcióit képesek imitálni.

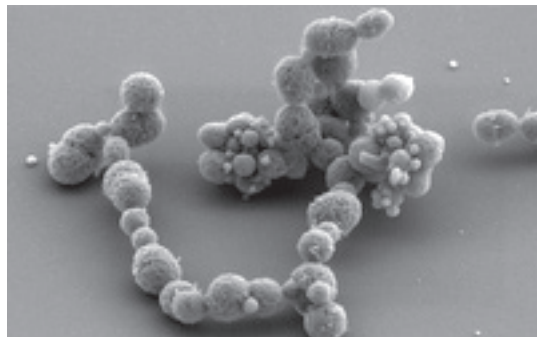
Az első szintetikus biológiával foglalkozó és ezt nevében is feltüntető résztvevő 2003-ban hozták létre az amerikai Lawrence Berkeley National Laboratoryban. Azóta persze hihetetlen fejlődés volt ezen a téren, elsősorban az Egyesült Államokban. Az interneten hozzáférhető egy

több mint húszezer tételből álló biológiai „alkatrészlista”, ami tartalmazza a legkülönbözőbb élőlényekből származó jól jellemzett részegységeket, amelyekből a szintetikus biológusok építhetnek. És építkeznek is. Egy iGEM (International Genetically Engineered Machine) nevű verseny középiskolás és egyetemista diákok csapatait hívja meg, hogy építsenek biológiai „gépeket”. Tavaly októberben, Bostonban 3000 diák vett részt ezen a négynapos versenyen a világ minden részéből. A verseny persze nem a kísérleti munka, az építkezés terepe, itt csak előadásokban és posztterekben számolnak be az eredményekről. Az egyik díjnyertes csapat például arról, hogy egy oxigénszegény környezetet kedvelő baktériumba beültettek egy toxintermelő gént, amely csak akkor működik, ha a baktériumpopuláció létszáma eléri egy bizonyos határértéket (az ilyen szabályozás ismert a biológiában, neve „quorum sensing”, azaz létszám-érzékelés). Ez a baktérium rákos daganatba injektálva képes ott szaporodni, majd az adott sűrűség elérésekor elpusztul, és az ekkor felszabaduló toxin megöli a tumorsejteket. (Ez a rendszer persze még csak állatmodellekben működik, az esetleges klinikai felhasználástól még igen messze van). Léteznek azonban teljesen felhasználható orvosi alkalmazások is. Két svájci kutató, Weber és Fussenegger erről szóló összefoglalóját idézem: „A szintetikus biológia által tervezett eszközök ma hozzájárulhatnak betegségek mechanizmusának megértéséhez, új diagnosztikai eszközöket hoznak létre, lehetővé teszik gyógyhatású vegyületek gazdaságos termelését, valamint új stratégiák tervezését a rák, az immunológiai betegségek, anyagcsere-betegségek (például a cukorbetegség és a köszvény) és számos fertőző betegség kezelésére.”

Az élő sejtek lényeges összetevőinek kémiai szintézise terén a leglátványosabb eredmény 2010-ben született, erről e lapban már írtam (Mesterséges élet? Természet Világa, 141, 2010, 338-340). Craig Venter és csapata az

egyik legkisebb genommal rendelkező sejt élőlény (*Mycoplasma mycoides*) teljes DNS-ét állította elő kémiai szintézissel, majd azt egy másik rokonfajba (*Mycoplasma capricolum*) vitték be úgy, hogy a további osztódások során csak ez a donor-DNS maradjon meg, és az akceptorfaj saját DNS-e vesszen el a sejtekből. Így elmondható, hogy a szintetikus DNS-el más fajtá változtattak át egy baktériumot.

További munkájukban azt a kérdést tették fel, hogy a *Mycoplasma mycoides* aránylag kisméretű genomja (azaz 1 079 000 nukleotid-hosszúságú DNS-lánca)



A minimális genomú *Mycoplasma mycoides* baktérium elektronmikroszkópos képe

valóban a legkisebb genom-e, amely szükséges az önálló sejt életéhez. Ezért az általuk előállított szintetikus DNS minden egyes génjére nézve megvizsgálták, hogy megbénítása halálos hatású-e, és ha nemleges volt a válasz, akkor azt a gént eltávolították. Ezzel az eljárással eljutottak egy közel felére csökkent (531 000 nukleotid-hosszúságú, 471 gént tartalmazó) „minimális” genomhoz. Az ezzel a genommal rendelkező sejtek életképesek voltak, normálisan osztódtak és külsőleg hasonlítottak az eredeti baktériumhoz. A további redukció azonban már életképtelenné tette őket. E mesterségesen konstruált élőlény „minimális” genomja tartalmazta az összes ismert anyagcsere-funkcióhoz szükséges gént, de tartalmazott 149 olyan gént is, amelynek szerepe és feladata eddig ismeretlen volt. A csapat jelenleg azon dolgozik, hogy ezeknek a géneknek a funkcióját megismerje.

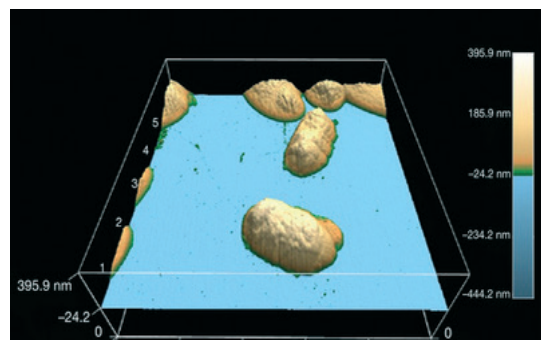
Genomredukciós kísérletek nemcsak szintetikus DNS-ű sejtekkel, hanem jóval nagyobb méretű, természetes genomokkal is folytak és folynak. Pósfai György (a Szegedi Biológiai Központ Biokémiai Intézetének jelenlegi igazgatója) a molekuláris biológusok kedvenc baktériuma, az *Escherichia coli* genomját redukálta az általa kidolgozott módszerrel, együttműködve azzal a *Frederick Blattnerrel*, aki korábban meghatározta a 4,7 millió nukleotidból álló genom teljes nukleotidszortrendjét (DNS-szekvenciáját). E munka célja nem a minimális genom létrehozása volt, hanem olyan, gyakorlati célokra (ipari fermentáció) alkalmasabb törzs előállítása, amely az ugráló gének és rejtett vírusgenomok (profágok) eltávolítása révén stabilabban tenyészthető, kevésbé van kitéve káros mutációknak vagy fágfertőzésnek. Ilyen típusú kísérleteket más csoportok is végeznek egy hasonlóan jól ismert, ipari fermentációban használt másik baktériumfajjal, a *Bacillus subtilis*-sel. Ezekben a kísérletekben a genomok 15–30%-át sikerült eltávolítani az életképesség károsítása nélkül, és e baktériumtörzsek némelyike sokkal hatékonyabban működik az ipari alkalmazásokban.

A szintetikus biológia legújabb jelentős eredménye – a baktériumoknál lényegesen bonyolultabb, ha úgy tetszik magasabb rendű organizmus – az élesztő (*Saccharomyces cerevisiae*) genomjának részleges szintézise. Az élesztőnek nem egy kromoszómája van, mint a baktériumoknak, hanem 16. Ebből a 16-ból eddig hatot sikerült mesterségesen előállítani és beépítésükkel életképes, normá-

nem kódoló része) többségét, áthelyeztek bizonyos géneket, és mindenütt kicserélték az egyik úgynevezett „stop” kodont egy másikra (ez jelzi a kódszótárban a fehérjeláncok végét, mint a mondatban a pont). A felszintetikus élesztő külsőleg, és megfigyelhető működésében teljesen megegyezett a természetesével. Noha erről a tudományos közleményben nem esett szó, nyilvánvalóan ugyanúgy megkelesztette a kenyeret.

A kémiaiilag szintetizált DNS-molekula esetében természetesen nem jelenthet problémát az említett univerzális kodon kicserélése egy másikra. Ennél sokkal érdekesebb, hogy ugyanezt meg lehet csinálni természetes DNS-el is. A molekuláris biológia egyik „nagy öreg”-je, *George Church* laboratóriumában dolgozták ki azt a MAGE (multiplex automated genome engineering) nevű eljárást, amely alkalmas arra, hogy élő sejtek genomjában igen rövid idő alatt (lényegében egy ciklikusan ismétlődő reakcióval) nagyszámú változtatást hajtsanak végre, például egy stop kodon kicserélését a genom minden pontján. Church-ról egyébként érdemes megjegyezni, hogy noha valóban nagy tudós, hajlamos néha bulvár ízü kijelentéseket tenni, így ő mondta azt, hogy nemsokára megvalósulhat a teljes emberi genom kémiai szintézise, vagy, hogy lehetséges lesz a mamut feltámasztása a DNS-szekvencia ismeretében.

Természetesen még számos példát lehetne felsorolni a szintetikus biológia eddigi eredményeiről, illetve ígéretes próbálkozásairól, de talán ennyi is elég arra, hogy tájékoztasson: mi is ez az új tudományág. Befejezéséért mindenképpen érdemes elmondani, hogy az európai tudományos akadémiák kollektív tanácsadó testülete, az EASAC létrehozott egy új szakmai bizottságot a szintetikus biológia problémáinak, perspektíváinak, európai jövőjének vizsgálatára. Ez a bizottság (amelyben Pósfai György képviselte a Magyar Tudományos Akadémiát), körülhatárolta, meghatározta a tudományág területét, elemezte a kutatások helyzetét Európában, kijelölte a jövő legfontosabb kutatási irányait, rámutatott az



A Pósfaiék által 15%-kal kisebbitett genomú *Escherichia coli* atomerő-mikroszkópos képe

ilyen szaporodó, „felszintetikus” élesztőt létrehozni. A mesterséges kromoszómák nem azonosak a természetesekkel, tervezésüknél felhasználták a genomredukciós kísérletek tapasztalatait és egyéb a génműködésről szóló ismereteket is, így eltávolították az ismétlődő szakaszokat, az úgynevezett „intronok” (a gén fehérjé-

ilyen természetű kutatások által felvetett etikai problémákra, és állásfoglalást fogalmazott meg ezekkel kapcsolatban. Az EASAC bizottság jelentésének összefoglalója magyarul is elolvasható az interneten (http://www.easac.eu/fileadmin/Reports/Hugarian_Version_szintetikus_biologia_bevezetes.pdf). ¶

E számunk szerzői

DR. BABINSZKI EDIT geológus, PhD, tudományos főmunkatárs, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest; BARANYI TÜNDE tudományos főmunkatárs, Napfizikai Observatórium, Debrecen; DR. BATTÁ GYULA fizikus, az MTA doktora, Debreceni Egyetem, Kémiai és Biológiai-Ökológiai Intézetek, Szerkezeti Biológiai Kutatócsoport, Debrecen; DÜRR JÁNOS BÉLA kommunikációs főtanácsadó, Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala, Budapest; FEKETE RÉKA biológia szakos egyetemi hallgató, Debreceni Egyetem; FIZIL ÁDÁM biológus, PhD, Debreceni Egyetem, Kémiai Intézet, Debrecen; GÁSPÁR ANITA informatikus könyvtáros, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest; DR. GÁSPÁRI ZOLTÁN biológus, Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai és Bionikai Kar, Budapest; DR. GULYÁS SÁNDOR geológus, paleontológus, egyetemi adjunktus, PhD, Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földtani és Őslénytani Tanszék, Szeged; HERCZEG JÁNOS Rácz Tanár Úr Élelműdijás matematika-tanár, az Élet és Tudomány ny. főszerkesztője, Budapest; KAPUI ZSUZSANNA csillagász, PhD, MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földtani és Geokémiai Intézet, Budapest; KÖBÁNYAI PÉTER geográfus, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest; LADÁNYI LÁSZLÓ geográfus, Budapest; LANDY-GYEBNÁR MÓNKA, a Magyar Csillagászati Egyesület tagja, Veszprém; DR. MERKL OTTÓ főmuzeológus, Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest; DR. MOLNÁR V. ATTILA botanikus, egyetemi docens, az MTA doktora, Debreceni Egyetem TTK Növénytan Tanszék, Debrecen; PÁTKAI ZSOLT meteorológus, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest; SÜMEGI BALÁZS PÁL környezetmérnök, intézeti mérnök, Szegedi Tudományegyetem Földtudományi Intézet, Szeged; DR. SÜMEGI PÁL az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár, a Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földtani és Őslénytani Tanszék, Szeged; DR. SZABAD JÁNOS genetikus, Szegedi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Orvosi Biológiai Intézet, Szeged; DR. VENETIANER PÁL akadémikus, MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Biokémiai Intézet, Szeged.

Júliusi számunkból

Szabó Sándor–Filakovszky János–Tóth János: Selye munkássága sokkal több, mint a stressz
Besenyei Ádám–Csomós Petra: Kalandok az alkalmazott matematikában
Csaba György: Az ember neme

Lángoló mezők

BABINSZKI EDIT–GÁSPÁR ANITA–KÖBÁNYAI PÉTER

Most induló rovatunkban hónapról hónapra bemutatunk egy-egy különleges, régi földtani, vagy természetrajzi témájú könyvet, könyvsorozatot a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet Földtani Szakkönyvtárának gyűjteményéből. Hazánk legnagyobb földtani szakkönyvtárának állománya körülbelül 300 000 tétel, ebből pár száz muzeális könyvtári dokumentum. Ezek egy részét Semsey Andor, a földtani kutatás és a Szolgálat jogelődje, az 1869-ben alapított Magyar Királyi Földtani Intézet nagyvonalú mecénása vásárolta az intézet számára. A Könyvtár ezen gyűjteménye az elmúlt közel 150 év alatt további ajándékozásokkal és vásárlásokkal bővült. Új sorozatunk első részében Sir William Hamilton 1776-ban, Nápolyban kiadott, *Campi Phlegraei (Lángoló mezők)* című könyvét és annak 1779-es kiegészítését (*Supplement to the Campi Phlegraei*) mutatjuk be.

A vulkáni folyamatokat tudományos alapossággal, a legapróbb részletekig bemutató kötet, Hamilton máig helytálló megállapításaival és a könyvet illusztráló 54 darab, kézzel színezett rézmetszettel kora természettudományi értékeinek iskolapéldája volt.

William Hamilton 1730-ban született Skóciában, nemesi családban. Élete első három évtizedében a XVIII. századi angol arisztokrácia megszokott életét élte: tíz

ságban. 1764-es Nápolyba érkezése után élete gyökeresen megváltozott: pár évtized leforgása alatt megszállott kutatóvá, az egyik legelső igazi terepi geológussá vált, aki olyan szenvedéllyel kutatta a Vezúvot, mint talán senki más.

Életrajzírója, Brian Fothergill így írt róla: „A Vezúv nem rettentette el Hamiltont, elbűvölte őt. Az aktivitás bármiféle jelére már megjelent a lejtőkön, jegyzeteket, vázlatrajzokat készített, mintákat gyűjtött és olyan közel ment a füstölgő kráterhez, vagy a lávafolyásokhoz, amennyire csak mert, s gyakran az életét is kockára tette.”

Sir William éppen akkor érkezett Nápolyba, amikor a Vezúv az utóbbi századok egyik legaktívabb fázisába lépett. Bár szinte semmit nem tudott a tűzhányókról, annyira elbűvölte őt a kitörések, hogy a vulkán természettudományos vizsgálatába kezdett. Kifűző megfigyelő volt, a kitörésekről szóló leírásai máig a legjobbak közé tartoznak. Ilyen például az 1767. októberi visszaemlékezése is, amely az 1766–67-es kitörési szakasz csúcspontjáról íródott, amely őt kísérőjével együtt épp a kráter közelében érte.

„A hegy hatalmas zajjal kettévált, új szájnnyílásából a folyékony tűz szökőkútja többblábnyi magasságba lövellt, aztán, mint valami hegyi patak, egyenesen felénk rohant. Miközben a föld rázkódott, horzsakődarabok zápora zúdult ránk; azon nyomban egy fekete füstből és hamuból álló fekete felhő emelkedett föl, szinte tökéletes sötétséget okozott. A hegy tetejéről hallatszók robbanások egyre hangosabbá váltak, hangosabbá, mint bármelyik mennydörgés, amit valaha is hallottam, és a kén szaga is nőttön-nőtt. Felfegyverzett kísérőm kerekét oldott, és be kell vallanom, én magam sem voltam nyugodt, hamarosan én is követtem: megállás nélkül rohantunk vagy öt kilométeren át...



A Vezúv lávafolyamai

A horzsakövek úgy záporoztak, mint a jégeső, olyan darabok is voltak közöttük, amik a felszínbe fűrődtek, ahogyan leestek.”

Hamilton 35 évet töltött Nápolyban, ez alatt 70-szer mászott föl a Vezúv kráterébe. Három nagy és számtalan kisebb kitörésnek volt a szemtanúja. Figyelemmel kísérte a pompeji ásatásokat. Több ezer vulkáni közetmintát küldött elemzésre Angliába, melyek közül 122 darabot máig a londoni Természettudományi Múzeumban őriznek. A tűzhányón tett útjaira gyakran elkísérte őt Pietro Fabris, aki Hamilton útmutatásai alapján számos rajtot készített a tűzhányó működéséről. E rajzok alapján készültek a *Lángoló mezők* rézmetszetei, melyek mintaként szolgáltak a vulkánkitörések későbbi ábrázolásaihoz.

Hamilton a Vezúvnál töltött három és fél évtized alatt rengeteg embernek mutatta meg testközelből a vulkánt: családtagjait, barátait, de ismeretleneket is, köztük az európai uralkodóházak tagjait kísért fel a tűzhányóra. Kirándulásai és tudományos megfigyelései azonban koránt sem voltak veszélytelenek: egyik jó barátja, Bristol grófja például súlyos égési sérüléseket szenvedett, amikor a kráterhez túl közel merészkedett. Egy másik alkalommal harmadmagával tanulmányozta a lávafolyásokat, amikor egyszer csak két lávaár között találták magukat. A vezetőjük higgadtsága mentette ki őket szorult helyzetükből: úgy döntött, hogy átmennek az egyik lávafolyamon, amely kö-



Az 1776-ban kiadott *Lángoló mezők* címlapja

éven át a brit hadsereg tisztje, majd parlamenti képviselő volt. Gyenge egészségi állapota miatt azonban külföldi megbízatást vállalt: rendkívüli és meghatalmazott nagykövet lett a Nápolyi-Szicíliai Király-



A posillipoi barlang bejárata a Nápolyból Pozzuoliba vezető úton, melyet a környéket felépítő tufába vágta be

rülbelül 15 méter széles volt. Sir William így emlékezett vissza az esetre:

„Habozás nélkül követtük, nem éreztünk semmiféle kellemetlenséget azonkívül, hogy a hőség perzselte a lábunkat, a lávakéreg olyan kemény volt, hogy bár salak és horzsakő nehezedett rá, a mi súlyunk nem jelentett különösebb gondot. A mozgása olyan lassú volt, hogy egyáltalán nem állt fönn annak a veszélye, hogy egyensúlyunkat veszítve belezuhanhatunk, bár ezt az élményt nem igazán ajánlom megtapasztalni, csak végszükség esetén.”

1794 júniusában már 64 éves volt a Vezúv újabb hatalmas kitörésekor, amely több mint egy hétig tartott. A lávaár elpusztította Torre del Greco nagy részét és 200 méter hosszú gátat alakított ki a Nápolyi-öbölben. Sir William ezt az alkalmat sem hagyhatta ki, csónakba szállt, hogy testközelből tanulmányozhassa az eseményeket: „Megfigyeltem, hogy a tengervíz, ahol az újonnan képződött hegyfok lábát nyaldosta, úgy forrt, mint üstben a víz, és bár legalább száz méterre voltam tőle, látva, hogy a tenger gőzölög és füstöl a csónakom mellett, kezemet a vízbe dugtam, mely szó szerint forrt. Addigra az evezőseim észrevették, hogy a kátrány kiolvadt

a csónak fenekéről, és lebegett a víz felszínén, a csónak pedig léket kapott, szivárgott be a víz. Végül is épségben visszatértünk arról a helyről, és a forró lávától bizonyos távolságra partra szálltunk.”



Ízisz templomának felfedezése Pompejiben

Tudományos, elsősorban vulkanológiai megfigyeléseiről több cikkben, értekezésben számolt be és számos levelet írt a londoni Royal Societynek, a kor legtekintélyesebb tudományos szervezetének, amely 1770-ben Sir William Hamiltont tüntette ki a legregibb és máig legmagasabb kitüntetésével, a Copley-éremmel, az Etnán tett utazását összegző cikkéért. Hamilton munkássága számos eredménnyel gyarapította a vulkanológiai ismereteket. Megértette, hogy a vulkánokat tápláló anyag a Föld mélyéből származik. Az elsők egyike volt, aki rájött, hogy a Vezúv kúpját félig körbeölelő Monte Somma

a tűzhányó elődje volt, amely Kr. u. 79-ben kitört. Feltételezte, hogy a Föld felszínének nagy részét vulkáni tevékenység alakította ki és a Nápoly környékén található vulkáni rétegek régi kitörések emlékei. Megértette azt is, hogy a tűzhányóknak nem csak pusztító erejük van, hanem szépséges hegyvonulatokká formálják a tájat és termékeny talajjal fedik be a környezetüket.

1776-ban jelent meg az angol-francia két nyelvű, 90 oldal szöveget és 54 rézmetszetet tartalmazó *Lángoló mezők (Campi Phlegraei. Observations on the volcanos of the two Sicilies)*, melyben a Vezúvról tett addigi megfigyeléseit összegezte, míg a tűzhányó 1779-es nagy kitöréséről számolt be a könyv 29 oldalnyi szöveget és 5 rézmetszetet tartalmazó kiegészítésében (*Supplement to the Campi Phlegraei being an account of the great eruption of mount Vesuvius in the month of august 1779.*). A könyv egyik példánya 1890-ben került a Földtani Szakkönyvtár gyűjteményébe: a ma már előkelő nyugati könyvárveréseken ritkaságként felbukkanó kötetet 90 forintért vette meg a Földtani Intézet Kilián Frigyes Magyar Királyi Egyetemi Könyvtárától. 📖

A Vezúv Resina felé tartó lávafolyama 1771. május 11-e éjjelén



Irodalom

- Fothergill, Brian 1969: Sir William Hamilton: Envoy Extraordinary. – Faber and Faber, London.
- Sontag, Susan 1994: A vulkán szerelmese. – Holnap Kiadó, Budapest.
- Williams, Stanley; Montaigne, Fen 2002: A Galeras kitörése – Egy kutató a vulkánokról és megmenekülésének történetéről. – Vince Kiadó, Budapest.

A *Lángoló mezők* legszebb oldalai, metszetei nagy felbontásban megtalálhatók a www.mfgi.hu/hu/kovekeskonyvek címen.

BARANYI TÜNDE

Napkitörések

Második rész

A nagyon intenzív flar általában azt jelenti, hogy a mágneses struktúra nagymértékben átrendeződött a rekonnekció során. Az ilyen mértékű szerkezeti átalakulás gyakran azzal jár, hogy a mágneses fluxuskötegek jelentős része elkezd egy fel-fűvódó buborékhoz hasonlóan felemelkedni a benne levő koronaanyaggal (vagy esetenként még a kromoszféra anyagának egy részével is) együtt. Végül a mágneses erővonalakkal átszőtt plazmafelhő ún. koronaanyag-kidobódásként (Coronal Mass Ejection, CME) kiáramlik a bolygóközi térbe. A **1. ábrán** látható képek szemléletesen teszik azokat a változásokat, amelyeket a felemelkedő CME a napkorongra vetülve okoz. Az első kép az SDO/

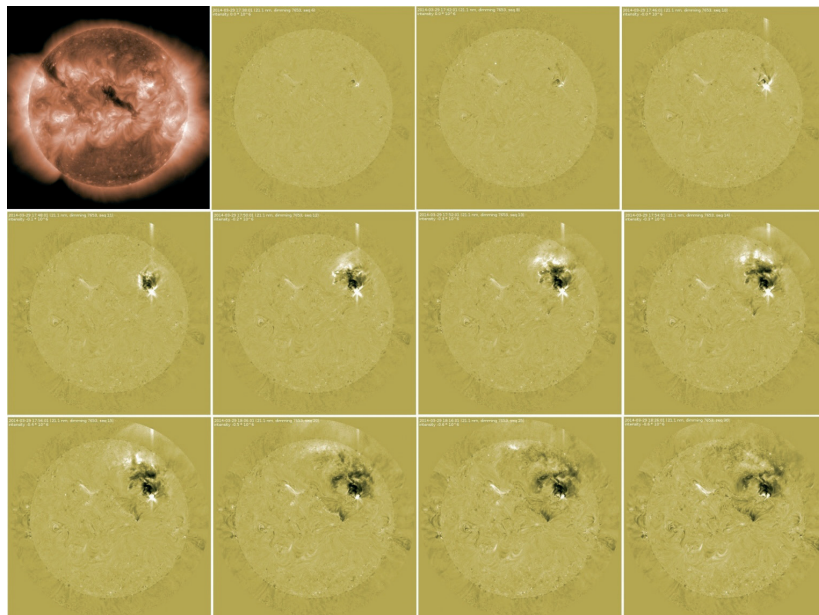
anyagfelhő világosabb és sötétebb részei által létrehozott intenzitásváltozást. Különösen látványos a CME által okozott intenzitásváltozás a második sorban, amikor a felhő már elég nagy ahhoz, hogy nagyméretű területen okozzon változást, de a tágulás miatt ritkuló anyag még elég sűrű ahhoz, hogy a sugárzási intenzitásra elég nagy hatása legyen. Az ábra jól érzékelteti a CME emelkedését, valamint a koronában a flar helyéről nagy sebességgel szétterjedő koronahullámot is, ami az utolsó képen már kb. a korong jobb felső negyed részére kiterjed.

„Felfűvódása” során a CME előbb-utóbb túlnő azon a méreten, amekkora még belefér a napkorongra méretezett látómezőbe. A kidobott anyag követéséhez olyan távcsőre van tehát szükség a CME követéséhez, amely nagyobb területet mutat a Nap körül. Ez azonban önmagában még nem elég, mert a látható fény tartományában az is akadályozza a CME további vizsgálatát, hogy az intenzíven sugárzó napkorong „túlragyogja” a halvány CME-t, aminek a fényét detektálni szeretnénk. Ezt a problémát úgy lehet megoldani, hogy a távcső optikai tengelyén megfelelő helyen rögzítenek egy korongot, ami a Napot és a túlságosan fényes közvetlen környékét kitakarja, így láthatóvá válik a korona Naptól távolabbi, halványabb része és benne a CME fénye is. Az ilyen típusú, speciálisan a napkorona észlelésére szolgáló távcső neve *koronagráf*.

