

# Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY -

144. évf. 4. sz.

- 2013. ÁPRILIS

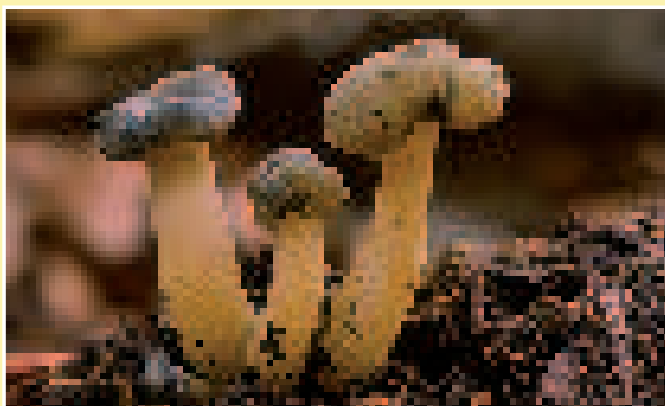
ÁRA: 650 Ft

Előfizetőknek: 540 Ft



- UGRÁLÓ GÉNEK
- KUTATÁS KOZMIKUS RÉSZECSKÉKKEL
- ÉLŐLÉNYEK AZ ÖRÖKKÉVALÓSÁGNAK
- KÁRMÁN TÓDOR
- MEMÓRIAMEGŐRZÉS
- KÉMIAI KOMMUNIKÁCIÓ
- RYBACH LÁSZLÓ, A PROFESSZOR-MAESTRO

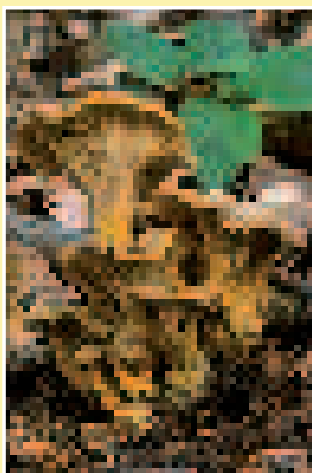
# Bepillantás a Gömör-Tornai-karszt gombavilágába



A zöld csuklyásgomba (*Leotia lubrica*) kistermetű, ritka tömlősgombafaj



Az erősszagú galambgomba (*Russula graveolens*) feltűnően halszagú, barnuló húsu, ehető gombafaj



A sötétedőhúsú róka gomba (*Cantharellus melanoxeros*) savanyú talajú lomberdőben nő, hazánkban nagyon ritka, védett gombafaj



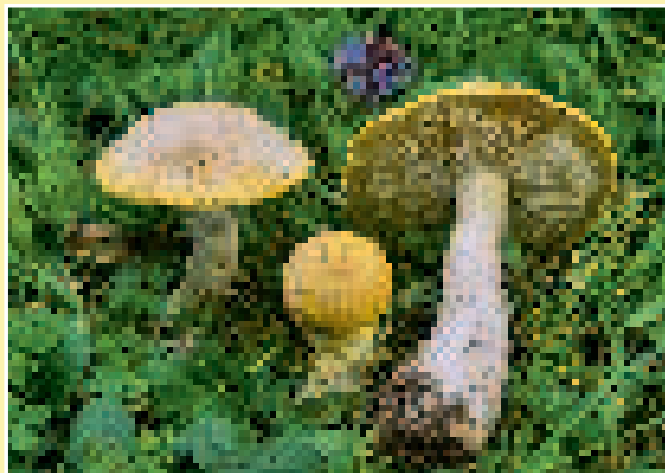
A selymes döggomba (*Entoloma sericeum*) füves területeken terem



A rozsdavörös gyűrűstinóru (*Suillus tridentinus*) vörösfenyő alatt nő, igen ritka gombafaj



A könnyező rozsdástapló (*Pseudoinonotus dryadeus*) öreg tölgyfák tövében vagy tuskóin nő



A füves területeken előforduló, ritka pikkelyes pereszket (*Floccularia straminea*) sárgás pikkelyeiről könnyen felismerhetjük

# Élőlények az örökkévalóságnak



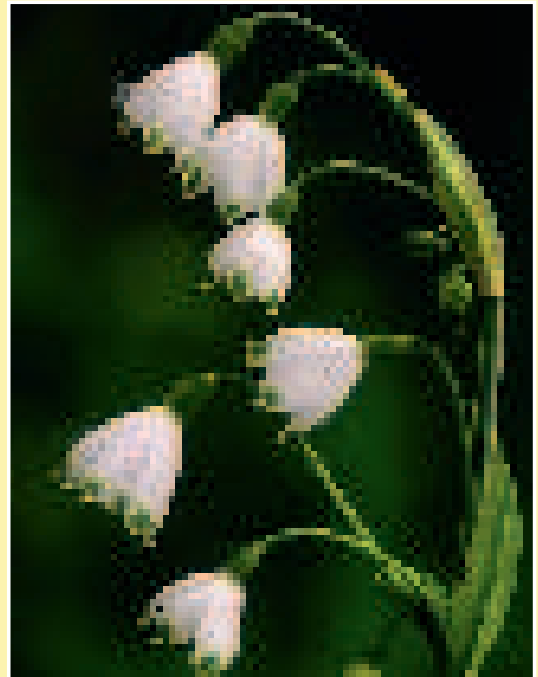
A gyurgyalagok telepesen költő madarak. A kolónia lakói között a költőhelyfoglalás idején gyakoriak a viták



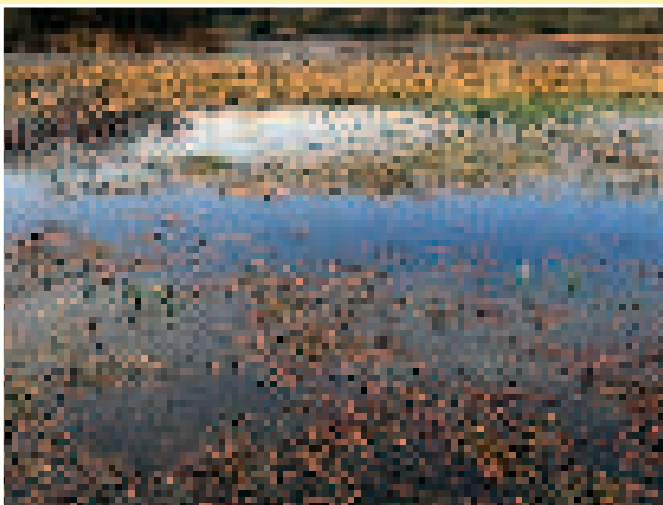
A citromlepke a legkorábban megjelenő nappali lepkék közé tartozik, már március elején megfigyelhetjük repülő példányait



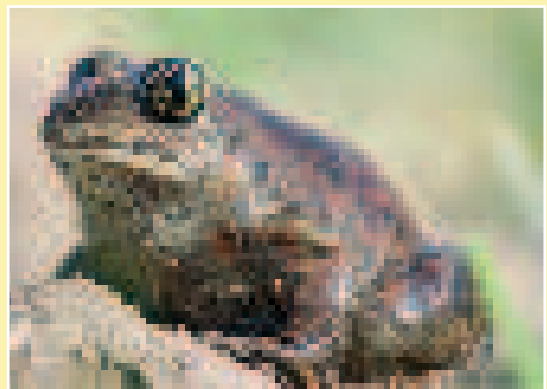
A botlófűzekkel övezett folyóártéri mocsárrétek a nyári tózike jellegzetes termőhelyei



A nyári tózike harang alakú virágai a termőhely vízborításától függően áprilistól egészen júniusig nyílhatnak



A barna ásóbékák legjellemzőbb peterakó helyei az időszakos vízborítás alatt álló síkvidéki mocsárrétek és kubikgödrök



A barna ásóbéka éjszakai aktivitású állat, nappal csak a szaporodási időszakban mozog

# Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ  
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben  
SZILY KÁLMÁN  
MAGYAR TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY  
144. ÉVFOLYAMA



2013. 4. sz. ÁPRILIS

Magyar Örökség-díjas folyóirat

Megjelenik a  
az Országos Tudományos Kutatási  
Alapprogramok (OTKA, PUB-I 106 681),  
a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala,  
az OTP Bank, valamint a Nemzeti  
Kulturális Alap támogatásával.  
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai  
Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.



Főszerkesztő:  
STAAR GYULA  
Szerkesztőség:

1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.  
Telefon: 327-8962, fax: 327-8969  
Levél cím: 1444 Budapest 8., Pf. 256  
E-mail-cím: termvil@mail.datanet.hu  
Internet: www.termeszetvilaga.hu  
vagy <http://www.chemonet.hu/TermVil/>

Felelős kiadó:  
PIRÓTH ESZTER  
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

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

Nyomatás:  
Infopress Group Hungary Zrt.

Felelős vezető:  
Lakatos Imre  
vezéregazgató

INDEX 25 807  
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

*Korábbi számok megrendelhetők:*  
Tudományos Ismeretterjesztő Társulat  
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.  
Telefon: 327-8965, fax: 327-8969  
e-mail: titlap@telc.hu

*Előfizethető:*  
Magyar Posta Zrt. Hírlap üzletág  
06-80-444-444  
hirlapelofizetes@posta.hu

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

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

# TARTALOM

<b>Venetianer Pál:</b> Barát vagy ellenség az „ugráló gén”? .....	146
<b>Oláh László:</b> Szerkezetvizsgálat kozmikus részecskékkel .....	148
A Professzor-Maestro. Beszélgetés <b>Rybach László</b> geofizikussal.	
<b>Németh Géza</b> interjúja .....	152
<b>Buránszkiné Sallai Márta:</b> A meteorológia szerepe az időjárás károk mérséklésében .....	156
<b>Vasas Gizella–Locsmándi Csaba:</b> Bepillantás a Gömör–Tornai-karszt gombavilágába .....	160
<b>Abonyi Iván:</b> Kármán Tódor (1881–1963) .....	164
<b>Maksay Gábor:</b> Kémiai kommunikáció az élővilágban .....	168
<b>Imrei Zoltán–Vuts József–Tóth Miklós:</b>	
Bogárferomonok a környezetkímélő növényvédelemért .....	171
<b>Schiller Róbert:</b> Az ismeretterjesztés istennője .....	174
<i>HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESSÉGEK</i> .....	175
Memóriamegőrzés másképpen. <b>Párducz Árpád</b> tudományos tanácsadóval beszélget <b>Farkas Csaba</b> .....	177
<b>Szili István:</b> Csiperke és a többiek .....	178
<b>Farkas Sándor:</b> Az év vadvirága, a nyári tőzike .....	181
<b>Pátkai Zsolt:</b> 2012 őszének időjárása .....	182
<i>E számunk szerzői</i> .....	183
Adó 1% felhívás .....	183
<b>Szentesi Zoltán:</b> Hogyan mozoghattak az iharkúti békák? .....	184
<b>Miholcsa Gyula:</b> Gondolatok egy film készítése közben .....	186
<b>Szili István:</b> Kapocsy György halálára .....	189
<i>FOLYÓIRATOK</i> .....	189
A Mikrovilág –2012 bemutatása a Magyar Tudományos Akadémián .....	192

*Címképünk:* Barna ásobéka (*Kalotás Zsolt* felvétele)

*Borítólapunk második oldalán:* Bepillantás a Gömör-Tornai-karszt  
gombavilágába (*Locsmándi Csaba* felvételei)

*Borítólapunk harmadik oldalán:* Élőlények az örökkévalóságnak (*Kalotás Zsolt* felvételei)

*Mellékletünk:* Szili István: A XXII. Természet-Tudomány Diákpályázat díjátadó ünnep-  
sége. Horváth Gábor: Varjú Dezső professzor 80 éves. A XXII. Természet-Tudomány  
Diákpályázat díjnyertes cikkei (Oláh Vince, Schneider Viktor és Takács Gergely írása)

## SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

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

Főszerkesztő: STAAR GYULA

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

Tördelés: LewArt Design

Titkárságvezető:  
CZIFRIK-KESZTHELYI BARBARA

VENETIANER PÁL

# Barát vagy ellenség az „ugráló gén”?

A Humán Genomprogram egy évtizeddel ezelőtt történt sikeres befejezése, vagyis az ember genomjának (öröklési anyagának) teljes megismerése számos meglepetéssel szolgált a szakemberek számára. Ezek egyike, hogy a hagyományos értelemben vett, azaz fehérjét kódoló gének a genom kevesebb mint 2%-át teszik ki. A másik – ennél is meglepőbb – tény, hogy a genom mintegy felét viszont az „ugráló gének”, vagy szakszóval „transzpozonok” kategóriájába tartozó genetikai elemek foglalják el.

Ezeket a géneket a XX. század egyik legkülönösebb biológus egyénisége, *Barbara McClintock* fedezte fel a negyvenes években – kukoricában –, de felfedezésének jelentőségét sokáig nem értették meg, illetve nem is hitték el azt, és csak közel négy évtizeddel később, 1983-ban kapta meg érte a megér-



Barbara McClintock

demelt Nobel-díjat. Azt azonban még ő sem sejtette, hogy az emberi genom felét is ezek a gének alkotják.

A transzpozonok többnyire semmi más nem kódolnak, mint azt az enzimet, amely az „ugrás”-hoz szükséges (olykor azt sem, ilyenkor más transzpozon által kódolt enzimet használnak fel, máskor viszont – egyes baktériumokban – esetleg antibiotikumok elleni rezisztenciáért felelős enzimet kódolhatnak). Az ugrás, azaz helyváltoztatás a genomon belül történhet a szövegszerkesztésből ismert „cut and paste (vágás-beillesztés)” vagy „copy and paste (másolás-beillesztés)” mechanizmus segítségével.

Az emberi genomban lévő milliányi transzpozon nagy többsége ezt az egyetlen ismert funkcióját, vagyis a helyváltoztató képességét is elvesztette, csak azért nevezzük transzpozonnak őket, mert szerkezetük többé-kevésbé azonos a más élő-

lényekből is ismert és ott aktív, helyváltoztatásra képes DNS-szakaszokkal, egy kisebb hányaduk azonban ma is aktív. Ha az ilyen elemek ténylegesen „ugranak” – ennek időpontja és a beilleszkedés helye általában véletlenszerű –, akkor többnyire mutációt okoznak, ezért lényeges a valós szerepük felderítése, megismerése.

*Richard Dawkins*tól származik az „önző gén” koncepció, amely szerint a DNS egyetlen feladata az élővilág fejlődésében, alakulásában az, hogy mindenáron önreprodukcióra törekszik. E gondolatból következik az a megfontolás, hogy a tyúk nem más, mint a tojásban lévő DNS eszköze önmaga szaporítására. Noha ezt az elméletet teljes egészében a mai biológia általában nem fogadja el, a transzpozonokra vonatkoztatva igaznak tűnik. Ezek valóban nem tűnnek másnak, mint a szó szoros értelmében „önző gén”-eknek.

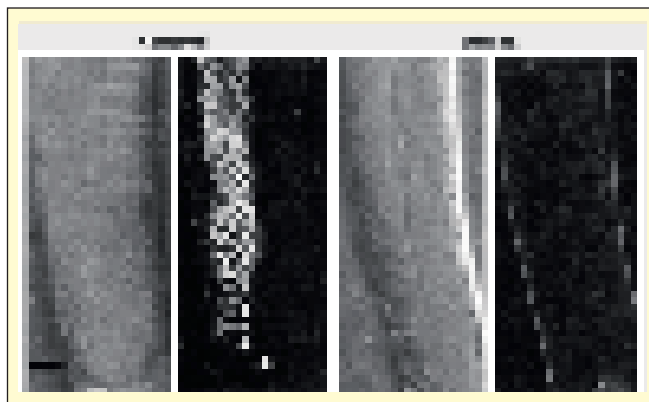
Noha ennek a cikknek nem ez a fő mondanivalója, a transzpozonokról szólván feltétlenül érdemes megemlíteni a közelmúltban született két fontos magyar kutatási eredményt. *Pósfai György* és munkatársai Szegeden előállítottak egy redukált genomú *Escherichia coli* baktériumtörzset,

amelyből – több más felesleges genetikai elem mellett – eltávolították a transzpozonokat. Ennek következtében e törzsnek jelentősen csökkent a mutációs rátája. Ez azért fontos, mert az *Escherichia coli* sokoldalúan használja a gyógyszeripar különböző hasznos fehérjék (például inzulin, interferon stb.) termelésére. Az idegen fehérje túltermelése jelentősen megterheli ezeket az ipari törzseknek az anyagcseréjét, tehát ha a fermentáció során a kultúrában véletlenül keletkezik egy olyan mutáció, amely a túltermelő funkciót csökkenti vagy megszünteti, akkor ez a mutáns ha-

marosan túlnövi a termelő sejteket, és a tenyészet elveszti hasznosságát. Ezért jelent az ipar számára előnyt a transzpozon nélküli, csökkent mutációs gyakoriságú törzs.

A másik eredmény a jelenleg Berlinben dolgozó *Ivics Zoltán*-*Izsvák Zsuzsa* kutatóházaspárhoz fűződik. Halból izolált inaktív, „alvó” transzpozont mesterségesen bevitt mutációkkal felélesztettek, sőt transzpozíciós képességét újabb mutációkkal megsokszorozták. Ezt az általuk Csipkerózsikának elnevezett transzpozont sokoldalúan fel lehetett használni idegen gének más organizmusokba történő bevitelére. Az idei orvosi Nobel-díjas *Shinya Yamanaka* dolgozta ki azt az eljárást, amely 4 gén bevitelével differenciált szöveti sejteket képes összejékké alakítani, és azóta ez a módszer az összejékekkel való minden további kutatás, fejlesztés alapjául szolgál. Yamanaka a génbevitelre retrovírusokat használt. Most *Sarkadi Balázs* budapesti munkacsoportjában a Csipkerózsika-transzpozont használták fel erre a célra, és ezzel az iPS- (indukált pluripotens őssejt) előállítás hatékonyabb és kockázatmentesebb lett.

No, de térjünk vissza az emberi genom



Féregpetékben a transzpozon termékét világító fehérjével jelölték, ez látható a bal oldali képen. A jobb oldali kép mutatja, hogy piRNA jelenlétében ezek a gének nem működnek

felét alkotó milliányi transzpozonhoz! Ha elfogadjuk, hogy ezek csupán „önző gének”, amelyek valamikor az evolúció korábbi fázisaiban bejuttattak az ember öröklési állományába, és ott semmiféle hasznos



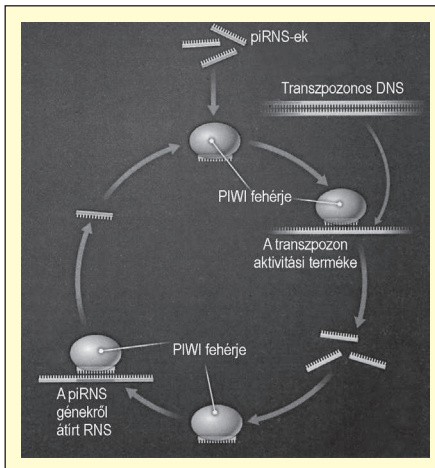
funkciójuk nincs, akkor megválaszolható, hogy mi a szerepe annak, hogy nagy részük azért átíródik, tehát valamiféle aktivitást mutat. Továbbá az is kérdés, hogy hogyan túri el az ember azt a hányadukat, amely ugrásra képes, és ezzel mutációt okozhat. Hiszen a mutációk nagy része káros, sőt ha ez az ivarsejtekben történik, akkor halálos is lehet. Hogyan lehetséges, hogy mégis megmaradtak az evolúció során?

2002-ben *Alekszej Aravin* doktorandusz Moszkvában felfedezte a kis-RNS molekuláknak egy új típusát muslicák sejtjeiben, amelyekről megállapította, hogy képesek elnémítani, inaktíválni egy jól ismert transzpozont a muslica génállományában (a kis RNS-ekről I. Venetianer Pál: A mikro-RNS. Új főszereplő a biológia színpadán. Természet Világa, 139, 2008, 120–122.) A következő évek során *Aravin* (aki azóta már a Caltech-en dolgozik az USA-ban) és mások jellemezték ezt a piRNS-nek elnevezett, a korábban ismert mikro-RNS-től némileg eltérő új RNS-féleséget, és megállapították, hogy megtalálható más állatokban, így az emberben is (növényekben hiányzik). A piRNS-ek a sejtben kölcsönhatásba lépnek egy piwi-nek nevezett fehérjetípussal, majd ez a piRNS-piwi-fehérje komplex szekvensspecifikus módon megkötözi az egyes transzpozonok átírása révén keletkező RNS-eket, és lebontja azokat. Ez lényegében hasonlít a mikro-RNS-ek hatásmechanizmusához, a különbség az, hogy a mikro-RNS-ek a „dicer” vagy „argonauta” nevű fehérjékkel alkotott komplexben működnek, és a lebontásra megcélzott RNS-ek nem transzpozonok által kódoltak. A különböző piRNS-ek száma igen nagy (pontos adatunk még nincs), és a soksejtű szervezetek különböző sejtjeiben a piRNS-eket kódoló gének aktivitása is különböző. A piRNS-ek (és a piwi-fehérjék) biológiai szerepét hasonlíthatjuk az immunrendszeréhez. Míg az immunrendszer idegen fehérjétől védi a szervezetet, addig a pi-piwi-rendszer az idegen génektől (transzpozonoktól).

Az előbbieken ismertetett új felfedezések magyarázatot adnak arra, hogy hogyan tolerálják a magasabb rendű állatok (és az ember) a genomjukban megbúvó „önző gén”-eket, jelenlétük, működésük miatt nem árt gazdjuknak. Arra azonban nem adnak választ, hogy minek köszönhető fennmaradásuk. Ha egyszer nincs hasznos funkciójuk, miért nem küszöbölte ki őket az evolúció? Ezt a kérdést kívánta megválaszolni *Nina Fedoroff*, az Egyesült Államok Tudományos Ismeretterjesztő Társasága (AAAS) tavaly májusi kongresszusán tartott nagy ívű előadásában. Fedoroffról érdemes megjegyeznünk, hogy kutatói pályáját Barbara McClintock

mellett kezdte, és mestere életművét azzal teljesítette ki, hogy évtizedekkel később ő állapította meg a McClintock által elsőként felfedezett kukorica-transzpozon teljes szerkezetét. Pályája csúcán Bush elnök első számú tudományos tanácsadója volt, majd az AAAS elnöke, ettől a funkciójától búcsúzott idézett beszédével. Fedoroff a szerzője a „Mendel a konyhában” című népszerűsítő könyvnek, a mezőgazdasági géntechnológia előnyeiről, hasznosságáról szóló legkiválóbb ismertetésnek.

Fedoroff koncepciójának kiindulópontja az a tény, hogy az emberi genom 50%-os transzpozon-tartalma korántsem kimagaslóan magas, különösen a magasabb



### A piRNS működési mechanizmusa. A transzpozon átírásának termékét felismeri a piRNS-PIWI-fehérjekomplexum és elbontja. Ennek darabjai másik PIWI-fehérjéhez kapcsolódnak, és ez a komplex új piRNS-molekulákat készít a piRNS-t kódoló gének átírás termékeiből

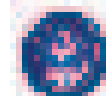
rendű növények között fordul elő ennél jóval nagyobb mennyiségben. Az emberinél kisebb genomú kukoricában például 85% a transzpozonok aránya. Ezzel szemben a baktériumok világában elenyészően alacsony ez az arány, ugyanis a nagyobb DNS-szakaszok ismétlődését a homológ rekombináció genetikai mechanizmusa többnyire hamarosan kiküszöböli. A differenciáció, az egyszerűbből a bonyolult felé haladó evolúció nem csökkenti, hanem növeli a transzpozonok mennyiségét. Ha ezeknek semmi haszna nincs az organizmus számára, csak potenciális károkozók, akkor miért történt ez így?