Az 1996 óta működő NASA/ESA Solar and Heliospheric Observatory (SOHO) űrszonda Large Angle and Spectrometric Coronagraph Experiment (LASCO) műszere két koronagráfjával is észlelte ezt a CME-t eltérő méretű látómezővel. A kisebb látómezőjű a C2, a nagyobbik pedig a C3 jelű koronagráf. A **2. ábrán** a C2-vel készült észlelések sorozata látható 18:00-tól 19:36-ig 24 perces időközönként a képek között. A képek közepén a homogén piros kör a kitakarókorong, amibe beleszállították a fehér fényű napkorong méretének megfelelő fehér kört, hogy a méretarányok jól érzékelhetők legyenek. A 18:00-kor készült első képen lényegében még nem látszik a CME,

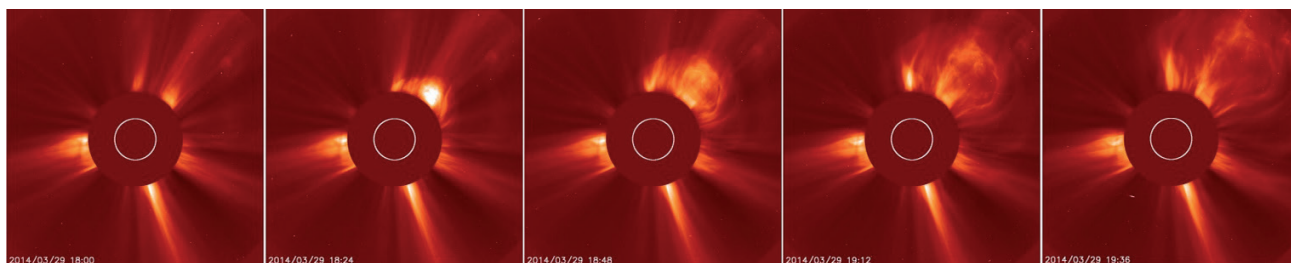
csak a koronának ebben a térrészben jellemző sugaras szerkezete látható, amilyen teljes napfogyatkozáskor is megfigyelhető. A következő képeken jól követhető, ahogy a CME „buborékja” növekszik, és 19:36-kor már eléri a látómező szélét. Ekkor átválthatunk a C3 észleléseire, amelyek a **3. ábrán** láthatók kb. 1 órás időfelbontással, és ezeken még másnap is egy ideig követhető a halványuló CME terjedése. (Ezek a képek is látszik a kitakaró korong benne a fehér „napkoronggal”, de emellett itt szembevetünk a kitakarókorongot tartó rúd is éppen a CME egy részét elfedve.)

A LASCO-hoz hasonló koronagráfok észlelték ezt a CME-t a NASA Solar and Terrestrial Relations Observatory (STEREO) űr-

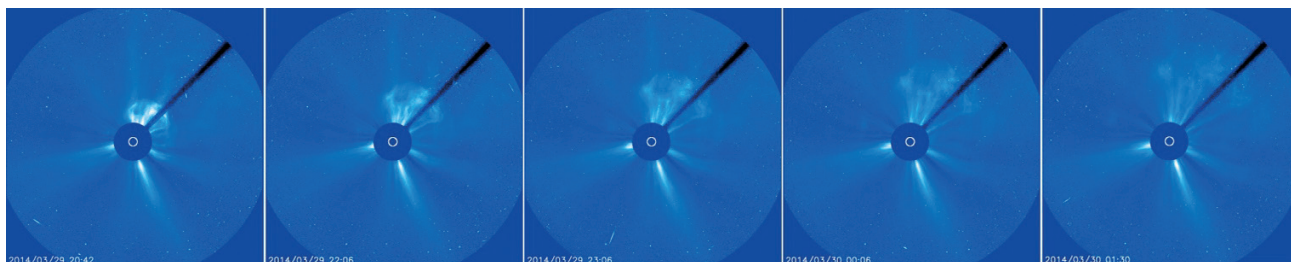


1. ábra. Az első kép SDO/AIA 211 Å-ös felvétele 17:48 UT-kor. A második képtől kezdve két 211 Å-ös észlelés különbségeként létrehozott differenciaképek láthatók 17:38-tól 18:26-ig (UT). Ezek a képek a flar után felemelkedő CME-t, valamint a nagy sebességgel szétterjedő koronahullámot emelik ki. Az időkülönbség két szomszédos kép között a felső sorban 4 perc, a középsőben 2 perc, az alsóban 10 perc (Forrás: NASA/SDO/AIA és Solar Demon/Dimmings)

AIA 211 Å-ös egészkorong-észlelését mutatja (17:48-kor), amelyen látszik a korona bonyolult szerkezete. Ebben a struktúrában nehéz észrevenni a kisebb változásokat, ezért azok vizsgálatához érdemes időben eltérő két kép különbségéből új képet alkotni. Az ilyen differenciaképeken azok a területek, ahol nem történt lényeges változás, semleges háttérrel alkotnak közepes intenzitással. Ehhez a háttérhez viszonyítva a gyorsan változó területek nagy intenzitáskülönbséggel jelennek meg, ezért jól tanulmányozhatóvá válnak. Az **1. ábrán** az első kivételével minden kép két 211 Å-ös, flar előtti és nem sokkal a kitörés utáni észlelés különbségeként létrehozott differenciakép, amely kiemeli a flar után felemelkedő



2. ábra. A SOHO/LASCO C2 koronagráfjával készült észlelések 18:00-tól 19:36-ig (UT) képenként 24 perces időközönként. A képek közepén a napkorong ki van takarva, egy kör jelzi a helyét. Az egymást követő képeken jól látszik a CME terjedése (Forrás: SOHO/LASCO/C2)

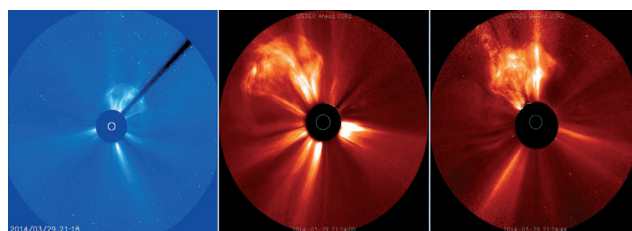


3. ábra. A CME terjedése a SOHO/LASCO C3 koronagráfjával készült észleléseken 2014. márc. 29-én 20:42-től 2014. márc. 30-án 01:30-ig (UT) képenként kb. 1 órák időközönként (Forrás: SOHO/LASCO/C3)

szondákon is. A STEREO két egyforma szondáját úgy állították pályára, hogy az egyik a Föld pályáján a Föld előtt (STEREO Ahead), míg a másik a Föld mögött haladjon (STEREO Behind). 2014 márciusában ez a két szonda már annyira eltávolodott a Földtől, hogy a Nap felszínének azon részeit is tudták vizsgálni, amelyek a Földről éppen nem voltak láthatók. Ez az elhelyezkedés lehetővé teszi, hogy a CME-eket három dimenzióban észleljük. A **4. ábra** azt mutatja, hogy milyenek látszott a CME 21 óra 20 perc körül három különböző irányból fényképezve. Az első képet a LASCO/C3 készítette, ami a Földével megegyező irányból látja a Napot. A második a STEREO-A SECCHI műszerének COR2 koronagráfjával készült. A STEREO-A kb. a Földdel átteljes irányban volt a Nap túloldalán, ezért a CME alakja éppen az első felvételen látszó tükörképének tűnik. A STEREO-B viszonylag közel volt a STEREO-A-hoz, de ahhoz elég messze, hogy a hurokszerű CME-re más szögből lásson rá. A STEREO-B COR2 koronagráfja úgy mutatja a CME-t (jobbra), mintha a hurok közelebbi szára majdnem takarná a távolabbit. (2014. október 1-je óta nem sikerült hasonló hármas észlelést készíteni, mert akkor megszakadt a kapcsolat a STEREO-B-vel.)

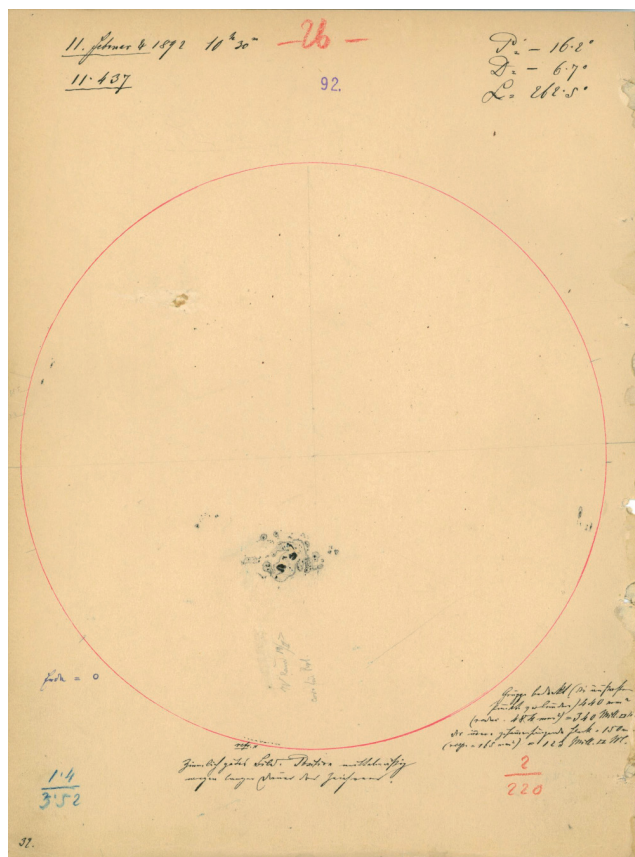
A CME-ben töltött részecskékből álló plazmafelhő hagyja el a Napot, magával hozva a napfoltok környezetéből az ottani bonyolult szerkezetű mágneses mezőt is. Ha a mágneses felhő eléri a Földet, akkor a földmágneses mező és a CME mágneses tere között átkötődések történhetnek, amelyek geomágneses viharokat okozhatnak. Ez a CME úgy terjedt a bolygóközi térben, hogy elkerülte a Földet, így nem okozott zavart a földi magnetoszférában. Ha viszont egy CME eléri a Földet, és benne olyan a mágneses tér iránya, hogy nagy geomágneses vihart tud okozni, akkor akár a hétköznapi életet érintő műszaki problémák is felléphetnek. A gyorsan változó mágneses mező erős áramot indukálhat olyan vezetékekben, amelyekben egyébként nem folyhatna áram, vagy csak kicsi lehetne az áramerősség, emiatt a hozzájuk kapcsolt berendezések károsodhatnak. Ennek a veszélynek főleg az északi országok vannak kitéve, mert közel fekszenek a Föld mágneses pólusához, ahol a hatás a legerősebb. Ismeretes, hogy napkitörés okozta az 1989. márciusi kanadai nagy áramszünetet. Újabb példa, hogy 2015 novemberében több svédországi repülőteret ideiglenesen lezártak, mert egy mágneses vihar zavart okozott az otta-

ni radarok működésében. A műholdas távközlési, GPS és egyéb szolgáltatások egyre nagyobb mértékű elterjedésével azonban nő annak a veszélye, hogy egy CME a földrajzi helytől függetlenül bárhol gondot okozhat. A becsapódó nagy energiájú töltött részecskék miatt például a távközlési, időjárási vagy természeti katasztrófákat (erdőtűz, árvíz, aszály) figyelő műholdak károsodhatnak. Ezenkívül a földi ionoszférában keltett zavarok ronthatják a műholdas kommunikációt és a GPS pontosságát. Emiatt nagyon fontos, hogy minél jobban megértsük a Napon zajló folyamatokat és azok hatásait.



4. ábra. A CME különböző nézőpontból ugyanabban a néhány perces időintervallumban. Balra: a SOHO/LASCO C3 koronagráfjával készült észlelés 2014. márc. 29-én 21:18-kor. Középen: A STEREO-A SECCHI/COR2 felvétele 21:24:00-kor. Jobbra: A STEREO-B SECCHI/COR2 felvétele 21:24:44-kor (Forrás: SOHO/LASCO/C3, STEREO-A és -B SECCHI/COR2)

A naptevékenység kutatásában nemcsak a legmodernebb űreszközökkel szerzett észlelések segíthetnek, hanem a régebbi észlelések modern eszközökkel történő feldolgozása is új információkkal szolgálhat. Aktuális példaként említhetjük azt a publikációt, amelyet egy nemzetközi kutatócsoport jelentett meg nemrég az elmúlt 150 év legnagyobb geomágneses viharainak vizsgálatáról a Solar Physics című folyóiratban (Lefèvre et al., 2016, Detailed Analysis of Solar Data Related to Historical Extreme Geomagnetic Storms: 1868–2010). Ebben a cikkben a modern adatok és ismeretek alapján megvizs-



5. ábra. 1892. február 11-én készített történelmi napkorongrajz a kalocsai Haynald Obszervatóriumból azzal a nagy foltcsoporttal, amelyikből származó CME három nappal később rendkívül erős geomágneses vihart okozott (Forrás: DHO)

gálják a régi geomágneses méréseket és a napfoltészleléseket azért, hogy így nyerjenek elég nagy (105 eseményt tartalmazó) statisztikai mintát a rendkívül ritkán előforduló extrém nagy napkitörések jellemzőiről, amelyek leginkább fenyegethetik a technikai társadalmunkat. Ehhez a munkához közvetve hozzájárult az MTA CSFK CSI debreceni Napfizikai Obszervatóriuma is azzal, hogy a kalocsai Haynald Obszervatórium 1880 és 1919 közötti napfolttrajzeit hozzáférhetővé tette a világhálón, és azokat a cikk szerzői használták ehhez a kutatáshoz. Példaként a **5. ábra** egy 1892. február 11-én készült kalocsai rajzot mutat a napkorongról. Ezen a napon egy napkitörés történt az itt látható hatalmas foltcsoportban, ami február 14-én extrém nagy geomágneses vihart okozott. További közvetett hozzájárulás volt, hogy más adatokkal együtt felhasználták a cikk szerzői a Debrecen Photoheliographic Data (DPD, 1974–) földi (első-sorban Debrecenben és a gyulai megfigyelőállomásán készített) észleléseken alapuló napfoltkatalógust és a SOHO/MDI-Debrecen Data (SDD, 1996–2010) műholdas észleléseken alapuló napfoltkatalógust is. A rendelkezésre álló adatok alapján, többek között, erős korrelációt sikerült kimutatni a napkitörést produkáló foltcsoport mérete, a CME becsült haladási sebessége és a geomágneses vihar nagysága között. A kutatók folytatják a vizsgálatokat minden lehetséges információforrást felhasználva, hogy minél jobban megértsük a Napon zajló folyamatokat, és becsülni tudjuk, hogy azok milyen veszélyeket jelenthetnek számunkra.

Fehérszék Riolittakaró a hegygerincen

LADÁNYI LÁSZLÓ

Mátranovák mellett valóságos holdbéli táj várja a látogatót, meredek, mély árkokkal, maradékgerincekkel, legömbölyített riolitkúpokkal, különleges látvány- és formavilággal. Színei miatt – különösen ősszel, mikor a környező lombhullató erdők sárgája, vöröse, rozsdabarnája keveredik a fenyők zöldjével és mindehhez a fehér, kopár hegygerinc adja a kontrasztot – akár egy impresszionista festőiskola szabadtéri telephelye is lehetne.

Nógrád megyében, Salgótarjánától 25 kilométerre található Mátranovák. A település közel egy évszázadon keresztül a szénbányászattól volt nevezetes, mivel szomszédságában több kőszénbánya is működött. Az 1970-es években a bányákat bezárták. Az ipari jelleg azonban továbbra is megmaradt, hiszen előbb a Ganz Mávag, majd a Ganz Hid-, Vas-, és Acélszerkezet Gyártó Üzem nyújtott munkalehetőséget az itt élők számára. 2005-től a Bombardier összeszerelő üzemében gyorsvonatok forgóváz-szerkezetét állítják elő.

A falu és környéke látnivalókban, természeti értékekben nagyon gazdag, ezért kedvelt kirándulóhelynek számít. A látogatók főként az itt található természeti látványosságok és természetvédelmi területek miatt keresik fel (Cserkészút, Fehérszék, Hegyeskei borókás, Kaszinópark, Nyírméti-tó és környéke, Mátracserpuszta). A környék legkülönlegesebb helye a mátranovái völgyet határoló déli hegygerinc keleti végén található, ahol egy holdfelszínhez hasonlatos tájra bukkanhatunk. Az erdőkkel körülvett kopár hegyoldalon kiterjedt



A széles hegyhátról nagyszerű kilátás nyílik a környező hegyekre és dombokra

riolituffa- mező található, amit a helyiek a színe alapján Fehérszéknek neveznek. Az idelátogató nemcsak a helyi bizarr forma-, és látványvilágában gyönyörködhet, hanem abban a kilátásban is, amely a környező hegyekre és dombokra nyílik.

Egy kis misztikum, egy kis badland

Mátranovák környéke éppen eléggé kietlen és varázslatos hely ahhoz, hogy könnyedén legendák szülőhelyévé váljon. Ennek megfelelően van saját, képzeletbeli lakója is. A legendárium sze-



Eróziós árkok a riolittufában

rint a környező erdőt egy furcsa szőrös lény, a „mátranovái fanyűvő” járja. Azok szerint, akik látni vélték, ösemberszerű magas alakról van szó, aki görnyedten, vagy négykézláb közlekedik. Testét csomós, barnával tarkított, fehér szőr borítja, és főként éjszaka jelenik meg. Nevét mérete és ereje után kapta. A környékbeli erdőkben a furcsán és magasan kettétört fákat gyakran azonosítják nyomaival. Bizony sokat lendítene a helyi idegenforgalmon egy misztikus Nessie, aki hírnevével megsokszorozhatná az idelátogatók számát,

hiszen felkeresni érdemes látnivalók bőven találhatók erre.

Légvonalban 9 kilométerre található innen a Kazár környéki riolitformáció*, amely gyakran szerepel a leírásokban úgy, mint a „magyar badland***”, vagy a „magyar Kappadókia”. Ugyanakkor a Mátranovák melletti Fehérszék jóval kevésbé ismert hely. Pedig kiterjedése, nagysága és formakincsének változatossága alapján Fehérszék méltán nevezhető Kazár kistestvéreinek. Igaz, az itteni eróziós formák sokkal lágyabbak, kevésbé grandiózusak, mégis sajátos hangulatukkal egyedülálló látványosságnak számítanak. A hely különlegességét az adja, hogy itt a riolittufában helyenként elszenesedő vagy kovásodó famaradványokat is lehet találni. Több helyen előbukkan a szénréteg, illetve apró, fekete szénzemcsék tarkítják a riolittakaró felszínét (Anyagát az egykor itt fellelhető ősi léperdők és mocsárlápok növényi maradványai szolgáltatják).

Az ma már nehezen kideríthető, hogy a riolittufa természetes módon, avagy antropogén hatás eredményeként került-e a felszínre. A kiváltó okoktól függetlenül a lehulló csapadékvizek nyomában megkezdtek a felszínformáló tevékenységüket a puha vulkáni kőzetanyagban. Először keskeny, a lejtés irányában hosszban elnyúló barázdákat vájtak ki, amelyek később több méter mély bonyolult, sokszor ágas-bogasan elágazó eróziós árkokká mélyültek. Ezek mérete szinte évről évre változik. A területet a teljes lepusztulástól a felszínen lévő nagyobb méretű törmelékek védték meg.

A széles hegyháton kényelmesen végig lehet sétálni és teljesen testközelből meg lehet szemlélni ezeket a meredek bevágásokat, árkokat, bordákat, kúpokát és bizzar formákat, amiket a riolittufa felszínén alakított ki az erózió. Ugyanakkor esőzést, illetve hóolvadást követően a terület igazi „jégpályává” válik. A riolittufa ilyenkor olyan csúszós, ragadós közeget képez, amely nem csak megnehezíti a haladást, hanem szinte foglyul ejti a látogatót. Még a lankás hegyoldalon is métereket lehet úgy csúszni, hogy kevés esély nyíljon a

megállásra. Ez persze erősen pusztítja az amúgy is könnyen málló riolittakaró felszínét. Így érdemes látogatásunkat száraz időszakra időzíteni.

Vulkáni tufatakaró

A Mátranovák melletti geológiai látványosságot a vulkáni tevékenység hozta létre. Meghatározó kőzetanyaga a riolittufa, amely a riolitos vulkáni kőzetek leggyakoribb megjelenési formája. A riolit savanyú, szilícium-dioxidban gazdag vulkáni kőzet, amely általában heves robbanásos kitörésekkor képződik, így gyakran nem kiömlési, hanem törmelék formában van jelen a felszínen, illetve a földtani rétegsorokban. A Fehérszék borító riolittakaró több nagy erejű, robbanásos vulkánkitörés eredménye. A vulkáni aktivitás, amely a földtörténeti miocén korban, mintegy 20 millió évvel ezelőtt évvel ezelőtt kezdődött, és megszakításokkal több, mint 10 millió éven át tartott, valószínűleg szoros összefüggésben áll a Karancs, a Medves és a Mátra kialakulásával is. A vulkáni anyag a kitörések alkalmával részben a levegőben, izzófelhők formájában terjedt, részben pedig a felszínen forró közethab formájában tört előre. A magyarországi miocén képződményekben található három jellegzetes tufaszint közül ez a legalsó és így ez a legidősebb réteg (pl. Kazár mellett a riolittufa vastagsága a 80–110 métert is eléri).

Fehérszéken is a Kazár környékén előforduló összesült, ignimbrites*** tufa található meg. Színe általában szürkésfehér, vagy a jobban összesült részeken sötétszürke. A helyi népnyelv



A barázdákból eróziós völgyek lesznek, melyek a riolittakarót mélyen felszabdalták (A szerző felvételei)

ezért „fejérkőnek” is hívja. Szerkezete morzsalékos, vegyes összetételű. A porszemnyi részecskéktől a nagyobb, néhány deciméteres rögökig – szinte minden mérettartomány megtalálható benne.

Hazánkban jelentősebb riolittufa-előfordulások találhatók még a Pétervárárai-medencében, a Mátra északi oldalán és a Salgótarjáni-medence déli előterében. A Borsodi-medencében a felsőnyárádi formációban is előfordulnak néhány méteres tufarétegek, valamint a fehérszékihez hasonló jelenségsorozatba tartoznak a Bükkalja területén, szintén riolittufából képződött „kaptárkövek”****.

Fehérszékét Mátranovákról megközelíteni a Dózsa György utca felől lehet. Ennek végén már egy tájékoztató tábla hívja fel a figyelmet a közelben található riolittufa formációra. Innen egy 20 perces sétával elérhető a hegygerinc.



* Ladányi László: Kazár, a magyar „badland”. Természet Világa 2012. augusztus

** Az angol badland (jelentése terméketlen, „rossz föld”, vagy felárkolt föld) kifejezést eredetileg a száraz és félszáraz területek agyagban és homokban gazdag vidékeinek lepusztulás formáira alkalmazza a földrajztudomány. A területre jellemző formakincsét az erős szél által kiváltott erózió (defláció), illetve a ritka, de heves záporok alakították ki. A felszínen nem képződik talaj, így a növénytakaró sem marad meg.

*** Az ignimbrit, vagy ártufa elnevezés a vulkáni kőzet képződési körülményeire utal. Magas hőmérsékleten keletkezett, horzsakövet is tartalmazó hamuár-üledéket jelent. Jellemzően vulkáni hamu (megszilárdult tufa), habkő, szilád részecskékből és gázokból álló vulkáni törmelék durva keveréke. Színe lehet fehér, szürke, rózsaszín, beige, barna vagy fekete, az összetételétől és sűrűségétől függően.

**** Csuták Máté: Misztikus kaptárkövek a Bükkalján. Természet Világa 2016. január

2016 telének időjárása

PÁTKAI ZSOLT

A magunk mögött hagyott tél hidegebb volt az átlagosnál. December a különösen száraz voltáról, január a szokatlan hidegről, február pedig az éghajlati átlagnál melegebb időjárásáról maradt emlékezetes. A továbbiakban részletesen beszámolunk a tél időjárási eseményeiről.

December

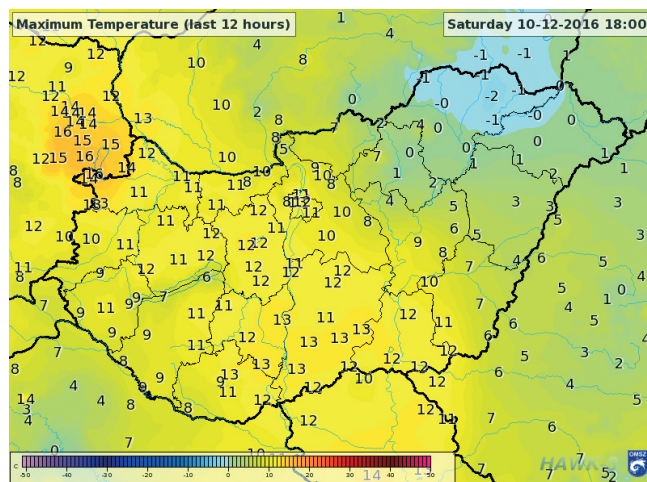
Szeles idővel kezdődött a meteorológiai tél. December 2-án a Nyugat-Európa felett elhelyezkedő anticiklon keleti peremén egy markáns hidegfront érte el hazánkat, közel országszerte viharos erővel fújt a szél. A legerősebb széllesek síkvidéken jellemzően 70–100 km/h között alakultak, Budapesten a János-hegyen azonban közel 140 km/h-s széllekest is regisztráltak.

December nagyobb részére azonban a borult, párás, helyenként ködös idő volt a jellemző. A hónap során több alkalommal alakult ki hidegpárna, amelyek közül az első csupán két napon át, (december 5–6.) tartott. Az alacsony szintű rétegfelhőzetből (Stratus) néhány helyen szemcsés hó hullott, de ilyen időjárási helyzetben a „gyárkémény effektus” hatására is hullhat hó. Ilyen eseményről számolt be miskolci észlelőnk december 5-én. Az „erőművi havazás” jellemzője, hogy legfeljebb néhány négyzetkilométerre korlátozódik, ám ezen a kis területen viszonylag rövid idő alatt akár pár cm hóréteg is kialakulhat.