Fedoroff válasza a következő: Ellenkéntben a többségi szakmai közvélemény-nyel, amely úgy vélekedik, hogy az „önző gének” megszállták a magasabb rendű szervezetek genomjait, majd az ellenük való védekezésért kialakultak a külön-

böző epigenetikai mechanizmusok, például az előbbieken ismertetett piRNS-piwi-fehérje rendszer – az igazság feltehetően az, hogy e mechanizmusok léte nem következmény, hanem ok. Ezek korábbi kialakulása tette lehetővé a transzpozonok elszaporodását, amely evolúciós értelemben hasznos, minden bizonnyal szükséges előfeltétele a soksejtű szervezetekre jellemző szöveti differenciálódás megjelenésének. Ezt a koncepciót Fedoroff számos részletkérdés alapos elemzésével támasztja alá – ezek ismertetése túlmutatna egy népszerűsítő cikk terjedelmi keretein. Ezek közül talán egyet érdemes megemlíteni. Szerinte nem véletlen, hogy a transzpozonok legnagyobb mennyiségben a magasabb rendű növények (zárótermők) genomjára jellemzőek. Ennek feltehetően az a magyarázata, hogy a növények, helyhez kötöttségük miatt, nehezebben tudnak alkalmazkodni a változó körülményekhez, mint az állatok (a mikroorganizmusokról nem is beszélve). Ezért szükségszerű, hogy nagyobb legyen a genetikai alkalmazkodóképességük, aminek kulcsa a nagymennyiségű, evolúciós ugrásokat is lehetővé tevő transzpozon. Fedoroff előadását költői magasságokba emelkedve fejezi be: „Az eukarióta genom belülről fakadó evolúcióját nemcsak azoknak a genetikai mechanizmusoknak a lágy szellője hajtja, amelyek megkettőzik, mutálják és javítják a DNS-t, hanem az az erős (olykor viharrá fokozódó) szél is, amelyet a transzpozonok aktivitása reprezentál.” ☞

### Irodalom

- Csorgo B., Feher T., Timar E., Blattner F.R., Posfai G.: Low-mutation-rate, reduced-genome *Escherichia coli*: an improved host for faithful maintenance of engineered genetic constructs. *Microbial Cell Factories*, 11 (2012) 11.
- Fedoroff, N. V.: Transposable elements, epigenetics, and genome evolution. *Science*, 338 (2012) 758-767.
- Grabundzija I., Wang J., Sebe A., Erdei Z., Kajdi R., Devaraj A., Steinemann D., Szuhai K., Stein U., Cantz T., Schambach A., Baum C., Izsvák Z., Sarkadi B., Ivics Z.: Sleeping Beauty transposon-based system for cellular reprogramming and targeted gene insertion in induced pluripotent stem cells. *Nucleic Acids Res.*, (2013) 41, 1829-1847.
- Ivics Z., Hackett PB, Plasterk RH, Izsvák Z.: Molecular reconstruction of Sleeping Beauty, a *Tc1*-like transposon from fish, and its transposition in human cells. *Cell*, 91 (1997) 501-10.
- Kolisnychenko, V., Fehér, T., Herring, C.D., Plunkett, G. III, Blattner, F.R. and Pósfai, G.: Engineering a reduced *E. coli* genome. *Genome Research*, 12 (2002) 640-647.
- Leslie, M.: The immune system's compact genomic counterpart. *Science*, 339 (2013) 25-27.



OLÁH LÁSZLÓ

# Szerkezetvizsgálat kozmosz részecskéekkel

A kozmosz sugárzás létezését *Viktor Hess* igazolta híres kísérletével éppen 100 évvel ezelőtt. Hess léggalonnal juttatott fel egy elektroszkópot a légkörbe 5330 méter tengerszint feletti magasságig emelkedve, mialatt az elektroszkóp töltésvesztésének időtartamát mérte. Az elektroszkóp kisülésének időtartama folyamatosan nőtt az – 1 km-es magasság feletti – emelkedéssel. Ez bizonyította az ionizáló, töltött részecskék „égi eredetét” [1]. *Viktor Hess* e felfedezéséhez kapcsolódóan Nobel-díjat kapott 1936-ban.

Az 1950-es évekre egyre inkább ismertté vált a kozmosz sugárzás összetétele és tulajdonságai. Megmérték, hogy a Földünket folyamatosan bombázó nagyenergiás részecskék főleg protonok (90%), alfa részecskék (9%) és a vasig bezárólag a könnyebb atommagok (1%). Ezek az ún. elsődleges részecskezápörök mintegy 20–30 km-es magasságban erősen kölcsönhatnak a légkört alkotó oxigén- és nitrogénatommagokkal, amely során másodlagos részecskezápörök keletkeznek. A keletkezési folyamatok lényegében ugyanazok, mint amelyeket a CERN Nagy Hadronütköztetőjének TeV ütközési energiájú, nukleon-nukleon ütköztetéseik vizsgálnak. A légköri folyamatok azonban ritkábbak, energiájuk 8–10 nagyságrenddel nagyobb, és a keletkező részecskék akár több ezer négyzetkilométeren terülhetnek szét a földfelszínen.

A légkörben keletkező másodlagos részecskezápörök és müonokat ( $\mu^{\pm}$ ) keltene. A müonokat az elektronok „nagytestvéreinek” tekintjük, ugyanis fizikai tulajdonságaik ugyanazok, kivéve a tömegüket, ami az elektrontömeg kétszázszorosa. Ezek a légköri eredetű, közel fénysebességgel mozgó müonok a relativisztikus idődilatació következtében juthatnak el Földünk felszínéig. A földfelszínen mért müonhozam  $100 \text{ m}^{-2}\text{sr}^{-1}\text{s}^{-1}$ , ami kb. 30 darab áthaladó müont jelent másodpercenként testfelületünkön. A müonoknak koszinusz négyzetével arányos zenitszög-eloszlása és az energia köbével arányos energiaeloszlása van a földfelszínen. A müonok energiájukat ionizációval adják le anyagon történő áthaladásuk vagy elnyelődésük során.

A kozmosz sugárzás felsorolt tulajdonságai már az 1950-es évek közepére ismertek voltak, és elegendőnek bizonyultak ahhoz, hogy a kozmosz részecskék hozamának mérését akár alkalmazott kutatásokra használják.

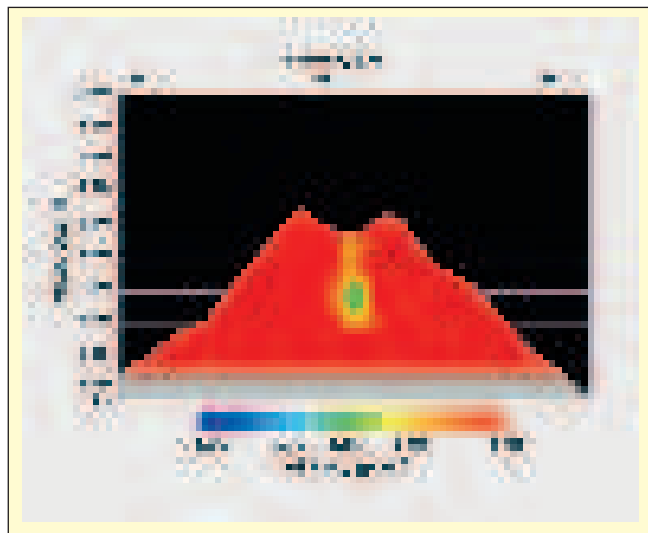
## Müontomográfia, avagy alkalmazott kutatások kozmosz részecskéekkel

A müontomográfia alapja a müonhozam mérése. A kozmosz sugárzás intenzitása ismert különböző sűrűségű és vastagságú anyagvastagságok alatt. Tehát, ha megmértük a vizsgált objektumon – pl. egy piramison vagy egy vulkánon – áthatoló kozmosz müonok intenzitását, és ismerjük a vizsgált objektum sűrűségét (vastagságát), akkor meghatározhatjuk annak vastagságát (sűrűségét). Ennek az inverziós problémának a megoldása nem egyszerű a gyakorlatban. A müontomográfias eljárás és a röntgensugaras, ill. számítógépes tomográfias (Computer Tomography, CT) eljárás között több lényeges különbség van: a „müonforrás” nem izotróp, azaz a kozmosz müonok intenzitása energia- és szögfüggő. Továbbá a vizsgált objektum mérete több nagyságrenddel nagyobb, mint egy hagyományos „célpont”. Mindezek ellenére a müontomográfia sikeres eljárásnak bizonyult számos kutatási területen, ahol a hagyományos módszerek nem elég hatékonyak vagy nem alkalmazhatók: kezdve a régészeti feltárásoktól a geofizikai kutatá-

sokon keresztül a nemzetvédelmi alkalmazásokig. Tekintsünk ezek közül néhányat az alábbiakban!

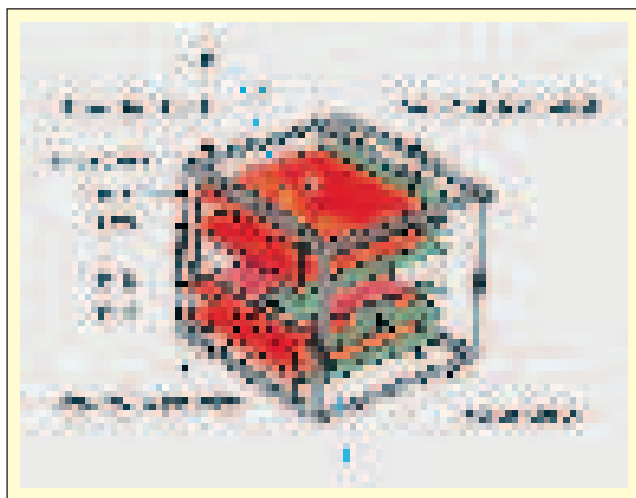
Az első ismert alkalmazás *E. P. George* nevéhez köthető, aki az ausztrál bányák feletti hegyeken található hórétegek vastagságát határozta meg a kozmosz müonok hozamának mérésével [2].

Majd egy évtizeddel később merült fel a remek ötlet, hogy használhatnának kozmosz részecskék detektálására alkalmazott berendezéseket régészeti feltárásokra is. Az első ilyen jellegű kutatás célja az egyiptomi Kefren-piramis szerkezetének vizsgálata volt. A piramis alatt található Belzoni-kamra felett – a korábban ismert Királyok kamrá-



1. ábra. A Satsuma-Iwo-jima-vulkán Iwokade csúcsának sűrűségeloszlása müonokkal mérve [5]

ja mellett – rejtett kincseshelyek jelenlétét feltételezték. A Piramis Programot *Luis W. Alvarez* és csoportja indította el 1966. június 14-én [3]. *Alvarez* ötlete nagyon egyszerű volt: elhelyeznek egy müondetektort a piramis alatt található Belzoni-kamrában, és mérik a müonhozamot. Ha valamelyik irányból több kozmosz részecskét detektálnak, mint azt a piramis geometriájából és anyagi összetételéből várnák, akkor abban az irányban



2. ábra. A REGARD-csoport által épített hordozható

egy rejtett kamrát találtak. Eljárásuk nagy előnye a korábbi régészeti módszerekkel szemben az, hogy a kozmikus sugárzás nem roncsolja a piramis szerkezetét.

Alvarezék berendezése két egymástól 30 cm-re lévő, 1,8 m × 1,8 m felületű szikrakamrából és 3 darab szcintillációs – az ionizáló sugárzás hatására rövid fényimpulzust kibocsátó – számlálóból épült fel. A detektorok segítségével 3° pontossággal mérték a müonok beérkezési szögét. Közel egymillió kozmikus müont detektáltak mintegy félévi adatgyűjtés után. Ekkor már látható volt a piramis négy sarka és a külső jellegzetességét adó „mészkosapka” is. További, fél évig tartó adatgyűjtés után már egyértelmű volt, hogy a piramisban található két kamrán kívül nincsenek további 2 m-nél nagyobb átmérőjű üregek.

Hasonló alkalmazási terület az aktív vulkánok belső szerkezetének megismerése. Fontos, hogy megértsük a vulkanikus működést, ill. előre jelezzük a következő kitérés jellegét és idejét. A vulkán sűrűségeloszlásának folyamatos „monitorozása” szükséges ahhoz, hogy a láva mozgását figyelemmel követhessük. A hagyományos geofizikai módszerek – mint a mélyfúrás vagy a szeizmikus tomográfia – nem alkalmazhatók az aktív vulkánok vizsgálatára, mert azok nem közelíthetők meg az ott keletkező mérgező gázok és forró környezet miatt. Ezek ismeretében jó ötletnek ígérkezik, hogy az aktív vulkánok belső szerkezetének feltérképezésére a rajtuk áthatoló kozmikus sugárzást mérő, tőlük több száz méterre elhelyezett detektorokat használjunk. A müontomográfias módszer alkalmazhatóságát *K. Nagamine* és munkatársai bizonyították: szcintillátorokból és fotoelektron-sokszorozókból épített müontelezköpjük segítségével határoz-

ták meg a Tsukuba-vulkán sűrűségeloszlását az 1990-es évek közepén [4].

Egy évtizeddel később *H. Tanaka* és csoportja végzett méréseket ezzel a módszerrel a Satsuma-Iwo-jima-vulkán lábánál is. Berendezésük 2 darab, egymástól 1 méter távolságra, párhuzamosan elhelyezett 1 m<sup>2</sup> felületű szcintillációs detektor volt. Berendezésük szögfelbontása 16 mrad volt, azaz a vulkán kráterétől 1,2 km távolságra elhelyezett

detektorokkal kb. 20 méter pontossággal mérhették meg a vulkán vastagságát. 1,3 millió kozmikus müont detektáltak az egy hónapos mérés során. Az 1. ábrán látható a Satsuma-Iwo-jima-vulkán Iwokade csúcsának sűrűségeloszlása, amelyen egyértelműen elkülöníthető a kürtőben található láva sűrűsége a vulkán alkotó kőzetek sűrűségétől. A sűrűséget 3,2% pontossággal adták meg, amely egy nagyságrenddel pontosabb a korábbi geofizikai mérések eredményeinél [5].

Az előbbi alkalmazások eredményei igazolják, hogy a kozmikus müonok jól használhatók a detektor feletti anyag nagyleptékű struktúrájának meghatározására. A gáz-töltésű detektorok kutatásával és fejlesztésével foglalkozó REGARD- (RMKI-ELTE Gaesous Research and Development) csoport kutatómunkájának célja, hogy egy, a felsoroltakhoz hasonló, ám azoknál jelentősen költséghatékonyabb, mobilisabb, infra-

terjedtebb kőzet-inhomogenitások keresésére és vizsgálatára. A továbbiakban bemutatom a REGARD-csoport által készített müontomográfot és annak első hazai alkalmazásait.

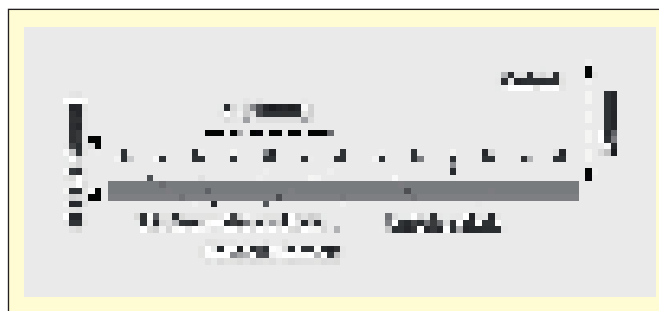
### Hordozható müondetektor környezeti alkalmazásokról

Egy kozmikusrészecske-detektor felületének a lehető legnagyobbnak kell lennie, hogy rövid idő alatt is kellő számú részecskét detektáljon, azonban pl. egy barlang belsejébe csak limitált méretű és súlyú detektort vihetünk be. A REGARD-csoport müontomográfját barlangi mérésekre optimalizáltuk: tömege 13 kg, méretei 51 cm × 46 cm × 32 cm [6,7].

A 2. ábrán látható az a berendezés, ami 4 darab egymás alatt, párhuzamosan elhelyezett közelkatódos kamrából (Close Cathode Chamber, CCC) épül fel [8,9]. A kamrák mérete 32 cm × 32 cm × 1 cm, szálsíkjaikban kétféle szálat alkalmazunk (3. ábra): 100 μm vastagságúak a térformáló szálak és 20 μm vastagságúak az anódszálak. A szálsíktól 1,5 mm-re elhelyezkedő alsó katódot a szállal egy síkban, merőlegesen, 4 mm × 320 mm területű vezető felületekre (továbbiakban parketta) szegmentáltuk.

A kamrák működésének alapja – az általánosan alkalmazott Geiger–Müller-számlálóhoz hasonlóan – a töltött részecskék által okozott ionizáció mérése. Az ionizáció fenntartása miatt folyamatosan argon- (Ar) és széndioxid- (CO<sub>2</sub>) gázok 80:20 arányú keverékét áramoltatjuk keresztül a kamrákon. A töltött részecskék kamrákon történő áthaladásuk során elektronokat szakítanak le (ionizálnak) az Ar-atomokról. A szabad elektronokat gyorsítja a szálak közelében kialakuló elektromos térerősség, így azok tovább ionizálnak, majd lavinaeffektussal érzékelhető töltésmennyiség (10<sup>3</sup>–10<sup>4</sup>

darab elektron) jelenik meg, amely erősítés után mérhető jelet ad (10<sup>5</sup>–10<sup>6</sup> darab elektron). A térformáló szálakon a pozitív ionok mozgása következtében pozitív jelek keletkeznek, majd ezen pozitív ionfelhő-tükkörtöltése mérhető a parkettákon. Ennek következtében



3. ábra. A közelkatódos kamra belső szerkezete [8,9]

struktúrára, energiafelhasználásra és emberi felügyeletre nézve szerényebb igényű, a jelenlegiek precizitását meghaladó berendezést építsen, amely alkalmazható föld alatti üregek (pl. rejtett barlangi járatok) vagy ki-

a közelkatódos kamrák alkalmazásak az egy időben történő, egymásra merőleges irányú digitális jelkiolvasásra a térformáló szálakon és a parkettákon is. A jelet adó szálak és parketták meghatározzák a kozmikus részecske beüté-





4. ábra. A REGARD müontomográfval végzett mérések helyei

sének helyét az adott közelkatódos kamrán. A detektoron keresztülhaladó müonok pályáját a kamrákon mért beütések koordinátáira legjobban illeszkedő egyenes adja meg, amelyet – a mérések után – egy kiértékelő programmal illesztünk rá.

A közelkatódos kamrák tudományos előnye a hagyományos sokszálas proporcionális kamrákkal szemben az, hogy toleránsak az apró, 10–100 µm nagyságú pontatlanságokkal szemben, ill. könnyen szerelhetők. A kamrák az LHC ALICE kísérletének új, nagyon nagy impulzusú (5–25 GeV/c) hadronok – pionok, kaonok és protonok – azonosítására

5. ábra. A mért részecskeszám (szürkeskálás kontúrvonalak) és a detektor feletti kőzetvastagság (piros kontúrvonalak) a kőbányai alagútrendszerben. Jól látható, hogy a müontomográf detektálta a tőle DNY-ra elhelyezkedő szellőzőnyílást

szolgáló aldetektorába (Very High Momentum Particle Identification Detector, VHMPID) triggerrendszerébe (High  $P_T$  Trigger Detector) is beépülhetnek a jövőben [8,9].

A müontomográf integrált adatgyűjtő rendszerrel rendelkezik, amely magában foglalja a nagy- és kisfeszültség modulokat, a triggerrendszert és a kezelőfelületet is. A REGARD-csoport müondetektorának teljes fogyasztása 5 W, amely több nagyságrenddel kisebb, mint napjaink hasonló alkalmazásokra épített detektorainak fogyasztása!

### Barlangkutatás kozmikus müonokkal

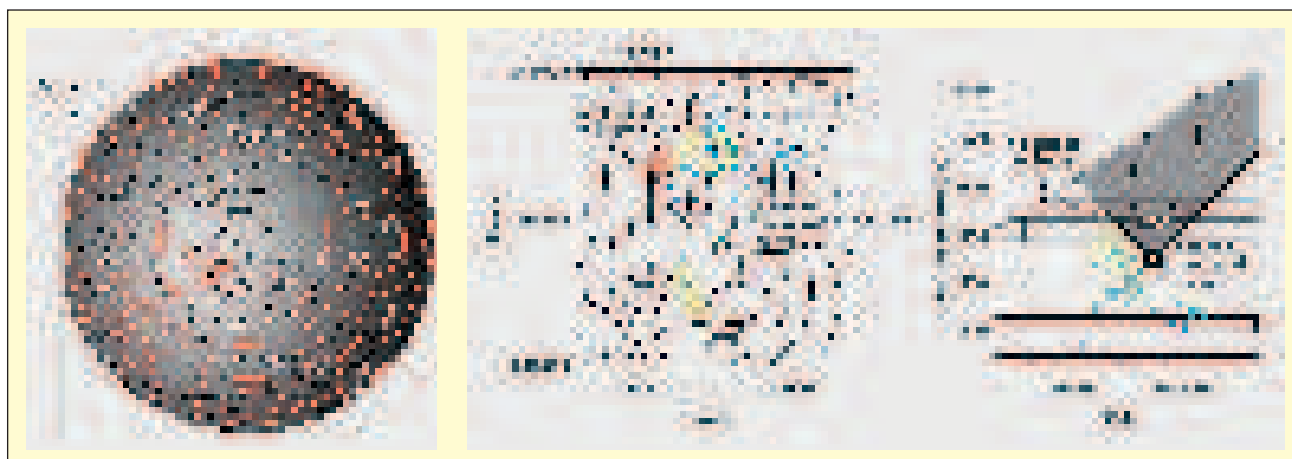
Számos tesztmérést végeztünk el, mi-

6. ábra. Az Ajándék-barlang térképe: felülnézetből (bal oldali panel) és Ny–K irányú metszetben (jobb oldali panel). A színezés a járatok mélyülését jelzi: pirostól a kék felé mélyül

előtt „élesben” alkalmaztuk volna a müontomográfot. A detektortesztek célja annak ellenőrzése volt, hogy a berendezés megfelelően működik-e az elektromos hálózat nélküli, közel 100%-os páratartalmú környezetben is. 10–20 nap időtartamú tesztméréseket a földfelszín alatt 10–30 m mélyen, mesterségesen kialakított, föld alatti tárókban és alagútrendszerekben végeztük el (4. ábra). A mérések során detektorunk energiaellátását 50 Ah fogyasztású autóakkumulátorok, gázellátását 10 l ürtartalmú, 150 bar nyomású (1500 l) gázpalackok biztosították. Detektorunkat heti rendszerességgel látogattuk, hogy akkumulátort, gázpalackot cseréljünk, valamint a mérés során gyűjtött adatokat elemezzük.

Az első tesztmérések eredményeit a [10] irodalomban közöltük, jelen cikkben a kőbányai alagútrendszerben végzett méréseket ismertetem. A tesztek célja annak bizonyítása volt, hogy müondetektorunk alkalmazható föld alatti üregek vagy kiterjedtebb talaj-inhomogenitások detektálására. Erre a célra kiváló hely a földfelszín alatt 20 m mélyen elhelyezkedő kőbányai alagútrendszer, ugyanis ott több 1 m átmérőjű, 17 m hosszú szellőzőnyílás található. Ezek detektálásával bizonyítást nyer, hogy detektorunk alkalmazható a fentebbi célokra.

Az egyik mérés során a vizsgált szellőzőnyílás detektorunktól 2,5 m távolságra, a detektorhoz képest DNY-ra helyezkedett el. Az 5. ábrán látható egy 14 napos mérés eredménye, amelyen a mért részecskeszámot szürkeskálás kontúrvonalak, a detektor feletti kőzetvastagságot piros kontúrvonalak jelölik. Ez az eredmény azt mutatja, hogy a müontomográf „látta” a szellőzőnyílást a megfelelő irányokban,



tehát detektorunk alkalmas föld alatti üregek detektálására.