Ezt követően néhány mozgalmasabb nap következett időjárásunkban. Eleinte délies áramlással enyhe levegő érkezett térségünkbe. A hónap legmagasabb hőmérsékletét december 10-én Fertőrákoson mértük, 16,2 °C-ot (1. ábra). Aznap sokfelé alakult 10 fok közelében vagy afelé a hőmérséklet. Egyedül az Alföld északkeleti táján maradt meg a hidegpárna, így ott csupán fagypont körül maradt a csúcstérték. A felmelegedést markáns

hidegfront követte, amely december 12-én vonult át felettünk, de csapadékot ez a front alig okozott.

Egy-két nap múlva, ahogy megszűnt az északi áramlás, egyre nagyobb területen alakult ki alacsony szintű rétegfelhőzet. Ez az anticiklonális időszak egészen karácsonyig tartott. Az első tartósan ködös, borult területek december 14-én jelentek meg, majd 18-án már országszerte borult volt az idő. Ebben az időjárási helyzetben a magasabb hegycsúcsok általában a felhőtakaró fölé nyúlnak, ám ez alkalommal a szokásosnál is vastagabb volt a felhőzet, olykor még a Bükk és a Mátra legmagasabb csúcsai is felhőbe burkolóztak.



1. ábra. A 2016. december 10-én mért maximum-hőmérséklet országos eloszlása. Még erőteljes délies áramlásnál is megrekedhet a hideg levegő a Kárpátok északkeleti ívének szélcsendes előterében

tak. December 23-án gyenge hidegfront érintette a Kárpát-medencét, de ez még nem szüntette meg a hidegpárnát. Arra azonban jó volt a megélnélkülő légmozgás, hogy a hegycsúcsok kibukkanjanak a felhőtakaróból, így láthatóvá vált a korábban felhő borította hegyeken a vastag zúzmara-lerakódás.

A hosszantartó borongós időszakot a december 25-én érkező hidegfront szüntette meg. Ez a front jelentős lehűléssel még nem járt, ellentétben a két nappal későbbi újabb hidegfronttal. Az érkező sarkvidéki eredetű levegőben pár nap alatt több mint 8 fokot csökkent a napi közép-

hőmérséklet. Az év utolsó napján mértük a hónap legalacsonyabb hőmérsékletét (-14,1 °C, Zabar, december 31.). Ez alkalommal a nyugati határ közelében előfordult néhány mm csapadék, így a Soproni-hegységben mintegy 8–10 cm hótakaró alakult ki.

Ez sem volt képes azonban ellensúlyozni a decemberi jelentős csapadékhányt. Több mérőállomásunkon egyáltalán nem hullott csapadék, és a legnagyobb havi csapadékösszeg is csupán 27 mm-nek adódott, amelyet Tiszabecsen regisztráltak. Decemberben országosan a sokévi átlagnak mindössze 8%-a esett, nem csoda tehát, hogy ez a hónap az 1901-től kezdődő időszakban a 3. legszárazabb volt. A hosszantartó hidegpárnás időszak következtében az országos havi középhőmérséklet 1,2 °C-kal volt hidegebb, mint az 1981–2010-es normál.

Január

Hideg idővel kezdődött az új év, a Balatonon ekkor már összefüggő jég alakult ki, átlagosan 5–7 cm-es vastagságban. Január 5–7. között egy markáns ciklon hátoldalán zord, hideg légtömeg árasztotta el Közép-Európa térségét, ezzel elkezdődött a tél leghidegebb időszaka. Érdemes megjegyezni, hogy míg a ciklon északnyugat felől vonult át, addig annak hátoldali áramlási rendszerében észak,

északkelet felől zúdult be a Kárpát-medencébe a hideg levegő. Ez a kontinentális légtömeg az Ural északi előterében képződött, arrafelé nem volt ritka a -40 fok alatti minimum-hőmérséklet sem. Ez került bele a ciklon áramlási rendszerébe, és Közép-Európán áthaladva egészen a Földközi-tenger déli partjáig jutott el. A ciklon átvonulását térségünkben sokfelé kísérte viharos szél. A szél és az igen hideg, száraz levegő együttese csontig hatoló hidegérzetet keltett.

A frontbetöréshez kapcsolódva főként az Északi-középhegységben havazott, ezért ott a hidegadvekciónak megszűnését

követően rendkívül alacsonyra süllyedt a hőmérséklet. Január 8-án a hajnali órákban általában -9, -19 fok között alakult a hőmérséklet, de a Duna-Tisza közén, valamint az Északi-középhegységben több helyen -20 fokra is hidegebb volt. Sőt az Ipoly folyó mellett fekvő Tésán -28,1 fokra süllyedt a hőmérséklet, amellyel megdőlt a napi hidegrekord (**2. ábra**). Ez az érték a január és egyben az egész tél legalacsonyabb hőmérséklete is.

Több napon keresztül tartott a hideg, a Dunán erőteljesen zajlott a jég, a Tisza fokozatosan befagyott, a Balatonon pedig 20 cm-re hízott a jégtakaró. Január 12–14. között egy föltűnk hullámozó frontrendszer hatására átmeneti enyhülés következett be. A front felhőzetéből január 13-án országszerte előfordult csapadék – ez volt a tél első jelentősebb csapadékhullása. Ekkor mértük a legnagyobb havi csapadék-összeget (37 mm), amelyet Kunhegyesen regisztráltak. Ezen a napon országosan kiátlagolva 18 mm csapadék hullott. Eső, havas eső, hó egyaránt előfordult, a Dél-Dunántúlon mintegy 5–10 cm, az Észak-Alföldön és az Északi-középhegységben pedig átlagosan 10–25 cm hó hullott, sőt Kékestetőn kevéssel a 40 cm-t is meghaladta a hóréteg vastagsága.

A frontzóna áthaladása után újból sarkvidéki levegő árasztotta el hazánkat, ám ebben az időszakban már csak egy-egy napon és csupán néhány mérőállomáson mértek -20 °C alatti értékeket. Mindazonáltal ezzel együtt is 5–8 fokkal volt hidegebb, mint az átlag. Az újabb hideg periódus egészen január végéig tartott. Az időszak első felében sokat sütött a nap, majd január 22-től egyre nagyobb területen maradt borult az ég. Csupán egy-két nap kivételével nem borította felhőtakaró az egész országot.

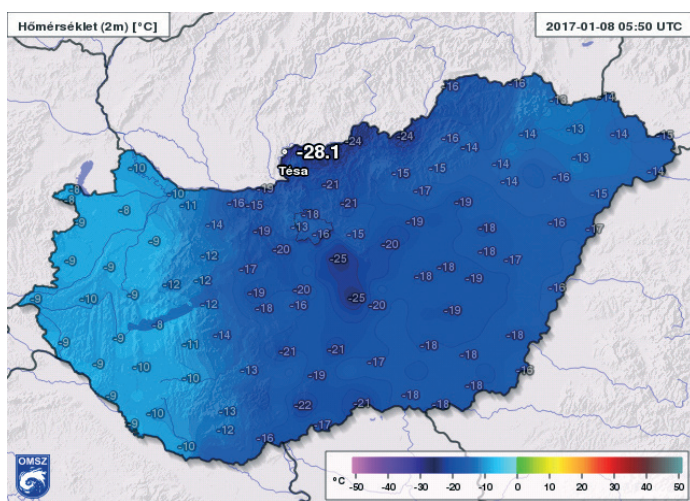
Január szokatlanul hideg volt, a hónap középhőmérséklete országos átlagban -5,9 °C-nak adódott, amely 4,9 °C-kal alacsonyabb az éghajlati normálnál. Legutoljára 1985-ben mértek hasonló januári középhőmérsékletet. Az 1901-től kezdődő időszakban ez volt a 10. leghidegebb évkezdés. Sok helyen több mint 30 éves hidegrekordok dőltek meg. A zord napok száma ($T_{min} < -10\text{ °C}$) 13, a téli napok száma ($T_{max} < 0\text{ °C}$) 21-nek adódott. A hónap legmagasabb hőmérséklete is csupán 8,5 °C volt, amelyet január 2-án Pécsen regisztráltak.

A rendkívül száraz december után január csapadékosabb volt. A hónap kö-

zépén lehullott csapadék adta ennek a jelentős részét. Az országban több helyen 20–35 mm esett, a legnagyobb havi csapadékösszeget Mátraszentimréen (63 mm), a legkisebbet pedig Pécsen (8 mm) mérték.

Február

A hónap első dekádjában változékony időben volt részünk, gyakran vonultak át fölöttünk időjárási frontok. Február 1-re virradó éjszaka sokfelé fordult elő csapadék, melynek zöme ónos eső formájában hullott. Különösen az ország közep-ső harmadában mértek jelentős, mintegy 5–15 mm ónos csapadékot, amelyre az OMSZ a legmagasabb fokú riasztást adta ki. Szintén ezen a napon, Kékestetőn regisztrálták a hónap legmagasabb csapadékösszegét, 42 mm-t, azonban itt havazott, illetve az eső esett. Az csupán véletlen egybeesés, hogy ekkor a hóréteg vastagsága 42 cm volt.



2. ábra. A 2017. január 2-án mért minimálhőmérséklet, kiemelve a tésai hidegrekord

Két nappal később, február 3-án már szokatlanul enyhe éjszakáról szóltak a hírek: Kaposváron csupán 9,6 °C-ig hűlt le a levegő, amely új napi rekordot jelentett. Érdekes, hogy a korábbi rekordot 2016-ban, tehát egy évvel ezelőtt regisztrálták. A dekád során a legtöbb csapadék a Dunántúlon hullott, arrafelé például február 6-án mintegy 5–25 mm esett.

A második dekád alapvetően csapadégmentes maradt. Ennek oka, hogy a korábban Észak-Európa fölött elhelyezkedő anticiklon fokozatosan térségünk fölé helyeződött át. Ezzel együtt hidegebb levegő is érkezett fölnk, ezért ebben az időszakban a hőmérséklet kevés-

sel a sokévi átlag alatt alakult. A hónap legalacsonyabb hőmérséklete is ehhez az időszakhoz köthető: -9,6 °C, Baskó, február 14. Szinte az egész időszakban borított kisebb-nagyobb területet alacsony szintű rétegfelhőzet, különösképp az Alföld keleti felében volt napokon át borult az idő.

Február harmadik dekádja során zonális, azaz nyugat-keleti áramlás alakult ki Európa térségében. A nyugatias szelekkel egymást követték a légköri frontok, illetve a köztes anticiklonok. A zonalitás egyik jellemzője, hogy az egyes frontok nem okoznak számottevő változást a talajközeli hőmérsékletben, mivel mind a meleg-, mind a hidegfrontok alapvetően enyhe, óceáni légtömegeket szállítanak a kontinens fölé. Ez alkalommal is ez történt, így a zonalitásnak köszönhetően felmelegedett az idő, hiszen az élénk légmozgás elszállította térségünkől a talaj közelében megrekedt hideg levegőt. A hideg idő a Balaton térségében tartott ki legtovább. A befagyott tó feletti hideg légtömeget február

27-én a viharossá fokozódó déli szél tudta csak felszakítani. Ez a folyamat hirtelen játszódott le, így a megerősödő szél hatására Siófokon egy óra alatt 6 fokról 16 fokra ugrott a hőmérséklet.

Ebben az időszakban két napi rekord is megdőlt. Február 24-én hajnalban Kécskemét közelében csupán 9,2 °C-ig csökkent a hőmérséklet. A tél pedig melegrekorddal búcsúzott, február 28-án a Makó közelében fekvő Kiszomboron 21,6 °C-ig melegedett a levegő.

A hónap mintegy 2 °C-kal adódott melegebbnek a sokévi átlaghoz viszonyítva. A legnagyobb februári csapadékösszeg 70 mm volt, amelyet Letenyén regisztráltak,

míg a legkevesebb Pitvaroson hullott, ahol csupán 13 mm volt a havi összeg.

Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy az évszak középhőmérséklete országos átlagban mintegy 1,4 °C-kal volt hidegebb az éghajlati normálnál. Különösen a Dráva mentén, illetve az ország északkeleti részén volt jelentős az eltérés, jellemzően -2, -3 fok. A Balatont két hónapig vastag jégpáncél borította. Az összefüggő jég december 30-án jelent meg a tavon, amely csak február 28-án töredezett szét, ekkor azonban gyorsan, alig pár nap alatt elolvadt. A tél során mért maximális jégvastagság 32 cm volt. A téli csapadékösszeg átlaga 64 mm, amely az éghajlati normálnak mindösszesen 58%-a.

A Hevesi Endre Díjról szubjektíven

HERCZEG JÁNOS

A díjban azok az újságírók – esetenként egyéb területen működő, az ismeretterjesztésben is részt vevő szakemberek – részesülhetnek, akik az előző években az írott és/vagy elektronikus sajtóban a tudomány, a technika új lehetőségeit, eredményeit bemutató legérdekesebb, egyúttal közérthetően és szép magyarsággal fogalmazott szövegű művek szerzői. (Az alapító okiratból)

Ha hirtelen kell róla valamit mondani, elsőnek az ugrik eszembe: *tanúsítvány a hitellességről*, másodiknak pedig: *polgári öntevékenység*. Utóbbi meglepheti azt, aki tudja, hogy a díj a pártállami időkben keletkezett (1986), és *Hevesi Endre* a *Népszabadság* tudományos rovatát hozta létre, szerkesztette. Ám az alapítványt özvegye, *Kalmár Magda* a saját vagyonából tette, a közjó szolgálatára. Ez pedig – szocializmus ide vagy oda – virtigli polgári magatartás.

És milyen jókor történt ez a kezdeményezés, mert a szocializmus akkor már inkább odavolt. Az ideológia hátrált, a gazdaságban, a vezetésben kellett a jól képzett, művelt ember. És kellett az olyan újságíró, aki a dialektikus materialista tudománytorzítások, a letiltások és elhallgatások után, a nyugatról beáramló áltudományok divathullámai közepette is felismeri a kutatások és technikai fejlesztések valódi eredményeit. Volt mit felmutatni, és volt mit bepótolni... Azonnal kiderült az új díj nagy lehetősége: megnevezheti azokat az újságírókat, akiknek hinni lehet, és képesek naprakészen tájékoztatni. Összeállítottak egy kitűnő kuratóriumot, amely elkezdte összegyűjteni a csapatot.

A tudomány, a technika a sajtó speciális területei. Rosszul teszik a főszerkesztők, amikor, ha innen érkezett a hír, az épp ügyeletet munkatársra bízák a tudósítást. Ha számára a matek az iskolában lidércnyomás volt, nem fog jó interjút készíteni az Abel-díj elnyerőjével, aki észlelve a tájékozatlanságát majd fociról és az aranycsapatról fog neki nyilatkozni, mert ahhoz is ért, a norvég királlyal is arról csevegett az átadási ünnepségen. Az az újságíró, aki tud vele beszélgetni, mondjuk, a számhalmazokban található számtani sorozatokról is, az viszont megjelölhető a következő Hevesi Díjjal.

Az ismeretterjesztéshez meglehetősen felkészültség kell, érdeklődés és folyamatosan fejlesztett kapcsolatrendszer, elfogadottság a tudósok körében. És igényel, nevezhetjük így: tanítási hajlandóságot. Azt



Hevesi-díjasok 2017-ben. Balról: Lente Gábor, Kocsis-M. Brigitta és Gilicze Bálint
(Mészáros Ildikó felvétele)

a szándékot, hogy ne csupán szórakoztasson, hanem az olvasó-hallgató-néző gyarapodjon is, s abban örömet lelje.

Meglehet, a díjazás feltételül Magda asszony a „*közérthetően és szép magyarsággal fogalmazott szövegű művek*” kritériumát a korszak nyelv művelő lelkesületében adta (*Péchy Blanka* példájára), de valószínűleg nem nyelvvédelemről van szó. (Néha talán hümmögetne is mostanság az alapító.) Gondolatvédelem a feladat; a leglényegesebb kihámozása a tudomány öntörvényű diskurzusából, és megfogalmazása az irodalmi és a köznyelv legalkalmasabb szavaival, kifejezéseivel. Ebben a tudományos újságírás *hozzáadott értéket* termelhet (még akár a tudomány számára is). Itt válik olyan szakmává, amelynek mesterei, esetenként művészei vannak. Az utóbbi tíz évben a kuratórium elnöke voltam, öröm volt követni e szakma kivirágzását: már olyan átfogó, hogy belső szakosodás is kialakulóban van. Az életmód változásához, sokszínűségéhez pedig műfajok és stílusok alkalmazkodnak.

Felfogásomban a Hevesi Díj *mesterlevél*. Megszerzéséhez a műhelyek jelölése, illetve egyéni jelentkezés az első lépés; mindkettő véletlenszerű. Így aztán voltak, vannak, akik a szakmának évtizedek óta művészei, és valamiként nem kerültek korábban a kuratórium látóterébe. A díj tekintélye érdekében tá-

gítottuk az alapítói szándékot (*Staar Gyula* javaslatára) a *Hevesi Endre Életműdíjjal*. Felemelő volt átnyújtani például *Kovács Győző*nek, a számítógép-tudomány örökmozgó apostolának, történészének, Neumann-kutatójának, vagy a kolozsvári *Ajtai Ferenc*nek, akitől még a díjátadásakor is kaptunk egy könyvet Erdély geológiai különlegességeiről. („Merőlegesre gyűrődött rétegekből lett a Székelykő. Mikor az erdőből kibukkanva megpillantod, fel fogsz kiáltani!”) Ilyet idén nem adtunk ki, a pótlásokat el kellett napolnunk, nagyon erős volt a fiatalabbak mezőnye. Nekem szép befejezés volt a velük találkozás; korábban bejelentettem, hogy ezt követően átadom a helyemet valaki fiatalabbnak. (Persze, persze, egy elnök az legyen öreg, de ne ennyire.) Az alapítvány megőrzése, a díj tekintélyének, szakmai értékének fenntartása-emelése napjainkban már a menedzseri munkát, a fontosabb műhelyekkel, lobbikkal való kapcsolatot, a nyilvánosság előtti képviseletet is igényli.

Ami az alapítvány megőrzését illeti, az eddigi kuratóriumi titkár, *Nagy József* alaposságának, és drága emlékü *Kiss Timea* adminisztrációbeli gondosságának köszönhetően elfogadható mértékben sikerült. (Takarékosak voltunk. Mindenki ingyen csinálta, csupán a hivatalos adminisztrációért kell fizetnünk. A díjak 100 000 Ft összege csupán gesztus, értékük nem ebben mérendő.) Mindez ideig egy híján százan részesültek a díjban.

Még sok-sok évig kiadhatók lesznek a díjak. De néha jó lenne többet is, a kommunikációs hálózatok gyorsan növekszenek, a csomópontokban levőket meg kell jelölni a díjjal. Lehet persze csökkenteni a jutalom összegét, sőt, csupán az emléklap is elég lenne (sok díj ilyen), de valamennyi pénzbe az is kerül. Egy pozitív számból pedig csak véges sokszor lehet egy pozitív korlátnál nem kisebb mennyiséget elvenni, ez a kimerítés axiómája...

Ez a díj nem használ fel állami pénzt! Viszont megkapta a közhasznúsági minősítést. Támogatható. Vajon a mai, kapitalizmusban gazdagodó polgárságnak lesz-e olyan fontos a közjó éthosza, mint a szocializmus alatti polgároknak volt?

A Hevesi Endre Díj 2017-es kitüntetettjei

Gilicze Bálint, az MTA Kommunikációs Főosztályának főszerkesztője

Javasolta Simon Tamás fősztályvezető

A szerkesztő, persze, cikkeket is ír, interjút, riportot is készít. Az egyikből idézek: „Egy kávézóban ülünk Orbán Gergővel, és már kínosan hosszú ideje a karosszékét bámulom, miközben az agysejtek aktivitásának mintázatairól magyaráz. Vajon a karfák valóban összetartoznak? Lehetséges, hogy interjúalanyom két karfa alakú mankón támaszkodik, és ezt a fura, félíg guggoló testhelyzetet valami emberfeletti önuralommal tartja meg, hónapok kitarató gyakorlása után? Jobban belegondolva akár ez is elképzelhető, bár valljuk be, elég valószínűtlen.”

Akár Esterházy Péter is írhatta volna. A rokonságnak mély gyökerét vélem, Bálint is az ELTE TTK *matematikus szakán* végzett (2004), MSc fokozatot szerzett, sőt valószínűség-számítás gyakorlatot vezetett programozó matematikusoknak és matematikatanároknak.

Valójában egy újságírói bravúrt mutatam fel: a bizzar ötleten meglepett olvasó hamarosan megtudja a kutatótól, hogy agyunk egy látványt többféleképp perciál, és a végső értelmezés több tényezőtől összegződik. A valóságot sztochasztikusan érzékeljük, az információelméletet is tanult riporternak nem volt nagy meglepetés, elegánsan tudta találni a kutatási eredményeket.

Gilicze tanár úr – egyetemi hallgatói így szólíthatták – maga is több tényezőtől összegződik. Főszerkesztőjének ajánlása a következő:

„Bálinttal két éve dolgozom együtt az MTA kommunikációs csapatában, nagyon örülök, hogy 2015 elején sikerült «átigazolnom» őt az Origótól. (Az Origónál egyébként bő egy évig dolgoztunk együtt, ott házon belül «halásztam el» a Fotó Rovattól.) Bálint az *mta.hu* megújult tartalomgyártásának egyik főpillére: általában ő készíti a természettudományokkal, tematikával kapcsolatos beszámolókat, a kutatók és az olvasók általános megelégedésére.”

Önéletrajzában erről ez áll: „Tudományos ismeretterjesztő cikkek írása, szerkesztése mellett projektmenedzserként vezettem az *mta.hu* honlap teljes megújítását és a 2016-os *Magyar Tudomány Ünnepe* tartalmi feladatainak kidolgozását.”

„Érdekesen, közérthetően, rá jellemző oldott stílusban ír” – állítja Simon Tamás. Pillantsunk bele egy másik cikkébe:

„Magyarország 2018-ban felbocsátja második műholdját, melynek mérete nagyjából egy családi sötétkonzerv és egy cipős doboz közé tehető ... A CubeSat-ipar felrendelődően van, ez a szabvány nem csak egyetemi »juhé-van-egy-műholdunk« típusú demonstrációs projektekre jó.” – A hangnem a *Magyar Tudományos Akadémia* patinás falai közt szokatlan, füttyül a tekintélyre, versenybe száll a többi hírportállal. A fiatal kutatókhoz, diákokhoz szól, hiszen azok a szabványosított kockák – értesülünk hiteles szakszerűséggel – remélhetőleg technikánkat, néha egészségünket is védő űrmeteorológiai előrejelző rendszert fognak alkotni, magyar gyártásban, nemzetközi üzemeltetéssel.

A főszerkesztő összegez: „Cikkei, ismeretterjesztő írásai, hírmagyarázatai alapján a legjobb tollú tudományos újságírók között van a helye.” Végző is lehetne, de a kíváncsiság vezet tovább:

Tehát korábban az Origó ismeretterjesztő rovatánál dolgozott, de a fotórovatnál kezdte. Annak előzményei: „Egyetem alatt elkezdtem fényképezni, és megnyertem az *Év Természetfotósa* 2003 pályázat fődíját. Külsős fotóriporteri munkákat végeztem a *Magyar Nemzet* Magazinak, fotóriporterként dolgoztam a *Heti Válasznak*.” Bekezdésnyi a felsorolás hol-mindenütt jelentek meg képei. Magam hosszan elidőztem Flickr portfólióját böngészve. A színpompás táj- és természetfotók mellett fekete-fehér drámai riportok a nyomor világából. (Nem hiába teljesített szolgálatot a Máltai Szeretetszolgálat esetkocsiján.)

Egy időszakában rangos ismeretterjesztő műveket fordított az Akadémiai Kiadónak. Kettőt emelek ki, mintegy a fotók párhuzamát. *Roger Penrose: Az idő ciklusai*, természetfilozófiai vízió nagy bummok esetleges láncolatáról, és *Naomi Klein: Sokkdoctrína*, tanulmány a katasztrófák haszonélvezőiről. A fordító mindenképp kölcsönhatásba kerül a tolmácsolt gondolatokkal. Azt is számítástechnikai könyvek fordításának köszönheti, hogy segregnyi programnyelvben járatos, otthonos az internet világában.

„200 ezer kilométert vezettem, több ezer kilométert robogóztam, siklóernyős A-vizsgám van. Barátaimmal körbeutáztuk Izlandot, stopoltam Skóciában és Írországban, két hónapot autóztunk, hogy megismerjük Patagóniát, Indiában négy hónapot töltöttem. Az utazás fontos szerepet játszott az életemben.”

Az egyetemen is szalalozott: OKTV kémia és biológia második helyezésekkel

a Szent István Gimnázium specmatagaztatóról vegyész szakra ment az ELTE-re. Két év után átjelentkezett fizikusnak, majd felvette a matematikus szakot.

Úgy érzem, Gilicze Bálint szüntelenül úton van, legalábbis bármikor útra kelhet és bármerre. Visszalátogathat a kutatás területeire, de a művészetek világába is. Jó lenne azonban, ha multidiszciplináris műveltségét, valamint a gondolatok, élmények továbbításában felmutatott képességét, leleményességét mindig felhasználná ismeretterjesztésre is. Erre szeretnénk emlékeztetni díjunkkal.

Kocsis-M. Brigitta, a *Novum* tudományos magazinműsor szerkesztő-műsorvezetője

Javasolta Szatory Tibor, a *Novum* főszerkesztője

Brigitta mérnökcsaládban nőtt fel, és nem volt kérdéses, hogy a *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen* végzi felsőfokú tanulmányait. A *Kommunikáció és Menedzsment* szakirány, ahol baccalaureus diplomáját szerezte 2011-ben, kedvezett, hogy rendszeresen írjon az egyetemi újságba, vezesse annak *Közélet* rovatát. Maga az intézmény pedig annak kedvezett, hogy a témák közt gyakoriak legyenek az egyetemen futó kutatások eredményei, tehetséges ifjú tudósok bemutatása, ígéretes innovációk ismertetése.