Detektorunk működésének megismerése után elkezdhattuk méréseinket a Pilisben található, részben feltérképezett Ariadne-barlangrendszerben. Ez 13,1 km hosszával és 203 m mélységével jelenleg Magyarország harmadik leghosszabb és harmadik legmélyebb barlangrendszere. A műöntomográfot az Ajándék-barlangban helyeztük el. Méréseinket motiválta, hogy korábbi geoelektromos mérések sűrűséganomáliát mutattak ki a barlang ezen járatai felett, azonban a rendelkezésre álló adatok birtokában, ill. jelen analízissel sem dönthető el, hogy a barlang felett egy 5–10 m átmérőjű üreg vagy egy szálkó van. Méréseink célja e kérdés eldöntése volt.

A 6. ábrán látható a barlang vetülete felülnézetből (*bal oldali panel*) és a barlang Ny–K irányú metszete (*jobb oldali panel*). Berendezésünket kb. 70 méterre helyeztük el a barlang bejáratától (7. ábra). A detektor felett, függőleges irányban kb. 60 m volt a kőzet vastagsága. A barlang feltérképezését *Surányi Gergely* geofizikus, barlangász vé-

szecskeszámot. A részecskeszám- és topológiai mérések eredményei korrelációt mutatnak egymással (a piros és szürkeshálás kontúrvonalak jól követik egymást), amely azt a következtetést vonja maga után, hogy nem volt egyértelműen azonosítható föld alatti struktúra a műöntomográf látószögében.

### Összefoglalás

Bemutattam a REGARD-csoport hordozható műöntektorát, amely alkalmazható föld alatti üregek és kiterjedtebb kőzetinhomogenitások detektálására. Sikeres méréseink egyértelműen igazolják, hogy a nagyenergiás fizikában (pl. a CERN Nagy Hadron Ütköztetőjének kísérleteinél) alkalmazott detektorteknika átültethető környezeti alkalmazásokra – esetünkben barlangkutatásra – is. Jelenleg készül az újabb, 50 cm × 50 cm detektáló felülettel rendelkező műöntomográf, amelyet föld alatti üregek keresése mellett vulkánok vizsgálatára is tervezünk használni.

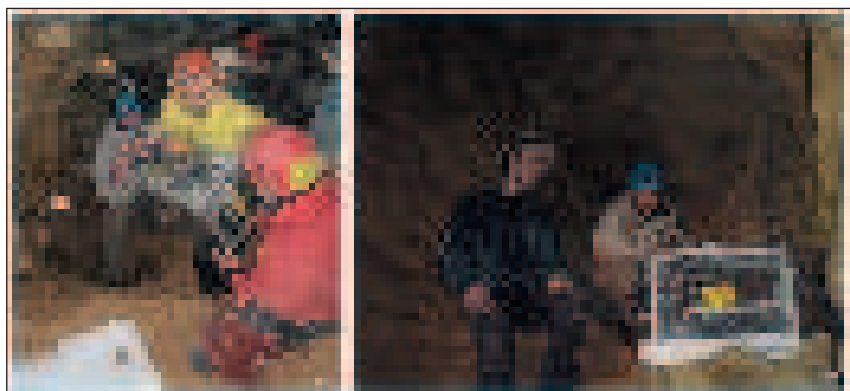
### Irodalom

- [1] Hess, V. F.: PZ 13, 1912, 1084
- [2] George, E. P.: Commonwealth Engineer, 1955
- [3] Alvarez, L. W. és mtsai.: Science 167, 1970, 832-839
- [4] Nagamine, K. és mtsai.: NIM A 356, 1995, 585-595
- [5] Tanaka, H. és tsai.: GEOPHYS. RES. LETT., 36., L01304, 2009, 1–5.
- [6] Barnaföldi, G. G. és mtsai.: NIM A 689, 2012, 60-69
- [7] Oláh, L. és mtsai.: Geosci. Instrum. Method. Data Syst. Discuss. 2, 2012, 781-800
- [8] Varga, D. és mtsai.: NIMA 648, 2011, 163-167
- [9] Varga, D. és mtsai.: NIM A 698, 2013, 11-18
- [10] Barnaföldi, G. G. és mtsai.: Fizikai Szemle, 2011, 401-407

*A szerző a 2012. évi Doktorandusz cikkpályázat második helyezettje.*

### Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondok Barnaföldi Gergely Gábornak, Hamar Gergőnek, Melegh Hunor Gergelynek, Surányi Gergelynek és Varga Dezsőnek a közös munkáért. Kutatásunkat az OTKA NK77816, NK106119 és K104260 pályázatok, valamint részben az OTKA-KTIA 77719, 77815, NIH TET 10-1 2011-0061 és ZA-15/2009 pályázatok, továbbá az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíjak (BGG, VD) támogatták.

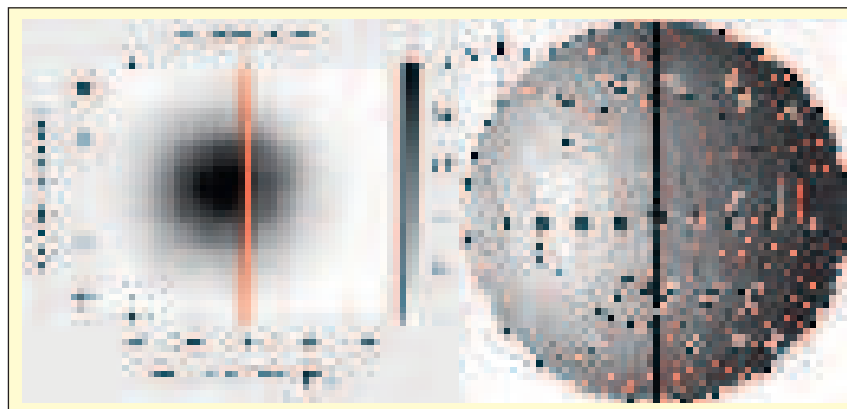


7. ábra. A műöntektor elhelyezése és üzemeltetése az Ajándék-barlangban (balról jobbra: Barnaföldi Gergely Gábor, Surányi Gergely, Melegh Hunor Gergely és Varga Dezső)

gezte el nagy pontosságú GPS segítségével. Majd a barlang belsejében háromszögeléssel meghatározta a detektor helyét és a detektor helyétől szolgáló üreg méretét. Ezek ismeretében kiszámolta a detektor feletti kőzetréteg vastagságát.

A közel 50 napos (1190,8 óra) mérés során a 60 méter mélyen elhelyezett detektoron mintegy 170 000 kozmikus müon haladt keresztül, amely óránként ~ 143 darab részecskét jelent. A 8. ábra mutatja méréseink eredményeit: a – domborzatnak megfelelően Ny felé toló – müonhozamot (*bal oldali panel*), valamint a részecskeszám és a detektor feletti kőzetvastagság összehasonlítását (*jobb oldali panel*), amelyen piros kontúrvonalak mutatják a detektor feletti kőzet vastagságát, a szürkeshálás kontúrvonalak pedig a ré-

8. ábra. A domborzatnak megfelelően Ny felé toló müonhozam (*bal oldali panel*), ill. a részecskeszám (szürkeshálás kontúrvonalak) és a detektor feletti kőzetvastagság (piros kontúrvonalak) összehasonlítása (*jobb oldali panel*), amelyek korrelációt mutatnak, tehát nincs rejtett barlangi üreg a detektor látószögében



# A Professzor-Maestro

## Beszélgetés Rybach László geofizikussal



*Rybach László 1935. április elsején született Sopronban. A helyi Széchenyi István Gimnáziumban érettségizett, majd a Soproni Műegyetemen kezdte meg felsőfokú tanulmányait 1953-ban, geofizikus mérnök szakon. Az 1956-os forradalom után Svájcba emigrált, és a Zürichi Műszaki Egyetemen (ETH) szerzett geológusmérnöki diplomát, ott kezdett dolgozni, és ott is doktorált. 1973-tól az ETH magántanára, a geofizikai intézet munkatársa, 1980-tól az ETH professzora, 2000 óta emeritus professzora. Fő kutatási területei a radiometria és a geotermia. 2007-től a Nemzetközi Geotermiai Szövetség elnöke. A Magyar Tudományos Akadémia külső tagja, az Eötvös Loránd Tudományegyetem díszdoktora. Mindemellett máig aktív muzikus, karmester, több mint kétszáz hangversenyt dirigált az Orchesterverein Zürich élén, vendégkarmesterként sok más országban is fellépett.*

– Szólították már önt Maestrónak interjúkészítés során?

– Igen, előfordult. Például egy olaszországi fesztiválon, ahol mint dirigens voltam jelen. Egy operagálaestet vezényeltem, és még a koncert előtt megkérdezték a véleményemet az ott szereplő fiatal énekművészekről. Nagyon dicsértem őket, aztán évek múlva utánanéztam, hogyan alakult a sorsuk, és hatból négyen igen szép karriert futottak be. Mellesleg ott nem is tudták, hogy mi a valódi foglalkozásom, hogy valójában miből élek.

– Tényleg, miből él, ha nem vagyok indiszkrét?

– Jelenleg a tisztességes svájci nyugdíjamból, most már tizenkét éve vagyok emeritus professzor. Megengedhetem magamnak, hogy a zenében csak azt csinálom, amihez kedvem van. Ha hivatásos vagyok, biztosan kellett volna valami olyasmit is csinálnom, ami nem feltétlenül a kedvemre való.

– Arra, hogy hol siklott félre a pályája, vagy szebben mondván, miért nem lett hivatásos zenész, még visszatérünk. Kezdjük az elején. Életrajzából tudom, hogy Sopronban látta meg a napvilágot, és ott is nevelkedett. Milyen családba született?

– Édesapám vasúti tisztviselő volt a GYSEV-nél, és miután ő meghalt, édesanyám is a vasútnál kapott állást. Egyedüli gyerek voltam, gyerekefjével éltem át a háborút. 1944. december elején, amikor Sopront elkezdték bombázni, elmenekültünk nagy-

anyám fertőszentmiklósi házába. Március elején tértünk vissza Sopronba, és az a látvány fogadott bennünket, hogy a házunkat telibe találta egy bomba. A kétemeletes épület romjai között az ebédlőnk mennyezetéről a csillár egyetlen megmaradt, rózsaszínű üveggömbje szemtelenedett, teljes épségben. Szürreális látvány volt.

– Manapság, békeidőben naponta látunk olyan képeket a tévében, hogy valamilyen csapás következtében egy család mindenét elveszíti. Ahogy mondani szokták, odalett egy élet munkája, ami tényleg tragikus. A háborúban ezzel nagyon sokan szembesültek. Egy tízéves gyerek, mint ön akkoriban, mit fogott föl ebből? Eltűntek a játéka, a kedvenc tárgyai és a többi.

– A háború egészen más reakciókat váltott ki az emberből, még a gyerekből is. Nem az érdekelt, hogy mi veszett el, hanem az, hogy életben maradtam. Aztán 1945. március végén a fertőszentmiklósi faluszélen bombatámadás ért bennünket. Én csak egy szilánkot kaptam a lábamba, de édesapám ott, tőlem pár méterre, olyan súlyosan megsebesült, hogy meghalt. Életem legszörnyűbb pillanata volt, ne is beszéljünk róla többet. Nagyon szoros kötelék fűzött hozzá.

– A tanulmányait Sopronban folytatta?

– Igen, az elemi után a bencésekhez jártam, amíg hagyták őket működni. Cserkész is voltam, ministráltam is, latinul is tanultam, aminek aztán később vettem némi hasznát. Nagyszerű tanáraim voltak...

– Milyen tárgyakat kedvelt leginkább?

– Szinte mindent, de különösen a fizikát, már csak azért is, mert kiváló fizikatanárunk volt, és a bencéseknél nagyon jól felszerelt szertárakban tanulhattunk. Aztán a bencések oktatási tevékenységét megszüntették, úgy 1948–49 táján. A középiskolát a Széchenyiben végeztem, 1953-ban érettségiztem.

– Szintén az önéletrajzában olvastam, amit arra a kérdésre válaszolt, hogy mi szeretne lenni. Megmondom őszintén, én még nem találkoztam emberrel, aki kamaszkorában erre azt válaszolta volna, hogy geofizikus. Nyilván ön sem ezt felelte.

– Úgy öt-hat éves lehettem, amikor a felnőttek kérdezték a gyerekeket, hogy „mi akarsz lenni, ha nagy leszel?”. Allítólag – ezt persze már úgy mesélték, én nem emlékeztem rá – azt feleltem, hogy sok minden. És ez csakugyan így is lett. Végül azért lettem geofizikus mérnök hallgató Sopronban, mert az ottani egyetemen az ígérekedett a legérdekesebb új szaknak. Azt is hozzá kell tennem, hogy Vendel Miklós akadémikus, az ottani Műegyetem professzora, akit zenélő gyermekei révén ismertem, éppen ezt a szakot tanácsolta. Igazából zenei pályára szerettem volna menni. Elég későn, 11 évesen kezdtem zongorázni tanulni, hiszen a háború után semmi sem volt könnyű, mindent előlről kellett kezdeni. Édesanyám állást kapott, egész nap dolgozott, nagyszámú

feljött faluról a háztartást vezetni. Végül is a késői kezdés nem jelentett különösebb hátrányt, jártam a helyi zeneiskolába, amit lehetett, ott megtanultam. Az igazgató beparancsolt a Soproni Szimfonikus Zenekarba ütősnek, ami nagyon tetszett, ott szerettem meg a zenekar belső életét, már komponálgattam is. Egyik művemem be is mutatta a zenekar. Zongoratanárnóm, Pongrácz Erzsébet megmutatta néhány szerzeményemet a pesti Zeneakadémián Weiner Leónak, aki tehetségesnek talált, és azt javasolta, menjek a Zeneakadémiára, zeneszerzés szakra. Ez azonban, elsősorban anyagi okok miatt, lehetetlen volt.

Így aztán 1953 őszén geofizikus mérnök szakon kezdtem Sopronban. Annak ellenére, hogy az akkoriban szokásos ideológiai tárgyakkal és az orosz nyelvvel is gyötörtek bennünket, no meg két nyáron katonai tábori kiképzésen kellett részt vennünk, szakmailag nagyon jó alapokat kaptam. Egy alkalommal, 1956 nyarán tanulmányi kirándulásra mentünk, felkerestük a budapesti Szeizmológiai Observatóriumot, a tihanyi Földmágneses Observatóriumot, és kísérelnk, Csókás János tanár úr mindegyikünkkel elbeszélgetett a jövőbeni terveinkről. Amikor megkérdezte, milyen irányban szeretnék a végzés után dolgozni, azt feleltem, hogy nagy nemzetközi programokban. Erre aligha lesz lehetősége, felelte.

– *Más, a földtudományok terén tevékenykedő kollégájtól is hallottam, hogy az egyik legnagyobb csapást az jelentette számukra, hogy egy zárt országban nem is álmodhattak külföldi, nemzetközi munkákról, de még egyszerű utazásokról sem. Az ön sorsa azonban másként alakult.*

– Igen, rövidesen kitört a forradalom. Sopron mindig is kétnyelvű város volt, a

szüleim is gyakran beszéltek németül, ha azt akarták, hogy ne értsem, de persze valamennyire így is megtanultam németül. Amikor jöttek a segélyszállítmányok, a forradalmi bizottság engem kért fel, hogy mint németül beszélő ezeknek a további útját egyenessem. Később megtudtam, hogy emiatt el is ítélték, amiből persze semmi bajom nem származott, mert addigra már régen Nyugaton voltam.

– *Sopronból nyilván nem volt nehéz átvonni a határon, nagyon sokan elmentek arról a vidékről.*

– Igen, november 10-e körül már Bécsben voltam, ahol rokonaim éltek. Mindenképpen be akartam fejezni a tanulmányaimat, hiszen akkor már negyedéves voltam. Rövidesen bekerültem egy Svájcba tartó, csak magyar diákokból álló csoportba. Azóta is ott élek.

– *Sok magyar menekült az európai országokat inkább csak ugródeszkának tekintette, zömük továbbment Észak-Amerikába.*

– Akkoriban úgy gondoltam, jobb ha Európában maradok, ez csak átmeneti állapot, majd segítenek az amerikaiak, és minél előbb hazakerülhetek. Édesanyám tudta, hogy mennem kell, azt mondta, itthon nem vagy biztonságban, menj el. 1963-ig nem láttam őt. Megérkeztünk Zürichbe, ahol addigra



**Diplomamunka közben – laboratóriumi rész, 1958-ban, a saját készítésű műszerrel**

már elterjedt a hír, hogy érkeztek fiatal magyar szabadságharcosok. Jöttek jó módú svájci családok, akik vállalták, hogy befogadnak és támogatnak bennünket. Ez történt velem is, a Hugentobler családhoz kerültem, saját szobám volt zongorával, vittek kirándulni, síelni, egyszerűvel családtagként kezeltek. Rögön utánanézttem, hol és hogyan lehet

továbbtanulni. A Zürichi Műszaki Egyetemre, vagyis az ETH-ra felvételi vizsga és tandíj nélkül felvettek, úgyhogy gyorsan rendbe jött az életem.

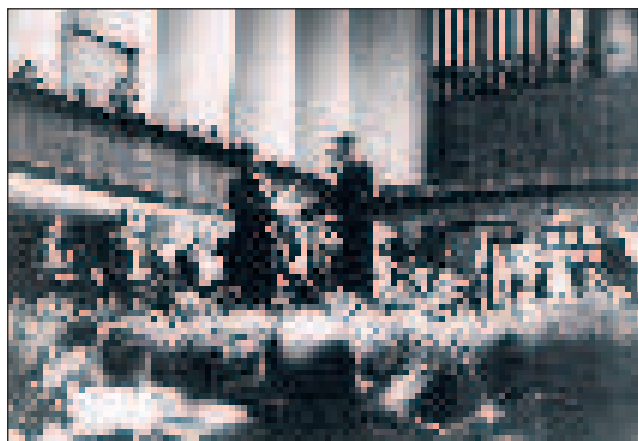
– *Említette, hogy tudott valamelyest németül. Gondolom, elég nagy meglepetés érte Svájcban.*

– Az egy hónapos bécsi tartózkodásom alatt elég jól belejöttem a németbe. Amikor aztán vonatoztunk a diákcsoporttal Zürich felé, két kísérő ápolónő beszélgetett egymással. Hallgatom, hallgatom: te jó ég, milyen nyelven beszélnek, hollandul, vagy mi ez...? Aztán megtudtam, hogy ez a Swyzerdütsch, a „svájci német”, ami elsőre elég szörnyen hangzott. Hát még amikor megtudtam, hogy szinte minden svájci – eltekintve persze a francia és olasz anyanyelvűektől – ezt használja a mindennapi életben. Szerencsére, úgy látszik, a jó zenei hallásomnak köszönhetően, felismertem bizonyos törvényszerűségeket, és gyorsan belejöttem. A legtöbb svájci persze beszél az irodalmi németet is, de csak ha kell; számukra a német majdnem csak idegen nyelvnek számít. Olyannyira hamar megtanultam, hogy 1957 őszén már mutogattak a többi magyar egyetemistának, hogy milyen jól beszélem. Volt egy nyári munkám, egy kis geofizikai mérőcsoportot vezettem az Alpokban. A segéd munkások mind helybeliek voltak, télen síátként dolgoztak, nyáron pedig alkalmi munkákat vállaltak. Ők persze a Swyzerdütschöt beszélték, úgyhogy rám ragadt még egy kis helyi akcentus is.

– *Az egyetemi oktatás milyen nyelven folyt?*

– Az előadásokat német nyelven tartották, az írásbelik és a vizsgák is németül mentek, de az asszisztensek ál-

#### **Bartók Divertimentójának vezénylése után (Luzerner Festwochen, 1962)**





tal vezetett, kisebb csoportos gyakorlatok Swyzerdütschül folytak.

– *Milyen volt az egyetem, amellet persze, hogy Európa egyik legnevesebb felsőoktatási intézménye?*

– Valóban, az ETH-t a kontinentális Európa legjobb egyetemének tartják. A geofizikus szakon belül már kezdő korom óta különösen érdekelt a radioaktivitás. Kaptam egy érdekes diplomamunka-feladatot. Radioaktív méréseket kellett végezni az Alpokban, majd a laborban, az utóbbihoz egy készüléket is el kellett készítenem. Annak idején az igazi geofizikus maga épített mérőberendezést, maga mért és értékelte ki az eredményeket. Manapság erre már külön osztályok vannak. Talán az utolsó, még nem tranzisztoros (elektroncsöves) berendezést terveztem és építettem. A műszer egyébként azt a célt szolgálta, hogy a különféle kőzeteket hogyan lehet egyszerűen és gyorsan radioaktív mérések alapján megkülönböztetni. Végül is 1959-ben diplomáztam, geológus mérnökként.

– *Egy pillanatra térjünk vissza a befogadó családhoz. Meddig volt náluk?*

– 1956. december elején kerültem oda, aztán 1958 márciusában meghalt a családfele, és elkerültem egy rokonhoz. Nála a lakhatásom megvolt, de a megélhetésről magamnak kellett gondoskodnom. Akkor találkoztam valakivel, aki egy diákegyesület tagja volt, tőlük kaptam ösztöndíjat, ami a doktorálás végéig működött. Emellett mindig voltak kisebb-nagyobb munkáim is.

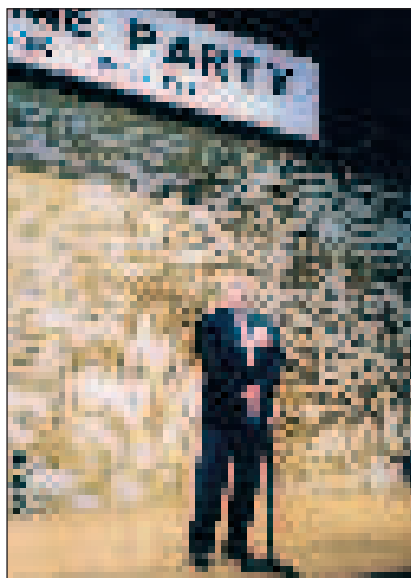
– *És a zene?*

– A befogadó családnál, majd utána a nagybácsinál is, volt zongora, de mindig arra vágytam, hogy dirigens lehessen. Amikor az egyetemen már sinen voltam, bementem a helyi zeneakadémiára megtudakolni, hogy milyen lehetőségek vannak. Azt mondták, felvételizni kell. Vittem magammal néhány szerzeményemet, zongorán bemutattam néhány művemem, rögtön fölvettek. Végül is elvégeztem a dirigens szakot, voltam mesterturkuzson is a luzerni fesztiválon. 1961-ben megkaptam egy nagyon nívós amatőr zenekar karmesteri állását, és ez még most is megvan. Ezzel a zenekarral, vagy mint vendégkarmester, több száz koncertet vezényeltem már, sok országban, Bachtól és még régebbiektől kezdve modern darabok ösbemutatóiig. Magyarországon is többször dirigáltam már, lemezeim is megjelentek. Mindez nagyon szép és kellemes mellékfoglalkozás, de nem ebből élek. Amikor vezényelek, a zenészeknek fogalmuk sincs róla, hogy mi a valódi foglalkozásom.

– *De ha úgy hozza a sors, ebből is megélné, nem?*

– Ezt utólag már nehéz megmondani. Jó, hogy volt egy állami professzori állá-

som, és ebből jól megéltem. Geofizikusként nagyon jól lehet a zenével foglalkozni, zenészként viszont nem lehetne a természettudományt művelni. Azért volt egy pillanat, amikor komolyan elgondolkodtam, hogy melyiket válasszam. 1964-ben beneveztem egy nagy nemzetközi karmesterversenyre Besançonban, amit meg is nyertem. Sok lehetőség megnyílt volna, de ugyanakkor elnyertem egy posztdoktori ösztöndíjat Amerikába. Akkor úgy döntöttem, mégsem leszek hivatásos zenész, hanem folytatom a tudományos pályámat. A diploma után az első állásomat a Zürichi Műszaki Egyetemen kaptam. Mehettem volna akár egy zürichi mérnöki irodához vagy a Shellhez is. Elhívtak Hollandiá-



**A World Geothermal Congress 2000 (Beppu, Japán) bevezetése**

ba, és felajánlották, hogy ha elkötelezem magam a Shellhez és két év alatt ledoktorálok, fizetik a doktorálás alatt a jövőbeli fizetésem felét. Végül is ezt nem vállaltam el, de nem bánom, úgy volt jól, ahogyan alakult.