Ezzel gyakorlatilag mindjárt a helyére is került, mert már 2013-ban a közmédiá fiatalokat célzó tudományos magazinműsorának, a hetenként jelentkező *Novumnak* szerkesztő-műsorvezetője lett. Azóta, tehát immáron negyedik éve, itt számolhat be a hazai tudományos élet legfrissebb híreiről. A tudomány ilyen formában szakterületévé vált.

Elkesítően gyors karrier: 2008-ban kilépett a *József Attila Gimnázium* kapuján kitűnő bizonyítvánnyal a ridiküljében, és mindössze öt év múltán odalép a *Duna TV* kamerája elé, hogy konferálja a 30 perces összeállítások riportjait, többnyire ő a narrátor, esetenként a szituációban megjelenő riporter is.

Hogy ridikülbe tette volna azt az értecségi bizonyítványt, ne vegyék szó szerint, azt viszont igen, hogy mostanság cikkeket helyez el a *Ridikülbe*, e szintén heti megjelenésű női magazinba, igyekszik belecsempészni egy-egy tudományos anyagot a Tech-nők rovatba. 2015-ben egy középiskolás részecskekutató, Molnár Janka Sára portréjával 3. helyezést ért el a *MOL Média a Tehetségekért Díj* print kategóriájában.

Tudjuk, az szokott választékosan, világos érthetőséggel beszélni, aki ír is. Ha ráadásul verseket is, akkor a szavak pontos jelentése mellett, kapcsolataikra is ügyel, lelki felhangjaikkal, varázsszavakkal is él. Tavaly megjelent egy verseskötete, *Akarsz róla beszélni?* címmel. Az ismeretterjesztésben, ha nem is a költészet szintjén, szintén ezt kell művelnünk: a tudományos bizonyítást helyettesíteni hasonlatokkal, asszociációkat kiváltó, meggyőző szavakkal; a *kogníciót* felcserélni *szuggesztióra*. Magyarán: „*okos dolgokról nem okoskodva beszélni*”. Főszerkesztője szerint ez „jelmondatyszerűen hangzottatott ars poeticája”.

A mellék munkák neki visszajelzések, nekünk karakterének kontúrjai. Az online zaklatás veszélyeiről, az elektronikus adatvédelem fontosságáról a Közigazgatási és Igazságügyi Minisztérium *Az Internet nem felejt* címmel előadássorozatot szervezett fiataloknak. Az ennek keretében országsszerte tartott interaktív prezentációin 6000-nél is több középiskolás vett részt.

2016 tavaszán az a megtiszteltetés érte, hogy felkérték, legyen a Magyar Innovációs Nagydíj parlamenti átadásának háziasszonya.

A fő feladat azonban a *Novum* magazin. Ez folyamatosan mutatja fel a magyarországi teljesítményeket tudományban, technikában, gyógyításban, ökológiában, oktatásban és általában az élet minden területén, ahol van valami tudományos háttér. A világfigyelmet keltő sötét foton, talán ötödik kölcsönhatás kimutatásától az oldtimer autók bemutatásáig széles skálájú a tematika. Mindig a szintéren járunk, mindig az autentikus embereket halljuk-látjuk. A kameramozgás, vágás dinamikus, a képművészet kitűnő. A rövid riportok, tudományklipek lendületben tartják a műsort, mindig sajnáljuk, hogy már vége.

Meg kell jegyeznem, egyszer sem láttam, hogy kacérkodott volna kétes értékű alapuló szennzációkkal. Egyébként nem is tehetné meg, olyan környezetben mozog. (Előkelő nyugati tévék produkcióiról ez korántsem mindig mondható el.)

Kemény munka lehet hétről hétre etetni ezt a garatot, ne járjon üresen. Csinálják derekasan. Néha az az érzésem, egyes riportoknak lehetne esetenként bővítetebb változata is egy másik, követőműsorban. Mivel, úgy látom, átkerültek az M5 kulturális csatornára, talán ott helyet lehetne találni egy amolyan *Novum+* műsornak.

Szívesen diszkutálnám még a lehetőségeket és a közmédiánk kultúrpolitikáját, de már most is szereptévesztésben vagyok elmarasztalható. Meg fogja azt tenni majdan Kocsis-M. Brigitta maga. Merthogy tavaly ősszel felvételt nyert a BME *Tudományfilozófia és Tudománytörténet Doktori Iskola*

lájába, ahol szakterületként a *tudománykommunikációt*, azon belül is a *tudomány médiában történő reprezentációját* kutatja.

A magyar tudománykommunikációban a *Hevesi Díj* egyfajta diploma. Tanúsítvány a hitelességről és a teljesítőképeségről. Ezt mi már most szeretnénk átadni neki.

Lente Gábor egyetemi tanár, a Debreceni Egyetem professzora...

...akit a *fölterjesztés tudományos újságírónak is nevez.*

A javaslat a *Magyar Kémikusok Lapjától* érkezett, *Beck Mihály* akadémikus, a Szerkesztő Bizottság tagja, valamint *Kiss Tamás* felelős szerkesztő, a *Szegedi Tudományegyetem* professzora jegyezte. „A lapban 2008 óta önálló rovatokkal jelentkezik – írják. – A *Vegetáriusok* és a *Híresek* és *Kémikusok* rovatai rendkívül népszerűek.” Utóbbiból, például, értesülhetünk, hogy a fiatal korában vegyészmérnökséget dolgozó Jorge Mario Bergoglio napjainkban Ferenc pápáként fogadta magánbeszélgetéseken egy környezetvédelmi konferencia tudósait. Ebben a kérdéskörben ugyan már nem vonatkozik rá a tévedhetetlenség dogmája, de képzettsége folytán tisztánlátásában bízhat a világ.

A *Magyar Kémikusok Lapjában* az év legjobb cikke címet utóbbi mindhárom alkalommal Lente Gábor írása kapta (titkos internetes szavazással közel kétszáz megjelent munka közül).

A mi díjunk szempontjából csupán háttérinformáció, hogy az egi *Gárdonyi Géza Gimnázium* növendéke, érettségije évében, 1992-ben OKTV 1. helyezett volt kémiaiából, és ezüstérmét hozott a Nemzetközi Kémiai Diákolimpiáról, Pittsburghból (USA).

A debreceni *Kossuth Lajos Tudományegyetemen* szerzett vegyész, illetve angol-magyar szakfordító diplomát 1997-ben, 2001-ben PhD-fokozat és munkakezdet tanársegédként, 2004-ben adjunktus, 2008-ban habilitál, 2010-ben docens, 2015-től pedig egyetemi tanár; mindez a *Debreceni Egyetem Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszékén*. Következtes, töretlen ívű szakmai karrier. Részleteit a tanulmányutaktól a publikációk idézettségéig megtalálják egyetemi honlapján. Minket abból a Tagság Szakmai Szervezetekben című fel sorolás érint, ami a következőképp zárul: „... MTA Köztudomány (2003-tól), Royal Society of Chemistry (2014-től), *Tudományos Újságírók Klubja 2017-től*.”

Erről az idei lépéséről így ír *ScienceBits* című blogjában: „Az Internetes oldalon lévő taglista szerint az a benyomásom, hogy kb. fele-fele részben profi újságírók, illet-

ve ismeretterjesztéssel foglalkozó tudósok. Én ez utóbbiak körébe tartozom majd.

A tagsággal együtt jár egy igazolvány is ... Európában sok múzeumba kedvezményes belépést biztosít, de ... ha nagy ritkán bemegyek egy ilyen helyre, akkor ott egy belépődíj erejéig hozzá szeretnék járulni a működési költségek fedezéséhez. Ami vonzóvá tette számomra a klubot: a tagok névsorában jó pár olyan nevet felismerek, akiknek az írásait szívesen olvasom.”

A blog *Magamról* című állószövege ezt kiegészíti: „Az olvasás mellett szeretek írni is. Eddigi tudományos ismeretterjesztő és tudományos-fantasztikus írásaim a következő helyeken jelentek meg: *Száz kémiai mítosz* – *Magyar Kémikusok Lapja* – *Középiskolai Kémiai Lapok* – *Természet Világa* – *InterPress Magazin* – *A kémia tanítása* – *A matematika tanítása*.

A *Száz kémiai mítosz* egy könyv társszerzőkkel. Az Akadémiai Kiadónál jelent meg 2011-ben és a Springer-nél 2014-ben, angolul (*100 Chemical Myths*). Épp most jelent meg legújabb műve a Typotex Kiadónál: *Vízilónaptej és más történetek kémiaiából*.

Lente professzor tehát saját tudományának mélységeit és magasságait az érdekeségek lépcsőfokain teszi látogathatóvá. Ez a módszer, valamint műveltsége más területekre is csábítja. A *Shakespeare és a természettudományok* cikke (*Természet Világa* 2016. május) irodalomároknak, színészeknek is ajánlható, de a napjainkban divatos újrafordításoknál is hasznosítható, mivel esetenként az eredeti szöveg, korábbiakban félreértett, vagy meg nem értett és így elhagyott célzásait, hasonlatait is elemzi. (Az a szakfordítói diploma itt műfordítóiá alakult.)

Lente Gábor harmadéves egyetemi hallgató, mikor 1995-ben a szakemberek bejelentik, hogy egy csillag rendellenes mozgását kétség kívül egy körülötte keringő bolygó okozza, és ezzel megkezdődött az exobolygók vadászata.

Lente Gábor tudományos újságíró a 2017. januári *Természet Világában* cikket közöl *Így jutunk el a csillagokig* címmel. Nem fikciókat, hanem reális terveket mutat be. Például, hogy a nanotechnika már képes 1 gramm tömegű automata szondákat készíteni, akár ezerszámra. Azok lézersugarakkal fűjva a fénysebesség ötödére is felgyorsíthatók, s így e minivitorlások flottái néhány évtized alatt elérkezhetnek a közelebbi exobolygó-rendszerekhez. Mivel közvetlen észleleteik adatai már fénysebességgel sugárzódnak vissza, van rá lehetőség, hogy Lente Gábor közölje majd e cikke folytatását, mondjuk *Jelentés egy másik naprendszerből* címmel.

Hogy azért milyen díjat fog kapni, azt már nem fogom megtudni, de a Hevesi Endre Díjat most szeretném neki átadni

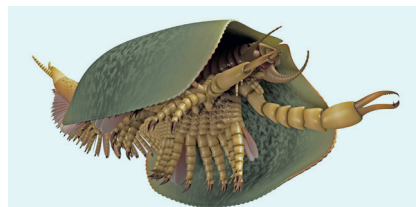
nature

(2017. április 26.)

507 MILLIÓ ÉVES TENGERI KONZERVNYITÓ

A világhírű Burgess-pala-lelőhelyek Kanadában, Brit-Kolumbiában találhatók a Yoho és a Kootenay Nemzeti Parkok területén. A Burgess-palát 1980-ban nyitva tartották UNESCO Világörökség lelőhelyé. A Márvány-kanyonban található Burgess-pala lelőhely a legújabbak közé tartozik, 2012-ben fedték fel a Royal Ontario Múzeum munkatársai. A Torontói Egyetem és a Múzeum paleontológusai most itt találtak egy új fossziliát, ami segíthet megérteni a Föld legváltozatosabb állatcsoportjának, az állkapcsos izeltlábúaknak (Mandibulata) a kialakulását.

A kivételesen jó megtartású izeltlábú fosszília a Márvány-kanyonon keresztül folyó Tokumm-patakról kapta a *Tokummia katalepsis* nevet. Az izelt végtagokkal és kemény külső páncéllal rendelkező állat részle-



Így nézhetett ki a Tokummia

tesen megmutatja a korai állkapcsosok anatómiáját. Az izeltlábúak rendkívül változatos csoportjára az a jellemző, hogy egy pár specializált függelékkel viselnek (mandibula), melyeket a táplálékuk megfogására, összenyomására és feldarabolására használnak. Jelenleg több millió faj tartozik az állkapcsosokhoz, és hozzájuk fűződik a földtörténet egyik legnagyobb evolúciós és ökológiai sikertörténete. Olyan közismert állatokat sorolnak ide, mint például a legyek, a hangyák, a rákok és a százlábúak. A napjainkban tapasztalható hihetetlen diverzitás ellenére a csoport kialakulását és eredetét nagyrészt homály fedi. Mostanáig csak kevés bizonyítékot találtak az ősmaradvány anyagban arról, hogyan néztek ki az első állkapcsos izeltlábúak. A kutatóknak kevés adata volt azzal kapcsolatban is, hogy milyen egyéb kulcsfontosságú tulajdonságok segítették el a csoport páratlanul változatosává válását.

A Tokummia nyugtató élővilággal teli trópusi tengerben élt, ahol ő volt az egyik leg-

nagyobb kambriumi ragadozó, annak ellenére, hogy mindössze 10 centiméter hosszúságot ért el. Alkalomszerűen úszhatott a vízben, de a robusztus elülső lábak alapján a kutatók úgy vélik, hogy jobban szeretett az aljazaton mászkálni, mint például a mai homárok és sáskarások. A vizsgált leletek a Kootenay Nemzeti Parkban, a Márvány-kanyon közelében kibukkanó 507 millió éves kőzetekben kerültek elő. A példányok többségét a 2014-es terepi gyűjtések során találták. A látványos új ragadozó az egyik legnagyobb és legjobb megtartású izeltlábú a Márvány-kanyonból, és számos szokatlan tengeri gerinctelent kapcsol össze, amelyek együtt éltek a kambriumi evolúciós robbanás idején. Ez utóbbi elnevezés arra utal, hogy mintegy 500 millió évvel ezelőtt nagyon gyors evolúciós változások kezdődtek, melyek során a legfontosabb mai állatcsoportok nagy része először jelent meg az ősmaradvány-anyagban.

Az óvatos preparálás után végzett vizsgálatok alapján kimutatták, hogy a Tokummia széles, fogazott állkapcsokat, valamint nagy és specializált elülső karmokat viselt, melyek a modern állkapcsosok tipikus jellemzői. A Tokummia ollói nagyok és komplexek, az állat megjelenése egy konzervnyitó alakjára emlékeztet. Az egyik karom végén egy pár fog helyezkedik el, míg a másik karom a fogak felé ívelődött. A kutatók szerint ezek túlságosan törekenyek voltak ahhoz, hogy szilárd héjú állatokat fogjanak meg velük, valószínűleg inkább ahhoz alkalmazkodtak, hogy méretes lágytestű prédákkal találkozzanak, amelyek az iszapban rejtőzködtek. Miután a test alatti tüskés végtagokkal elkapták az áldozatot, a forradalmi eszközt jelentő állkapcsokkal felapríthatták a húst kisméretű, könnyen emészthető darabokká.

A Tokummia teste több mint 50 kis szelvényből állt, amelyeket széles, két részből álló, héjszerű szerkezet védett. Fontos megfigyelés, hogy az állatnak osztott végtag bázisai voltak kicsi nyulványokkal, melyek ma is megtalálhatók bizonyos rákfélék lárváinál, és amelyekről azt gondolják, hogy kritikus fontosságú fejlesztések voltak az állkapcsosok változatos lábainak, sőt maguknak az állkapcsosoknak az evolúciója során. A sokszelvényes test egyébként a soklábúakra (Myriapoda) emlékeztet, ahová a százlábúak, ezerlábúak és rokonaik tartoznak. A Tokummianál hiányzik a rákféléknél található tipikus második csáp, ami meglepő rokonságot mutat a szárazföldi állkapcsosok felé.

A Nature folyóiratban közölt tanulmány megoldást talált a kanadai Burgess-pala néhány emblemikus maradványának a rokonságára is, több mint 100 évvel a felfedezésük után. A kutatók szerint olyan korábban leírt fossziliák, mint a Branchiocaris, a Canadaspis és az Odaraia, a most felfedezett Tokummiaával együtt egy olyan rákszerű izeltlábú csoportot alkotott, ami az összes mai Mandibulata számára kiindulási állapot jelenthetett.

Das Magazin für ein gesundes Leben

natürlich

(2017. 1.)

SAVTALANÍTÁS KORALLAL

Egyre nagyobbra nyílik az olló a létfontosságú anyagok kínálata és kereslete között, a rendkívül nagy élelmiszerkínálat ellenére. Egyrészt, 50 évvel ezelőtt a zöldségek és a gyümölcsök még lényegesen több létfontosságú anyagot tartalmaztak, mint manapság, másrészt pedig összességében növekedtek a környezeti terhek. Ennek oka az intenzív mezőgazdaság, a permetezőszerek, műtrágyák fokozott alkalmazása, a szó szerint „kizsákmányolt” föld, az éretlen termés leszüretelése, a hosszú ideig történő tárolás, a tartósítás, a környezeti mérgek, a megnövekedett gyógyszerhasználat, az elektroszmog, s nem utolsósorban a stresszes életforma. S mindez kihat az egészségünkre. A Nobel-díjas Linus Pauling szerint minden egyes betegség közvetlenül visszavezethető egy adott ásványi anyag hiányára, ezért táplálékunk kétharmadának ásványi anyagnak kellene lennie.

Elsavasodást okozó életmódunk miatt elsősorban lúgos ásványi anyagokra van szükségünk. Ilyen a kálium, a kalcium és a magnézium. Ezek az ásványi anyagok különösen akkor vesznek át a savtalanítás szerepét, ha a „normális” savtalanítási folyamatok – savak kiválasztása a vesén keresztül, kilégzéssel, izzadsággal, széklével – már nem elegendőek. Ez elsősorban olyankor következik be, ha egy időben több savasodást okozó folyamat – stresszes életmód, kevés mozgás, nem megfelelő táplálkozás, elektroszmog, kémiai anyagok (gyógyszerek), valamint krónikus betegség – hatása érvényesül.

A szervezet leginkább a kalciumot használja fel a savak semlegesítésére. Ha azonban a táplálékból, vagy a táplálék-kiegészítőkből nem kap a szervezet elegendő mennyiségű kalciumot, akkor a magnéziumot használja fel. Ha már az sem áll a szervezet rendelkezésére, akkor „rablógazdalkodást” folytat, aminek elsősorban a csontok, a fogak és az izmok látják kárát. Jellemző tünet ilyen esetben az izomgörcs, mely ha inkább nappal fordul elő, akkor kalcium- és káliumhiányra utal, ha éjszaka, akkor pedig magnéziumhiányra.

Az életkor előre haladtával egyre fontosabb a szervezet számára a lúgosító ásványi anyagok biztosítása. Az étvágytalanság, a rákási nehézségek és az emésztőrendszer nem kielégítő működése további problémákhoz vezet, különösen akkor, ha az ásványianyag-

raktár sincs megfelelő mértékben feltöltve. Japán kutatók kimutatták, hogy az öregedési folyamat legalább 5, de akár 10–15 évvel is meghosszabbítható lenne, ha szervezet létfontosságú anyagszükségletét jobban fedeznénk.

Jó példa erre Okinava lakossága, ahol a legnagyobb arányban élnek a Földön különösen idős emberek. Szinte minden szigetlakó mind szellemileg, mind testileg friss, és alig érintik őket az öregedéssel együtt járó jellemző betegségek. Rákos megbetegedés és más súlyos krónikus betegség alig fordul elő.

Ebben több faktornak van egyszerre szerepe. Okinava lakóinak táplálkozására a sok zöldség, gyümölcs, a saláta, a fermentált szója és az oméga 3 zsírsavban gazdag hal fogyasztása jellemző. Táplálkozásukat a nap során több kisebb, alacsony kalória-, zsírtartalmú, kevés húst, tojást és édességet tartalmazó étkezésekre osztják. Naponta isznak jászmin- és zöldteát, egész életük során testileg aktívak és nagyon pozitív beállítottságúak. Ezen kívül, mivel egészségesek – értelemszerűen – alig használnak gyógyszereket.

A kutatók szerint a lakosság hosszú és egészséges életének hátterében állhat még az ivóvíz is. Okinava különleges, óriási, úgynevezett Sango-korallokból álló korallszirtről áll. A világon sehol máshol nincs hasonló minőségű szűrőtulajdonsággal rendelkező korall. Az esővíz a korallhegyeken keresztül szivárog, miközben több, mint 70 ásványi anyag és nyomelem mosódik ki az esővízből. Ez aztán az ivóvízbe kerül, amely így szokatlanul magas, lúgos, 8–8,5-ös pH-értéket ér el.

Az eredeti Sango tengeri korall egy eredetileg élő szervezetből származik. A korallban található ásványi anyagok több mint fele ionizált formában található meg, elsősorban a kalcium és a magnézium, melyek vízben azonnal oldódnak és a vérbe gyorsan felszívódnak. A felesleg nem rakódik le a szervezetben, hanem kiürül. A hagyományos ásványianyag-keverékekkel szemben az ionizált formában lévő ásványokat az emberi szervezet csaknem teljes mértékben fel tudja venni. Ionizált ugyanis azt jelenti: aktivizált. Az ásványi anyagok ionizálásáért normális esetben a gyomorsav felelős, amelynek mennyisége azonban kb. 40 éves kortól jelentősen csökken, aminek következtében az ásványi anyagok hasznosítása már nem olyan hatékony.

A Sango korallt az ásványi anyagok és a növényi összetevők teszik különösen értékesé.

A tengeri korallal szemben a szárazföldi korallok kevés ásványi anyagot tartalmaznak, mivel azokat az évmilliók során az eső kimosta. Hátrányuk továbbá, hogy fokozott levegőszennyezésnek vannak kitéve.



(2017. április 4.)

JÉGKORI BREXIT

Néhány évtizede a Doveri-szoros tengerelvezetésének a Csalagút tervezése kapcsán végzett mérnöki felmérések különös mélyedéseket találtak. Mintegy 100–140 méter mély, kb. ezer méter széles, az alapkőzetbe vájt, üledékekkel kitöltött katlanokat, amelyek egymás mellett, sort alkotva állnak. A korabeli elmélet szerint a Doveri-szorosban előrenyúló jégkori gleccser vájta ki őket, a csatornába hosszirányban benyúló völgygel együtt. Azóta kiderült, hogy ennyire délre nem húzódtott le a jégtakaró, s a régi elméletet új ötlet váltotta fel, miszerint az Északi-tenger déli medencéjét egykor kitöltő olvadátkő vize törte át a szorosban meglévő földhidat. Az új elmélet pontosításához a tengerfenék részletgazdagabb vizsgálatára volt szükség, ezért szonáros és szeizmikus mérések eredményeit használva született meg a Brit-szigeteket és a kontinentális Európát elválasztó esemény leírása a londoni Imperial College kutatója, *Sanjeev Gupta* vezetésével.

Mintegy félmillió éve még állt az a földhíd, amelynek a maradványait a doveri fehér szikláként ma is láthatjuk. A dél-angliai Weald és a francia Artois régiói közt húzódó antiklináris része volt a mészkő földhíd, a kőzetboltosodás mindkét országban jól ismert, így az egykori földhíd helye könnyen azonosítható. A földhídtól északra elhelyezkedő jégkorszaki tavat a brit és skandináv jégtakaró gleccsereinek olvadákvize és a betorkolló folyók táplálták, azonban kb. 450 ezer éve elkezdte a víz áttörni a sziklákat, jelentősen gyengítve a földhid stabilitását. Kb. 160 ezer éve újabb esemény következett, ez adta meg a végső dőfést a pusztulóban lévő földhídnak. Az egykori földhíd helyét a brit és a francia szárazföldi kőzetek azonossága mellett jelzi az is, hogy a két terület mészkőrétegét összekötő határvonal mentén található a vízárdat által kimélyített tenger alatti árkok sorozata.

A Doveri-szoros környezetében a tengerfenéken számos „folyóvölgy” látható. Ezek kialakulása, a völgyek előrenyomulása és elágazásai alapján az egykori víz-áttörés eróziós munkáját lehet felismerni. A szoros legmélyebb tengerfenéki területe a Dangeard-árokrendszer, valamint a Lobourg-csatorna. A kutatás során ezek morfológiai és rétegtani vizsgálata alapján tudták modellezni a jégkorszaki eseményeket. A részleteket feltáró szonáros adatgyűj-

tés után felismerhetővé váltak az egykori földhídon áttörő áradat vízesései, a meredek szirtfalak és a korábbi már ismert, alattuk kivájt mélyedések alapján. A rejtélyes katlanok tehát e vízesések sorát jelzik, a csatornára nagyjából merőlegesen elhelyezkedő földhidat felemészítő folyamat legdrámaibb eseményeinek emlékeként. A Dangeard-árok katlanjainak mélysége alapján valószínű, hogy a vízesések igen magasak voltak, így hatalmas erővel csapódtott be a lezúduló áradat vize a mészkőaljzatba. A morfológia alapján semmiképp sem magyarázható a kialakulásuk normál folyami-, árapály- vagy gleccser-eredettel. A földhíd eróziójának modellje egybecseng a tenger alatti mélyedések sorával, jelzi a vízesések fokozatos bevájódását a kőzetbe, a kőzet lepusztulását a hátráló vízesések miatt. Az egykori földhíd tövében kialakult mélyedések üledékkitöltésének kora nem ismert a jelen adatok alapján, de a rétegződések alapján a kialakulást követően többször feltöltődtek és kiürültek, feltehetően az eljegesedések és az interglaciálisok egymást követő időszakai során.

A Lobourg-csatornában hasonló, zuhata-gok által erodált, hátráló szirtfalakra utaló nyomok vannak, ezek azonban fiatalabbak, a Dangeard-árok üledékeibe is bevájódtak, így annak a kialakulásánál biztosan később születtek. Az első lépések a Csatorna megnyílásához tehát azok a kb. 450 ezer évvel ezelőtti események voltak, amelyek során a jégkori tó vize átsapott a szirtéken, vízesései mélyedéseket vájtak a kőzetbe és jelentősen erodálták, visszaszorították a mészkő határvonalát. A második, későbbi esemény mintegy 160 ezer éve történt, ekkor óriási áradat zúdult ki az ekkor már északabbra lévő tóból, tovább pusztítva a mészkőhidat, kivájva a Lobourg-csatornától délre lévő tengerfenéki völgy-rendszereket. A pontos időskála egyelőre nem ismert, de kitűnő lehetőség ezen információk pótlására a Dangeard-árok katlanjainak üledéke, az itt majdan elvégzendő fúrások során az események időzítésének precíz sorát is megállapíthatják majd. (A mintavételező fúrásokat azonban nem lesz egyszerű elvégezni, a Csatorna rendkívül nagy hajóforgalma, az erős árapály és a tengeri viharok miatt.) Az időzítés azért fontos, mert ennek segítségével lehet a Brit-szigetek floráját, faunáját befolyásoló tényezőket is megismerni, valamint azt is megérthetjük, hogy az emberek mikor és hogyan tudtak a szigetekre jutni az utolsó jégkori időszakokban. A Csatorna megnyílásával átrendeződött a szárazföldi vízrendszer is. A folyók és az északi jégtakaró olvadákvize is az Atlanti-óceánba juthatott, ezzel a Brit-szigetek leválása a kontinentális Európától még a klíma alakulására is visszahatott.

XXVI. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

Anker Alfonz, az állatnemesítés művésze

VERÉB SÁNDOR ANDOR

Kiskunhalasi Bibó István Gimnázium

*„A tudós boldogságközpontját nem a pénz, hanem az új felismerése és annak elismertetése hozza izgalomba.”
(Staar Gyula)*

Anker Alfonz neve ismerősen cseng a hazai és külföldi postagalambászok, a lótenyésztők, valamint a haszonállat-tenyésztéssel foglalkozó szakemberek számára, legyenek azok juh-, baromfi- vagy sertés-tenyésztők. Egy olyan genetikusra szeretnék emlékezni, aki diploma és szakirányú végzettség nélkül lett tudományos főmunkatárs. Aki klasszikus értelemben nem is tanított, mégis tiszteletük jeléül sokan professzornak nevezték és nevezik még ma is.

Életútja

Kismartoni Anker Alfonz 1925. november 26-án született Budapesten. Régi katonatiszti családból származott. Mindkét nagyapja lovassági tábormoz volt, anyai nagyapja pedig Ferenc József császár vadászó társa. Arisztokrata családfájában – három nagyszülője is bárói rangot viselt – flamand, francia, spanyol, osztrák ősök is szerepeltek.

Gyermekeit Komáromban töltötte, ahol édesapja a méntelep parancsnoka volt. A családi hagyományokat követve Anker is méneskari tiszt szeretett volna lenni. Őt nem igazán a katonai pálya vonzotta, inkább a lótenyésztés tudománya iránt érzett elhivatottságot. Középiskolai tanulmányait a pécsi katonai főreáliskolában végezte. Nem volt jó tanuló, de igen jól lovagolt és sportolt. Érettségi után a Ludovika Akadémiára ment. 1944-ben huszárhadnaggyá avatták és azonnal Németországba vezényelték. A háború végén hadifogságba esett, ahonnan többszöri, sikertelen szökési kísérlet után 1947 januárjában térhetett haza.



Kismartoni Anker Alfonz (1942)

1962-ig több ménesnél is a lótenyésztésnek és -kutatásnak szentelte életét. A híres bécsi Spanyol Lovasiskolában kezdett, ahol közel egy évig lovagolt. 1948-tól már itthon a tatáremetesi csikótelepen dolgozott, lőtörzskönyv-vezető beosztásban. A személyzeti vezetők osztályharcos felfogása miatt azonban munkahelyéről távoznia kellett. Az alagi tréning telepre helyezték át, majd Hortobágyra, a Máta Méneshez. Az akkori átszervezések¹ és a ménes állományának csökkentése miatt a

lótenyésztésben megkezdett munkáját nem tudta folytatni. Óhaton már a mangalica, a juh és a tyúk nemesítésével foglalkozott. Az elért sikerek ellenére újra áthelyezték. A tiszafüredi termelőszövetkezetben főállattenyésztő tevékenysége rövid, de tartalmas epizódja volt pályájának.

Ankernek ezekben az években rendkívül sok harcot kellett megvívnia. Származása miatt gyanakvás vette körül. Újszerű elgondolásai következtében, és a szakképesítés hiánya miatt szakmai támadások érték. Erdemeinek tekintetbe vétele nélkül igyekeztek e területről eltávolítani. Vándorolnia kellett az országban, sehol sem telepedhetett le.

1962. április 15-én azonban döntő fordulat következett be Anker Alfonz életében. Guba Sándor főigazgató meghívta Kaposvárra az akkori Felsőfokú Mezőgazdasági Technikumhoz – a későbbi Mezőgazdasági Főiskola, a jelenlegi Kaposvári Egyetem elődjéhez – tudományos kutatónak. Itt nyílt először igazi lehetősége arra, hogy állattenyésztői képességeit kibontakoztassa. Bár nem a ló-, hanem a juh- és sertésállományok nemesítését kapta feladatul. A sok vándorlás után Kaposváron végre gyökeret verhetett. Ismereteit, tapasztalatait hasznosíthatta. Guba Sándor mellett Ankert támogatták olyan szakemberek (Horn Artúr, Dohy János, Veress László, Böbök József), akik ismerték az általa kialakított tenyésztési rendszer alapját szolgáló populáció-genetikai² törvényeket. Nemcsak az intézmény egyik alapítója volt, hanem az általa alkalmazott genetikai módszer tette a várost is nemzetközileg ismertté. Kaposvárhoz és a

Főiskolához haláláig hűséges volt. 1979. november elsejét, élete utolsó napját is a Főiskolán, munkatársai körében töltötte.

Anker Alfonz: Élt 54 évet.

Ravatalánál Guba Sándor búcsúbeszédében így emlékezett vissza: „*Sorsszerű volt a fiatal, éppen, hogy megalakuló Mezőgazdasági Főiskola és a fiatal, alkotni vágyó szakember összetalálkozása és szó szerint sűrű tartó együttműködése.*” <1> Amikor Anker megbetegedett, főigazgatójának írt búcsúlevelet. Ebből a levélből is idézett Guba Sándor azon a szomorú napon: „*Állapotomban soha sem tudható, hogy akár holnap élek-e még. 16 évig hűséges kaposvári mezőgazdasági főiskolai hívő voltam, máig egyetlen korábbi munkahelyem sem kötődött úgy hozzám, mint ez.*” ... „*Ha rajtam állna, elhamvasztatnám magam és annak maradványait a Főiskola épületei között szórnam el.*” ... „*Ha meghalok, a kaposvári Mezőgazdasági Főiskola fog utódjára felvillanni bennem, mint életem leglényegesebb része, már csak azért is, mert a rágon-dolásom során nem sok szégyellni valóm lesz.*” <2> Végakarátának megfelelően a főiskolához legközelebbi temetőben pihen.

Szakmai pályafutása

Családi körülményei tették lehetővé, hogy megismerje a lovak csodálatos világát, hiszen ősei öt generációra visszamenőleg lótenyésztéssel foglalkoztak. A bécsi lovasiskolában a lovaglás mellett az ősi lipicai fajták származását tanulmányozta. Rájött az osztrákok által alkalmazott, de nyilvánosságra sosem hozott vonal-

biztosként a háború alatt nyugatra került lovak felkutatását és hazahozatalát szervezte. Így mintegy 2000 lóval kezdődhetett meg a magyarországi lótenyésztés helyreállítása, melynek Anker is részese akart lenni. Itthon rendkívül intenzív származástani kutatásokat végzett. Az összes Magyarországon tenyésztett lófajtának visszakereste eredetét 1786-ig⁵, majd a tenyésztési adatokat kiértékelte.

Megfigyeléseiről több szakmai cikke is megjelent, melyek a hazai lótenyésztésben teljesen újszerű és egyedülálló populációgenetikai eljárások alapjait tették le. A formalista szemlélet helyett, mely a küllemet és a származást a teljesítmény fölé helyezte, a funkcionális tenyésztői szemléletet szorgalmazta. A termelésre irányuló szelekcióval majd kialakul a megfelelő küllem is. Elképzeléseivel, gyakorlati és irodalmi tevékenységével országos hírnévre tett szert, de újtársait itthon a szakma nem akarta elfogadni. Amikor például a legjobb örökítő képességűnek tartott hortobágyi Nóniusz mént elcserélte a mezőhegyesi Nóniusz DV ménre, magára haragította a lótenyésztőket. Pedig a Nóniusz DV ivadéka több éven át nyerték a 100 km-es távhajtási versenyeket, csak a csikók nem voltak olyan szépek, mint amilyen szívósak. De elismerés helyett inkább irigyet szerzett. A sok nehézség ellenére munkájával mégis segített újjáéleszteni a háborús események miatt szinte teljesen tönkrement hortobágyi ménés állományát.

Hiába volt megszállottja az állattenyésztésnek, hiába tanulmányozta rendkívüli szorgalommal a származási és teljesítményi adatokat, ezen a területen nem volt számára hely. Tapasztalatairól két jegyzetet is írt. „*A genetika lóvátétele*” a 60-as években még korszakalkotó volt, ma viszont alap olvasmány és útmutató a lótenyésztők számára. A később írt „*Genetika a lótenyésztésben*” című munkájában összefoglalta az időszerű genetikai és tenyésztési ismereteket. A jegyzetből egyetemi tankönyv lett.

A lótenyésztésből való kiválásával rengeteget nyert más állatfajok tenyésztése. Rövid idő alatt ért el látványos eredményeket nemesítő munkája a szaporaságra kontraszelektálódott⁶ mangalica termelékenységének növelésében – bár az akkori

igények változása miatt a mangalicát egy időre sikerült állatkertbe száműzni – „a baromfinál a tojástermelés, a fésűs merinó juhoknál a gyapjú termelésének genetikai fokozásában.

Amikor a nemzetközi szakirodalom állásfoglalása az volt, hogy a sertésfaj hibridációja⁷ gazdaságosan nem oldható meg, Anker Alfonz irányításával Kaposváron megkezdődött a sertés nemesi-



Hortobágy-Mátán
A kalapban Anker

tése, a nagyüzemi igényekhez igazodó sertéshús előállítás érdekében. A cél: kiváló hizékonyaságú, jó hús-zsír arányú sertéstípus létrehozása, amely szilárd szervezettű és igen jó anyai tulajdonságokkal bír.

A hibridizáció ismert és hagyományos módszereivel (1. ábra) – legyen az hármas vagy négyes keresztezés – csak végterméket lehet előállítani. Anker kidolgozott egy teljesen újszerű, sertés hibridizációs módszert, az ún. kontinuens (folytatható) hibridizációt (2. ábra). Ebben az eljárásban a nőivarú populációhoz a speciális tulajdonságokra szelektált apai vonalakat meghatározott generációs sorrendben párosítják.

Az ily módon tenyésztett „ABE” jelzésű generáció egyrészt már végtermék, másrészt anyai kiinduló bázisa is a további keresztezésnek. Azzal, hogy a kocasüldő utánpótlás kiválasztása az árutermelő üzemekben történt, jelentős mértékben csökkenteni lehetett a költségeket és az állategészségügyi kockázati tényezőket is.

1968-ban 12 termelőszövetkezeti részvételével alakult meg a Kaposvári Hibridsertést (KA-HYB) Tenyésztő és Értékesítő Közös Vállalat. Anker Alfonz a főiskolán végezte a tudományos genetikai munkát, és közben igazgatóhelyettesként irányította a gyakorlati megvalósítást a KA-HYB Vállalatnál. Az akkor még szokatlan és teljesen újszerű vállalkozás Tolna megyében kezdte meg a munkát, mert Somogy megye vezetői nem támogatták a sertésnemesítés ötletét. Sőt, Ankert fantasztának nevezték és kitiltották a megyei sertésenyveszetelekből.

1969-ben Berlinben rendeztek először nemzetközi tanácskozást a modern genetikai ismeretekről. Diploma hiányában



Díjak között

tenyésztés³ azon módszerére ami a lipicai fajta fenntartásának genetikai alapja volt, és a viszonylag kis létszámú állományban a rokontenyésztés⁴ káros hatásai mégsem jelentkeztek. Ez időben edesapja, Anker Sándor hazahozatali kormány-

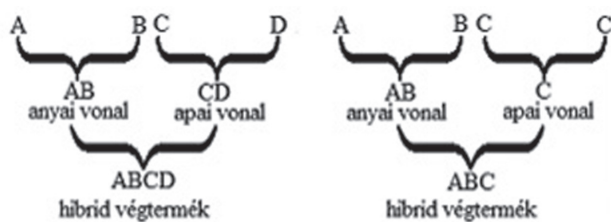
Anker Alfonz ide csak turistaként jutott el, de a vitába bekapcsolódva felhívta magára a figyelmet. Ezt követően igen jelentős nemzetközi szakirodalmi tevékenységet is folytatott. Cikkeinek témája és szakmai nivója miatt személyét és tudását magasan elismerte a külföldi szaksajtó. A következő állomás az 1971-es Versailles-ban rendezett nemzetközi kongresszus volt, ahol nagy sikerű előadás is tartott a sertés-hibridizációról. Az ülést követően személyesen gratulált neki J. Lush professzor, az iowai egyetem genetikus, akit a hibridizáció elméleti megalapozójának tartanak. Ez a kongresszus hozta meg Anker számára a világhírt.

A KA-HYB iránt megnőtt az érdeklődés. A hazai nagyüzemek legelterjedtebb tenyésztési módszere lett, mivel jól bírta az intenzív tartási körülményeket, és az évek múltával sem veszítette el jó tulajdonságait: hízekonyság, megfelelő takarmányhasznosítás, szaporaság és zsírszegény, ízletes hús. A sertésállományunk 30–40%-át adta egészen a rendszerváltás idejéig és számos külföldi országban is kitűnően teljesítettek, NSZK-tól Japánig.

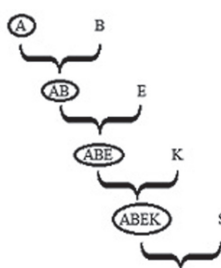
Másfél évtizedes tevékenységét a sertés-tenyésztés területén kissé megkésve követette a hazai elismerés. 1976-ban kapta meg az Eötvös-díjat. A díj akkor a kiemelkedő ipari, mezőgazdasági és közlekedési alkotó, irányító, szervező tevékenység elismerésére szolgált.

Ankernek a *genealógia* különleges hobbi is volt, épp úgy, mint gyermekkorában kezdődött postagalambok iránti szenvedélye. Hivatásos állattenyésztőként lehetsége volt, hogy szárnyas kedvenceinek

és külföldön is. A postagalambászokkal rendszeresen levelezett, minden levélre és kérdésre válaszolt, értékes tanácsaival sokat segítette sporttársait. Minden tapasztalatát megosztotta a galambászokkal, nem kovácsolt versenyelőnyt abból, amit tu-



1. ábra. A hibridizáció hagyományos módszerének vázlata



2. ábra. A folytatható hibridizáció módszerének vázlata

dott. Rendszeresen járt külföldre, neves tenyésztőkhöz is eljutott. Látogatásairól a nemzetközi szaksajtó minden alkalommal beszámolt. Szárnyra kapott világhíre után a postagalamb-sport őshazájának számító Belgiumból, Hollandiából is jöttek galambért Kaposvárra, az Anker-dúcba.

A „Repülő keresztrejtvény” című könyvében, mely 1972-ben jelent meg, és azóta több nyelvre is lefordítottak, tenyésztési tapasztalatait írta le, rendkívül élvezetes módon, sok-sok humorral fűszerezve. Horn Artúr lektori véleménye szerint a könyv a világirodalomban egyedülálló írás, mert a legkorszerűbb genetikai ismereteket alkalmazta a postagalamb-tenyésztés gyakorlatában. Sikere abban volt és van, hogy kizárólag mindennapos szakmai kérdéseket tárgyal, galambásznyelven írva. Anker ezt így fogalmazta meg egy levelében: „500 oldal és csupa gondolat. Nem száraz meskete, leér a galambászok fejéig, élő és fog érni valamit 20 év múlva is. Meglátod!” <3> Így is lett. A világ postagalambásza számára még ma is a legkeresettebb olvasmány. Anker a könyv teljes bevételét felajánlotta a Magyar Postagalamb Sportszövetség részére, új szállítójármű vásárlásának céljából.

Postagalambászként biztosan állítom, ha hagyták volna szenvedélyét és tudását kibontakozni, nagyon sok hasonló képességű versenylő születhetett volna, mint Kincsem. Anker a postagalambászatot a kisemberek lóspartjának nevezte. Amit nem tudott megvalósítani a lótenyésztés területén, azt csak azért is megvalósította a postagalamb tenyésztésben. Így lettek a galambok a levegő versenyparipái. Mára igencsak megnőtt azok száma, akik az Anker-galambok leszármazottaival vagy Anker Alfonz szellemiségét és tanításait követve érnek el szebbnél szebb sikereket itthon és a nagyvilágban.

A professzor

Anker Alfonz a magyar állattenyésztés kiemelkedő egyénisége volt. Kivételes képességű, nemzetközileg is elismert nemesítő. Nem volt diplomája. Élete során többször is felajánlották neki a felvételi nélküli bejutást a gödöllői Agrártudományi Egyetemre, de Anker nem fogadta el az ajánlatot. Sőt kandidátusi címhez is juthatott volna, ha saját témájából megírja disszertációját és középfokú nyelvvizsgát tesz valamely idegen nyelvből. Témája volt bőven és anyanyelvi szinten beszélt németül. Számára azonban fontosabb volt a tájékozottság, a korszerű genetikai ismeretek megszerzése, mint a diploma. Életműve megalkotásában sem politikai hátszél, sem tudományos címmel járó tekintély nem segítette. A *genealógia* megszállottja volt. Olyan tudós, aki az öröklés tudományának elméletét a gyakorlatban is tudta alkalmazni. A tenyésztés volt a szenvedélye munkaidőben és a galambok közt szabadidejében is.

A sors azonban rendkívül mostoha volt hozzá. Hazugságokkal terhelt korban élt. Sok nehézség és küzdelem árán érte el sikereit. Maradhatott volna Bécsben, dolgozhatott volna bárhol külföldön. De ő a magyar röggöt választotta. Horn Péter szavait idézve: „Genetikai értelemben európai polgár volt. Mégis teljes joggal vallotta magát igazi jó hazafinak, aki nem a hangos külsőségekkel, hanem rendkívül eredményes munkájával bizonyította hazafiságát, kiemelkedő szakmai tevékenysége révén hazánk hírnevét növelte messze határainkon túl is.” <4>

Anker Alfonz emlékezete

Dolgozatomban egy kiváló kutató életművének esszenciáját próbáltam megjeleníteni. Elfogltság nélkül nehéz lenne írnom róla, hiszen magam is tenyészték verseny-postagalambokat. Én is Anker tanításai alapján készítettem el a párosítási tervet és a versenyekre való felkészítés előtt is átolvasom írásait.



Igazgató-helyettesi névjegye

tenyésztését is tudományos alapossággal művelje. A témában jelentős szakirodalmi tevékenységet folytatott már 1948-tól, folyamatosan. De, a tartástechnológia legapróbb részleteiről, a sport megújítási lehetőségeiről is írt. Előadásokat tartott itthon



A hobbi

A forrásanyagok gyűjtése nem volt egyszerű feladat. Könyvtárban semmi adatot nem találtam munkásságáról. Az interneten megemlíti, mint a KA-HYB sertés nemesítőjét és „A repülő kereszt-rejtvény” szerzőjét. A Mezőgazdasági Múzeum könyvtárában a „Magyar agrártörténeti életrajzok” között végre találtam róla egy nagyon rövid írást. De szerencsém is volt. Mert azok az emberek, akik ismerték, bármikor szívesen emlékeznek meg róla. És akik ismerték, azok szerették, csodálták és tisztelték. Egykori munkatársak, tanítványok megemlékezéseiből derült ki számomra teljes körű munkássága. Egy dolog vezérelte; valami újat, valami jobbat adni azoknak, akik állattenyésztéssel szeretnének foglalkozni. A tenyésztés egy átgondolt, tervszerű munka, melynek során értékes tulajdonságokat megöröszünk,

Komáromban, egykori lakóháza falán emléktábla, Kaposváron az Állattenyésztési Kar körépületének aulájában mellszobra őrzi emlékét. Anker Alfonz az állattenyésztéssel foglalkozó emberekre maig eleven hatással van, még azokban a generációkban is, amelynek tagjai személyesen nem is ismerhették.

„A mint egy részről csak igazságos és méltányos, hogy egyes egyéneknek a hazai mezőgaz-

a népesség száma, hanem az élettartam is folyamatosan nő. Az élelmiszertermelés nem tud lépést tartani a népesség növekedésének ütemével, ami az állattenyésztés számára is hatalmas kihívás. Ezért tartom különösen fontosnak és értékesnek Anker Alfonz életművét. Emberileg pedig példát adott kitartásával és elhivatottságával.

A szerző a Természettudományos múltunk felkutatása kategória második díjasa.

Irodalom és források

- Anker Alfonz: (1972) A repülő kereszt-rejtvény Magyar Postagalamb Sportszövetség Délkerülete
- Anker Alfonz: A sertésnemesítés feladatai és problémái, különös tekintettel a hibridizációra. A genetika alkalmazásának időszaki kérdései az állattenyésztésben (1978) Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 155-180. o.
- Cseh János: Vaskötelezettséggel (Somogyi néplap 1968 június 2. 5. o.)
- Dunántúli Napló: (1972. október 1.) Európa legnagyobb sertéspopulációja 3. o.
- Dr. Veress László: A rokontenyésztésről (Postagalambsport 1998. december 8-10. o.)
- Dr. Veress László: Emlékezés Anker Alfonzra (Postagalambsport 1987. január 2-3. o.)
- Gyulai József (2010): Anker Alfonz a zseniális postagalamb tenyésztő levelei tükrében. Magyar Postagalamb Sportszövetség, Budapest
- Hunyadvári Árpád: Emlékezés Anker Alfonzra (Békés Megyei Népiújság 1983. február 17. 5. o.)
- Kerekes János (2014): Anker Alfonz munkássága tanulmányai és cikkei tükrében. Magyar Postagalamb Sportszövetség, Budapest
- Magyar agrártörténeti életrajzok A-H (1987) Magyar Mezőgazdasági Múzeum, Budapest 45-47. o.
- Számadó Emese (2004): A komáromi méntelep és az I. Osztályú Lovassági Laktanya 100 éve Komárom-Esztergom Megyei Múzeumok Közleményei 11, Tata <http://www.karrier.ke.hu/alumni/kiadvanyok/62-a-kaposvari-egyetem-tortenete-a-kezdetektol-2011-ig> (letöltés dátuma: 2016.09.10.)
- http://www.kisber.hu/kisber01013251_kisberimenes.html (letöltés dátuma: 2016.09.10.)
- https://www.kozterkep.hu/~27849/Anker_Alfonz_Kaposvar_1984.html#photo-238213 (letöltés dátuma: 2016.10.28.)
- <http://www.lipicailo.hu/tenyesztési-pogram/> (letöltés dátuma: 2016.10.12.)
- <http://www.menészgazdasag.hu/hu/fajta-tortenete/81-geneologiai-vonalak> (etöltés dátuma: 2016.09.16.)
- <http://www.termeszettvilaga.hu/szamok/kulonszamok/k0602/interju.html> (letöltés dátuma: 2016.09.25.)



A Magyar Tudományos Akadémia előtt

daság előmozdítása s az e célra alkotott egyesület sikere körül szerzett érdemei hálás emlékezetben tartassanak; úgy más részről az utónemzedékre szintén csak üdvös és buzdító hatással lehet, ha ősei szép és különösen kiváló tetteinek emléke mintegy örökségül őriztetik meg számára.”

(Országos Magyar Gazdasági Egyesület alapszabályainak 36-dik §-sa.)

Zárszó

A genetikai tudományokon alapuló modern állattenyésztés jóval nagyobb társadalmi hatást gyakorol, mint azt gondolnánk. A XXI. századra a gazdasági állatfajok teljesítménye látványosan emelkedett. Ebben jelentős szerepe volt az alkalmazott genetikának. A rideg és háztáji állattartást felváltotta a nagyüzemi állattartás, a nemesítés és a géntechnika. Ugyanakkor több mint háromszorosára nőtt a föld lakossága is. És nemcsak



Mellszobra

vagy erősítünk, nem kívánatos tulajdonságokat pedig „töröljük”. Írásomból az olvasó nem ismeri meg az állatnemesítés igen bonyolult rendszerét. Nem is ez volt a célom. Anker Alfonz nevét szeretném szélesebb körben ismerté tenni.

- <1>Gyulai József (2010) : Anker Alfonz a zseniális postagalamb tenyésztő levelei tükrében. Magyar Postagalamb Sportszövetség, Budapest 21.o.
- <2>Gyulai József (2010) : Anker Alfonz a zseniális postagalamb tenyésztő levelei tükrében. Magyar Postagalamb Sportszövetség, Budapest 22.o.
- <3>Kerekes János (2014) : Anker Alfonz munkássága tanulmányi és cikkei tükrében. Magyar Postagalamb Sportszövetség, Budapest 357.o.
- <4>Gyulai József (2010) : Anker Alfonz, a zseniális postagalamb tenyésztő levelei tükrében. Magyar Postagalamb Sportszövetség, Budapest 5.o.

Képek forrása

1. sz. ábra – saját szerkesztés
2. sz. ábra – saját szerkesztés
- A hobby – Kerekes János (2014) : Anker Alfonz munkássága tanulmányi és cikkei tükrében. Magyar Postagalamb Sportszövetség, Budapest 55.o.
- A Magyar Tudományos Akadémia előtt - Kerekes János (2014): Anker Alfonz munkássága tanulmányi és cikkei tükrében. Magyar Postagalamb Sportszövetség, Budapest 131.o.
- Díjak között - Gyulai József (2010) : Anker Alfonz a zseniális postagalamb tenyésztő levelei tükrében. Magyar Postagalamb Sportszövetség, Budapest 158.o.

- Hortobágy-Mátán A kalapban Anker - Kerekes János (2014): Anker Alfonz munkássága tanulmányi és cikkei tükrében. Magyar Postagalamb Sportszövetség, Budapest 353. o.
- Kismartoni Anker Alfonz (1942) - Kerekes János (2014): Anker Alfonz munkássága tanulmányi és cikkei tükrében. Magyar Postagalamb Sportszövetség, Budapest 8.o.
- Mellszobra - https://www.kozterkep.hu/~27849/Anker_Alfonz_Kaposvar_1984.html
- Névjegykártya - Gyulai József (2010) : Anker Alfonz, a zseniális postagalamb tenyésztő levelei tükrében. Magyar Postagalamb Sportszövetség, Budapest 270. o.

¹Átszervezések: Az 50-es évek végén a magyar mezőgazdaság szerkezetében bekövetkezett változás, - a szövetkeztetés, a kisparaszti gazdaságok megszűnése és az igaerő-használat csökkentése - sport, illetve szabadidős löhasználati igényt eredményezett.