– *Amerikánál tartottunk, ahova végül is kiment. Hová és milyen célból?*

– Mivel érdeklődtem a radioaktivitás iránt, és svájci uránérclelőhelyek felkutatásával is foglalkoztam, ezen az úton dolgoztam Amerikában is. Úgy hozta a sors, hogy a houstoni Rice Egyetemen éppen akkoriban folyt egy méréssorozat, geotermikus célra. Több érdekes munkán is dolgoztam, jól kitanultam a gammaspektrometriát, a számítógépek használatát, ráadásul, mivel a Rice magánegyetem, minden szempontból jól eleresztve, szépen felkerekítették a svájci ösztöndíjamat

is. 1965–66-ban dolgoztam kinn, a végén egy előadói körutat is tettem, állásajánlatot is kaptam, de mindenképpen vissza akartam térni Svájcba, megszerezni az állampolgárságot, így visszakerültem az ETH-ra. Akkor kaptam az első egyetemi oktatói megbízásomat. Miközben Amerikában voltam, Svájcban beindult az uránérckutató, állami kezelésben. Ehhez a munkához engem is felkértek. Berendezhettem egy radiológiai laboratóriumot, nyaranta az Alpokban kintam, télen pedig a laboratóriumban a terepi mérési eredmények feldolgozását végeztem.

– *A privát élete hogyan alakult?*

– 1962-ben megnősültem, svájci lányt vettem feleségül, kilenc év után megszületett egyetlen fiunk, Manuel, aki ezekben a napokban éppen a davosi Világgazdasági Fórumon vesz részt, egyébként a Credit Suisse-nél dolgozik, vezető beosztásban. A feleségem titkárnökként dolgozott, nagyon sokat segített nekem adminisztrációs ügyekben, de egyébként is minden téren nagy szerencsém volt és van vele.

– *Annak ellenére, hogy idegen nyelvű környezetben élte le élete nagy részét, és nem sok alkalma volt az anyanyelvét használni, ma is kiválóan, akcentus nélkül beszél magyarul.*

– Örülök, ha így látja. Egy alkalommal itt, Budapesten taxiztam és beszélgettem a sofőrrel. Megkérdezte: ugye, ön nem itt él? Miből jött rá, talán a kiejtéséből? Nem, felelte, csak olyan szavakat és kifejezéseket is használ, amiket mi már nem. Ez persze érthető, huszonevésen mentem el, és közben a nyelv is változik, fejlődik.

– *Nagyon korán, már Amerikában bekapcsolódott a geotermikus kutatásokba, és később is ez lett a fő kutatási területe.*

– Amikor 1973-ban kitört az olajválság, már foglalkoztam a Föld belső hőmérséklete eloszlásának kutatásával. A svájci kormány felállított egy bizottságot a geotermikus energia svájci alkalmazásának felderítésére, és megtettek elnöknek. Ezzel számomra rengeteg lehetőség nyílt meg, doktoranduszokat tudtam felvenni, persze nekem, magamnak is sokat kellett tanulnom ebben a témakörben. Ma már alig van olyan kutató, aki ezt ilyen korán elkezdte. Ezt onnan tudom, hogy világszövetségi elnök is lettem a geotermiában, ennek következtében minden országban ismerem az ezen a téren munkálkodókat.

– *Hogy jutott eszükbe pont a svájciaknak, hogy a geotermikus energia felhasználásával foglalkozzanak? Ha erről esik szó, rendszerint olyan országra gondolunk, mint Izland, Új-Zéland, Japán, de Svájc nem kifejezetten a gazdag geotermikus kincseiről híres.*



– A svájciak nagyon praktikus gondolkodásúak. Az első kérdés az volt hozzám, hogy itt van nálunk legalább egy tucat hőforrás, lehetne-e ebből valami energiát kinyerni. Az volt a feladat, hogy járjak utána. Ezt a felmérést el is végeztük. A 70-es évek közepén a svájci televízió műsort akart készíteni a geotermiában rejlő lehetőségekről, ezért kiküldtek egy tévés embert és engem, hogy megtudjuk, milyenek a kilátások. Végigjártuk az ismert fürdőhelyeket, és miközben jókat vacsoráztunk és élveztük a termálfürdőket, megkérdezte, hallottam-e arról, hogy sekély, 50 méter mély fúrólukból hőszivattyúval lehet fűteni. Erről a lehetőségről akkor még nem tudtam. A termálvízzel való fűtés nyilvánvalóan ismert volt, de hogy magának a földhőnek a hasznosítása... Ennek nyomán összehoztak egy ezzel foglalkozó céggel, ahol elmondták, elméletileg ugyan

geotermális rendszerekről. 1981-ben jelent meg Londonban, angolul, de később kínai nyelven is kiadták, bár azért egy filért sem fizettek. Néhány évvel később a Fülöp-szigeteken két fiatal kolléganő, amikor meghallotta a nevemet, lelkesen megjegyezte: de hiszen mi az ön könyvéből tanulunk! Az említetteken kívül számos nemzetközi programban, bizottságban vettem részt, még felsorolni is nehéz. Alapító tagja vagyok a Nemzetközi Geotermikus Szövetségnek (IGA), 2007-től évekig elnöke is voltam. Ez egy nonprofit, nemkormányzati szervezet, 65 országból több mint ötezer taggal.

1980-ban kineveztek az ETH-n professzornak, és egyben megbíztak a geofizikai intézet geotermiai és radiometriai kutatócsoportjának létrehozásával. Emellett több egyetemen oktattam vendégprofesszorként, rengeteg szakcikket írtam, szak-

erőmű biztonságának felülvizsgálatára. Az akadémiai székfoglalóm témája pedig a radioaktív hulladékok elhelyezése volt.

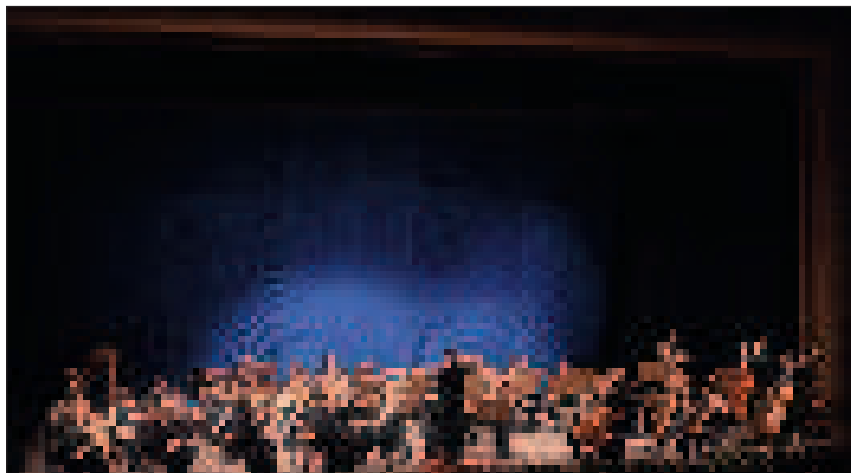
– *Most, január 22-én az ELTE meghívására tartózkodik Magyarországon, és az egyetemen diszdoktori előadást tartott A geotermia helyzete és kilátásai a megújuló energiák mezőnyében címmel. Egy-két mondatban megpróbálom összefoglalni ennek a lényegét. Bár a geotermikus energia felhasználása exponenciálisan növekszik, a globális energiamérleget tekintve messze elmarad például a napenergia vagy a szélenergia felhasználásának növekedési ütemétől. Holott növekedhetne sokkal gyorsabban is, hiszen a napenergiához az kell, hogy süssön a nap, a szélenergiához, hogy fújjon a szél, míg ellenben a földhő gyakorlatilag kimeríthetetlen. Arra is válaszolt, hogy miért nem használjuk ki mégsem a kívánatos ütemben.*

– Való igaz, óriási potenciál rejlik benne, de már a kezdeti fázisban nagyon komoly anyagi beruházást igényel, és igazából még az optimális technológia kifejlesztésétől is elég messze vagyunk.

– *Van annak realitása, hogy mondjuk az évszázad közepére lényegesen javulni fog a geotermia aránya?*

– Csak abban az esetben, ha lesz sikeresen működő technológia. A hőszivattyús módszer már nagyon sok országban működik, és ez ugyanígy lesz a mesterséges áramfejlesztő rendszerrel is, mihelyt minél több helyen minél több hatékony erőmű fog működni. Sajnos, ehhez nagyon sok pénz kell. Jelenleg egy vagy inkább másfél ilyen erőmű üzemel: Franciaországban gránitból nyernek ki áramot, illetve nem messze tőle a Rajna völgyében működik egy üledékes kőzetekre telepített rendszer. Amerikában és Ausztráliában is kísérleteznek, de ott még nem termelnek áramot. A gond az, hogy magánbefektetők ebbe nem szállnak be, mert a befektetés csak nagyon sokára térül meg, az állami költségvetésekből pedig ilyesmire nem futja, úgyhogy gyors fejlődést egyelőre nem várhatunk. Nem tudom, hallott-e róla, hogy Németországban vannak olyan napszakok, amikor annyi áramot termelnek a szél- és a napenergia ráségítésével, hogy a hálózat nem tudja felvenni. Egyes áramszolgáltatók időnként már azért kapnak pénzt, mert hajlandók áramot átvenni. A legnagyobb problémát ezekkel a megújuló forrásokkal az jelenti, hogy túltermeléskor nincs tárolási lehetőség. A geotermia nagy előnye viszont az, hogy a tároló maga a Föld. Ezért gondolom úgy, hogy előbb-utóbb számottevő energiaforrássá válik. ◀

Az interjút készítette:  
NÉMETH GÉZA



A World Geothermal Congress 2005 (Antalya, Törökország) díszhangversenyén

még nincs tisztázva a kérdés, de a gyakorlatból már tudják, hogy mennyit lehet a földhőből kihozni. A bizottságon keresztül kaptam pénzt arra, hogy készítsünk egy rendes mérő- és számítóprogramot. Erre a munkára elnyertem egy amerikai díjat is, amit azzal az indoklással kaptam, hogy én végeztem az első átfogó számításokat arra vonatkozóan, hogyan működnek ezek a földhőszivattyúk.

– *Végül is ez a munka hozta meg önnek a nemzetközi elismertséget?*

– Részben igen, másrészt pedig a hetvenes évek végén bekerültem a párizsi székhelyű Nemzetközi Energiaügynökségbe (IEA), ahol amerikai kollégákkal kaptam egy kutatási megbízást. 1979-ben az Egyesült Államok Geológiai Szolgálatánál dolgoztam vendégkutatóként Kaliforniában, és egyik helyi munkatársammal, Patrick Mufflerrel könyvet írtunk a

értékeként dolgoztam többek között Kínában, Dél-Koreában, Új-Zélandon, Törökországban, Izlandon, Japánban, és a mai napig rengeteg konferenciára hívnak.

– *Pár napja még Abu-Dhabiban volt, onnan válaszolt az e-mailemre. Ugye, valamikor, amikor egyetemistaként azt tervezte, hogy nagy nemzetközi kutatóprogramokban szeretne dolgozni, erről nem is álmodott?*

– Amit megéltem és elértem, messze meghaladja minden hajdani várankozásomat. És persze amikor elmentem Magyarországról, azt se hittem volna, hogy egyszer még a Magyar Tudományos Akadémia külső tagja és az ELTE díszdoktora leszek. Magyarországhoz kötődő munkáim is voltak, a „nukleáris” múltam révén. Bekerültem a svájci nukleáris biztonsági bizottságba, ahol 16 évig voltam tag. Ennek kapcsán kértek fel egyszer a paksi atom-

BURÁNSZKINÉ SALLAI MÁRTA

# A meteorológia szerepe az időjárási károk mérséklésében

Az ember és az időjárás kapcsolatát elemző háromrészes sorozatom első részében az időjárás és az éghajlat társadalmi hatását vizsgáltam. Történelmi példákkal igazoltam az időjárás és az éghajlat társadalmat befolyásoló hatását. Bemutattam, hogy a természeti katasztrófák majdnem 90 százaléka időjárási, éghajlati eredetű, valamint hogy a mai kor fejlett ipari és informatikai társadalmi egyre érzékenyebbé válnak a külső, természeti hatásokra, így az időjárási eredetű hatásokra is. Ez a tény egyértelműen kimutatható a viszontbiztosítók adataiból is. Arra is utaltam, hogy a Meteorológiai Világszervezet és több ország közgazdasági tanulmányokban mutatta ki a meteorológiai fejlesztések hatását az időjárási károk csökkentésében, és azt az eredményt kapták, hogy minden befektetett forint hat-tízszerez megtakarítást eredményez az elmaradt károkozásban. Ebben az írásban azt fejtem ki, hogyan tud segíteni a meteorológia a megelőzésben, a károk mérséklésében.

## Az időjárás-előrejelzések célcsoportjai és fajtái

A meteorológia egyik fő feladata az, hogy olyan előrejelzéseket, veszélyjelzéseket szolgáltatson, amik mind a mindennapi életben, mind a katasztrófa helyzetekben hozzájárulnak a lakosság életminőségének javításához. Kik az időjárási és az éghajlati szolgáltatások felhasználói?

– Az általános értelemben vett lakosság, széles skálán mozgó igényekkel és érdekekkel;

– a gazdasági élet szereplői (energiaipar, közlekedés, mezőgazdaság, építőipar stb.);

– a média szereplői (időjárás-jelentők, riporterek, szerkesztők);

– a vízgazdálkodás, árvízvédelem;

– a katasztrófavédelmi szervek;

– a kormányzati hivatalok.

A sokféle igény, követelmény kielégítése különböző idő- és térbeli felbontású és különböző tartalmú előrejelzésekkel történik.

Az időskálát figyelembe véve az alábbi előrejelzések készülnek:

Figyelmeztető, riasztó előrejelzések a várható veszélyes időjárási esemény előtt egy-két órával (erős, viharos szél, zivatar, felhőszakadás stb.);

– ultrarövidtávú (1–12 óra) előrejelzések (balatoni viharjelzés, repülésmeteorológiai prognózisok);

– rövid távra (1–2 nap), illetve közep-távra (3–10 nap) készülő általános (országos) és cél- (kisebb térségre vonatkozó, feladatorientált) előrejelzések;

– hosszú távú (1–6 hónap) előrejelzések.

A különböző előrejelzések készítésénél az aktuális mérési, megfigyelési adatokat és a numerikusan előre jelzett információkat más-más súllyal használja az előrejelző. A kiindulási időponttól kezdve a mérések, megfigyelések szerepe rohamosan csökken, a numerikus előrejelzések súlya pedig egyre nő.

A típus alapján megkülönböztetünk konkrét számértékeket, intervallumokat tartalmazó ún. determinisztikus előrejelzéseket, valamint az időjárási helyzetben, az előrejelezhetőségben rejlő bizonytalanságot is tartalmazó ún. valószínűségi előrejelzéseket. Erről a későbbiekben még szó lesz.

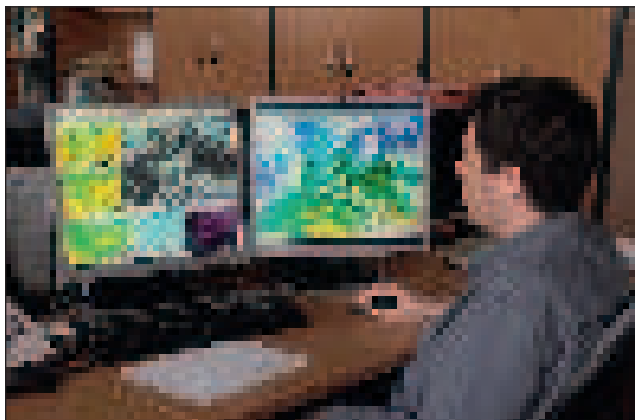
A formát tekintve készülhetnek szöveges, táblázatos, térképes, piktogramos előrejelzések a felhasználási igénynek megfelelően.

## Az időjárás-előrejelzés folyamata

Az operatív előrejelzési tevékenység folyamata gyakorlatilag évtizedek óta változatlan, és az alábbi lépésekkel írható le:

Az előrejelző folyamatosan nyomon követi az időjárási helyzet alakulását, *analízist* készít. Ehhez felhasználja a földfelszíni és magaslégtéri állomások mérési eredményeit, a rendelkezésre álló intenzív mérési technikák (radar, műhold, villámlokalisáció) adatait. Meghatározza a nyomásrendszerek helyzetét, fejlődését, kielemezi a frontok és konvergenciavonalak helyét. Egyszóval igyekszik a lehető legpontosabb képet kapni az időjárási helyzet aktuális állapotáról.

Áttekinti a rendelkezésre álló *előrejelzési modellek* által adott jövőképet. Mivel Ma-



1. ábra. Munkában az előrejelző

gyarország 1994 óta társult tagja az Európai Középtávú Előrejelzési Központnak (ECMWF), így az Országos Meteorológiai Szolgálatnál első számú globális modellként az ECMWF modellt használjuk. Kiegészítő információként naponta feldolgozzák a német, angol és amerikai modelleket is. A globális modellek mellett rövid távra az OMSZ saját számítógépén futtatott nagy felbontású korlátos tartományú modellt, az ALADIN áll az előrejelzők rendelkezésére. A nowcasting és ultrarövid távú előrejelző rendszer alapja pedig a nemhidrosztatikus AROME és WRF modell (1. ábra). A számszerű modellezés elvéről és a fő modell típusokról a cikk további részében található információ.

Az előző pontban említett modellek eredményeit az előrejelző kiértékeli, ösz-



2. ábra. A Globális Megfigyelő Rendszer elemei

sze hasonlítja. Az előrejelzési folyamatnak ez a legnehezebb, legkényesebb része, hiszen a modellek egymástól – az időjárás helyzet előrejelezhetőségétől függően – kismértékben vagy akár jelentősen is eltérnek. Az előrejelző tapasztalata és a modellek összehasonlítása alapján *szubjektív döntéssel* határozza meg az időjárás leginkább valószínűsíthető alakulását, általában 7–10 napra előre.

Az alábbiakban a fent vázolt folyamat elemeit ismertetem részletesen.

### Mérések, megfigyelések

A Meteorológiai Világszervezet keretében, az Időjárás Világszolgálat (WWW) szervezésében a Föld egészére kiterjedő légköri megfigyelőrendszer működik. Ez a Globális Megfigyelőrendszer (GOS). A megfigyeléseket két nagy csoportba sorolhatjuk. Az egyik a földfelszínhez kötődik, a másik pedig a mesterséges holdakhoz.

A földbázisú megfigyelőrendszerhez a megfigyelőhálózat alábbi alapvető elemei tartoznak:

Földfelszíni megfigyelések: az automata vagy szakemberrel ellátott észlelőállomásokon a légnyomást, a levegő hőmérsékletét, páratartalmát, a szél sebességét, irányát, a csapadékot, a felhőzetet, a látástávolságot és a napfénytartamot mérik, észlelik, de számos állomáson kiegészítő mérések is folynak. Az időjárás analízis és az előrejelzés alapfeltétele, hogy a méréseket a föld minden állomásán szabályos időközönként, egységesen, ugyanabban az időpontban végezzék el (szinoptikus mérések). Az adatok csak így válhatnak összehasonlíthatóvá, elemzésekhez, modellek bemenő adataiként használhatóvá.

Rádiószondák, repülőgépek: közös jellemzőjük, hogy a műszerek a földről indulva, a magaslégkör állapotát mérik. Segítség-

gükkel a légkör függőleges állapotváltozására kapunk alapvető információkat.

Radarmérések, villámdektektorok: Az ún. intenzív mérési technikák közül az időjárás radarok a felhőből kihulló csapadék intenzitását mérik, de a korszerű Doppler-radarok a szél meghatározására is alkal-

masak. Mind az időjárás radarhálózatoknak, mind a villámtevékenységet detektáló villámlokalizációs hálózatoknak nagy szerepük van a veszélyes időjárás jelenségek (heves zivatarok, felhőszakadások) felderítésében és előrejelzésében.

Az űrbázisú megfigyelőrendszert kvázipoláris és geostacionárius meteorológiai műholdak alkotják. A műholdak által külféle sugárzási tartományokban (láttható, infravörös, vízgőz) készített képek és különféle feldolgozások a Föld egészére nézve pontos áttekintést adnak az időjárás aktuális állapotáról, ugyanakkor kiválóan hasznosíthatók az időjárás veszélyjelzések készítésénél is.

A Globális Megfigyelő Rendszer sematikus rajzát mutatja a 2. ábra.

### Adatgyűjtés, továbbítás

Köztudott, hogy az időjárás nem ismer határokat. Ahhoz, hogy az időjárás helyzettel és annak várható alakulásával tisztában legyünk, nemcsak a szűkebb környezetünk, hanem – a feladattól függően – az egész kontinens vagy akár az egész Föld megfigyelési adataira is szükség van. Az egyes országok közötti meteorológiai adatcserét szintén a WMO koordinálja a Globális Távközlési Rendszerén (GTS) keresztül. Az adatok egyrészt az azokat felhasználó többi ország Nemzeti Meteorológiai Szolgálatához ke-

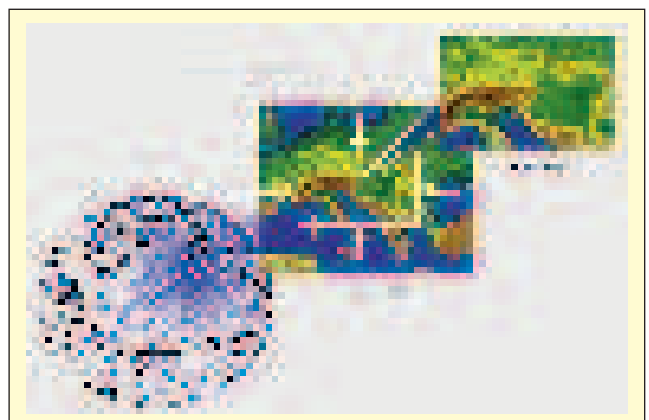
rülnek, ahol az előrejelző központokban feldolgozzák, analizálják azokat, másrészt az időjárás modellezőközpontokba jutnak el, ahol a globális modellek bemenő adatait képezik.

A Meteorológiai Világszervezet nagy jelentőségű terve a nemcsak a WMO, hanem minden egyéb, meteorológiai információt előállító, azzal dolgozó szervezet megfigyelési rendszereinek, adatbázisainak, információs rendszereinek egységesítése. A tervek szerint 2016–2019 között működésbe lépő egységesített megfigyelési és informatikai rendszerekből a felhasználók a Föld bármely pontjáról folyamatosan frissített, minőség-ellenőrzött információkhoz juthatnak majd.

### Előrejelzés

Noha Neumann János és társai már 1952-ben tettek kísérletet numerikus időjárás előrejelző modell futtatására az ENIAC nevű számítógépen, az 1980-as évek elejéig jobbra a tendencia módszert használták az időjárás folyamatok prognosztizálására. A tendencia módszer a nemzetközi adatcserében összegyűjtött időjárás adatokat kielemező időjárás térképek használatát jelenti. Az előrejelző a térképen kielemezte a légköri objektumokat, frontokat, felhő- és csapadékrendszereket, majd ezek mozgását, változását követve lehetett következtetéseket levonni a közeljövő (maximum 1–2 nap) időjárás változásaival kapcsolatban.

Manapság az előrejelzésben a különféle numerikus modelleket használják. Azt az elképzelést, hogy elméletileg lehetséges az idő-



3. ábra. Az időjárás modellek típusai

járás előrejelzése a légköri folyamatokat leíró fizikai törvények szigorú alkalmazása alapján, a XX. század elején, 1911-ben vetette fel elsőként egy norvég meteorológus, Vilhelm

Bjerknes. Ezek az egyenletek olyan alapvető törvények figyelembevételével írhatók fel, mint a Newton-féle mozgástörvények, az energia és anyag megmaradása vagy a gáztörvény. Az e törvények által leírható rendszer – jelen esetben a légköri folyamatok rendszere – determinisztikus. Ez azt jelenti, hogy ha ismerjük a rendszer állapotát egy adott pillanatban, akkor az matematikai egyenleteken keresztül meghatározható a rendszer jövőjét. Így, mivel a rendszeres mérések, megfigyelések által ismerjük a légkör kiindulási állapotát, elméletileg meghatározható a légkör jövőbeni állapota is. A gyakorlatban azonban a probléma ennél sokkal bonyolultabb, a pontos előrejelzések készítésének sokféle akadálya van. A fő okai a következők:

Az első ok mérési hibákra és a mérések szabálytalan elhelyezkedésére vezethető vissza. Bár rendszeresen mérünk, mégsem ismerhetjük a teljes légkör pillanatnyi állapotát, ahhoz a Föld minden pontján mérni kellene. Az előrejelzés sikeréhez kiemelkedő fontosságú a nagyszámú, jó minőségű (felszíni, magaslégtörzi, műholdas stb.) mérési, megfigyelési adat használata. Ezek az adatok azonban kisebb-nagyobb hibával terhelték, ezért a hibaforrások megbízható kezelésére is szükség van. A numerikus modellek szabályos, háromdimenziós rács-hálózat pontjaiban állítják elő az előrejelzéseket, míg a megfigyelési információk a térben szabálytalanul helyezkednek el. A két hálózat között interpolációra van szükség, amely szintén hibaforrás lehet.

Probléma az is, hogy a légköri folyamatok kaotikus jellegéből adódó bizonytalanságok egyes jelenségek előrejelezhetetlenségét eredményezik.

Harmadrészt, az alkalmazott numerikus modellek „tökéletlensége”, valamint a modellekben szükségszerűen használt közelítő megoldások miatt sem készíthető tökéletes előrejelzés. A légköri folyamatok numerikus modellben való leírása a fent említett, fizikából ismert törvényszerűségek alapján valósítható meg. A bonyolult fizikai kölcsönhatások azonban nem írhatók le abszolút korrekt módon, és az egyenletek megoldása során is közelítő módszereket kell alkalmaznunk.

Ezekre a problémákra megoldást jelenthet a bizonytalanság objektív előrejelzésének lehetőségét megteremtő ún. együttes előrejelzési módszere, amit a francia eredetű szót használva legtöbbször ensemble prognosztika néven emlegetünk. Ennek lényege az, hogy szimulálják a kezdeti (analízis-) hibákat, és ezáltal módosít-

ják a kezdeti mezőket. Ha a módosítások után az egyes futtatások között az eltérések többé-kevésbé kicsik maradnak, nagy az előrejelzés megbízhatósága, ha ugyanakkor az eltérések nagyok (vagyis az eredmények teljesen szétartóvóvá válnak), akkor az előrejelzés kevésbé megbízható. A Középtávú Időjárás-előrejelzések Európai Központjában (ECMWF) 20 évvel ezelőtt készült el az első operatív valószínűségi (ensemble) előrejelzés. Napjainkban napon-ta kétszer 51 eltérő kezdeti állapotról indított 15 napos időtartamú előrejelzés készül. Emellett hetente kétszer 32 napos, valamint havonta egyszer évszakos valószínűségi modell fut.

Bármilyen technikát is használunk, tudnunk kell, hogy az előrejelzéseink sosem lesznek tökéletesek, 100%-os megbízhatóságúak. Alapvető tény, hogy az időben előrehaladva az előrejelzések bizonytalansága nő, de hogy mennyire lesz pontos egy előrejelzés, azt alapvetően a légkör aktuális állapota (előrejelezhetősége) is meghatározza. Jelen ismereteink alapján a fent leírt módszeren alapuló numerikus előrejelzések 10–14 napon túl már nem használhatók. Természetesen vannak hosszabb távú, numerikus modelleken alapuló előrejelzések is (havi, évszakos előrejelzések), de ezek egyrészt már a légkör és az óceán kölcsönhatását is figyelembe veszik, másrészt pe-

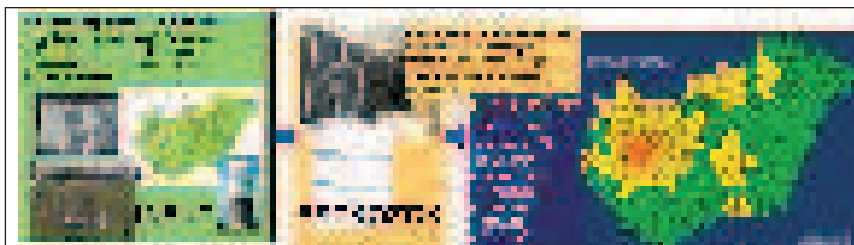
e rács pontjaiban jelezzük előre. Az egyes modellek azonban mind e térbeli rács sűrűségében, mind az integrálási idő hosszában és felbontásában, mint pedig az alkalmazott módszertani közelítések tekintetében különböznek egymástól.

A modellek egyik csoportját a globális modellek alkotják. Ezek a modellek az egész Földre készítik előrejelzést. Az előrejelzési időtartam általában 10 nap, a ráctávolság, ahova az előrejelzések készülnek, modellenként változik, 15–25 km között van. Ezek a modellek a nagytérségű (szinoptikus skálájú) időjárási folyamatok előrejelzésére alkalmasak. Megfelelő pontossággal írják le egy-egy régió (pl. atlanti-európai térség) alapvető időjárási jellemzőit (frontok átvonulását vagy ciklonok keletkezését, csapadékrendszerek elhelyezkedését), kevésbé pontosan jellemzik azonban a kisebb térségek (pl. Kárpát-medence) egyes vidékeinek időjárását. Globális modellek futtatására csak nagy meteorológiai központok képesek, a feladat nagy számításiigénye miatt. Az Országos Meteorológiai Szolgálat előrejelzéseiben alapvetően használt globális modell az Európai Középtávú Előrejelző Központ (ECMWF) modellje.

A korlátos tartományú modellek egy kisebb területre készítik előrejelzést, 1–3 napra előre. Ezeket a modelleket már nagyobb tér- és időbeli felbontás jellemzi (6–8 km és 1–3 óra). Jellemző, hogy a modellek a kezdeti adatokat a globális modellek előrejelzéseiből kapják, majd ezen előrejelzések „finomítására” kerül sor úgy, hogy a modell már

egy-egy kisebb térségben (pl. a Kárpát-medencében) lezajló mezoskálájú időjárási folyamatok előrejelzésére is képes, kielégítve ezzel az ultrarövid- és rövid távú előrejelzési igényeket. A nálunk használt korlátos tartományú modell az ALADIN modell.

A lokális modellek kis térségű vagy lokális időjárási események előrejelzésére használt speciális modellek. Túl azon, hogy ezek a modellek alapvetően támaszkodnak a helyi mérési adatokra, a modellek fizikáját tekintve is más megközelítést alkalmaznak (nem hidrosztatikus modell), amely lehetővé teszi a konvektív (zivataros) helyzetek jobb előrejelzését. A modellek általában nagy tér- és időbeli felbontásban (2x2 km és 1 óra) 24–36 óra előre számolják ki a várható időjárási paramétereket. E célra használt modellek az AROME és a WRF modell. A modellek hierarchiája a 3. ábrán látható.



4. ábra. Az OMSZ által működtetett hivatalos riasztási rendszer sémája

dig nem konkrét légköri állapotokat, hanem inkább átlagokat, tendenciákat határoznak meg.

A légköri folyamatok előrejelzésében két fő feladat áll a meteorológusok előtt. Az egyik cél az, hogy minél hosszabb időtávra tudjunk időjárási előrejelzéseket készíteni. Ezen a fronton napjainkra már oda jutottunk, hogy 7 napra előre olyan pontossággal készülnek időjárás-előrejelzések országrésznyi területekre, mint 20 évvel ezelőtt 36 órára. A másik célkitűzés, hogy egy adott pontra egészen pontosan meg tudjuk mondani, hogy a következő egy-két órában lesz-e valamilyen veszedelmes időjárási jelenség, és az pontosan hogyan fog lezajlani. Ez utóbbi az ultrarövidtávú előrejelzés, a viharjelzés, idegen szóval a nowcasting feladata.

A különféle feladatokhoz különféle modelleket használ a meteorológia. Mindegyik modell közös jellemzője, hogy az előrejelzési tartományt egy háromdimenziós térbeli ráccsal fedjük le, és a meteorológiai paramétereket is



A modelleredményekből ún. utófeldolgozási módszerekkel lehet a társadalom, a nagyközönség által igényelt produktumokat, szolgáltatásokat előállítani.

### A veszélyjelzés

Az időjárási veszélyjelzés a meteorológia élet- és vagyonvédelmi célú, kiemelkedő fontosságú feladata, egyben a legnagyobb szakmai kihívás. A közelmúltig jobbra csak az időjárási események folyamatos figyelését és a veszélyek előrejelzésének korlátozott lehetőségét jelentette. A technika és a numerikus modellezés fejlődésének köszönhetően az utóbbi években, ahogy az európai nemzeti meteorológiai szolgálatok többsége, úgy az Országos Meteorológiai Szolgálat is jelentős fejlesztéseket hajtott végre a veszélyes időjárási folyamatok ultrarövidtávú előrejelzéséhez szükséges úgynevezett intenzív megfigyelések, meteorológiai távérzékelési megfigyelőrendszerek, valamint az ultrarövidtávú előrejelzések módszertanának területén.

Az időjárási veszélyjelzés két pilléren épül. Az első a nagy tér- és időbeli felbontású megfigyelő- és mérőhálózat és az innen származó adatokat feldolgozó rendszer. A másik pillért a légköri jelenségek fizikai leírásán alapuló számítógépes előrejelzések alkotják. Magyarország hivatalos időjárási veszélyjelző és riasztórendszere az Országos Meteorológiai Szolgálat mérő- és megfigyelőrendszerében keletkezett adatokra, az ECMWF globális és a WRF lokális modellekre, valamint egy saját fejlesztésű analízisrendszerre (MEANDER) épül. A hatlépcsős folyamatban sor kerül a globális modell eredményeinek térbeli és időbeli finomítására ún. leskálázással, a helyi földfelszín és távérzékelési mérési adatok integrálására, az aktuális (analízis), valamint a közeljövő rácsponti időképeinek algoritmus szintű meghatározására, a riasztások automatikus előállítására, valamint a veszélyjelző meteorológus által történő elfogadására vagy esetleges felülbírálatára, a hivatalos riasztások kiadására. A riasztások készítésének folyamatát a 4. ábra szemlélteti.

### A veszélyjelző rendszer és a szolgáltatott információk

Magyarország OMSZ által működtetett hivatalos veszélyjelzési rendszerében a veszélyjelzések kiadása két lépcsőben valósul meg. Első lépcsőben egy, az adott napra, valamint a következő napra szóló, szöveges és térképes formában is megjelenő figyelmeztető előrejelzés készül megyékre

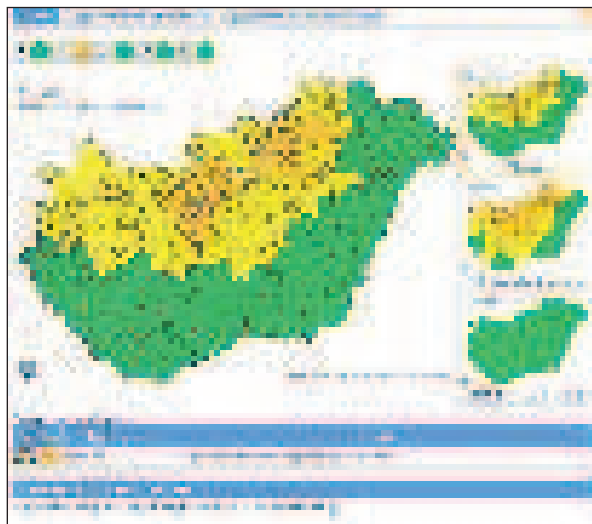
történő bontásban. Ebben az előrejelzésben a legvalószínűbb veszélyes időjárási események várt térbeli és időbeli alakulásának leírását találhatjuk meg. Második lépcsőben, amikor a veszélyjelző meteorológus (a mérések, megfigyelések, modellek előrejelzései alapján) meggyőződik arról, hogy az időjárási feltételek adottak a veszélyes időjárási események előfordulásához, akkor a bekövetkezés előtt általában 0,5–3 órával kiadja a kistérségekre bontott, térképes formában megjelenő riasztást. A veszélyes időjárási esemény típusától, illetve az időjárási helyzettől függ, hogy már közvetlenül a veszélyes időjárási esemény kialakulása előtt pár órával vagy éppen csak a veszélyes időjárási esemény kialakulásának felismerésekor történik-e a riasztás.

Figyelmeztető előrejelzést és riasztást heves zivatar, felhőszakadás, széllokés, ónos eső, hófúvás esetén adnak ki. De ezek mellett egyéb veszélyt hordozó jelenségekre is figyelmeztet a rendszer, amelyekhez riasztás már nem kapcsolódik. Ezek a nagy mennyiségű esőre vagy óra vonatkozó figyelmeztetések, valamint a hőség, extrém hideg, továbbá a tartós sűrű köd és a talaj menti fagy előfordulásának lehetőségére vonatkozó figyelemfelhívások.

A figyelmeztetések és a riasztások során három veszélyességi szintet különböztet meg a rendszer. Ha nem várható a meghatározott kritériumoknak megfelelő veszélyes jelenség, az adott terület zöld színnel jelenik meg. Az első (sárga) veszélyességi szint kategóriába sorolódnak azok az időjárási események, amelyek nem szokatlanok, de potenciális veszélyt jelenthetnek, ezért tanácsos elővigyázatosnak, óvatosnak lenni, főként az időjárási hatásoknak jobban kitett tevékenységek során. A második (narancs) szint jelöli azokat a veszélyt hordozó időjárási jelenségeket, amelyek káreseményekhez vezethetnek, vagy akár személyi sérülést, balesetet is okozhatnak. A harmadik (piros) szintet komoly károkat okozó, sok esetben emberi életet is fenyegető időjárási jelenségek esetén adják ki, amelyek rendszerint kiterjedt területeket érintenek. A veszélyjelzés e legmagasabb szintjére már csak a meglehetősen ritkán előforduló események kerülnek.

Bármilyen szint is látunk a térképen, fontos, hogy érvényben lévő veszélyjelzés esetén legyünk figyelemmel értékeinkre és saját biztonságunkra. Kísérjük figyelemmel a legfrissebb meteorológiai információkat, hiszen az időjárási helyzet gyorsan változhat, akár súlyosbodhat is. Az időjárási veszélyjelzésekkel az OMSZ honlapján az alábbi formában találkozhat a nagyközönség (5. ábra).

Az eddig leírtakból látható, hogy az időjárás-előrejelzés tudománya hatalmas fejlődésen ment keresztül, melynek eredményeként ma már a meteorológia a lokális időjárási veszélyhelyzetek egyre pontosabb behatárolására is képes. Az időjárási előrejelzésekben, veszélyjelzésekben rejlő információk használata, helyes értelmezése életet védhet, növeli az emberek és vagyontárgyaik biztonságát, vagy



5. ábra. Az időjárási veszélyjelzések megjelenítése az OMSZ honlapján

egyszerűen csak hozzájárul mindennapi feladataink hatékonyabb elvégzéséhez, vagy szabadidőnk kellemesebb eltöltéséhez. Hogy hogyan lehet ezeket az információkat hatékonyan alkalmazni a mindennapi életben és a döntéshozatalban, és milyen problémák merülnek fel a helyes alkalmazással kapcsolatban, azt a cikksorozat harmadik részében fejtem ki.

### Irodalom

- Horányi András, Ihász István, Radnóti Gábor (1998): Az időjárás számszerű előrejelzése *Természet Világa-különszám*, 129. évf., 1998, pp. 39-43
- OMSZ: *Az OMSZ veszélyjelző rendszere* – Elérhető: <http://www.met.hu>
- WMO, 2006: *Guidelines on Public Weather Services Strategy for Developing Public Education and Outreach (WMO/TD-No. 1354)* – Elérhető: <http://www.wmo.int/pws>



VASAS GIZELLA – LOCSMÁNDI CSABA

# Bepillantás a Gömör–Tornai-karszt gombavilágába

„Ha a térképen összeszorítják is Magyarországnak határait,  
Magyarország igazi határai addig fognak nyúlni,  
ahol igaz magyar lelkek laknak.”

Gróf Apponyi Albert

A Gömör–Tornai-karszt a Kárpát-medence egyik legjelentősebb mészkővonulata, melynek nagy része a történelmi Gömör és Torna vármegye területén található. Északról a Gömör–Szepesi-érchegység, délről az Északi-középhegység határolja. Az országhatártól délre eső részét Aggteleki-karsztnak, míg az attól északra eső, felvidéki, többségében magyarok lakta részét Szlovák-karsztnak hívják. A karszterület geológiai, tájféldrajzi, faunisztikai, florisztikai és mikológiai szempontból is szerves egység. A vidék déli területeit magában foglaló Aggteleki Nemzeti Parkot 1985-ben elsősorban a térség földfelszíni és föld alatti geológiai értékeinek megóvása érdekében hozták létre. Az UNESCO Világörökség-bizottsága 1995-ös berlini ülésén a Gömör–Tornai-karszt barlangvilágát a Világörökség részévé nyilvánította. A karszt északi, felvidéki része 2002 óta nemzeti park.

A hatalmas karszterületet a természet erői nagyon változatos formákra alakították. A látványos, nagy kiterjedésű karsztos fennsíkakat szurdokvölgyek szabdalják, és a vidéket töbrök teszik még változatosabbá. Ezeknek a jellegzetesen tálszerűen bemélyedő, oldódással létrejött felszíni karsztformáknak a kiterjedése néhány métertől több száz méterig terjedhet. A kopár hegyoldalokon a felszínre került kőzeteken a repedésekben beszivárgó csapadékvíz barázdákat, karokat alakít ki, melyek összességét karmezzőnek nevezzük. A népnyelv ezeket a képződményeket találóan ördög-szántásnak hívja. A Gömör–Tornai-karszt jellegzetes erdőtüskés erdői a gyertyános-tölgyesek, az északi hegyoldalokon elszórtan extrazonális bükkösök, a déli lejtőkön molyhos-tölgyes karsztbokor-erdők találhatóak, de kisebb kiterjedésű, megjelenésükben a Kárpátok magasabb régióinak hangulatát idéző lucfenyvesek is előfordulnak.



Aranyos galambgomba (*Russula aurea*)



Bársonyos réteggomba  
(*Stereum subtomentosum*)



Májgomba (*Fistulina hepatica*)

## Előzmények

Az 1987-től 1992-ig terjedő időszakban, a Természettudományi Múzeum munkatársaként részt vettünk az Aggteleki Nemzeti Park élővilágát tanulmányozó kutatási programban. Ennek keretében alaposan megismertük a régió gombavilágát, és nagyon szívünkhöz nőtt a terület. Ezért is örültünk a lehetőségnek, hogy 2008 és 2010 között gombafloisztikai felméréseket végezhetünk az EDIT (European Distributed Institute of Taxonomy) támogatásával, immáron a karszt felvidéki részén, ami teljesen ismeretlen volt a számunkra.

A projekt célja az volt, hogy komplex botanikai, zoológiai és mikológiai vizsgálatokkal feltárja a vidék különleges élővilágát, ezért – főleg az erősen karsztosodó zónákban – 10 mintaterületet jelöltek ki a kutatók számára. Az első terepbejárásaink alkalmával azonban bebizonyosodott, hogy e területeket a gombák többnyire nem kedvelik, részben kitettségük, részben a talaj magasabb pH-értéke miatt. Mindazonáltal a könnyebb megközelíthetőség végett a mintaterületek közelében kerestünk megfelelő szálláshelyet. Így bukkantunk a Torna völgyében megbúvó, az Alsó-hegy és a Szilicei-fennsík által közrefogott kedves, színmagyar felvidéki falucsukára, Jabloncára, és innen indultunk felfedezni a környéket. Nemcsak a gombákat, hanem az itt élő embereket és történelmi emlékeket, nevezetességeket is meg akartuk ismerni.

## Bontják az Alsó-hegyet

A 27-es főúton, Tomanádaskát elhagyva, az Alsó-hegyet keletről megkerülve értük el Szádudvarnokot és az 50-es felvidéki útvonalat, melyen Rozsnyó irányába kell haladni, majd Szádalmásnál elkanyarodni balra, Jablonca felé. Valahányszor elmentünk az

Alsó-hegy mellett, mindig kellemetlen látványt nyújtott az Aggteleki Nemzeti Park közvetlen szomszédságában működő, már felvidéki területen található, külszíni fejtésű kőbánya. Hangulatunkat csak tovább rontotta, hogy a hegyet megkerülve, az északi oldalon, Méhész felett is hasonló „káprázatban” lehet részünk.

### A zamatos almák hazája

Szádalmás után, Jablonca felé közeledve, a keskeny aszfaltút mindkét oldalát kivénhedt almafák szegélyezik. A gyümölcsstermesztés és a kereskedelem évszázadokon át fő megélhetési forrása volt a Torna-völgyi embereknek. Erről tanúskodnak a helyi településnevek is, melyről Fényes Elek, a magyar honismereti tudomány egyik alapítója 1837-ben így ír: „Gyümölcsben felette gazdag ezen kis megye. Almás, Jabloncza, Körtvélyes hihetőleg neveiket is innen költsönözték.” Az itt élők a megtermelt gyümölcsöket főleg a Szepességbe és a közeli német ajkú bányavárosokba szállították. A gyümölcsstermesztés egészen a XX. század közepéig meghatározó ágazat volt ezen a területen. A helyiek még most is készítenek az almából lekvárt, ivólevet, Jabloncán meg is kínáltak bennünket üdítő, frissen készült almával. Sajnos, újabb ültetvényeket, almáskerteket nem láttunk a környéken.



Felújított tornácos parasztház Jabloncán

### A helybeliek segítenek

Bár a Gömör–Tornai-karszt alapvetően meszes talajú terület, többféle közettípus is előfordul itt (vízzáró kőzetek, jól vagy gyengén karsztosodó kőzetek stb.), melyek felszínre kerülve eltérő módon befolyásolják a talaj kémhatását. Egyes kőzeteknek, például a homokkőnek a felszíni megjelenése a legtöbb talajlakó gomba számára előnyösen tolja el, csökkenti a talaj pH-ját. Ezenkívül a szerves anyagok biológiai lebontása is befolyásolhatja

a talaj savanyúságát (közismert pl. a fenyvesek avarjának talajsavanyító hatása). Csapadékos időjárás esetén a kisebb-nagyobb kisanvanyodott foltokban bőséges a gombatermés.

A tudományos szempontból feltáratlan területek gombavilágának megismerésével kapcsolatos korábbi tapasztalataink azt mutatták, hogy hiába vagyunk felvértezve tengernyi szakirodalommal, ismeretlen helyen az első és legfontosabb igazodási pont mindig a helyi italmérés, vagyis a falu kocsmája. No, nem azért, hogy asztal alá igyuk a helybelieket (úgysem fog sikerülni), hanem azért, mert eleddig mindig találtunk ott segítőkész embereket, akik a tudomány hívó szavának eleget téve, készségesen elmagyarázták, vagy megmutatták (!), hogyan juthatunk el a környék legjobb gombatermő területeire.

Jabloncán a jó gombatermő területek felderítésével viszonylag könnyű dolgunk volt, mert a kocsmái tudakozódáson túl jabloncai házigazdáink is segítségünkre voltak. Bár nem tudták mire vélni, hogy az ehető fajokon kívül más gombát is gyűjtünk, amikor elmagyaráztuk nekik, hogy a karsztterületen számos ritka élőlénycsoport is található, és ezek dokumentálása a terület értékét növeli, hírnevét öregbíti, látszott rajtuk a büszkeség, hogy egy tudományos felmérésben segídezhetnek. Abban ugyan nem vagyunk biztosak, hogy a biológiai sokféleség fontosságáról és a fajgazdagság értékéről elhangzott fejtegetésünk meghatotta volna őket, de az biztos, hogy érezhetően megeredt a nyelvük. Elbüszkélkedtek például azzal, hogy Jablonca és környéke az alman kívül a gombáiról is messzi földön híres. Hogy Rozsnyóról, Gombaszögről, Pelsőcéről, de még Kassáról is járnak ide gombát gyűjteni, és hogy az egyik hegyet Gombás-hegyként is emlegetik a helybeliek, mert annyi ott a gomba, sőt évente gombakirályt is választanak maguk közül.