²Populációgenetika: A populációk (az ugyanahhoz a fajhoz tartozó, ugyanabban az időben, ugyanott élő egyedeknek az összessége) genetikai összetételével, illetve a genetikai összetelt változtató mechanizmusokkal foglalkozó

tudomány. Amikor a populáció egyedei nem véletlenszerűen, hanem a tenyésztő által meghatározott (tenyészcél) megfelelő szempontok szerint párosodhatnak, akkor a tenyésztési eljárások különböző mértékben és irányban változtatják meg a populáció genetikai szerkezetét.

³Vonaltenyésztés: az a tenyésztői módszer, amelynek során a fajtán belül pontosan meghatározott céllal egy vagy több tulajdonságban különlegesen magas tenyésztékű populációt kívánunk létrehozni.

⁴Rokontenyésztés: származásilag egymáshoz közelálló egyedeket párosítanak annak érde-

kében, hogy az állomány minél egységesebb megjelenésű legyen.

⁵1786: a hatékonyabb katonaló tenyésztés érdekében Mária Terézia állami méneseket szervezett (pl. Mezőhegyes)

⁶Kontraszselekcio: a nem előnyös tulajdonságok megjelenése a kitenyésztett új tulajdonságok kísérő jelenségeként.

⁷Hibridizáció: az állattenyésztésben nemesítő vagy fajtajavító keresztezési eljárás.

Egy magyar orvos a román függetlenségi háborúban

DARVAY ZSUZSANNA

Báthory István Elméleti Líceum, Kolozsvár, Románia

„Büszke vagyok arra, hogy megtettem mindent, amit megtehettem ...”

Dr. Fialla Lajos

Fialla Lajos az 1848–49-es szabadságharc hős önkéntes katonája, majd a román egészségügy, Vöröskereszt egyik úttörője, a bukaresti Orvosi Egyetem kórbontani professzora, az 1877–78-as függetlenségi háború harcosa és krónikása volt.

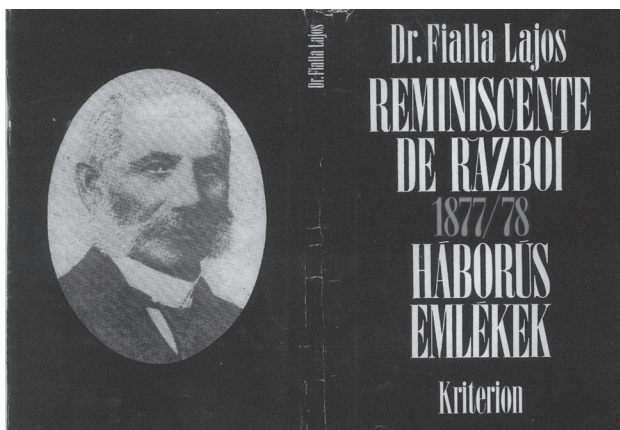
Baja városában köztisztelőnek örvend dr. Fialla Jakab zsidó származású orvos feleségével, Kandlborg Reginával. Meghitt barátja volt a város híres szülötteinek, Türr Istvánnak, Tóth Kálmánnak, Mészáros Lázárnak. Elsősülött gyermekük 1831. június 30-án Adolf Lajos (az Adolf nevet később elhagyta). Őt követte öccse, Károly, majd négy húga. Középiskolai tanulmányait Lajos – végig jeles eredménnyel – szülővárosában végezte.

1847-ben bölcsészhallgatóként már Pesten találjuk, ahol a polgári forradalmi eszmék nagy hatással voltak az ifjúra. Jedlik Ányos, a pesti egyetem fizika professzora, dékán (az első eredetét alkotó fizikus és fel-

találó Magyarországon, példaként említjük a „villamdelejes forgonyt” – villanymotor, a rácsosztó gépet, az egysarki villanyindítót, amellyel hat évvel megelőzte Siemenset a dinamóelv alkalmazásában) hiába intette az egyetemistákat arra, hogy csak a tudományokkal foglalkozzanak. „Látta, hallotta, amikor Petőfi elmondta a Nemzeti dalt, eljárt a Pilvax kávéházba, beszélgetett, barátkozott Vasvári Pállal, Jókai Mórral és Vidats Jánossal, és többször kezett szorított Petőfi Sándorral is” (8, 1. oldal).

A lelkes ifjú 17 évesen – öccsével együtt – önként csatlakozott az 5. honvéd zászlóaljhoz, amely az elsők között alakult meg

Fialla Lajos arcképe a Háborús Emlékek című könyv fedőlapján





A Reminiscențe din resbelul Romano-Ruso-Turc könyv fedőlapja

a forradalom védelmére. Először mint katonára, majd mint tizedes végigküzdötte a szabadságharcot, csatákban vett részt a Dunántúlon, Erdélyben és a Délvidéken. Többször is megsebesült. Perczel Mór tábornok és Görgei Artúr, kihasználva Fialla francia- és angolnyelv-tudását, diplomáciai levelek fordításával bízták meg. A világo-si fegyverletétel nyomán Fialla tizedes csapatteste – Vécsey Károly tábornok seregével együtt – Borosjenőn letette a fegyvert. Felgyógyulása után tudott visszamenni a pesti egyetemre, ahol befejezte bölcsészeti tanulmányait. Ezután beiratkozott a pesti orvosi karra. Mint korábbi szabadságharcosnak gyakori kellemetlenségei voltak, ezért szülei javaslatára is, 1853-ban a bécsi egyetemen folytatta orvosi tanulmányait.

Bécsi orvosi tanulmányai alatt anyagi nehézségekkel küszködött, s kénytelen volt saját kereset után nézni. Kitűnő nyelvtudása itt is segítette, a tekintélyes *Die Presse* című lapnál fordítói munkakört töltött be. Legjelentősebb fordításai közt tartjuk számon Jókai Mór *Törökvilág Magyarországon* című regényét.

Az orvosi diploma megszerzése után a fiatal orvosnak döntenie kellett megélhetése biztosítása érdekében. Az állandó zaklatások, a Bach-féle önkényuralom – amivel nem tudott megbékélni –, a nyomasztó politikai légkör, az orvosi állások erősen korlátozott száma vezették arra az elhatározásra, hogy új hazát válasszon. Az elhatározást tett követte, s ezután az események gyorsan peregtek.

„1857-ben lóháton, néhány garassal a

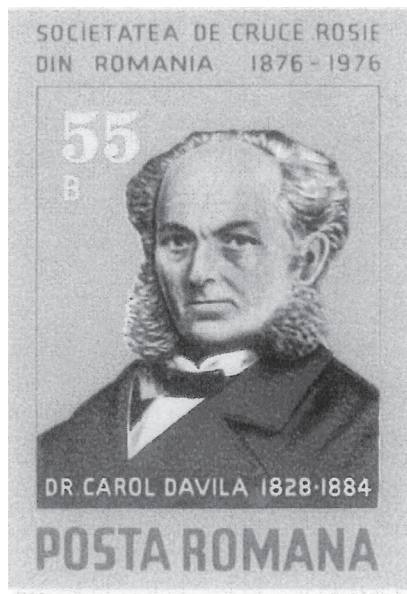
zsebében érkezett meg Bukarestbe” (10, 10. oldal). Még ugyanabban az évben megkapta orvosi működési engedélyét, gyorsan megtanult románul. A lélek örömeivel, nagy szakértelemmel, lelkiismeretesen dolgozó orvosként tartották számon. Válogatás nélkül gyógyította a szegényeket, akiket ingyen gyógyszerrel is ellátott. Szakértelmének köszönhetően a királyi családot is kezelte és hamarosan Bukarest egyik legelismertebb orvosává vált.

Dr. Carol Davila (francia származású orvos, aki a kormány hívására jött Romániába 1852-ben), a modern román orvostudomány és egészségügyi szervezet megteremtője megbízta az újonnan létesített Általános Anatómiai és Szövettani Tanszék vezetésével.

Előadásain, egykori világhírű professzora, Josef Hyrtl (1811–1894) példájára, bevezette a boncolást mint az emberi test megismerésének módszerét. Előadásait az 1866–67-es tanév végéig tartotta, amikor megbízatása lejárt.

Népszerűsége egyre nőtt, nemcsak mint lelkiismeretes orvos, hanem humánus cselekedetei miatt is. Egy időben fizetését fel sem vette, hanem azt egy Párizsban tanuló román orvostanuló ösztöndíjára fordította.

Az 1860–61-es tanévben Carol Davila kezdeményezésére bevezették az orvosi oktatásba a természetet is és Fialla lett



Carol Davila román postabélyegen

e tudományág első romániai professzora. Ekkor alapította a szemészeti klinikát a Colțea kórházban. Közben 1860-ban megkapta a „kis honfűsítást”, majd 1873-ban tevékenysége elismeréseként a törvényho-zás megszavazta azt is, hogy teljes jogú román állampolgárrá váljon.

1863-ban újabb fordulat állt be életében. Feleségül vette a 17 éves Elena Balanut, aki mindvégig támogatta tevékenységében. A háború alatt házukban kötszerkészítő műhelyt rendezett be, önfeláldozó munkájának elismeréseként az „Elisabeta Renddel” tüntették ki. Az 1866–67-es tanév befejeztével Fiallának nem sikerült megkapnia a szemészeti tanszék vezetését. Ehhez közrejátszott a Davilával való nézeteltérése is. Ő is aláírta azt a nyilatkozatot, amelyben Davila véleményét, elképzelését helytelenítették, az egyetem tanszékeinek szerepével és betöltésével kapcsolatban. Rövid időn belül ezeket az orvosokat Davila elmozdította bukaresti állásukból. Így Fiallát Craiovára helyeztette, amit ő nem fogadott el. Ez az eljárás olyan tiltakozási hullámot váltott ki, hogy a kedélyek lecsillapítása céljából Fiallát a fővárosi Filantrópia Kórház sebészeti főorvosává nevezték ki. Itt működött 1884-ig, létrehozva a szemsebészeti részleget is. 1884-ben visszatért a Colțea Kórházba, ahol továbbra is lelkiismeretesen, fáradságot nem ismerve dolgozott nyugdíjba vonulásáig 1891-ig. Közben 1889-ben az a rendkívüli megtiszteltetés érte, hogy megbízták az összes bukaresti kórház felügyeletével. Ez az állás addig rendszerint politikai érdemek jutalmazására szolgált. (10, 13. oldal).

79 éves korában, 1911. január 6-án hunyt el tüdőgyulladásban, Bukarestben. Több újság és orvosi folyóirat is méltatta tevékenységét. „Sokat lehetne írni annak a csupa szív embernek a tevékenységéről, aki Dr. Fialla volt” – írta a *Minerva*. Hasonló meleg hangú megemlékezés jelent meg a *Vitiorul* és a *Tribuna Medicilor* folyóiratokban, illetve a *Pesti Hirlapban* és a budapesti *Vasárnapi Újságban* is. (11, 20. oldal)

Fiallának valóban sikerült összeegyeztetnie lojalitását választott hazájához és ragaszkodását magyar nemzetiségéhez. Öszintén ragaszkodott régi és hűséges magyarországi barátaihoz, amikor csak tehetett, meglátogatta őket, kereste velük a kapcsolatot. A bukaresti magyarok ügyét, a magyar művelődési intézményeket támogatta és szeretettel ápolt anyanyelvét. Magyarul írta meg *Letűnt napjaimból* címmel 1903-ban megjelent emlékiratát, önéletrajzát (6). Hasznos orvosi tanácsokról írt – szintén magyarul – *Orvosi apróságok* cím alatt a Bukaresti Magyar Képes Naptár 1890. számában. (5) Írása jelent meg németül is: *Berühmte Ärzte aus der jüngeren Vergangenheit Bukarests* címmel. (7) Szemoperációit tartotta legnagyobb sikerének, elsősorban a hat születt világtalan látásának visszaadását. Ezt az eredményt annyira fontosnak tartotta, hogy franciául is közzétette: *Guérison de six, avenglés-nés* cím alatt. (2) *A kórha-*

zi orvos címmel megjelent cikke hitvallás az orvosi hivatásról: „Boldog az az orvos, akinek a természet megadta mindazokat az erényeket, hogy eleget tehessen az ember szolgálatának, amely valójában olyan nehéz; ... hogy szeretetét és emberségét bevigye az emberkultuszba; ... hogy összegyűjtse a jól megalapozott tapasztalatokat az emberiség érdekében.” (1, 1. oldal)

Fialla kitartóan küzdött a román orvostudomány megalapozásáért, tekintélyének növeléséért mind az országban, mind külföldön. Az orvostudományi társaságok egyik rendkívül tevékeny tagja volt: számos szakmai közleményt jelentetett meg, tudományos megalapozottsággal és küzdőkészséggel harcolt az orvostudomány legújabb vívmányainak bevezetéséért. Azonnal alkalmazta dr. Lister Angliában bevezetett fertőtlenítő módszerét, s így a háborúban is, nehéz körülmények között, számos emberéletet mentett meg. Az Orvostudományi Társaság, majd az újonnan alakult Orvosi és Sebészeti Társaság pénztárosa volt.

Az orosz-török háború idején, 1877 elején Románia vezetői, elsősorban a külügyekért felelős Mihail Kogălniceanu, „nagy körültekintéssel” irányították az ország sorsát s igyekeztek a nemzeti érdekeket biztosítani. Az erős és hatalmas orosz cári csapatok átvonulását támogatva, jogát megadva, a cári kormány elismerte Románia függetlenségét. 1877 augusztusában 50 ezer katonájával (kurkánjával



Grivicai harcok és ugyanaz a jelenet bolgár postabélyegen

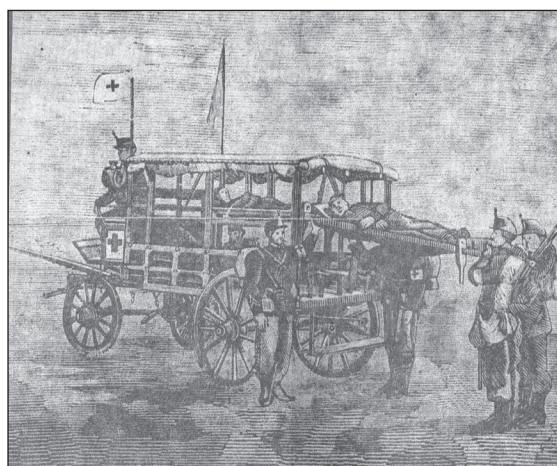
grivicai erődítményekért vívott hősie harok után, 1877. szeptember 2-án a sebesültek első nagy hulláma került a még alig elkészült Turnu-Măgurele-i Vöröskereszt kórházba. Davila javaslatára a romániai Vöröskereszt elnöke, Dimitrie Ghica herceg, Grigore Ghica egykori fejedelem (1822–1828) fia arra kérte Fiallát, vegye át a kórház vezetését. Fialla, *Háborús emlékek 1877–78-ból* című könyvében leírta utazását Bukarestből Turnu-Măgurele-ig, amelyben megismerkedhetünk a havasalföldi életkörülményekkel is. Dr. Löwy Károly (írói neve Dániel Károly) lebilincselően szép irodalmi fordításban mutatja be a 140 évvel ezelőtti eseményt. „Kedvezett a szép idő, vidám és termő réteken haladtunk át ... Vizurești egy falu, amelyet kocsisunk hiába mutatott, látni nem láttuk, míg benne nem voltunk, mert kizárólag földbe-vájt kunyhókból állott, még a fogadó és a tulajdonosok, a Vizulea fivérek lakása is.” (4, 85. oldal; 9, 10. oldal) Összehasonlítás végett bemutatjuk, hogyan vall maga Fialla Turnu-Măgurele-ben

Hajléka „falait gyékény burkolta”, szerény körülmények között élt. Az éjszaka folyamán többször is egerek, békák és kigyók motoszkálására ébredt, de annak ellenére másnap újult erővel, frissen látta el teendőit.

Valójában ő szervezte meg a Turnu-Măgurele-i Vöröskereszt kórház egész tevékenységét. A Vöröskereszt elnöke, Ghica herceg táviratban erősítette meg hivatalában: „Legteljesebb bizalmunkat élvezi. Ön a főnök. Vessen véget az anarchiának. Menesszen mindenkit, aki ellenszegül rendelkezéseinek. Dimitrie Ghica” (4, 98. oldal). Ennek tudatában a felesleges apácákat, szerzeteseket, akik nem vállalták a kórházi munkát, kb. 40 személyt, küldött vissza Bukarestbe. Rendet teremtett a leltárban és a raktárban is. Fialla szabad kezet élvezett mind a szervezés, mind az orvosi munka területén: „A sebészeti beavatkozásokat az első barakk egyik részlegében végeztük, és valahányszor műtetre került sor, mindannyian segédkeztünk, hogy könnyítsük az eljárást. Műszerünk volt elegendő és bőséges felszerelés is. Hála a szigorú antiszepezsiznek, mondhatom, hogy a kezelési folyamatok menete kitűnő és a gyógyulás kielégítő volt.” (4, 102. oldal).

A sebesültek szállítása többnyire parasztszekérrel történt, mivel „... nem rendelkezünk elegendő sebesültszállító kocsival”. „A halálmegvetés a hős jellemvonása, de nem igazságos, hogy mártíromságot szenvedjen a hazáért” – írja Fialla. (4, 109. oldal).

1877. október 10-én táviratot kapott Davila doktortól: „Nagy örömmel szolgálna, ha sürgősen grivicai táborunkba jönne Moszlim-Szelon és Mecsán keresztl”. A dolni-dubniki és a gorni-dubniki támadások alkalmával,



Sebesültszállító kocsi

– ahogy Fialla nevezi) Plevna alá vonult. Jóval a háború megindulása előtt C. Davila orvostábornok erőiesen sürgette a Vöröskereszt megszervezését, amely 1876-ban meg is alakult. Az alapító tagok sorában természetesen ott volt Fialla doktor is. A háború alatt pedig „felajánlotta, hogy díjmentesen bárhol és bármikor hajlandó a betegek és sebesültek gyógyításában részt venni”. (3, 42-43. oldal). A

egy „ügynevezetten jól épített” földkunyhóban töltött éjszakájáról. „Éjjel 10-kor mindenki sietett nyugovóra térni; én lábujjhegyen még egyszer végigjártam a sebesült barakkokat, és mindig találtam valami tennivalót; hol egy lámpa nem égett jól, hol csukva volt a szellőztető, hol ébren találtam valamely szenvedőt, és akkor szóltam hozzá, vagy eleget tettem kérelmének.” (4, 107. oldal; 9, 11. oldal).

Budişteanu ezredes, az I. Hadosztály II. Gyalogdandárjának parancsnoka súlyosan megsebesült és Davila konzíliumot akart tartani. Egy napi utazás során szemet gyönyörködtető tájakon haladt át, de „a háború okozta nyomor és szomorúság mindenütt észlelhető volt.” (4, 110–111. oldal). Este, érkezésekor azonnal részt vett a konzíliumon: „Elfogadták azt a véleményemet, hogy semmi erőszakosat nem szabad megkísérlni a lövedékekkel kapcsolatban, mert ez valószínűleg magától el fog tokosodni, szükséges azonban a könnyű folyadékokkal való táplálás mellett kis adag narkotikumokkal meghosszabbítani a letargikus állapotot. Mostanában gyakran látom Budişteanu tábornok urat Bukarest utcáin sétálgatni, és örvendek annak, hogy egészséges, habár golyót hord testében.” (4, 111–112. oldal). Csak érdekességképpen megemlíteném, hogy a 2011-ben, 102. évében elhunyt dédnagymamám élete nagyrésztében egy II. világháborús bombaszilánkot hordott a hátában. A Sopron-Ebenfurt országúton érte a légitámadás, két kislányára – két évesre és öt évesre – feküdve ő fogta fel a bombaszilánkot a gerincoszloptól egy pár centire. Az öt éves az én nagymamám!

Fialla könyvében a török ember jellemvonásait, valamint a balkáni „zsibvásáros” szokást és hangulatot is hűen ábrázolja. Plevna eleste után a magas rangú török tiszteket a Turnu Măgurele-i Grand Hotelbe utalták be, ahol ő is lakott. Meglepődve számolt be tapasztalatairól: a sebesült tisztek továbbra is folytatták kereskedelmi tevékenységüket, lovakat, szőnyeget és egyebeket árultak. Ugyanolyan békésen pipáztak, mintha az otthoni kávéházaikban lennének. Arcuk nem tükrözött szenvedést, némán viselték megpróbáltatásukat. „Csodáltam a csendet és rendet, ahogy viselkedtek.” (4, 123. oldal).

Mivel nagyszámú sebesült, főleg török, érkezett Bukarestbe, Ghica herceg hívására december végén súlyos hóvihár közepette visszaindult a fővárosba. Munkáját nagyon megnehezítette a fővárosba behurcolt ragály: „Még sohasem gyógyítottam betegeket veszélyesebb körülmények között, és csodálkozom, hogyan menekültem meg személyzetemmel együtt a fertőzések-től.” (4, 131. oldal).

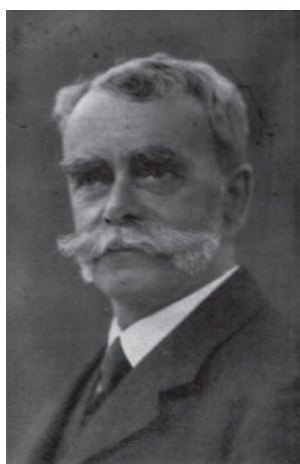
1878 tavaszán véget ért dr. Fialla szerepe is a függetlenségi háború egészségügyi szolgálatában. Érdemének elismerésül magas kitüntetésekben részesítették: megkapta a *Dunai átkelés Érem* mellett a *Román Koronarend lovagkeresztjét*. Az orosz sebesültek iránti gondoskodásért a cár a *Szent Szaniszló Érdemrenddel* tüntette ki. A háború végeztével nem fejeződött be tevékenysége, hanem tapasztalatait összegezve újító javaslatokkal próbálta korszerűsíteni az ország egészségügyi helyzetét: „... minden reménységünket a Vöröskereszt Társaságokba kell helyoznunk, s ezért újra kihangsúlyozom, hogy békeidőben kell előkészíteni mindent: mindenekelőtt a személyzetet. ... Tettekre hát, jó emberek!” (4, 135. oldal).

Példaképünk lehet a csupaszív, tevékeny Fialla orvosprofesszor, aki lelkében megőrizte és tetteivel bizonyította magyar nemzetiségét. Még néhány nappal halála előtt is jelentős anyagi segítséget juttatott a bukaresti magyar protestáns nőegyletnek a szegény gyerekek felruházására. A *Pesti Hírlap* nekrológiájában többek közt ezt írta róla: „E nemes magyar emigráns halála igen súlyos veszteséget jelent a bukaresti magyar kolóniára, de veszteség érte halálával a magyar hazát is ...” (8; 13).

A szerző a *Kultúra egysége* kategória első díjasa.

Irodalom

- Fialla Ludovic: *Medicul spitalului* (A kórházi orvos), In: *România Medicală*, 6. sz, 1875.
- Dr. Louis Fialla: *Guérison de six, avenglés-nés*, Bucarest, 1878.
- Dr. Ludovic Fialla: *Reminiscente din resbelul Romano-Ruso-Turc, anul 1877 și rolul Societății „Crucea Roșie” în timp de pace și de resbel*, Ed II., București, 1906.
- Dr. Fialla Lajos: *Háborús emlékek 1877-78-ból*, Dr. Löwy Károly fordítása, Kriterion Könyvkiadó, 1977.
- Fialla Lajos: *Orvosi apróságok. Bukaresti Magyar Képes Naptár az 1890-ik közönséges évre*. Első folyam. Szerkesztette és kiadta Veress Endre, Brassó, 1890.
- Fialla Lajos: *Letűnt napjaimból*, Bukarest, 1903.
- Dr. Fialla Ludovic: *Berühmte Ärzte aus der jüngeren Vergangenheit Bukarests*, Hauskalender des deutschen Volksbildungsvereins in Rumänien, I. Jahrgang, Bukarest, 1910.
- Bánáti Tibor: *Bajai Arcképcsarnok, Fialla Lajos orvosprofesszor*, Türr István Múzeum (Baja), 1996.
- Dániel Károly: *Lesznek, akik tovább lapoznak ...*, Szabadság, Kolozsvár, 2009. június 27 és 2009. július 1.
- Gluck Jenő: *Dr. Fialla Lajos élete és tevékenysége*, In: Dr. Fialla Lajos *Reminiscente de război 1877/78 Háborús Emlékek*, Kriterion Könyvkiadó, Bukarest, 1977.
- Dr. Carol Löwy: *Dr. Ludovic Fialla*, In: *Viața Medicală (Egészségügyiek Lapja)*, 45 (1139) sz, 2011.
- Dr. Mihail Mihailide: *Serviciul sanitar în rezbelul pentru neatrănare (Szanitész-szolgálat a függetlenségi háborúban)*, In: *Viața Medicală (Egészségügyiek Lapja)*, 43 sz, 2011.
- Egy magyar emigráns halála (nekrológ), *Pesti Hírlap*, 1911. január 10.
- Természettudományi Lexikon*, főszerkesztő Erdély-Grúz Tibor, III. kötet, 470. oldal, Akadémiai Kiadó, Budapest.



Bujk Béla portréja

Egy karcagi tudós tanár: Bujk Béla

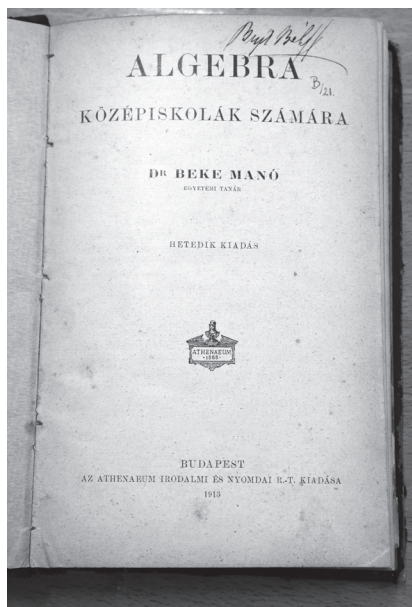
ÉLIÁS JÁNOS

Karcagi Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakgimnázium

Bujk Béla tudós matematika-fizika tanár Karcag város jeles személyisége volt. Élete összefonódott a Karcagi Református Főgymnasium, vagy ahogy idekerülése idején nevezték, a Karcagi Év. Ref. Algymnasium életével. Ezért is fontos, hogy életútja előtt összefoglaljam az iskola rövid történetét.