### A vadregényes tornagörgői bükkösök

Az 50-es főútvonalról már messziről megpillanthatjuk a csillogó víztükrű Görgői-halastavakat, mely egyben a Tornai-medence legmélyebb pontja. Balra letérve viszony-



Jabloncai látkép (Locsmándi Csaba felvételei)

lag jó minőségű földúton érjük el az Alsó-hegy északi lejtőjét, ahol vadregényes bükkös táru a szemünk elé. Ez a terület meszes talajú, így sok talajlakó gombára nem számíthatunk, ellenben a meredek emelkedőn felkapaszkodva, tucatjával láttunk kidőlt, elhalt bükkfákat, melyek kitűnő tápanyagforrást biztosítanak a fán élő, korhadékbonító gombafajoknak. Gyakran tömegesen jöttek elő a különböző taplófajok, így a szürkés felületű bükkfatapló (*Fomes fomentarius*), a fehéres színű púpos egyréttűtapló (*Trametes gibbosa*). Egy kidőlt bükkfatörzsön több mint száz termőtestet számoltunk meg! Egy másik fán a sárgálló borostás réteggomba (*Stereum hirsutum*) hosszan kigyózó termőtesteit hívták fel magukra a figyelmet. Még ehető gombákat is találtunk a korhadó famaradványokon, a világos színű nyári laskagomba (*Pleurotus pulmonarius*) termőtestcsoportjait örömmel kaptuk lencesevégre, de megjelentek a gyógyhatású (véralvadásgátló) rezgő, remegő júdásfüle gomba (*Auricularia auricula-judae*) termőteste is. A bükkfák alatt már messziről felerlett egy ritka pöfetegefőle, a cafatos pöfetege (*Lycoperdon mammiforme*), melynek felületét könnyen leváló csillagszerű cafatok tarkítják. Nem messze tőle, a nyálkás felületű, sárgán foltos kalapú és tönkű sárgapelyhű csigagomba (*Hygrophorus chrysodon*) termőtestcsoportjai bújtak elő az avarszőnyegből. A területen bőven találtunk fokhagymaszagot árasztó, sötétönkű fokhagymagombát (*Marasmius alliaceus*) is, amely a bükkösök jellegzetes szaprotróf gombafaja, akárcsak a szárazabb időszakokban is előfor-

duló nyálkaskalapú gyökeresfűlőke (*Xerula radicata*). A korhadó bükkfák nemcsak a farentó gombafajok élőhelyei, hanem rovarkéi is. Külön örömkre szolgált, hogy egy színpompás havasi cincért (*Rosalia alpina*) is megpillanthattunk, amely meglátva a közeledő fotóst mozdulatlanúságba dermedt, s így sikerült fényképen megörökíteni.

A hegy aljában néhány idős, tekintélyes méretű tölgy is színesítette a bükkös amúgy egyöntetű faállományát, és egyben a hozzá kapcsolódó gombafajok is megjelentek rajta. Egy ilyen öreg tölgyfa kérgén pillantottunk meg egy ritka, különleges gombát, a könnyező rozsdástaplót (*Pseudoinonotus dryadeus*), melynek fiatalon sárgás, nemezes felületű termőteste borostyánszerű cseppeket izzad ki. Idősen ezek a cseppek beszáradnak és barnán foltos bemélyedéseket hagynak maguk után.

### Gombák Jablonca környékéről

2010 nyarán jabloncai házigazdánk útmutatása alapján gazdag gombaszákmány reményében indultunk útnak. A falut gyalogosan Szilice felé elhagyva, az erdészlak után ka-



Nyálkás gyökeresfűlőke (*Xerula radicata*)

nyarodtunk el és vettük nyakunkba a hegyet. A terep azonban nem volt könnyű, nagyon hirtelen emelkedett, tetejébe a pár napja lezúduló esővíz erősen alámosta az utat, és nagy köveket görgetett lefelé. A nehéz terep hátráltatta ugyan az előrehaladást, de nem adtuk fel, és hamarosan siker koronázta erőfeszítésünket. Már az útszéli mohapárnákban is katonásan sorakoztak a sötét érdestinóru (*Leccinum pseudoscabrum*) göröngyös kalapú, feketén pikkelyes tönkű, szürkülő húsú termőestei. Itt több gombát találtunk, mint eddig bárhol,

sőt bevetve magunkat az erdő sűrűjébe, egy mesevilágba csöppentünk. Az erdő alja telis-tele volt szebbnél szebb gombákkal, egymás mellett nőttek a fiatalabb és idősebb termőestek, így végre alkalmunk volt egy-egy faj változatosságát is tanulmányozni. Nyár lévén, elsősorban a színpompás galambgombafajok voltak többségben. Számunkra a legnagyobb élményt az aranyos galambgombák (*Russula aurea*) jelentették, hiszen ebből a viszonylag ritka gombafajból itt rengeteg példány kalapszínének nagyfokú változatosságát csodálhattuk meg, az aransárgától az élénkpirosig. A gomba sárgás lemezeinek éle vakító sárgán kihúzott, és még a fehérös tönkjén is gyakran aransárga árnyalatot figyelhetünk meg. Szorgalmasan gyűjtöttük a termőesteket, és GPS-koordinátákat is vettünk fel a gombák lelőhelyének pontos azonosíthatósága érdekében. Természetesen meg kellett örökíteni az utókor számára is ezt a csodás látványt az erdőben, ezért a gombafényképezés sem maradhatott el. Több, hatalmas méretűre megnövő, száz évnél is idősebb, tekintélyes bükkfa mellett mentünk el, amely alatt gyökérkapcsolt, vörös tönkű galambgombák (*Russula olivacea*) sorakoztak. A faj borvörösös, néha olívdzöldes kalapja nagyon jellegzetes, szemcsés pigmentált, lemezei éle a kalap széle közelében vörösös, tönkje a nevéből adódóan többnyire pirosas színű. Ez a nagy termetű galambgomba, bár nem csípős ízű, étkezésre mégsem ajánlott, egyeseknél ugyanis gyomorbántalmakat okozhat. A helyi lakosság nem is szedi étkezésre ezt a gombafajt, hiszen jó ízű, könnyen felismerhető, ehető gombából, nyári vargányából (*Boletus reticulatus*), sárga rókagombából (*Cantharellus cibarius*), nagy özlábgombából (*Macrolepiota procera*), kékhátú galambgombából (*Russula cyanoxantha*) bőséges volt a választék.

Itt a környéken a gombaismeret tudománya apáról fiúra száll, a gombamérgezés ritkaságszámba megy. Találkoztunk több, főleg helybéli gombásszal, akik elmondták, hogy már napok óta bújják az erdőt, és már nemcsak napi étkezésre gyűjtenek, hanem téli tartaléknak is. Eladásra nem gondolnak, hiszen messze vannak a nagyvárosok, ahol értékesíteni tudnák portékájukat, és sokba kerül az útiköltés is. Jobban járnak, mondták, ha a felesleget megszárazítják, esetleg mélyhűtőbe rakják, és télen, a gombainséges időkben felhasználják azt. Két szádalmasi gombász egy Alsó-hegyen található termőhelyet is figyelmünkbe ajánlott. A beszélgetés és a gombászás közben észre sem vettük, hogy az ég hirtelen besötétedett, vészjósló viharfelhők jelentek meg, majd rémisztő dörgés és villámlás mellett eleredt az eső. Kénytelenek voltunk így rohamléptekben szálláshelyünkre visszaindulni. Csúromvizesen érkezünk Jabloncára, ahol kosarainkból sok érdekes gomba került az

asztalra. A vörösfoltos korallgomba (*Ramaria sanguinea*) élénkcsárga ágai mellett a hallucinogén hatású, barna kalapú, fehér pettyes párduggalóca (*Amanita pantherina*) termőestei sorakoztak, közöttük pedig a körteformájú bimbós pófetegek (*Lycoperdon perlatum*) fehérlettek a sötét trombitagomba (*Craterellus cornucopioides*) társaságában. Hazánkban ritka gombafajok is előkerültek a kosár mélyéről, ilyen volt a nyálkás felületű zöld csuklyás-gomba (*Leotia lubrica*), amely a tömlősgombákhoz tartozik, és sárgás, szemcsés felületű tönkjén szabálytalanul dudoros, gömbszerű, sárgászöldes vagy olívbarnás színű fejecskét visel. Ezzel a gombafajjal ilyen nagy tömegben még sohasem találkoztunk.

Este kerítettünk sort a begyűjtött gombák feldolgozására. A számunkra ismeretlen fajokat a magunkkal hozott határozókönyvek és monográfiák felhasználásával hozzávetőlegesen azonosítottuk, fontos tulajdonságait feljegyeztük, de a fajok pontos meghatározását csak később, a gombából készített preparátum mikroszkópi vizsgálatával a Növénytanban tudtuk elvégezni. Ezután az aznap gyűjtött gombafajokból listát írtunk a gyűjtőnaplóba. Végül a preparálás, ill. konzerválás következett, vagyis a begyűjtött különböző fajok egy-egy termőestét félbevágtuk, és felcímkézve másnapig házi gyümölcsaszalóban szárítottuk. A gombászati szempontból feltáratlan területek vizsgálatakor minden egyes gombafaj fontos és feljegyzendő, a közönségesek is, ezért az ehető fajokból sem készítettünk vacsorát, hanem a leírt módszerrel preparáltuk őket. Éjszakába menően dolgoztunk, hogy az aznap begyűjtött rengeteg gombát biztonságba helyezzük és megtartsuk az utókor számára.

2010 szeptemberében újra ellátogattunk Jabloncára, és több új, őszi fajjal is bővíthettük a listánkat. Ebben a Miskolci Gombászegyesület tagjai is segítségünkre voltak, akik éppen ott tartották terepgyakorlatukat. A lelkes gombászok a falutól északra elterülő fenyvesbe is eljutottak. Mire mi megérkeztünk, már gombadömpinggel vártak minket. Röpködtek is a keresztkérdések: vajon melyik ez a gomba? Két nagyon ritka gombafajt sikerült találniuk, az egyik vörösfenyő-

### Piruló galóca (*Amanita rubescens*)



Párdugálóca (*Amanita pantherina*)

vel gyökérkapcsolatban élő, pikkelyes-szálas kalapú, rozsdavörös gyűrűstinóru (*Suillus tridentinus*), és az erdeifenyő alatt nőtt, tüskés termőrétegű fekete szagosgereben (*Phellodon niger*). A réten is gyűjtöttek a szorgos gombászok, miközben egy hazánkban ritka gombafajt is felfedeztek, a pikkelyes pereszkét (*Floccularia straminea*), melynek sárga színű termőtestén citromsárga szemölcsök figyelhetők meg.

### Úton az Alsó-hegy tetejére

Szádalmási gombászbarátaink tanácsát megfogadva, 2010 nyarán ellátogattunk az Alsó-hegy Szádalmás közelében levő, több helyen kisavanyodott részeire. Az út elég meredek és egyenetlen volt, bár magasabb építésű autóval egészen a tetőig fel lehet hajtani, ahol gombában gazdag termőfoltok találhatóak. Itt került elő több érdekes, köztük néhány hazánkban ritka és védett faj is. A legnagyobb élményt a védett sötétedőhúsú rókgomba (*Cantharellus melanoxeros*) jelentette, melynek eres termőrétege fiatalon lilás árnyalatú. Találtunk egy nagyon ritka, nagy termetű, húsos gombafajt is, a háromszínű álpereszkét (*Leucopaxillus compactus*), melynek kalapja okkeres, bőrszínű, lemezei fiatalon sárgásak, szárazon azonban bíborszínűek lesznek, míg zömök, vaskos tönkje fehéres vagy krémszínű. Az egyik korhadt, kidőlt bukkszékelysön egymás hegyén-hátán sorakoztak a vörösbarna színű, cakkos lemezélű, tönk nélküli nemez fagombák (*Lentinellus ursinus*), míg egy másik még álló, elszáradt bukkszékelys számszámra nőttek a bársonyos réteggomba (*Stereum subtomentosum*) sárgásbarnás színű, körkörös zónázott termőtestei. Az este és az éjszaka a szokásos feldolgozó munkával telt.

### Szádélő környékének gombái

A Szádélői-völgy földtani szempontból kiemelkedő jelentőségű képződmény. Az észak–dél irányú szurdokvölgyet Tornai-hasadéknak is hívják. A több mint 2 km hosszú völgy egy összefüggő barlangrendszer beszakadásával keletkezett. A legenda szerint a menekülő Szent László királyunk mögött hasadt meg itt a föld, és pogány üldözői mind a mélybe veszttek. A több száz méter magas meredek sziklafalak kopár mészkősziklái jobbra csak a zuzmók telepednek meg, a nagygombák számára ezek a helyek nem nyújtanak megfelelő életfeltételeket. Azért nem adtuk fel a reményt, és a falu közelében lévő, szintén a nemzeti parkhoz tartozó, az 50-es főút közvetlen szomszédságában található, xerotherm vegetációjú Várad-hegyen próbáltunk szerencsét. Ezen a helyen elég nagy kiterjedésű nyíresborókás állomány található, mely mikológiai szempontból ígéretesnek tűnt.

A 2010-es esztendő csapadékos nyara itt is előcsalogatta a gombákat, és eleddig sohasem látott gombadömpinggel örvendeztetett meg nemcsak minket, hanem a környék lakóit is. Tornagörgőről, Körtvélyesről és Szádélőről is megjelentek gombászok. Nagy kosarakkal és vödörrel jöttek gombászni, és hamarosan csurig meg is töltötték azokat. A legnagyobb csodálkozásunkra azonban egy erősen csipős tejnedvű, általunk mérgezőnek ismert fajt, a lazacszínű, bozontosan szőrös kalapú nyírfa-szörgombát (*Lactarius torminosus*) is gyűjtötték. Egy bácsit meg is kérdeztünk, aki szörgombával megtömött vödreivel már hazafelé tartott, hogy vajon mit kezd ezekkel a mérgező gombákkal. Elárulta, hogy már évtizedek óta gyűjti a szörgombát, és saját, jól bevált módszerrel tartósítja. A gombát először méregteleníti, vagyis forró vízben többször kiáztatja a termőtesteket, majd hordóba téve savanyítja. Édesapjától tanulta a „gombakonzerválás” mesterfogásait, s bennünket is biztatott, hogy próbáljuk ki ezt a jól bevált módszert.

A területen találtunk más nyírmikorhizás gombafajt is, így mérgező sötét tejelögombát (*Lactarius turpis*), melynek égetően csipős tejnedve fehéres színű, de beszáradva szürkészöldesre változik. Szintén nyírrel képez gyökérkapcsolatot a kellemes kókuszillatú, ennek ellenére nem ehető, szürkésbarnás színű, illatos tejelögomba (*Lactarius glyciosmus*) és a barna érdestinóru (*Leccinum scabrum*), amely húsa vágásra nem színeződik el, és kiváló étkezési gomba. Az út menti mohapárnákban egymás után sorakoztak a gyönyörű, piros kalapú erősszagú galambgombák (*Russula graveolens*) termőtestei. Ez a faj arról ismerhető fel, hogy erős heingszagot áraszt, húsa sérülésre megbarnul,

megkóstolva nem csipős, tehát ehető. A sok szép gomba közül mégis a milliószer látott mesegomba, a légyölő galócák (*Amanita muscaria*) tömege ragadott meg legjobban bennünket. Ezek a fehérpettyes, narancs-pirosas kalapszínű gombák mindig ámulatba ejtenek. A nyíres füves tisztásai is bővelkedtek gombában. Közülük legfeltűnőbb a narancsos termőtestű, ehető élénkzöld nyírogomba (*Hygrocybe pratensis*) volt. Csak alapos keresés után bukkantunk rá a fűben megbújó selymes döggomba (*Entoloma sericeum*) termőtest-csoportjaira, melyeknek kalapjai a ráhulló spóraportól kissé rózsás színűek.

A hegy másik oldalában egy savanyú talajú tölgyesben sok egyéb gyökérkapcsolt gombafaj bukkant elő az avarból, töb-

Sötét érdestinóru (*Leccinum pseudoscabrum*)

bek között a jó ízű, ehető, narancspirosas kalapú tölgyfa-érdestinóru (*Leccinum aurantiacum*) és a súlyosan mérgező, veseelégelenséget okozó, rókaszínű, mérges pókhálósgomba (*Cortinarius orellanus*). Különleges látványt nyújtott a vöröses kalapszínű, megvágva pirosas nedvet kibocsátó fiatal májgomba (*Fistulina hepatica*), amely egy korhadó félben lévő tölgyfából nőtt ki. Ez a taplógombához tartozó faj nemcsak gyönyörű, hanem ehető is, de cersavtartalma miatt kissé savanykás ízű.

Írásunk csak ízelítőt nyújt a Gömör–Tornai-karszt gombavilágából. Felmérésünk során összesen 330 fajt és 106 nemzetséget mutattunk ki a karszt felvidéki területéről, a termőtestekből készült preparátumok a Magyar Természettudományi Múzeum Gombagyűjteményét gazdagítják. 🍄



ABONYI IVÁN

# Kármán Tódor

## (1881–1963)

Az elméleti hidro- és aerodinamika, a szuperszonikus repülés, a magnetohidrodinamika és az űrkutatás nemzetközi szinten elismert úttörője már egy fél évszázada nincs közöttünk.

Édesapja, Kármán (eredetileg Kleinmann) Mór (1843–1915) neves pedagógus volt, akit a kiegészítés után Eötvös József biztatott a magyar oktatásügy átszervezésére. Így került javaslatára a Nemzeti Oktatásügyi Tanács főtitkári posztjára. Fiatal kora ellenére nagy tehetségű pedagógusnak bizonyult, olyannyira, hogy Ferenc József egyik unokaöccsének tanítását is rábízta. Ennek a nevelési munkának az elismeréséül 1907-ben Kármán Mór örökölhető nemesi címet kapott. Innen ered az, hogy Kármán Tódor a nemzetközi életben Theodore von Kármán néven vált ismertté, gondosan megőrizte nevében a két „á”-n az ékezetet.

Kármán Mór egyébként a budapesti tudományegyetem mellett működő Tanárképző Intézet és Gyakorló Gimnázium koncepciójának kidolgozója is. Ezt az intézményt az akkori oktatásügyi miniszter, Trefort Ágoston be is vezette (1872), majd halála után róla nevezték el. A „Trefort” gimnázium a budapesti egyetem mellett – a Szentkirályi utca és a mai Puskin utca között – azért „gyakorló” és „minta”, mert a tanárjelöltek itt vettek részt a vezető tanárok óráin, itt „hospitáltak”, majd bemutatón, ún. mintatanításon vizsgáltak az eltanult pedagógiai módszerekről. A Trefort-gimnáziumtól nem messze, a mai Bródy Sándor utca és a Szentkirályi utca sarkától a második házban lakott a Kármán-család, itt született Tódor is, a család csak később költözött a Rózsadombra. [1] Tódor a középiskolai tanulmányait természetesen a Trefortban végezte. Ezután gépészmérnök hallgatóként került a budapesti, akkor még József Műegyetemre. Közben részt vett, sőt 1898-ban díjat is nyert az Eötvös Loránd alapította fizikai tanulóversenyen.

A mérnöki oklevelét 1902-ben szerezte meg, kitűnő minősítéssel, Bánki Donát tanszékén lett tanársegéd, ugyanakkor a Ganz Ábrahám vagongyárában pedig mérnök, a két feladat kört egyszerre látta el. Bánki mellett kezdett el foglalkozni a

nyomott rudak kihajlásának műszaki problémáival. Ez a legkülönfélébb konstrukciókban fontos szerepet játszó téma később a repülőgépek – meg a hidak – szerkezeti elemeként úgyszólván végigkísérte Kármán Tódort a pályáján.



**1. kép. Kármán Tódor katonai egyenruhában, mint az osztrák–magyar légierő hadnagya**

1906-ban Kármán elnyerte a Magyar Tudományos Akadémia ösztöndíját, és Göttingenbe került, Ludwig Prandtl (1875–1953) tanszékére. Prandtl éppen abban az időben ismerte fel, hogy az aerodinamikai felhajtóerő, ami az áramlásba helyezett testre ébred, Arkhimédész törvénye alapján nyilvánvaló sztatikus hatáson kívüli, dinamikai, mozgás közben keletkező hatás finom részleteiben még a szárnyprofil körül kialakuló sűrűlódás valamilyen következménye is, a szárnyprofil közvetlen közelében lévő közegben, az ún. határrétegben ébred. Ez a réteg igen különös, mert ebben még a „nem sűrűlódó folyadék” esetén is áll a folyadék, miközben picit távolabbi rétegben már áramlik. Mint később kiderült, ez a témakör a modern repülésügy centrális kérdésével kapcsolatos.

Kármán az ösztöndíj lejártá után még négy évig maradt Prandtl-nál. A nyomott rudak kihajlásáról készített tanulmánya alapján 1909-ben Göttingenben egyetemi magántanárrá habilitáltak. Közben született meg a repülés ügyében oly centrális szerepű eredménye az örvénysorokról [2], de elkendőznék az örvénysorok jelentőségét, ha kizárólag a repüléshez csatolnánk. Igen érdekes, hogy az örvénysoroknak milyen nagy szerep jutott másutt is, pl. a híres Tacoma-híd katasztrófájában.

A göttingeni idők rendkívüli jelentőségét mutatja az a példátlan együttműködés is, amit az igazából különböző területeken dolgozó kollégák közös kutatása bizonyít. Kármán Max Born együttműködésével olyan tanulmányt is készített ebben az időben, aminek a modern fizikában messzire ható jelentősége lett. Kidolgozták ugyanis a szilárd testek atomi térrácsában kialakuló rezgések elméletét, amelynek pl. a fűhőelméletben korszakalkotó volt a jelentősége [3].

A sikeres aerodinamikai kezdés és Prandtl mellett eltöltött évek után Kármán Selmezbányára került, a híres Erdészeti és Bányászati Főiskola tanára lett. Itt azonban nem találta meg a helyét, nem volt számára eléggé izgalmas a bányászati kutatás, nem folytathatta aerodinamikai vizsgálatait laboratóriumi berendezés (főleg szélcsatorna) nélkül. Ezért pár hónap után megvált Selmezbányától és Aachenbe ment. Itt hamarosan a műegyetem tanára lett, tanszékvezető és laborépítő, megkezdte a nagy szélcsatorna építését az aerodinamikai kísérleteihez. Ugyanakkor folytatta a rudak, csövek, felületek (falminőségek) rugalmasságtani és áramlástanai vizsgálatát.

Az első világháborúban az akkor 33 éves Kármán katonai szolgálatra hívták be, halláskárosodása miatt azonban csak hátországi szolgálatra osztották be. Így került közel egy évig „kényszerpihenőre” egy csepeli ruharaktárba. Szinte a csodával határos, hogy ezen elvesztegetett idő után a Bécs melletti Fischamendbe kerülhetett, ahol a Monarchia „hadirepülő arzenál”-ja működött (1. kép). Itt hamarosan magára talált – a körülmények is jól hozzájárultak



az eredményekhez, – mert kialakult egy „repülésfejlesztő laboratórium”. A telepet Petróczy István alezredes vezette. Irányításával kidolgoztak egy helikoptert, ami a PKZ jelet kapta, utalásul a fejlesztésen dolgozó Petróczy, Kármán és Zsurovetz Vilmos nevére (2. kép). Ez a helikopter a tűzérési megfigyelő léggömbök helyettesítésére volt hivatva. De Kármán más problémákban is felvillanhatta találmányát. Megoldotta itt azt a problémát is, hogy a repülőgépek gépfegyvereivel a légszűrő körén belül is lehessen tüzelni – ehhez „csak” azt kellett megoldani, hogy a tüzelési gyakoriság és a légszűrő körbeforgása jól szinkronizált legyen. Kármán még foglalkozott azzal a problémával is, hogy a tengeralattjárók motorzaját (a kipufogását) hogyan lehet csökkenteni annak érdekében, hogy a detektálásuk nehezebb legyen.

A világháború végén ismét Budapesten találjuk. Az őszirózsás forradalom idején az Oktatásügyi Minisztériumban a felsőoktatási osztály vezetője lett. Ilyen minőségben vett részt Eötvös Loránd temetésén.

A Tanácsköztársaság bukása után visszatért Aachenbe, ahol lényegében 1933-ig folytatta egyetemi tanári tevékenységét és kutatásait a modern szélcsatornával. Közben azonban mint a modern repülés ügyének a szakértőjét hosszabb-rövidebb időre a világ csaknem minden országába elhívták egyes műszaki problémák megoldása érdekében. Ezek során kimagasló szerepet kapott Robert Andrews Millikan (1868–1953) professzortól, a California Institute of Technology vezetőjétől. Millikan az a Nobel-díjas fizikus, aki 1923-ban

2. kép. A PKZ kötött helikopter felbocsátása Fischamendben. A PKZ Petróczy István, Kármán Tódor és Zsurovetz Vilmos nevét rejti



kapta a díjat az elektron töltésének első méréséért, azóta is fontos eredményt ért el pl. a Planck-állandó értékének pontos kísérleti meghatározásában. Kármán a Caltechen hamarosan fontos szerepet töltött be, néhányszor ingázott Pasadena és Aachen között (akkor még óceánjáróval). Majd Daniel Guggenheim amerikai „réz király” és milliommós adományaiból meg tudta szervezni a pasadenai aerodinamikai kísérleti laboratóriumot. (Ez lett 1943 után a Jet Propulsion Laboratory.) Amikor bekövetkezett Németországban a hitleri hatalomátvétel, Kármán ide, Kaliforniába tette át székhelyét, és 1935-ben amerikai állampolgár is lett.

Amerikai időszakában Kármán lényegében átalakította az USA légügyét, részben az aerodinamikai oktatás és kutatás – a tanmenet – megváltoztatásával, és bizony nem is kis részben a köréje seregülő fiatal szakemberekkel. Az új oktatás kiterjedt az áramlástan mellett a rugalmasságtan, a szerkezeti tervezés, a kémia, a hajtóműkonstrukció kérdéseire, majd fokozatosan arányt vett a reaktív meghajtás (lökghajtás, torlósugárhajtás) elvének és a szuperszonikus repülésnek a megvalósítása felé. Már a harmincas évek végén aztán megjelentek Kármán programjában a rakétakutatás kérdései is, először mint a nehezebb repülőgépek startrakétái, majd a nagyrakéták és a ballisztikus rakéták is. A szuperszonikus (a hangsebesség feletti gyorsaságú) repülés nagyarányú fejlesztésének megszervezésével és tudományos irányításával Kármán az aerodinamikát a XX. század egyik tudományos nagyhatalmi tényezőjévé tette úgy, ahogy az Egyesült Államok számára nagyhatalommá vált az Albert Ein-



3. kép. Az aacheni szélcsatorna, Kármán legendás eszköze

stein, Szilárd Leó, Enrico Fermi, Robert Oppenheimer és Wigner Jenő eredményeiből származó magfizika és az ebből induló atombomba-kutatás is.

Kármánt a második világháború során az Egyesült Államok hadügyminisztériumába is bevonták a légierők ügyében tudományos főtanácsadóként. A háború során oldotta meg a nagy bombázógépek repülés közben történő üzemanyagpótlását (egy másik repülőgépről végzett újratöltéssel).

A háború végén – még a német összeomlás napjaiban – katonai egyenruhában végigment fiatalokora kedvenc városain, Göttingen és Aachenben – többek között, hogy megsejmelje, mi maradt a háborús romok között (3. kép), kik maradtak életben fiatalokora tudományos pályatársai közül. Így találkozott idős mesterével, Ludwig Prandtl professzorral is, akit 70 évesen életben talált. Különös kalandok során meglátta – alig sértett állapotban – az aacheni szélcsatornáját is. Kalandos úton, Moszkván és Kijevben keresztül eljutott – Szent-Györgyi Albert útitársaként – Budapestre is, hogy családja túlélőit meglátogathassa.

A második világháborút követő időszakban – Kármán ekkor már jócskán elmúlt 60 éves – tudományos szempontból egyre kifejezettebben foglalkoztatták a rakétakutatással összefüggő kérdések. A rakéta üzemanyagának égetését érintő problémák miatt az aerotermokémia, a légkörben gyorsan mozgó testek miatt a felületi hatások vizsgálata, az ionizált légkörben mozgó testek miatt a magnetohidrodinamika iránt fokozódott az érdeklődés. Az új tudományos fej-

zetek megismerésében az volt az eljárása, hogy előadásokat hirdetett meg a témákról a Caltechen, hogy azok kényszerítő körülményei segítsék munkáját. Ebből a korszakából származik az a fénykép (4. kép), amelyiken Kármán előad a Caltechen egy nagy gonddal teleírt tábla előtt. Az más kérdés, hogy vajon ki írta tele azt a táblát oly részletesen magyarázó szöveggel. (E sorok írójának az a gyanúja, hogy a tábla előkészítésében William Perl keze nyomát láthatjuk, aki a negyvenes évek óta Kármán munkatársa volt.) Itt említhetjük meg Kármán még egy tulajdonságát. Mint sokan másoknak, neki sem sikerült az amerikai angolt helyesen elsajátítani, bár kifogástalanul megértette magát, ebben viszont legendás humora és fellépése segítette.

Tudományos munkássága, amint azt az 1956-ban megjelent „Collected Works of Dr. Theodore von Kármán” hatalmas, öt kötetre rúgó összeállítás is mutatja, hogy még ebben az életkorban – 75 évesen – is változatlanul hozta az eredményeket. Egyes problémakörökben csodálatos intuitív erőtlől sugárzó tankönyvek is születtek. Ilyen például a Theodore von Kármán és Maurice A. Biot tollából származó „Mathematical Methods of Engineering” című kötet, amely ugyan



4. kép. Kármán Tódor, amint előadást tart a Caltechen (1953). A háttérben látható tábla olyan rendezett, hogy valószínűleg nem az előadó vesztegette az idejét a felírással, hanem William Perl

1939-ben jelent meg angolul, a magyar kiadására azonban csak 1963-ban és 1967-ben került sor (Matematikai módszerek – műszaki feladatok megoldására, Műszaki Kiadó, Budapest).

Hasonlóan fontos az „Aerodynamics: Selected Topics in the Light of Their



5. kép. Kármán Tódor Párizsban 1961-ben, a Nemzetközi Asztronautikai Akadémia Irodájában

Historical Development” (Aerodinamika: Válogatott fejezetek a történeti fejlődésük tükrében), amit a Cornell University Press adott ki New Yorkban (1954). Szintén fontos a „Magnetofluidmechanics” c. kötet, amit több alkalommal és kissé változó tartalommal adott ki. Ez először egy konferencia kiadványaként jelent meg 1958-ban Amszterdamban, majd az „Ingegneria Aeronautica” folyóirat hátsólapján.

A Nemzetközi Geofizikai Év (1957) során nyilvánvalóvá vált, és az első Szeptember felbocsátásával már semmi kétség nem lehetett afelől, hogy a földi tudomány megkezdte „ kozmikus” korszakát. Legalább annyiban az első lépéssel, hogy a Földet mint égitestet „kívülről” is vizsgálat tárgyává tette. Addig is voltak az űrkutatásnak, a holdutazásnak tudományos álmódosói meg fantasztái. A tudományos álmódosók között az első hely Isaac Newtoné, a Földet elhagyó test sebességértékének meghatározójáé, a második hely nézetünk szerint Konsztantyin Eduardovics Ciolkovszkijé, akinek nevét a raké-

ta mozgástörvényének képletében örözik. A fantaszta álmódosók sorában többek között kitüntetett helyet foglal el Jules Verne, azaz Verne Gyula. A realistikus kortársi sorában a legfontosabb szerepek egyikét Kármán Tódor egyik munkatársa, F. J. Malina játssza. Ő egyike volt azoknak a mérnököknek, akik sokszor életük kockázatásával végeztek kísérleteket a harmincas években rakétahajtású kocsik ütköztetésével, hogy a gyorsulás hatásait az emberi szervezetre tanulmányozzák.

Az űrkutatást megelőző időszakban Kármán kezdeményezésére 1951-ben megalakult a Nemzetközi Asztronautikai Federáció abból a célból, hogy az új nemzetközi szervezetben a világ egyes régebbi nemzeti társaságai (a politikai hovatartozás szempontjait meghaladva az új emberi feladat érdekében) egyesíthessék erőiket. Hazánk egyesülete 1962 óta tagja ennek a szervezetnek.

1960-ban befolyására sikerült megalkotni a Nemzetközi Asztronautikai Akadémiát is. Ez egy olyan érdemi szervezet, ahol az akadémikus tagok az űrkutatás, az űrhajózás igazán interdiszciplináris műfajában nemzetközi elismerést kaphattak. Ez a tagok között elősegítette az asztronautika ügyének politikamentes szakmai információcseréjét. (Hazánk több tudósa is tagja ennek a szervezetnek.) Nem lehet eléggé hangsúlyozni ennek a tudományos jelentőségét, hiszen hol van már – hála Istennek – a hidegháborús korszak tudományos féltékenysége! (5. kép).

Bizonyára nem csak e sorok írójának lehet az a benyomása, hogy Kármán hatalmas életművének és műszaki tevékenységének nem lett volna olyan nagy hatása sem a tudományos világra, sem az Egyesült Államok légierejére, ha nem lett volna benne a tudós, a tudományos szervező, a menedzser, a pedagógus együttes képessége. Ezzel a sokoldalúsággal – és mély, emberi humorával – érhetne csak el azt a legendás méretű társadalmi hatását, amit próbáltunk körvonalazni. Benne tisztelhetjük alighanem az első tudományos szervezőt, aki – bár nem beszélt tökéletesen az amerikai angolt (az ő szavaival), „broken

6. kép. Kármán Tódor az Egyesült Államok bélyegén, születésének századik évfordulóján



continental English”-ével, de legfőképpen emberi szeretetével és bölcs (önkritikus) humorával – a nehéz társadalmi és politikai helyzetekből is ki tudta magát vágni. Egy kedves történetet említ William R. Sears [5]. Egy alkalommal valamilyen fogadáson találkozott Stanislav Ulam és Neumann János. Ulam, aki akkor még nem ismerte személyesen Kár-

1962-ben. Milyen kár, hogy *akkor* nem volt lehetőség arra, hogy Kármán Tódor, a NATO egyik tisztségviselő tudósa, tiszteleti tag lehessen az Akadémián **(8. kép)**.

Kármán Tódor nevét a Hold túlsó oldalán és a Marson is egy-egy kráter elnevezése őrzi, kozmikus emléket állítva a nagy tudósak. ☹



**7. kép.** Kármán Tódor átveszi J. F. Kennedy elnöktől az első National Medal of Science kitüntetést (1963. február)

mánt, azt kérdezte Neumanntól – rámutatva –, hogy ki az az úr. Mire Neumann válaszol: „Nahát, nem ismered Theodor von Kármánt, pedig ő az, aki feltalálta a tudományos tanácsadást (scientific consulting)!”

Míndezek mellett igazán érdekes és megható, hogy Kármán, aki 1919 és 1963 között (pár nap kivételével) nem tartózkodott hazánkban, milyen tökéletesen megőrizte anyanyelvét **(6. kép)**.

Kármán Tódor tudományos tevékenységét számos kitüntetés honorálta. Kiemelkedően fontosnak tartjuk, hogy a legnagyobbat, az Egyesült Államok Nemzeti Tudományos Érmét (United States National Medal of Science), annak alapítása után elsőként ő kapta meg Kennedy elnöktől 1963-ban **(7. kép)**.

A Budapesti Műszaki Egyetem 1962-ben avatta díszdoktorrá egykori növendékét, Kármán budapesti látogatásakor [6]. Fényképünk azt mutatja, hogy Kármán Tódort köszönti Rusznyák István elnök és Novobáztzy Károly alelnök a Magyar Tudományos Akadémián a tiszteletére rendezett fogadáson,

**8. kép.** Kármán Tódor a Magyar Tudományos Akadémián a tiszteletére adott fogadáson (1962). A képen balra Rusznyák István, az MTA elnöke, jobbról Novobáztzy Károly alelnök (A felvételt Vigovszki Ferenc készítette)



## Irodalom

Kármán Tódor – Lee Edson: Örvények és repülők (Kármán Tódor élete és munkássága), Akadémiai Kiadó, 1994, Budapest – Ez a mű Edson és Kármán közti beszélgetések alapján készült, az amerikai kiadás kelte 1967. Theodore von Kármán – Lee Edson: The Wind and Beyond (Theodore von Kármán: Pioneer in Aviation and Pathfinder in Space), Little Brown and Co. Inc, USA, 1967. Meg kell jegyeznünk, hogy az egyébként fontos és kiváló munka – nyilván Kármán korai halála miatt – nagyrészt Kármán személyes ellenőrzése nélkül keletkezett, így néhány tekintetben a budapesti viszonyokat nem ismerő szerző, Edson tévedett.

T. von Kármán: Über den Mechanismus des Wiederstandes, den ein bewegter Körper in einer Flüssigkeit erfährt, Nachrichten der K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen  
T. von Kármán – H. Rubach: Über den Mechanismus des Flüssigkeits- und Luftwiederstandes, Physikalische Zeitschrift, 13 (1912) 49 – 59.

T. von Kármán – M. Born: Über Schwingungen in Raumgittern, Physikalische Zeitschrift 13 (1912)

Kármán Tódor – Maurice A. Biot: Matematikai módszerek (műszaki feladatok megoldása) Ford.: Dr. Rózsa Pál, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1963 és 1967.

William R. Sears: Von Kármán: Fluid Dynamics and Other Things, Physics Today (1986) January, 34 p.

Almár Iván: Fizikai Szemle: Kármán és az űrhajózás, (2002) 52 183 – 185.

MAKSAY GÁBOR

# Kémiai kommunikáció az élővilágban

**B**rekegés, világítótorony, tapizás, zamat, harangszó, grimasz, internet, illat, gyeplő. Mi a közös e szavak jelentésében? Mindegyikük információk, jelek kibocsátása, átalakítása, továbbítása vagy befogadása szolgálatában áll. Az információcserre és kommunikáció hozzájárul mindenféle rendszer, hálózat összehangolt működéséhez, szabályozásához. A kommunikáció kémiai formája bizonyára legelső volt az evolúció során, és vitathatatlanul ma is elsődrendű szerepet játszik az élővilágban. A primitív fajoknál a kémiai jelátvitel dominál. A törzsfajlás magasabb szintjein már egyre jelentősebb a fizikai jelátvitel (látás, hallás), például a vokális jelzéstől a beszédhez vezető úton. Mindazonáltal minden élő szervezet működésének belső szabályozása kémiai úton történik: a sejtek így kommunikálnak. A jeladó sejt jelvivő molekulát, az infovegyületet, kemoszignált bocsát ki. A sejttek távolsága és a hatás szerint ez lehet neurotranszmitter (szomszédos idegsejten), hormon (távoli sejtben) vagy feromon (másik élőlényre). Írásom az élőlények egymás közötti kémiai kommunikációjáról szól.

## Ökológia és kemo-szignalizáció

Az ökológia tárgya az élőlények kölcsönhatása egymással és környezetükkel. Ugyanannak a fajnak az egyedei közötti kémiai kommunikáció *ekto(külső)hormon*, azaz feromon jelvivők közreműködésével történik. A feromon szóötvetet – a görög *phereum* jelentése szállít, a *hormon* pedig stimulál – 1959-ben született (1. ábra). Ugyanekkor azonosították az első feromont. Ez a terpén szerkezetű alkohol a bombykol, amelyet a selyemlepke (*Bombyx mori*) nőténye bocsát ki a hímek vonzására. Mivel az élettér közege (vizek vagy légtér) közvetíti a kémiai információt, az egyedek kölcsönhatása, a jel hatása esetleges. Következésképpen kutatása nehézkes, lemaradt a hormonok megismerése mögött. Mindazonáltal sokféle kölcsönhatást kimutattak már, először a jelenség szintjén. Ezt követően az infovegyület kémiai azonosítása az ökológia egy új ága, a *kémiai ökológia* feladata. Már

több száz jelvivő vegyület ismeretes. Kémiai szerkezetük nagyon eltérő. Ami közös bennük: a levegőben terjesztettek kis, apoláros molekulák, tehát illékonyak, a vizes közegbe bocsátottak pedig inkább összetett, de poláros vegyületek, hogy oldódhassanak.

A jelvivőket a kommunikáció eredménye alapján is osztályozzák. A feromon ugyanazon faj egyedei között hoz létre kölcsönösen hasznos kölcsönhatást. Az allokemikáliák viszont különböző fajok egyedei között közvetítenek. A mindkét faj számára előnyök neve *szinomon*. Ilyen a virágillat, ami a növénynek és a beporzó rovarnak egyaránt



1. ábra. Humorális infotranszfer

hasznos. Az *allomon* csak a kibocsátónak hajt hasznot. Lehet vonzó hatású: számos gyönyörű virág- és gombafaj ürülék- vagy dögszagot mimel, hogy odacsalja a döglegyeket, és így beporzáshoz jusson (2. ábra). De az *allomonok* többsége védekező, elriasztó hatású. Egyes trükkös növényfajták ellenségük alarm feromonját mimelik. Alig harap beléjük egy növényevő, a felszabaduló *allomon* máris menekülésre készíti. A gyönyörű, de baljós nevű *Danaida* lepke egy kutyatej-féle növény nedvét fogyasztja, ami mérget tartalmaz. Ez a szívbénító, ám a Danaidák számára ártalmatlan glikozid feldusul bennük. A Danaidák feltűnő színe jelzi, hogy mérgezők. Ez is elriasztja ellenségeiket. Két élőlény kémiai kommunikációját egy harmadik „lehallgathatja” és a

maga hasznára fordíthatja: ilyen a *kairomon*. Egyes hangyafajok más fajok munkásait kiszákmányolják. Olyan „propagandaanyagokat” bocsátanak ki, amelyek rabszolgáik védekezését megzavarják. Bizonyos pókok pedig úgy csálnak magukhoz hím éjjeli lepkét, hogy a nőtény szexferomonját mimelik. Egy faj kémiai kommunikációja párhuzamosan fejlődik ragadozó és parazitái lehallgató, imitáló és álcázó tevékenységével. Azaz fegyverkezési hajsza, feromon-*kairomon* koevolúció zajlik. Az élőlények kölcsönhatásainak bonyolult hálózata hat a törzsfajlásra.

Vajon hogyan alakulhattak ki az ősi jelzőrendszerek? A primitív élőlények felesleges végtermékeiket, hulladékaikat kibocsátották környezetükbe. Ezek a metabolitok kezdetleges információt, előjelet (angolul *cue*) jelenthettek társaik számára. A kibocsátás egyre gyakoribb és tömeges ismétlődése úgynevezett kémiai ritualizációt eredményezhet. A nem szándékos, informatív komponensek átalakulhatnak szándékos jelvivőkké a környezet és funkcionális eltolódás hatására. Az egek vizelete például tartalmaz felségterületük jelölésére alkalmas illékony és feltűnő szagú, valamint kevésbé illékony, de minőségjelző vegyületeket is. Az előbbi vegyületek felkeltek a beható érdeklődését utóbbiak vizsgálatára. Összegezve, a kezdeti anyagcsere-hulladékok információhordozóvá, majd szándékos jelvivővé alakulhatnak.

## Receptorvezérelt ősharmónia

Tekintsünk át néhány különlegesen összehangolt kölcsönhatást a kezdetleges organizmusok világában. Az élőlények alkalmazkodnak, reagálnak a környezet hatásaira; ha helyváltoztatásra képesek, mozgással is. A primitív fajok mozgását kémiai jelátviteli folyamatok irányítják. A „flagelláns” egysejtűek ostorait forgatva mozognak. A *kemotaxis* egysejtű mozgásforma, amelyet sejtfelszíni jelfogó receptorok és a vizes környezet jelvivőinek kölcsönhatása vezérel. A mozgás irányát a közeg kémhatása (pH), hőmérséklete, leggyakrabban valamilyen tápanyag (cukor, aminosav) és a



koncentrációjának térbeli eltérései, gradiense határozza meg. Jelfogók érzékelik a jelszint eltérését az orsószzerű test két pólusán, és az ostor rotorja elemeinek összehangolt ide-oda kapcsolása vezérli a mozgást. Többsejtűeknél is fennmaradt egyes sejtíjták *chemotaxisa*. Egy kagylófaj spermiumát például egy aminosav (triptofán), az emberét pedig egy aromás aldehid (*bourgeonal*) vonzó hatása irányítja a petesejtjéhez.



2. ábra. Döglégy egy gombafaj bűzös termőtestén

Baktériumok és egyes államalkotó rovarok érdekes viselkedésformája az úgynevezett *quorum sensing*, a lokális sűrűségküszöb érzékelése. A feromonkoncentráció küszöbértéke alatt kis populációk nem végeznek bizonyos közös tevékenységeket, nem pazarolnak rá energiát. A küszöbértéken rovaroknál fészekrakás kezdődik, baktériumoknál beindul termékeik összehangolt kiválasztása, kolónia alapítása és védekezés. Egyes tengeri baktériumtörzsek szimbiózisban élnek más fajokkal (tintahal, algák). Nagy populációban, elégséges feromonszinten, például a tintahal világító szervében, beindulnak biolumineszcenciát eredményező anyagcsere-folyamataik. De egy bacillus magába nem dereng hiába. A tintahal egyébként arra használja a fényt, hogy odacsálja zsákmányát, hívja fajtársát, vagy elrettentse ragadozóit. Bizonyos baktériumok termőtestekbe tömörülnek, ha a környezetben tápanyaghiány van. A kooperáló egyedek zöme azonban kívül reked és éhen hal: van önfeláldozó altruizmus elemi szinten is. A *quorum sensing* látványos megnyilvánulása a sok kicsi sokra megy és egységben az erő elveinek, ami a közös célt, a javak jobb kiaknázását szolgálja.

A kezdetben primitív és vízi élőlények a törzsféjlődés során meghódították a szárazföldet. A kommunikáció közege a levegő lett, tehát illékony jelvivőket és szaglószervert kellett kifejleszteni. Azt hihetnénk, hogy a szaglás a légtérre korlátozódik. Azonban a részben vízi életmódú cickányok és egyes vakondfajok vízben is kapnak szimatot: a vízből az orrukhoz tapadt légbuborékokba jutó szaganyagokat érzékelik. A madarak „továbléptek” a légtérbe, s bár nem közismert, de a szaglás kémiai kommunikációját megtartották. Pél-

dául vészhelyzetben a tyúkknak fagygyümörigyferomonja segít összehívni csirkéit.

## Szexferomonok

A fajfenntartás igen erős késztetés. Ezért is érthető, hogy a szexferomonok jelen vannak az élővilág legtöbb szintjén, és ezeket ismerjük a legjobban. Az egyik legelső szárazföldi növény, a kétnemű moha beporzását piciny ízeltlábúak végzik, a moha illatanyagai közreműködésével. Az *ecetmuslica* és egy lepkefaj rituális udvarlását hím feromon kibocsátása kíséri. Ez pázraskor a nőtényhez tapad, aminek illata így már különbözni fog a még fogékony nőtényekétől. A többi hím ezt érzékelve rájön, hogy az ilyen nőtényeknek hiába udvarol. Tehát még a primitív élőlények életét is befolyásolják idegi folyamatok, tanulás. Ennek a lepkefajnak van egy parazitája, egy pici darázs. Mikor ez megéri a hímferomon illatát a pázrott nőtényen, rászáll és megdézsmálja frissen rakott tojásait. Tehát ugyanaz a vegyület a lepke nőtényére pozitív, hímjére negatív hatású feromon, a darázs számára viszont kairomon. A lepke jelfogó antennája azért olyan fejlett, nagy felületű (3. ábra), mert nagy távolságból kell a szexferomon kibocsátó nőtényt megtalálnia. Mivel a légáramlatok nemcsak szállítják a feromont, hanem gradiensét összekeszálják, a lepke ide-oda szálldosva találja meg az eredő irányát.