A Karcagi Nagykun Református Gimnázium története

Az iskola alapítását az 1676-os évre tehetjük. Az iskola ügyeit, tanulmányi rendjét és szellemi életét leginkább a Debreceni Kollégium határozta meg, melynek parti-



Beke Manó Algebra-tankönyve

kulája¹ volt. Vezetése közvetlenül a karcagi református lelkész felügyelete alatt állt, majd a heves-nagykunsági egyházmegye és ezzel együtt az egyházkerület felügyelete alá került. Az iskola tanügyi vezetésével a rektor volt megbízva, akinek hatáskörébe tartozott az iskola belügyeinek, a tanulmányi rend irányításának és a diákok fegyelmezésének joga. A rektor debreceni tógátus diák volt, akinek szolgálati ideje, megállapított fizetéssel 2–3 évre szólt.²

A karcagi iskola belső szervezete a következőképpen nézett ki: a rektor tanította poétákat, syntaxistákat, grammatistákat, a deákokat az orátorokkal együtt, a deákok, pedig az alsóbb klasszisokat oktatták. Az alsóbb klasszisok alatt részben a declinistákat és conjugistákat, részben a nagy- és kis elementarius növendékeket kell érteni. Ez a teljes partikuláris iskolaszervezet a XIX. század második évtizedéig állt fenn. A tanítás rendje két külön félévre tagolódott, a tanítás tavasszal kezdődött és az első félévet legkésőbb október 9-én le kellett zárni; a második félév az őszi vizsgáktól legkésőbb március 19-ig tartott. Az oktatás a szorgalmi időszakban mind délelőtt, mind délután 3 órán keresztül folyt. Az intézet fenntartási terheit az első évtizedekben a város és az egyház közösen viselte, ami egyáltalán nem befolyásolta az intézmény egyházi jellegét, mivel a város lakossága abban az időben teljesen református volt.³

1 Partikula: Református főiskola fiókintézménye más helységben

2 Barcsa János: Tiszántúli Egyházkerület története I. 172. old.

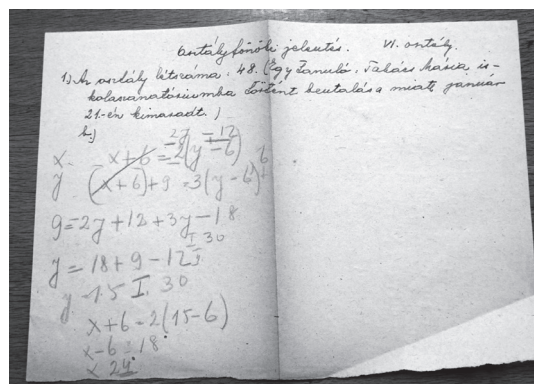
3 Dr. Soós Adorján: A Karcagi Református Reálgimnázium története. Karcag, Kertész József könyvnyomdája 37–45. old.

Mária Terézia oktatásügyre vonatkozó rendelete, a Ratio Educationis Karcagon is próbára tette az iskola létét. 1787-ben nemzeti iskola felállítását tervezték, ebbe az önálló református gimnáziumot is megpróbálták beolvasztani, de ezt az egyházkerülettel közösen sikerült megakadályozni. Bár az állami hatalom részéről további zaklatások érték az intézményt, szervezetileg mégis egyre jobban megerősödött. A felvilágosodás korának híres gondolkodói (Leibniz és Wolff), valamint szellemi irányzatai itt is éreztették hatásukat.⁴

A XIX. század elejétől változás köszöntött be az iskola életében. Egyrészt a magyaranyú építkezések, másrészt a tanulmányi rendszer változása miatt. 1813. január 18-án tették le a központi épület (fiúiskola) alapkövét, amely 1819-ben készült el, teljesen önerőből. Az iskolatípus is átalakult. A latin nyelven történő tanítás helyett egyre inkább a magyar nyelvű oktatásra helyezték a hangsúlyt.⁵

Bujk Béla életútja

Az iskolában 1676-os működése óta számtalan nagyírú tudóstanárr dolgozott. Kiemelhető példaként Nagy Soma mérnök-matematikatanár, Szalmássy Gergely igaz-



Erről a könyvről nem sokat tudunk – egy osztályjelentés

gató, mennyiségtan-, természettan-, és terményrajztanárr, dr. Zsigmond Ferenc magyarlatin szakos tanár, a debreceni Református Kollégium oktatója, valamint Bujk Béla polihisztor, mennyiségtan-termesztan tanár, akinek élete, felfogása és hatalmas szaktudása mindenki előtt példaként áll. Ehhez azonban meg kell ismernünk életútját, így személységjegyeire is választ találunk.

Bujk Béla 1856. január 1-jén született Bágyogon, egy Sopron megyei településen. Édesapja Bujk József főtanító volt, apját követve magától értetődő a későbbi hivatása is.

4 Bajkó Mátyás: A debreceni felsőoktatás a felvilágosodás korában. Közlemények a Kossuth Lajos Tudományegyetem Pedagógiai Intézetéből. Debrecen, 1954. 29. old.

5 Dr. Soós Adorján: A Karcagi Református Reálgimnázium története. Karcag, Kertész József könyvnyomdája 50. old.

Az ifjú Bujk hamar árvaságra jutott. Erkölcsei komolyságát, zárkózottságát komor szerzetesi cellákban kapta, tanulmányait a soproni, győri, valamint a kecskeméti piarista iskolákban végezte.⁶

Tanári pályáját Kecskeméten kezdte, majd tanított Nagykanizsán, Nagykárolyon, Zilahon, Kisújszálláson, illetve Hajdúnánáson. Karcagra 1895-ben került, így lépve Szalmássy Gergely mennyiségtan-termesztan igazgatótanár örökébe. Az akkori intézményvezető egy fiatal magyar-latin szakos tanár, Horváth Ferenc volt, akinek hatalmas emberi értékeivel szemben Bujk Béla sem tudott közömbös maradni. A belőle sugárzó szuggesztív erő megejtette, lelkesedése magával ragadta, ezzel életre szóló, eszményi barátságot kötöttek.⁷ Ketten közös erővel szolgálták a gimnáziumot egész életükben. Munkájukkal az akkor hatosztályos iskolát nyolcosztályú gimnáziummá fejlesztették, az új iskola építtetésében is nagy szerepet vállaltak. 1906-ban készült el az iskolának ma is ottthont adó, megnagyobbodott épület.

Bujk Béla gyakorlati tevékenységei közé még számos eseményt sorolhatunk. Többek között rendezte a tanári fizetések helyzetét, emelésért folyamodott mind a karcagi egyházközséghez, mind pedig az államhoz. Mindezt – matematikatanár lévén – alapos, gondos számításokkal, statisztikával támasztotta alá. A fizetés rendezése természetesen magával vonta az állandó tantestület megalakulását, melynek tagjai Horváth Ferenc igazgató, Baráth István, Bujk Béla, Fazekas Gyula, Garzó György, Hemző Lajos, Kimmach Ödön, Nagy Sándor, Pap János, Székely József, Szeőke Kálmán voltak. A számítások eredménye nem maradt el. Megszerezte az állami támogatást, kieszközölte az intézet nyilvánossági jogát.⁸ Az

első hivatalos érettségi vizsgák 1908-ban zajlottak le.

Bujk Béla külseje rendkívül jellegzetes volt. A bozontos szemöldök, a hatalmas bajusz, a kék szemek határozott jellemre, szigorúságra engednek következtetni. A kemény külső mögött azonban lágy szívű ember rejtőzött, akinek mindene az iskola, s a diákok oktatása. Mindene volt a rend, a pontosság és a megbízhatóság, mely a piarista neveltetésével magyarázható. Tekintélytisztelő volt, a csendet és a fegyelmet nem ráparancsolta a diá-

6 Schwirján László: Bujk Béla In: A Karcagi Református Nagykanizsai Gimnázium Értéktárája az 1935–1936. iskolai évről, p. 6.

7 Schwirján László: Bujk Béla In: A Karcagi Református Nagykanizsai Gimnázium Értéktárája az 1935–1936. iskolai évről, p. 6.

8 Uo.

kokra, hanem kiérdemelte azt jellegzetes, pattogó hangjával és beszédtempójával, valamint még hetvenéves korában sem alábbhagyó legényes jókedvével. Fel tudta kelteni a tanulóknak a matematika és a fizika iránti lelkesedést, eleven, lüktető ritmusú órai magával ragadták tanítványait.⁹

Ahogy a diákok, úgy a tanárok, kollegák esetében is tisztelet övezte személyét. Tanítási elveit a *Néhány szó a matematika előadásához* c. tanulmányában a Kisújszállási Gimnázium 1890/91-es Értesítőjéből a következőképpen fejtette ki: „A matematika az a tantárgy, melynek előadásánál a tanulóknak bizonyos fokú önálló szellemi tevékenységére és lankadatlan figyelmére van szükség, amit pedig a legügyesebb

például említés kerül széleskörű műveltsége is: bár mennyiségtant (matematika), természetant (fizika), és geometriát tanított, igazi humanista volt. A klasszikus nyelveket kiválóan ismerte, jól tudott latinul, ógörögül és németül. Rajongott a világi klasszikus irodalomért, valamint a történelemért, illetve az utazásért. Az irodalom iránti szeretete megmutatkozik abban,

hogy szívesen tartott beszédeket az iskolai ünnepélyeken, ifjúsági színelőadásokat rendezett, műsoros szavalóesteket szervezett – ez pedig a matematikatanárookra egyáltalán nem túlzottan jellemző.¹¹ Több éven keresztül volt a tanári kézikönyvtár öre és *laptárosa*.¹² A könyvtári jelzeteket kifejezetten jellegzetes módon írta be, melyre nem volt más példa a könyvtárosok esetében: piros vagy kék színű postairont használt.

Tanári pályájának végén sem csüggedt semmit az elszántsága, elhivatottsága. Sohasem panaszkodott az öregkor velejáráról, az önkéntes munkák során mindig elsőként jelentkezett. Nyugdíjazása után sem szakadt el az iskolától, melynek egész életét szentelte. Schwirián a visszaemlékezésében ezt írja: „Nyolcvanadik évében is minden találkozásunkkor az volt első kérdése: Mi hír az iskolában?”. Felesége, Csigaházy Julianna, az asszony, aki közel fél évszázadig segítőtársa volt, 1934-ben hunyt el. Négy gyermekük, Juliska, Béla, Gábor és Anna közül rövid idő elteltével elvesztette Béla fiát is. Fájdalmáról, megtörtségéről nem beszélt senkinek, nem akarta, hogy sírni lássák. Egy év sem telt bele, szerető hitvese után ment, s 1935. szeptember 2-án hunyt el a gimnázium nagynevű matematika-fizika szakos tudós tanára.¹³

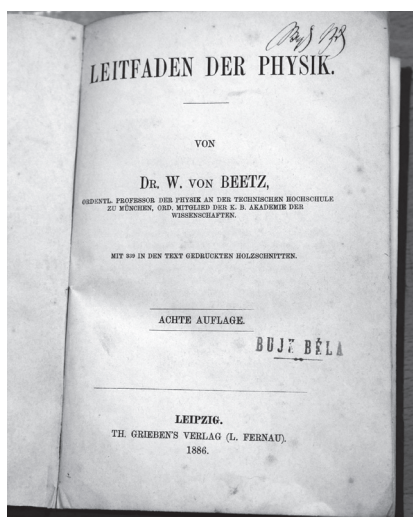
A Bujk-hagyaték

1928-as nyugdíjba vonulása után az iskolai diákjait tovább oktatta, bár nem olyan formában, mint azt előtte 47 éven át tette:

11 Uo.

12 Laptáros: Az iskolába évente beérkező értesítők és folyóiratok rendezésével és őrzésével megbízott személy. Általában a tanári kézikönyvtár öre látta el a feladatot.

13 Schwirián László: Bujk Béla In: A Karcagi Református Nagykun Gimnázium Értesítője az 1935-1936. iskolai évről, p. 8.

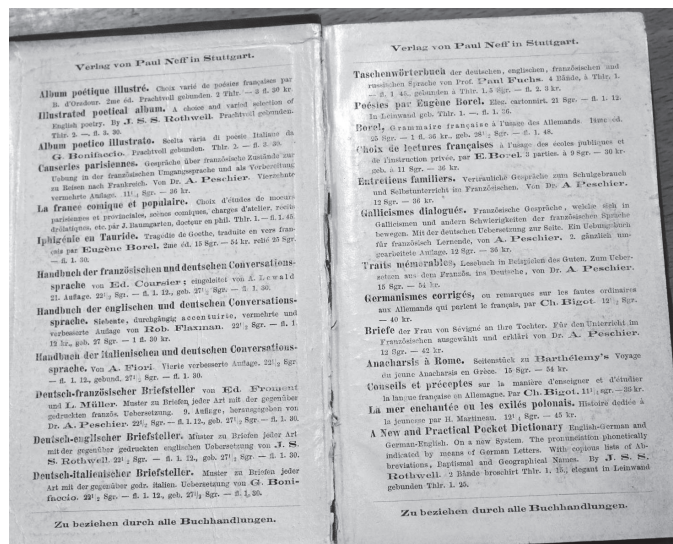


Wilhelm von Beetz: Leitfaden der Physik című könyve

tanár sem képes – már csak a tanulók nagyobb száma miatt is – *állandóan lekötni, ébren tartani. Az első elmulasztott gondolat érhetetlenné teszi a növendék előtt a legközelebbi tételt, majd elkedvetleníti, később pedig teljesen elveszti lába alól a talajt [...]* hiszen kit is érdekelné olyan valami, amit egyáltalán nem ért.” Ezt a fel fogást támasztja alá érdekes számonkérési módszere is: minden tanuló füzetbe (kb. 40 diákról van szó) előre beírta a számára külön elkészített feladatokat. Az eredmény – a kísérlet egyedülálló volta miatt – ragyogó volt, a dolgozatok átlagos értéke jóval felülmúlta a más módszerrel írt dolgozatokét.¹⁰ A már többször említett kollégája, Schwirián László által írt nekrológban

9 Kántor Sándorné: Tudós matematikatanárok Hajdú, Szabolcs és Szolnok megye középiskoláiban 1850-1948, p. 195

10 Kántor Sándorné: Tudós matematikatanárok Hajdú, Szabolcs és Szolnok megye középiskoláiban 1850-1948, p. 195



Froment és Müller kétnyelvű zsebkönyvének részlete

kézikönyveinek, tankönyveinek, útikönyveinek nagy részét az iskola könyvtárának adományozta, hogy a jövő nemzedéke tanulhasson ezekből az információforrásokból. Hagyatékát jelzi a címlapon lévő „Bujk Béla” kéjgely vagy pecsét. A könyvek műfaja tankönyv, témájuk főként matematika és fizika (vagy a kettő együtt zsebkönyv formájában), de akad földrajz, nyelvkönyvek, történelem is. A Bujk-hagyaték hatalmas kötetszáma miatt témánként csak néhány könyvet mutathatok be.

Matematika

Dr. Beke Manó: Algebra középiskolák számára
A tankönyv dr. Beke Manó matematikus, egyetemi tanár munkája. Az eredeti nevén Beck Manó 1862. április 24-én született Pápán. A budapesti tudományegyetemen 1883-ban matematika-fizika szakos tanári oklevelet szerzett. 1884-ben doktorátust tett. 1900-tól 1922-ig rendes tanár a budapesti egyetemen. A századforduló körül megindult matematikatanítási reformtörvények elére állt.¹⁴

A tankönyv hetedik kiadása Budapesten, az Athenaeum Irodalmi és Nyomdai Rt. gondozásában jelent meg 1913-ban. Tananyagában a nyolcosztályos gimnáziumok osztályainak felelt meg. A tankönyvben kifejtésre kerülnek az algebrai alapismeretek, az algebrai törtek, illetve különböző elméletek, műveletek együttthattokkal és ismeretlenekkel.

A címlapon a könyv adatai mellett látható a kiadó emblémája, valamint a jobb felső sarokban fekete tintájú töltőtollal írt „Bujk Béla” bejegyzés. A kötetből néhány lap kisza-

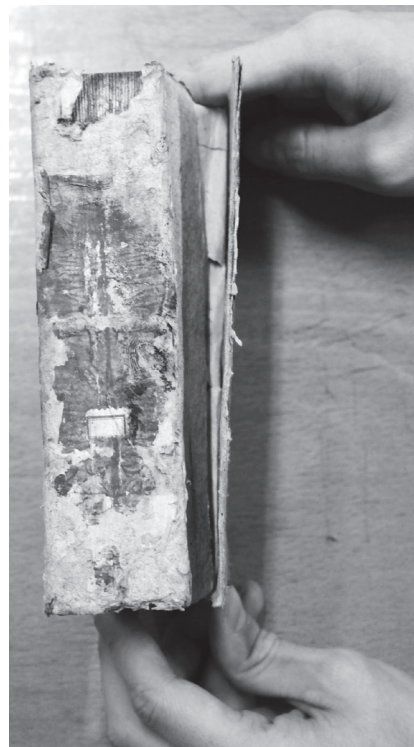
14 Magyar életrajzi lexikon I. (A–K). Főszerk. Kenyeres Ágnes. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1967. 159–160. o

kadt, melyek elvesztek. A borítására jellemző a vegyes, műanyag- és papírkötés sarokvédőkkel. A kötet az említett hibákon kívül kiváló állapotban van. A könyv lapjai között egy Hadsegélyező Hivatal 40248 számú rekviázási űrlapja volt található, mely nem az eredeti célját tölti be: Bujk Béla a hátoldalára jegyzetelt. A kézirat ceruzás számításokból áll („a csonka gúla kerülete [felszíne – a szerző]”).

Számtan

A most bemutatandó tankönyvről címol dal hiányában kevés információ áll rendelkezésünkre, a szerzője és a pontos címe is ismeretlen.

A kötet tartalmazza az egész- és törtszámokkal kapcsolatban lévő tudnivalókat, az első és másodfokú egyenletek megoldási módjait, a hatványozás alapjait, számsorokat (számtani, mértani), a kapcsolástant (kombinatorika), illetve a feladatok megoldásait valamint a szükséges képleteket.



Némelyik könyv kötése nagyon rossz állapotban maradt fenn

A könyv kötése műbőr, kiváló állapotban van a kötet. Címol dal hiányában Bujk Béla kézjegye sem található a tankönyvben. A benne talált papírlap azonban enged következtetni annak tulajdonosára: piros postaironnal íródott egy osztályjelentés, melynek szövege: „Az osztály létszáma: 48. (Egy tanuló, Takács Mária iskolaszanatörtéumba történt beutalása miatt január 21-

én kimaradt.”. Továbbá a lap másik oldalán néhány másodfokú egyenlet levezetése követhető végig, illetve maga a megoldóképlet kiemelve:

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Fizika

Dr. Wilhelm von Beetz: Leitfaden der Physik

Dr. Wilhelm von Beetz müncheni rendes fizikaprofesszor 1822. március 22-én született Berlinben. Fizikát és kémiát tanult élete során, Bernben és Münchenben fizikaprofesszor lett. 1886. január 22-én hunyt el Münchenben.

E tankönyv dr. Beetz utolsó műve, mely a halála évében jelent meg, ez a nyolcadik kiadás. A kötetet Lipcsében, TH. Grieben által adatott ki német nyelven, 1886-ban. A Leitfaden der Physik cím jelentése A fizika vezérfonala. A könyv a testek és az erők kölcsönhatásával, a közlekedőedényekkel, az elektromossággal, a hangterjedéssel, illetve a fénnel foglalkozik. Ezekhez ábrák is tartoznak, szám szerint 339, melyek fémetszetek.

A könyv állapota kiváló, megkímélt állapotú. Kötése műanyagból készült. A címol dalon a könyv adatai mellett megtalálható Bujk Béla fekete töltőtollal írt kézjegye. A könyvben továbbá egy régi iskolai négyzettrácsos füzetlap került megőrzésre, melyen számításokat végzett Bujk Béla.

Nyelvkönyv

Édouard Froment és Ludwig Müller: Guide-Épistolaire Français Allemand/Handbuch der französischen und deutschen Conversationssprache.

Édouard Froment és Ludwig Müller életéről csupán találgathatunk, miszerint mindketten nyelvtanárok vagy nyelvészek lehettek, akik ismerték egymás nyelvét (Froment francia volt, míg Müller német). Kettejük munkája a két nyelven felírt cím, mely a könyvön is így szerepel. A cím jelentése: *A francia és német társalgási beszéd zsebkönyve*.

Az említett bilingvis (=kétnyelvű: francia-német) nyelvkönyvet egy bizonyos Paul Riffnél adták ki Stuttgartban, 1872-ben. A könyv zsebkönyv, mely segíti az ismeretlen idegen nyelvben az alapvető kommunikációt az egyik idegen nyelv ismeretének esetében. Bujk Béla kiválóan tudott németül, így két-

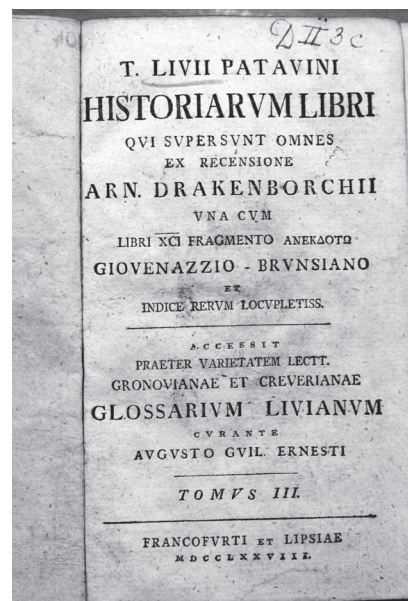
ségtelen, hogy a francia nyelvet kezdte el tanulni e kötet segítségével. A könyv szerkezetére a nyelvi alapok ismertetése, majd kérdések és válaszok, a két egymás mellett lévő oldalon az adott nyelveknek megfelelően.

A kötet állapota nagyon jó, néhány helyen szakadt. Piros, műanyag borítása a cím aranyozott betűivel kétségkívül feltűnő. A címol dalon Bujk Béla neve pecséttel és a saját kézjeggyel is feltüntetésre került.

Történelem

Arnold Drakenborch: T. Livii Patavini Historiarum libri qui supersunt omnes ex recensione

Arnold Drakenborch egy 1684. január 1-jén Utrechtben született klasszika-filológus, jogtudós volt. 1716-ban



Arnold Drakenborch történelemkönyvének címlapja

szerezte meg professzori rangját. Az igazi sikert Livius ókori római történetíró munkásságával foglalkozó könyvei (1738–1746) hozták meg. 1748. január 16-án hunyt el.¹⁵

Titus Livius ókori római történetíró. Fő művében a *Város alapításától* című nagyszabású történetírói munkájában (142 könyv) tekinti át a római történelmet a Kr. u. I. századig (mellyel Drakenborch is foglalkozik).¹⁶ Livius a művében rendszerre törekedett, illetve

¹⁵ Chisholm, Hugh, ed. (1911). „Drakenborch, Arnold”. *Encyclopædia Britannica*. 8 (11th ed.). Cambridge University Press. p. 474.

¹⁶ Ligeti Ádám: Titus Livius, az alternatív történetírás atyja. In: Első Század. Budapest, 2006. 20-34. old. 1.szám.

forráskritikát alkalmazott, így a mitologikus isteni elemek nem kerültek bele munkájába. Ezért tartjuk számon az egyik legnagyobb ókori történetíróként.

A cím latin nyelvű szó szerinti fordítása így hangzik: *Titus Livius Patavinus* könyveinek története, melyek minden korábbi felülvizsgálatot túléltek. A mű 1778-ban került kiadásra Frankfurtban és Lipcsében. Az alkotás latin nyelven íródott (néhány helyen görög), így nyelvezetében is megfelelő a témának. A többkötetes életműnek ez a harmadik része (Tomus III.), benne Livius munkái, illetve anekdoták találhatók (érdekesség továbbá, hogy a címdoldalon az *ANEKDOTÁK* szó görög betűkkel van írva: ΑΝΕΚΔΟΤΑ).

A kötet bőrkötésű, papírborítású. Állapota igen megromlott a háború utáni helytelen tárolás következtében, azonban a belső lapok kiválóan olvashatók. A címdoldalon a szerző, a cím, a kiadó neve illetve a kiadás dátuma szerepel egy metszettel. Egyes részek között is találhatunk fametszeteket, metszet diszeket, iniciálékat. Az előzéklapon látható Bujk Béla kék postaironnal rögzített bejegyzése, valamint „A KARCZAGI REF. FÖGYMNASIUM KÖNYVTÁRA” feliratú pecsét is.

Befejezés

Bujk Béla szellemi nagyságának emlékeztét Karcag város is őrzi. 1998-ban a Karcagi Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakgimnázium (akkor Gábor Áron Gimnázium és Eü. Szki.) előcsarnokában emléktáblát helyeztek el a címzetes igazgató, tudós matematika-fizika tanár, kiváló nevelő, polihisztor, városi képviselő tiszteletére.¹⁷

Dolgozatomban kifejtésre került, Bujk Béla milyen magas intelligenciaszinttel, széles érdeklődési körrel, tudásvágygal rendelkezett. Természetesen ezt a végtelenül sokszínű személyiséget néhány oldalon nem lehet teljes körűen tárgyalni. Véleményem szerint Bujk Béla életútja és mentalitása követendő példa minden ember számára, legyen az gyermek vagy felnőtt, tanuló vagy pedagógus. Emlékét tovább kell őriznünk, hogy példa legyen az utókor számára is. ✎

A szerző a Természettudományos múltunk felkutatása kategória harmadik helyezettje.

¹⁷ Kántor Sándorné: Tudós matematikatanárok Hajdú, Szabolcs és Szolnok megye középiskolaiban 1850-1948, p. 195

Irodalom

- Bajkó Mátyás: A debreceni felsőoktatás a felvilágosodás korában. Közlemények a Kossuth Lajos Tudományegyetem Pedagógiai Intézetéből. Debrecen, 1954.
- Barcsa János: Tiszántúli Egyházkerület története I. 172. old.
- Chisholm, Hugh, ed. (1911). „Drakenborch, Arnold”. *Encyclopædia Britannica*. 8 (11th ed.). Cambridge University Press.
- Dr. Soós Adorján: A Karcagi Református Reál Gimnázium története. Karcag, Kertész József könyvnyomdája
- Kántor Sándorné: Tudós matematikatanárok Hajdú, Szabolcs és Szolnok megye középiskolaiban 1850-1948
- Ligeti Ádám: Titus Livius, az alternatív történetírás atyja. In: Első Század. Budapest, 2006. 20-34. old. 1. szám.
- Magyar életrajzi lexikon I. (A–K). Főszerk. Kenyeres Ágnes. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1967.
- Schwirián László: Bujk Béla In: A Karcagi Református Nagykun Gimnázium Értesítője az 1935-1936. iskolai évről

Címképünk – Az atracélcincér

Magyarországon 216 cincér-faj él, amelyből 62 fajt véd a jogszabály, de csak kettő kapta meg azt a különleges státuszt, amit a fokozott védetség jelent. Az egyik a pontomediterrán elterjedésű, 8–15 mm nagyságú atracélcincér (*Pilemia tigrina*), amely az egykori nagy kiterjedésű löszpusztákon még gyakori lehetett. A löszgyepek művelésbe vonása azonban annyira lecsökkentette élőhelyét, hogy mára csupán elszigetelt, apró állományai maradtak fenn. Az atracélcincér ugyanis monofág táplálkozású rovarfaj, amely csak egyetlen növényfajon, a löszgyepekben élő védett kék atracélon (*Anchusa barbellieri*) képes megélni. Tápnövényének eltűnése egyenlő a faj kipusztulásával, ezért megőrzésük kulcsa élőhelyük és a kék atracélállományok megővése.

Az atracélcincér az Európai Unió élőhelyvédelmi irányelve szerint Natura 2000-es jelölőfajnak minősül. Ismereteink szerint ma már csak a Békés-csanádi-löszháton él jelentősebb állománya, de ezek a populációk elszigetelten, apró löszgyep-maradványokon, mezsgyéken, árokpar-



tokon tengődő kék atracél foltjain található, amelyek fennmaradását folyamatosan veszélyezteti a beszántás, a vegyszerezés, a cserjésedés és az illegá-

lis hulladéklerakás. Védett területen csupán Battonya közelében, a Tompapusztai löszgyepen és a Kígyósi-pusztán élnek kis állományai. Az egymástól elszigetelt Békés megyei populációkon kívül csak a Mecsekben, Pécsvárad mellől ismerjük előfordulását.

Az imágók április közepén jelennek meg a kék atracélon. Nappali aktivitásúak. Rendszerint a tápnövényükön tartózkodnak és a leveleket szöveteivel táplálkoznak. A hőmérséklet emelkedésével egyre mozgékonyabbá válnak. A hímek izgatottan mászkálva keresik a nőstényeket. Gyakran megfigyelhető, hogy egyik növényről a másikra szállnak, és intenzíven harcolnak egymással a nőstényekért. A megtermékenyített nőstények az atracél szárába tojják petéiket. A kikelő lárvák eleinte a szárbán táplálkoznak, majd levonulnak a gyökérzetbe. Vélhetően itt is bábozódnak és a báb telél át.

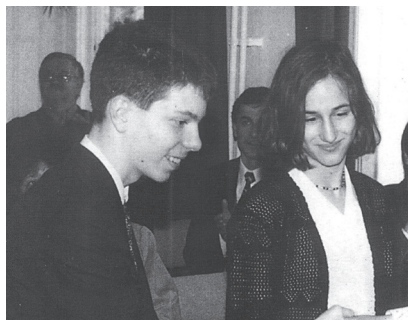
Az imágók – fogyatkozó számban – június elejéig figyelhetők meg a kék atracélon.

KALOTÁS ZSOLT

Szerkesztőbizottsági tagunk, Bacsárdi László nemzetközi űrkutatási díja

Amerikától Európán át Óceániáig érkeztek jelölések a Nemzetközi Asztronautikai Szövetséghez a fiatal kutatóknak adható legrangosabb nemzetközi űrkutatási elismerésre. A döntéshozók végül egy hazai szakembert, Bacsárdi Lászlót díjaztak, kiemelkedő szakmai teljesítménye és a fiatal generáció számára mutatott példaértékű tevékenysége miatt. Az IAF Young Space Leadership Awardot a díj történetében első alkalommal nyerhette el magyar fiatal.

Az 1951-ben alapított Nemzetközi Asztronautikai Szövetségnek (International Astronautical Federation, IAF) több mint 300 jogi tagja van a világ közel 80 országából, hatalmas űripari cépektől tudományos szervezeteken át egyetemi kutatócsoportokon keresztül nemzeti űrügynökségekig. A nemzetközi szervezet jelentős szerepet játszik űrkutatási együttműködések erősítésében, az akadémiai szféra kutatói és az űripari cégek összekapcsolásában. A szervezetben hazánkat 1959 óta a Magyar Asztronautikai Társaság (MANT) képviseli. Az IAF Young Space Leadership Award kitüntetését minden évben öt olyan, 35 évnél nem idősebb űrkutató szakembernek ítélik oda, akik nemcsak kiváló szakmai tevékenységet végeznek az űrkutatás széles palettáján, hanem munkásságukkal példát állítanak középszerűknek, egyetemi hallgatók és fiatal szakemberek számára. A díjra február elejéig lehetett felterjesztést tenni.



Diákként minden évben díjazott volt a diákpályázatunkon

„Bacsárdi László aktívan együtt dolgozik a fiatal generációval, megosztva velük a tudását és tapasztalatát. Rendszeresen rávilágít az általa mentorált egyetemi hallgatóknál és frissen végzett szakembereknél arra, mennyire fontos szerepet játszik az űrtevékenység a mindennapokban” – sorolta felterjesztésében Solymosi János, a MANT elnöke.

„Átlagemberként sokszor rácsodálkozunk arra, hogy hazánkban is van egy aktív, űrkutatással foglalkozó közösség, pedig a magyar szakemberek nemzetközi elismertsége jelentős. Gondolhatunk akár a 2012-ben sikeresen Föld körüli pályára állított Masat-1 műholdra, a 2014 novemberében végrehajtott leszállásra a 67P üstökösön, de akár a Sentinel távérzékelő műholdakra vagy a Nemzetközi Űrállomásra felkerülő magyar berendezésekre. A mostani díj egy újabb elismerése a hazai űrkutatásnak” – mondta Frey Sándor, a MANT alelnöke.



„Idén nagyon sok jelölést kaptunk, de Bacsárdi László munkássága és az űrkutatási közösséghez való hozzájárulása nagyon meggyőző volt” – írta a MANT-nak küldött levélben Jean-Yves Le Gall, az IAF elnöke, akinek meglehetősen széles rálátása van az európai fiatal űrkutató szakemberek tevékenységére, ugyanis az IAF elnöki tisztsége mellett a Francia Űrügynökség, a CNES vezetője, valamint az európai űrkutatást összefogó Európai Űrügynökség (ESA) tanácsának a vezetője.

Bacsárdi László a Soproni Egyetem Informatikai és Gazdasági Intézetének docenseként és a Műegyetem Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék kutatójaként évek óta vizsgálja a műhold alapú kvantumkommunikációt. Kutatásában arra fókuszál, hogy a kvantummechanika elveit hogyan lehet felhasználni egy biztonságos, műholdakon alapuló kommunikációs hálózat létrehozásában. Több mint 80 tudományos publikációt felvonultató kutatási tevékenységét rendszeresen mutatja be ismeretterjesztő előadásokban, közérthetően, generációkon átívelően megszólítva általános iskolás diákokat és nyugdíjasokat egyaránt. 2012-ben az ENSZ által alapított Space Generation Advisory Council hazai képviselőjévé, 2016-ban a szervezet nemzetközi vezetőségi tagjává választották. Számos szervezetben betöltött tagsága mellett 2016 őztől az európai „Kvantumtechnológia a világűrben” kutatási projekt menedzsmentjének a tagja.

Bacsárdi László 2006-ban szerzett mérnök-informatikus diplomát a BME Villamosmérnöki és Informatikai Karán, 2012-ben védte meg doktori disszertációját a BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszékén, ahol jelenleg is óraadóként dolgozik. 2009 óta dolgozik a Soproni Egyetemen, 2012 óta a Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi

és Művészeti Kar Informatikai és Gazdasági Intézetének vezetője. 20 éves korában az 1869-ben alapított Természet Világa folyóirat szerkesztőbizottságába kapott meghívást, 27 éves korában választották meg a legrégebbi hazai űrkutatási szervezet, a Magyar Asztronautikai Társaság főtítkárának, 30 évesen pedig a nyugat-magyarországi régió legfiatalabb egyetemi intézetigazgatója lett. Az IAF Young Space Leadership Awardot 35 évesen veheti át.

„Először csak hobbiként volt jelen az életben az űrkutatás, majd részt vettem különböző versenyeken, hazai és nemzetközi úrtáborokban. Egyetemista koromban az Európai Űrügynökség ösztöndíjasaként eljuthattam az IAF által szervezett németországi és kanadai Nemzetközi Világűrkongresszusra. Az ott szerzett pozitív tapasztalataim megerősítették bennem az elhatározást, hogy űrkommunikációval szeretnék foglalkozni” – mondta a díjazott. „Az elmúlt évek során számos hazai és külföldi



Szerkesztőbizottságunkban

rendezvényen számolhattam be a kutatási eredményeinkről, és közben több űrkutatáshoz kapcsolódó helyre is eljuthattam. Az idén 85. születésnapját ünneplő Almár Ivánnak köszönhetően például a nászutunk során egy különleges vezetésben volt részünk feleségemmel a világ legnagyobb rádiótávcsövével Arecibóban, Puerto Ricóban. Most a díjnak köszönhetően az IAF elnökének személyes meghívottjaként vehetek részt az egyik legnagyobb nemzetközi űrkutatási konferencián, amelyet idén Ausztráliában rendeznek.

A díjat, amelyet minden évben öt fiatal kaphat meg, az idei évben László mellett az amerikai Stephanie Wan, az ausztrál Minoo Rathnasabapathy, a nigériai Timiebi Aganaba-Jeanty és a német Patrick Hambloch veheti át.

(A Magyar Asztronautikai Társaság 2017. május 18-án kiadott sajtóközleménye – megváltoztatott címmel)

Csomagoljuk a Simonyi Károly-különszámunkat

Charles Simonyi támogatásával, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulatunk segítségével 450 hazai és 50 határainkon túli magyar tannyelvű iskolába ajándékként elküldtük a legutóbbi Simonyi Károly-emplékszámunkat. Ez a kiadvány a legendás műegyetemi professzornak, egy igazi tudóstannak állít emléket. A Simonyi Károly-emplékszámunk minden bizonnyal hasznos olvasmány lesz tanároknak és diákoknak egyaránt.

Napokig készült az iskolák címlistája. Amint az megvolt, hozzáláthattunk a borítékok címzésének, a különszámok és a kísérő levelek borítékolásának. Minőségi segítőink voltak, hiszen velünk csomagolt a Tudományos Újságírók Klubjának elnöke, a Magyar Űrkutatási Iroda korábbi igazgatója is. Ez, mondjuk, rendjén való is, hiszen mindketten a szerkesztőbizottságunk tagjai. Mire olvasóink a csomagolás képeit nézegetik, reméljük, az iskolákban is jó kezekbe került az emlékszámunk.



Kaptány Kati előkészíti a borítékokat



Dürer János és Horváth Krisztina együttműködése



A szerkesztőségi irodavezető elégedetten szemléli a munka eredményét



A főszerkesztő a TÚK elnökével borítékol



Both Előd szerkesztőbizottsági tagunkat is befogtuk a munkába

A XXVII. Természet–Tudomány Diákpályázat kiírása és versenyszabályzata

Útmutató a diákpályázat benyújtásához

A Természet Világa tudományos ismeretterjesztő folyóirat diák-cikkpályázatán indulhat bármely középfokú iskolában 2017-ben tanuló vagy végző diák, háttárainkon belülről és túlról.

A pályázat kétfordulós.

Első forduló:

Az előválogató színhelye a diákcikk-pályázatokat benyújtó iskola. Időpontja: 2017. október 25.

Második forduló:

A döntőbe került pályázatok zsűrizésének színhelye a Természet Világa folyóirat szerkesztősége. Időpontja: 2018. február 15-ig.

A pályázat terjedelme **8000–20 000 betűhely** (karakterszám, szóközökkel együtt), tetszőleges számú illusztrációval. A kéziratot három kinyomtatott példányban kérjük. A nyomtatott változattal együtt a pályázatot **CD-n** (vagy DVD-n) is kérjük, a szöveget Word formátumban, a képeket, ábrákat külön fájlban (JPG vagy TIFF).

A pályázat tartalmazza készítője nevét, lakcímét, e-mail-címét, telefonszámát, iskolája pontos címét irányítószámmal együtt és felkészítő tanára nevét és elérhetőségét. A helyi (iskolai) fordulón továbbjutó dolgozatok benyújtásának (postai feladásának) határideje mindegyik kategóriában **2017. október 31.** A pályázat beadható személyesen (1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.), vagy postán (1444 Budapest, 8. Pf. 256.).

PÁLYÁZATI KATEGÓRIÁK

Természettudományos múltunk felkutatása

1. Az iskolájához vagy lakóhelyéhez, környezetéhez kapcsolódó jelentős múltbeli tudós személyiségek – például tanárok, az iskola volt növendékei, akikből neves természettudósok lettek – életútjának, munkásságának bemutatása (eredeti dokumentumok felkutatásával és felhasználásával). Évfordulós pályázatunkra szívesen várunk dolgozatokat a 2017. év neves évfordulós személyiségeiről is.

2. A dolgozat írójának tágabb környezetéhez kapcsolódó tudományos vagy műszaki intézmények története, tudóstarságok története, eredeti dokumentumok bemutatásával.

3. A természet- és műszaki tudományok valamelyik ágában tárgyi emlékek bemutatása (laboratóriumi kísérleti eszközök, régi tudományos könyvek, régi tankönyvek, kéziratban maradt leírások, muzeális ritkaságok, ipari műemlékek – hidak, malmok, bányák –, vízügyi emlékek, botanikus kertek, csillagvizsgálók stb.).

4. Díjazás:

- 1 db I. díj
- 2 db II. díj
- 3 db III. díj.

A díjazottak értékes jutalomban részesülnek.

A zsűri döntésével több, arra érdemes írásra küldendő is kiadható.

Önálló kutatások, elméleti összességek

Önálló kutatáson a természeti értékek, jelenségek megismerése érdekében a diák által végzett kutatások bemutatását értjük. Előnyben részesülnek az egyéni, fiatalos, önálló gondolatokat, innovatív megközelítéseket tartalmazó, élvezetes és szakszerű beszámolók.

Az elméleti összességeknek is önálló kutatásokon kell alapulniuk. Azoknak javasoljuk, akik örömmel mélyednek el a rendelkezésükre álló megbízható és naprakész adatok végeláthatatlan tárházában, és képesek onnan elővarázsolni, bemutatni a Természet Világa olvasóinak a tudomány

újdomságait.

A sikeres pályázat feltétele, hogy a pályázók a könyvtárakban, a világháló révén, a laboratóriumi-gyakorlati látogatások alkalmával és más módon szerzett értesüléseiket a származás pontos megjelölésével forrásként használják fel, és ott kerüljék el a saját alkotás látszatát. Kérjük, hogy a diákok és a felkészítő tanárok a Természet Világát tekintsék a dolgozat első nyilvános megmérettetési lehetőségének.

Ebben a kategóriában *biofizikai-biokibernetikai* témájú dolgozatok különdíjban részesülhetnek, ezzel *Varjú Dezső* (1932–2013), a magyar származású biofizikus, a Tübingeni Egyetem egykori biokibernetika tanszékének (emeritus) professzora, folyóiratunk segítője emlékét ápoljuk.

A pályázat feltételei

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

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

3. Díjazás:

- 1 db I. díj
- 2 db II. díj
- 3 db III. díj.

A díjazottak értékes jutalomban részesülnek.

A zsüri döntésével több, arra érdemes írásra különdíj is kiadható.

A pályázat díjait 2018 márciusában adjuk át a nyerteseknek, akiknek nevét folyóiratunkban és honlapunkon közétesszük. A bírálóbizottság által színvonalasnak ítélt írásokat 2018-ban lapunkban folyamatosan megjelentetjük. A kiemelkedő pályamunkák diák szerzőinek a feldolgozott témában történő további elmélyüléséhez szerkesztőbizottságunk tagjai és más felkért szakemberek nyújtanak segítséget. Kérjük tanár kollégáinkat, hogy tehetséges diákjaikat bátorítsák a pályázatunkon való részvételre, s tanácsaikkal nyújtsanak segítséget a témák kidolgozásához és feldolgozásához.

A kultúra egysége különdíj

A *Simonyi Károly* (1916–2001) akadémikus által alapított különdíjra a 2017-ben középfokú intézményekben tanuló magyarországi és határainkon túli diákok pályázhatnak. Ez a különdíj a kiíró szándékai szerint a humán és a természettudományos kultúra összefonódását hivatott elősegíteni. Olyan pályamunkákat várunk elsősorban, amelyek egy természettudományos eredmény és valamilyen művészi alkotás vagy humán tudományos eszme közti kapcsolatokat tárják fel. Megmutatkozhatnak ezek akár egy alkotó életében, akár egy gondolat kialakulásában.

Ajánlott témák:

1. Az európai kultúra egysége egy magyar művész vagy tudós életművében.
2. Kísérletek a művészi hatás, a művészi élményadás és a fizikai-matematikai törvényszerűségek kapcsolatának felderítésére (festészet-színelmélet, szobrászat-statika, zene-matematika, építészet-fizika, kémia, biológia stb.).
3. Egy huszadik századi polihisztor. Olyan, már nem élő ember életének és munkásságának bemutatása, akinek tevékenységében, illetve műveiben megvalósult a kultúra egysége. Érdemes külön figyelmet fordítani a természettudományok történetének kutatóira, valamint azokra, akik születésének vagy elhunytának centenáriumáról is megemlékezhetünk az adott évben.

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

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

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

Díjazás: I. díj, II. díj, III. díj, valamint a zsüri döntésével több, arra érdemes írásnak különdíj is kiadható.

Matematikai különdíj

A különdíjra az alábbi irányelvek vonatkoznak:

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

Néhány javasolt téma:

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

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

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

Martin Gardner (1914–2010) amerikai szakíró, a matematika kiváló népszerűsítőjének emlékét őrzi ez a különdíj.

Díjazás: I. díj, II. díj, III. díj.

Ebben a kategóriában különdíjban részesülhetnek azok a dolgozatok, melyek arra mutatnak rá, hogy a természettudomá-

nyok területén milyen segítséget nyújthat a számítógép, a számítógépes szimuláció. Ebben a különdíjban a diákpályázat más kategóriáiban benyújtott dolgozatok is részesülhetnek, olyanok, amelyek számítógépes alkalmazásokat mutatnak be, számítógépes szimulációt használnak. A különdíj *Nicholas Metropolis* (1915–1999), görög származású amerikai elméleti fizikus és matematikus, folyóiratunk segítőjének emlékét őrzi.

Orvostudományi különdíj

Az orvostudomány témakörében a következő irányelvek alapján lehet pályázni.

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

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

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

4. Semmelweis születésének 200. évfordulója alkalmából a *Semmelweis Egyetem* különdíjakat ad át Semmelweis életével, tudományos munkásságával, tanainak elfogadottá válásával, előzményeivel és következményeivel foglalkozó, egyéni megközelítésű és általános érdeklődésre számot tartó következtetéseket tartalmazó tanulmány készítőinek. Előnyben részesülnek azok a pályázatok, melyek az ismert életrajzi adatok összefoglalásán túl saját gondolatokat, következtetéseket tartalmaznak jól felépített és szerkesztett olvasmányos mű formájában. Semmelweis életének és kutatásainak vizsgálatán túl pályázni lehet Semmelweis munkásságát megelőző, vagy követő, de annak szerves részét képező tudományos, társadalmi, pszichológiai, stb. kérdéseket analizáló művel is.

Díjazás: I. díj, II. díj, III. díj, valamint a zsüri döntésével több, arra érdemes írásnak különdíj is kiadható.

A Természet–Tudomány Diákpályázat pályázat kiírását a Természet Világa számaiban közöljük, illetve olvashatók a folyóirat honlapján is.

Illusztrációk Sir William Hamilton Campi Phlegraei (Lángoló mezők) című könyvéből

A Vezúv nagy kitörése 1767. október 20-a éjjelén, ►
Nápoly mólója felől



◀ A Nápolyi-öböl látképe

A Monte S. Angelo, a kamalduli szerzetesek kolostorával, ►
a háttérben a Vezúv



◀ A Vezúv kráterének belseje az 1767-es nagy kitörés előtt

A Lipari-szigetek egyik tagja, a Stromboli ►



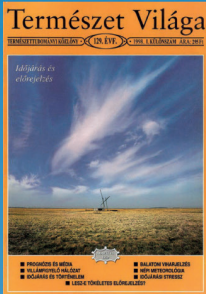
◀ A Vezúv 1760. december 3. és 1761. január 5. közötti
kitörésének legaktívabb időszaka. Balra a Nápolyi-öböl

A Természet Világa különszámai

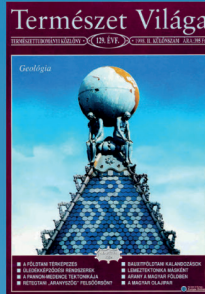
A különszámok ára az utolsó kettő kivételével egységesen 500 Ft. Korlátozott számban megrendelhetők a Kiadónknál, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulatnál (1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16. Telefon: 327 8965, fax: 327 8969, e-mail: titlap@telc.hu).
A -tel megjelölt számaink már csak könyvtárakban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



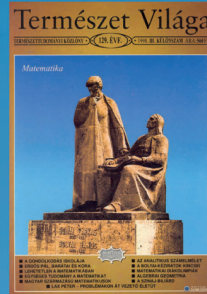
A biológiai sokféleség (1996) 



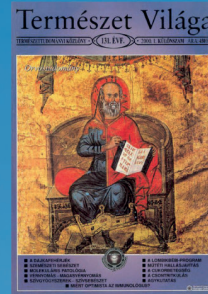
Időjárás és előrejelzés (1998) 



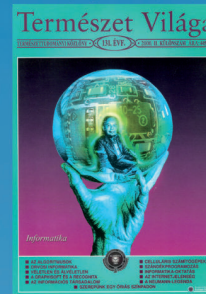
Geológia (1998)



Matematika (1998) 



Orvostudomány (2000)



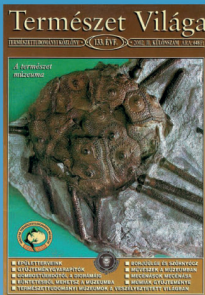
Informatika (2000)



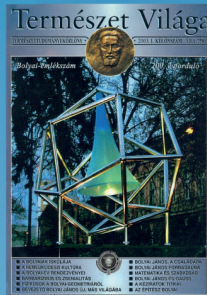
Mikrovilág (2000) 



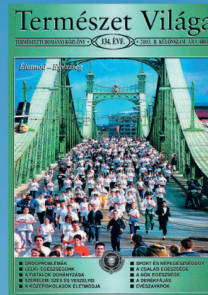
A magyarországi fizika kultúrtörténete (2001, 2002)



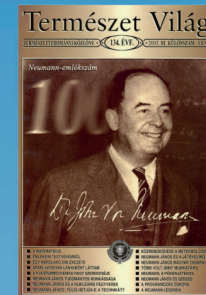
A természet múzeuma (2002)



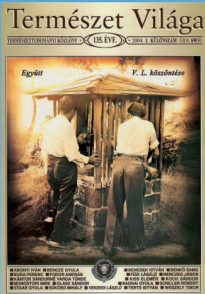
Bólyai-emlékszám (2003)



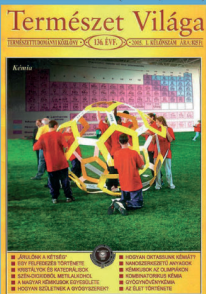
Életmód-Egészség (2003)



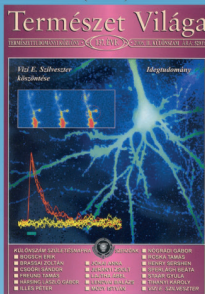
Neumann-emlékszám (2003)



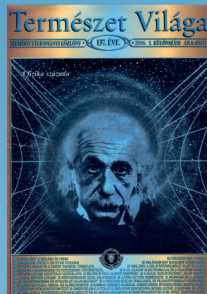
Együtt (2004)



Kémia (2005)



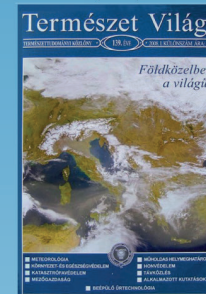
Idegtudomány (2006)



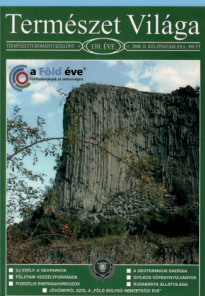
A fizika százada (2006)



Napjaink kémiaja (2007)



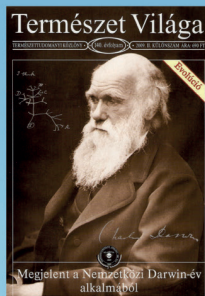
Földközben a világűr (2008)



A Föld éve (2008)



Feltárul a Világegyetem (2009)



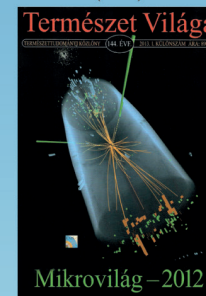
A Darwin-év (2009)



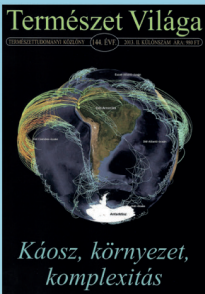
Emberközben a fizika (2011)



Vízben, borban kémia (2011)



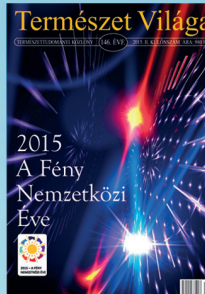
Mikrovilág – 2012



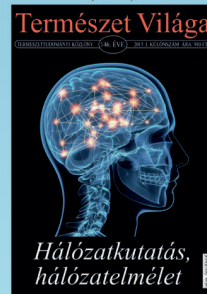
Káosz, környezet, komplexitás (2013)



A Kalmár-verseny feladatai (2014)



A fény nemzetközi éve (2015)



Hálózat kutatás, hálózatelmélet (2015)



Ember és környezet kapcsolata (2016)
Ára: 980Ft



Simonyi Károly-emlékszám (2016) Ára: 980Ft