A méhkirálynő feromonja a munkásokat terméketlen állapotban tartja, és fokozza a királynő gondozását. A nyúlanya emlőferomonjának illata pedig segít vakon született kicsinyeinek a csecsbimbó megtalálásában és a szopás beindításában. Egy illékony aldehid (2-metilbut-2-en-al) felelős ezért. Ennek illata a kicsinyeknek létfontosságú, mert anyjuk naponta egyszer, csak pár percig hajlandó szopatni. Ha azonban az emlő feromonillatát elfedjük valami parfümmel, a nyuszik ezt jegyzik meg és társítják a szopással.

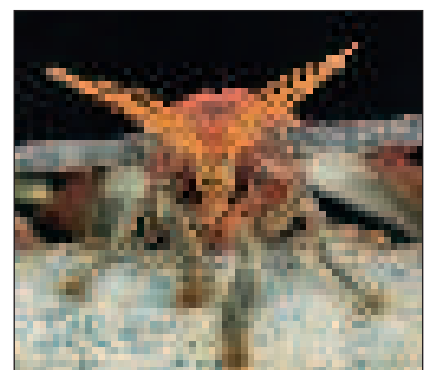
## Molekuláris ökológia

A kémiai kommunikáció néhány jelensége, élőlények fajtái és kémiai jelvivőik az ökológiai folyamatoknak csak biológiai és kémiai „résztvevőiről” alkothatunk mozaikos képet. A molekuláris ökológia feladata feltárni a kémiai jelátvitel biokémiai folyamatait. A szaglószervert nyálkahártyája, hámszejtei abszorbeálják, elnyelik a külső közegből érkező kémiai jelvivőket. A szaglószervek (rovarcsáp, emlősrör) tele vannak jelfogó kötőfehérjékkel, amelyekhez a jelvivő vonzódik, affinitása van. Három fő kötőfehérje-család ismeretes, amelyek mindegyikéhez sok, hasonló térszerkezet tartozik. A lipokalin szerkezetűekben

egy kehely (*kálix*) alakú, apoláros üreg, mint lepkeháló, tartja fogva az illékony illatanyagokat. Kötőüregek szerkezeti jellege azonban eltér, és ezért affinitásuk más-más a különféle jelvivőkhöz. A feromonkötő fehérjék merev kötőüregébe csak néhányféle jelvivő molekula illeszkedik megfelelően, ezért a jelfogás nagyon szelektív. A vegyes szaganyagokat kötő fehérjecsallád kötőürege viszont képlékeny, többféle vegyülethez képes idomulni. A harmadik, a kemoszenzor nevű fehérjecsallád kötőürege a leginkább képlékeny, következőképpen igen sokféle szaganyagot képes befogadni. Több molekula kötődése egymás után még ki is tágítja az üreget. Mindhárom fajta kötőfehérje a szaglószervert nyirokfolyadékában, oldott állapotban van. Kihalásszák az oldatból a jelvivőket, elszállítják őket a szaglószervert idegsejtjeinek jelátvitelítő (G-proteinhez kapcsolt) receptoraihoz, és hozzájuk kötődnek. Ez olyan anyagcsere-folyamatot indukál, amelynek hatása több idegsejtre is átterül (neurotranszmisszió). Végezetül pedig az idegrendszer valamilyen reakciót vált ki az élőlény viselkedésében.

## Receptorok és kémiai Nobel-díj-2012

A sejtek kommunikációjának kémiai természetét *Otto Loewi* és *Henry Dale* igazolta a múlt század elején. Általánosan érvényes, hogy a jeladó sejt jelvivő molekulát, azaz infovegyületet, kemoszignált bocsát ki. A célsejten egy jelfogó nagymolekula, receptor (f) elfogja az infovegyületet, aztán a kémiai jelet dekódolja, értelmezi. A receptorok szerkezete és működése azonban sokáig megoldhatatlan rejtély maradt.



3. ábra. Selyemhernyó-lepke jelfogó antennái

Farmakológiai kutatások alapján, *John Langley* és *Paul Ehrlich* éppen száz évvel ezelőtt vezette be a receptor fogalmát. Azonban még a XX. század második felére is fogalom maradt a receptor, bár a receptorelmélet a gyógyszerkutatás vezérelve lett szelektív

gyógyszerek kifejlesztésében. A sejtek kémiai kommunikációja különféle jelenségeinek felfedezéséért számos élettani-orvosi Nobel-díjat adtak már. Az utóbbi évtizedekben a biokémiai módszerek fejlődése lehetővé tette a receptorok izolálását és aminosav-sorrendjük meghatározását. Napjainkban pedig nagyműszeres kémiai szerkezetvizsgálati módszerek,

verejeteke útján „terjed”. Sokféle hatást mutatnak a másik nem viselkedésére. A feromonhatást azonban emberekre nagyon nehéz egyértelműen igazolni. Jól illusztrálják ezt a híres stockholmi Karolinska Intézet kutatóinak eredményei, amelyek egy tekintélyes szakfolyóiratban jelentek meg. Vizsgálataik szerint a fenti két

a szanszkrit eredetű szó ösztönösen érzékelt enyhe illatokat jelöl, amelyek az ember társas viselkedését befolyásolják. A Parfüm című középkori tárgyú krimi és Tom Tykwer katartikus filmje a művészet eszköztárával jeleníti meg a *vasának* lehetséges hatásait.

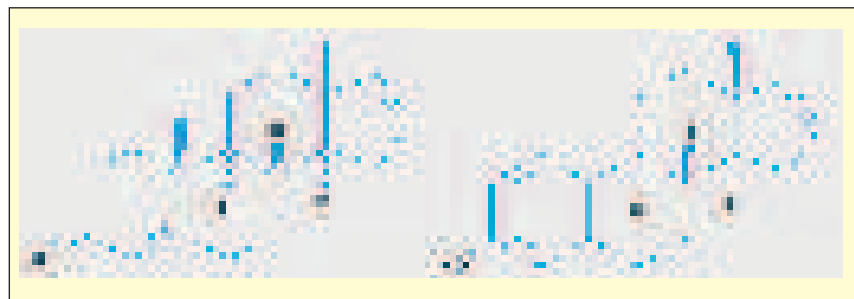
\*

Nehogy valaki azt higgye, hogy az ökológiai jelenségek mindössze érdekes megnyilvánulásai az élővilág sokszínűségének és összefüggéseinek. Az ökológia eredményeinek növekvő gazdasági jelentősége van. A rovarok jelfogó mechanizmusainak megismerése hozzájárul nagy érzékenységgel bioszenzorok kifejlesztéséhez. A rovarok, méhek beporzó tevékenysége a növénytermesztés számára nélkülözhetetlen. Az élővilág kémiai kommunikációjának ismerete lehetővé teszi ezen folyamatok gazdasági szabályozását. A kártevő rovarok populációjának időbeli változását feromoncsapdákkal követhetjük (monitorozás). Szaporodásukat kordában tarthatjuk, ha például szintetikus feromonokkal páرزásukat befolyásoljuk. A rovarok viszont ellenálló képességet fejlesztenek ki a kemikáliák iránt, akárcsak a baktériumok az antibiotikumok iránt. Leküzdésük fokozódó kihívás.

Környezetünk (vizek, talaj és levegő) növekvő emberi szennyezése – savak-lúgok, nehézfémek, gyógyszerek, növényvédő és mosószerek – fokozódó mértékben károsítják az élőlények kémiai kommunikációját. Fontos mindezt idejekorán felismerni, hogy a kommunikációs hálózat szétzilált szövődékét helyrehozhassuk, hogy a természet világa és globális egysége fennmaradhasson. ☛

## Irodalom

- Steiger S, Schmitt T, Schaefer M. (2011). The origin and dynamic evolution of chemical information transfer. *Proceedings Royal Society B* 278, 970-979.
- Farkas Cs, Ormos P. (2011). A baktériumok kommunikációja. *Természet Világa* 142, 488-489.
- Maksay G. (2011). Kémiai kommunikáció: négy úttörő, egy évszázad. *Kémiai Panoráma* 7, 9-11.
- Tegoni M, Campanacci V, Cambillau C. (2004). Structural aspects of sexual attraction and chemical communication in insects. *Trends in Biochemical Sciences* 29, 257-264.
- McKlintock MK. (2002). Pheromones, odors, and vasanas: The neuroendocrinology of social chemosignals in humans and animals. In *Hormones, Brain and Behavior*. Vol. 1, 797-870. Szerk: DW. Pfaff és mts.i, Academic Press, Amsterdam.



4. ábra. Androsztadienon és ösztratetraenol: kis különbség a kémiai szerkezetben, nagy különbség a humán feromon hatásában

elsősorban röntgenkristallográfia felhasználásával a receptorok térszerkezete kémiai (atomi) szinten is élénk tárul. Vagyis száz év múltán a receptorfogalom az izolálással testet ölt és a leképezéssel arcképet kap. És végre a legnagyobb tudományos presztízst jelentő elismerés tárgya is lett: receptorkutatásért 2012-ben adtak először Nobel-díjat! Ráadásul *Robert Lefkowitz* és *Brian Kobilka* kémiai Nobel-díjat kaptak a G-proteinhez kapcsolt receptorok szerkezetének feltárásáért. Vagyis a sejtek kémiai kommunikációja élettani folyamatát és annak kulcsszereplőit, a receptorokat kémiai felbontásban is kezdjük megismerni. A G-proteinhez kapcsolt receptorok szerkezeti családja igen nagy és jelentős. Az ízek, szagok és feromonok érzékelésének sok száz receptora is ebbe a családba tartozik. Tehát az élőlények kémiai kommunikációja, mint ökológiai jelenség, előbb-utóbb biokémiai folyamatként is értelmezhető lesz.

## Humán feromonok?

Bár a különféle fajok kémiai kommunikációja kétségtelenül érdekes, nekünk, embereknek alighanem sokkal izgalmasabb, hogy közöttük van-e kémiai kommunikáció, és milyen. Látás, hallás, agyméret-növekedés és szociális komplexitás; mindezek hozzájárultak, hogy a főemlősök viselkedése emancipálódjon, felszabaduljon a feromonok hatása alól. Mégis, van feromonhatásuk a női és férfi nemi hormon (ösztrógen és tesztoszteron) metabolitjainak (4. ábra). Az ösztratetraenol illata nők vizelete, az androsztadienoné pedig férfiak

szteroid illata az ember egyik agyterületén, a hipotalamuszban eltérő – nemtől és szteroidszerkezettől is függő – jeleket váltott ki. A férfiszteroid illata hasonló hipotalamusz-aktivációt eredményezett heteroszexuális nőkben és homoszexuális férfiakban, de heteroszexuális férfiak hipotalamuszát nem aktiválta. A női szteroid illata pedig hasonlóan hatott heteroszexuális férfiak és lesbikus nők hipotalamuszára, de heteroszexuális nőkére nem. Közönséges illatok csak az agy szaglóközpontját aktiválták. Vizsgálataik tehát a két szteroid feromonjellegét támasztották alá. Később viszont ugyanazok a kutatók az agyféltekék aszimmetriájában és az idegrendszer funkcionális kapcsolataiban találtak eltéréseket a nemi orientáció szerint. Tehát előző eredményeik nem feltétlenül a feromonok közvetlen hatását tükrözik. Az eltérő szexuális orientáció maga is hatást fejt ki a plasztikus, formálható központi idegrendszerre.

Egyre több közvetett bizonyíték támasztja alá, hogy igenis hatnak feromonok az emberre, például az androsztadienon a nők viselkedésére, hangulatára. A menstruációs ciklus és fogamzásgátlók azonban befolyásolják ezeket a hatásokat. Női közösségekben (hálóterem, kollégium) a menstruáció – titokban tartva is – szinkronizálódik. A tudatos lény, az ember is ösztönösen reagál a feromonokra, újszülött csecsemők is így kezdik el a szopást, így ismerik meg anyjukat. Az anyák is kellemesebbnek érzik saját csecsemőjük illatát. A tudatosított szagok és ösztönös feromonok csoportjai közé illeszkedik egy harmadik, úgynevezett *vasana* csoport. Ez

IMREI ZOLTÁN – VUTS JÓZSEF – TÓTH MIKLÓS

# Bogárferomonok a környezetkímélő növényvédelemért

A rovarok, így a bogarak nagyobb távolságokban való tájékozódásában, illetve a fajtársak egymásra találásában a szaglásnak elsődleges szerepe van más érzékekhez – köztük a látáshoz(!) – viszonyítva. Ez az oka annak, hogy a rovarok illatanyagok kommunikációjának tanulmányozása kulcsfontosságú a rovarvilág és azok más élőlényekkel való kapcsolatának megértése szempontjából.

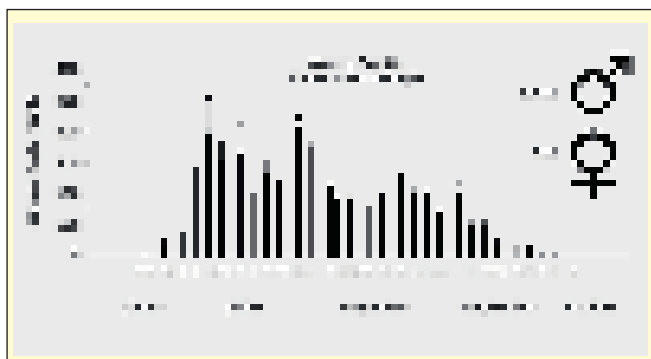
## Mik is azok a feromonok?

A feromonok olyan vegyületek, amelyek a fajtársak számára közvetítenek valamilyen információt; a feromon kifejezést használjuk a fajon belüli kommunikációra szolgáló anyagok esetén az egész élővilágra. Például akkor, ha egy tengeri moszatfaj „üzen” vízben fajtársainak, ha egy szárazföldi gerinces egyedei finom légáramok segítségével juttatják el illatanyagait egymásnak, vagy ha éppen egy rovarfaj két egyede közvetlen kontaktus útján értesíti egymást egy, az egyeden belüli tényről, történésről, például arról, hogy „nőstény vagyok, készen állok a párzásra”. De akkor is, ha a feromon a környezetről informál, például, hogy „veszély fenyeget”, vagy „ez

donságai praktikusán megfelelnek a célnak. Így a feromonok összetevői – merthogy a feromonok rendszerint többféle anyag keverékéből állnak – lehetnek nyílt vagy zárt láncúak, egy vagy több kettős kötést tartalmazók, alkoholok, aldehidek, ketonok, észterek vagy másféle funkciócsoporttal rendelkezők.

A különböző vegyületek biológiai célú csoportosítása az élő szervezet számára betöltött szerepe alapján történik. Viszonylag könnyen belátható, hogy akár ugyanaz az illatanyag csalogathatja a növényevő rovarot a tápnövényhez, ami egy másik rovarfaj esetén a fajtársak között hordoz üzenetet. Így az egyik esetben növényi illatanyagról, míg a másik esetben rovarferomonról beszélünk, noha kémiai szempontból ugyanazt a vegyületet használják fel a kétféle kommunikációs út során.

Az alábbiakban felsorakoztatott példákban levegőben terjedő, illékony feromonkomponenseket bocsátanak ki a fajok, amellyel távolabb levő fajtársaiknak „üzennek”. A különbség – ahogy majd látni fogjuk – a stratégiában rejlik. A kutatók feladata – más kérdések vizsgálata mellett – ezen „üzenetek” megfejtsége. A gyakorlat



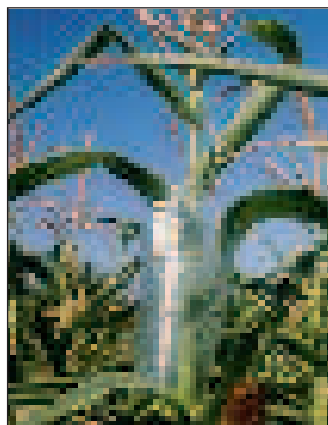
1. ábra. Kukoricabogár fogásainak szezonális lefutása

Korábbi cikkünkben (Természettudományi Közlöny 142. évf. 6. füzet) viráglátogató cserebogarak tápnövény-illatanyagokra, illetve vizuális (látási) ingerekre adott válaszárol írtunk, ami a különböző fajok – növények és állatok – közötti kommunikáció témaköre. Ezzel szemben mostani írásunkban a kémiai ökológia tudományának a fajon belüli kommunikációt vizsgáló területét mutatjuk be néhány, a mezőgazdaságban komoly szerepet játszó bogárcsoport példáján keresztül, mely séma tágabban más rovarfajokat, illetve taxonómiai egységeket tekintve is megállja a helyét. Cikkünk az alapkutatótól az alkalmazott fejlesztésen át a gyakorlati szaktanácsadásig iverlő eredményeket tartalmaz, amelyeket az MTA Agrártudományi Központ Növényvédelmi Intézete keretében működő csoportunk munkatársai értek el.

a tojásrakó hely már foglalt”.

Értelemszerűen másféle vegyületek alkalmazásának különböző viszonyok között az üzenet közvetítésére. A levegőben nagy illékonyosságú, aránylag kis molekulatömegű anyagokkal juttatható el hatékonyabban az információ, míg a kis távolságra vagy érintéssel közvetítő feromonok többnyire kisebb illékonyosságú, nagyobb molekulából állnak. A feromonok tehát sokfélék és bármilyen szerves vegyületcsoporthoz tartozhatnak, feltéve, hogy a molekula tulaj-

## 2. ábra. Hím kukoricabogár fogás a CSALOMON® PAL feromoncsalétkes csapdában (Tóth M. felvétele)



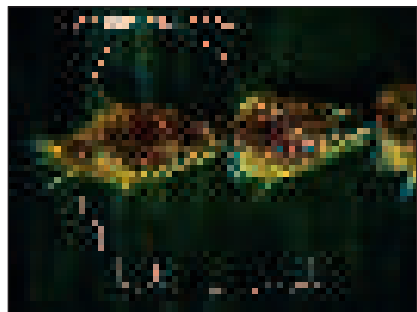
száma hasznosítható értelmet pedig az ad a kutatóknak, hogy mezőgazdasági kártevő fajokról van szó, így minden ismeret a természet veszélyeztető rovarokról (itt bogarakról) hasznos lehet az ellenük való korszzerű, környezetkímélő védekezés kidolgozásában, ami egy kis építőköve a fenntartható természeti technológiák fejlesztésében. Más esetekben a távoli tájakról behurcolt fajok észlelésében és fokozatos elterjedésének a követésében felhasználható ismeretek forrása, vagy egyéb, itt nem tárgyalt módon segíthet bennünket.



## Szexferomonok

A kifejlett egyedként rövid életű rovarfajok imágóinak többnyire egyetlen célja a párosodás, így sok esetben ezek már alig vagy egyáltalán nem táplálkoznak; ilyenek például egyes cserebogárfajok (tavaszvégi csaja, keleti cserebogár). A rövid imágóéletű fajok olyan távhatású feromonokat termelnek, amelyek kizárólag a két különböző ivar egymásra találását szolgálják. A feromonok ezen fajtáit hívjuk szexferomonoknak. Legtöbb esetben a nőtények csalogatják a hímeket, de ebben nem lehetünk addig teljesen biztosak, amíg meg nem vizsgáljuk a kérdéses faj viselkedését.

Egy tipikus levélbogár, az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, Coleoptera: Chrysomelidae) nappal aktív imágói június közepétől kelnek ki, és július elejétől találkozhatunk velük nagyobb egyedszámban országszerte a kukoricásokban (1. ábra). A nőtény bogár szexferomon segítségével csalogatja a levélről levélre rövid, gyors repülésekkel mozgó hímeket, melyek egyetlen célja, hogy minél több nőténnyel párosodjanak. A többször pázott nőtények a



**3. ábra.** A vetési pattanóbogár csápjának utolsó két ízéről készült fénymikroszkópos felvétel, nyilakkal jelölve a faj fő feromon-összetevőjének, a geranil-oktanoát nevű vegyületnek az érzékeléséért felelős érzékszőröket (*sensilla trichodea*) (Molnár B. felvétele, preparátum: Vuts J.)

talajra rakják le tojásaikat. Több mint egy hónapon át kelnek ki az imágók, így elhúzódik a rajzás, míg végül ősszel az utolsó bogarak is elpusztulnak. Csak a tojások telegnek át, hogy a következő évben a kukorica kelését követően, májusban kis lárvák keljenek ki, amelyek a kukorica, illetve a tápnövénynek alkalmas gyomok gyökerén táplálkoznak. A lárvák a gyökereket visszarágják, amitől az erősebben fertőzött kukorica eldőli, és egy, a föld közelében levő, talaj feletti szárcsomóból gyökeresedik csak újra, így kialakítva a jellegzetes hatványakra emlékeztető kárképet. A kikelő bogár a kukorica „bajuszát”, azaz a női ivarú virágzat bibeszálait rácsálva okoz érzékeny

károkat, ami nyomán hiányos lesz a termésnyulás, „foghíjas” lesz a kukoricacső. A hatványak-tünetet mutató kukoricánövényeket akár többméteres korokban is könnyedén kihúzhatjuk a talajból.



**4. ábra.** Vetési pattanóbogár (Forrás: [www.eol.org](http://www.eol.org))

A gyenge tápanyagellátás miatt az erősebben fertőzött növények fejletlen csöveket nevelnek. A kukoricaszár a szél hatására és a csövek súlya alatt elfekszik a talajon, így lehetetlenítve el a gépi betakarítást. A kukoricabogár mára megakadályozta a monokultúras kukoricatermesztést és szükségessé tette a vetésváltást, illetve a biztonságos kukorica-termesztéshez a talajinszekticidek alkalmazását, ami a környezetet terheli és a termesztési költségeket jelentősen megnöveli.

A kukoricabogár egy Európában újnak számító, úgynevezett invazív faj, amely a kilencvenes évek első felében – minden valószínűség szerint – katonai repülőgépekkel jutott az amerikai kontinensről Szerbiába, Belgrád környékére, ahonnan elterjedt Európa nagy részén. A feromoncsapdák ragogóan alkalmasak az első egyedek megfogására, így Európa-szerte az általunk kifejlesztett palást alakú, ragacsos felületű csapdát használják a tagállamok a kártevő elterjedésének a követésére egy EU-s ajánlásnak megfelelően (2. ábra).

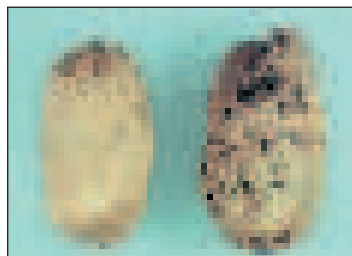
Könnyű felmérni a kukoricabogár jelentőségét, ha tudjuk, hogy Magyarországon több mint 1 millió hektár kukoricát vetnek évről évre, ami a vetésterület ötöde és az ország teljes területének több mint 10%-a (!).

Egy másik bogárcsoport, ahol a nőtények a hímek csalogatására szexferomonokat bocsátanak ki, a pattanóbogarak családja (Coleoptera: Elateridae). Nevüket arról a tulajdonságukról kapták, ho-

gy hátukon fekvé is képesek az aljatról fölpattanni és elmenekülni. A hímeknek fonalas, fűrészes vagy 11 ízű ágas csápjában van a fajtárs nőtények által termelt feromonmolekulák érzékeléséért felelős szaglósőrökkel (3. ábra). Kutatócsoportunk egyik legújabb felfedezése, hogy a nőtények termelte feromonokat nemcsak a hímek, hanem a nőtények is képesek érzékelni, aminek a pontos okát még nem sikerült tisztázni, viszont új távlatokat nyithat a nőtények fogására alkalmas illatanyagcsapdák fejlesztésében. A mezőgazdasági szempontból legfontosabb *Agriotes* genus európai kártevő fajainak feromonjai mindössze egy vagy két összetevősek, és kivétel nélkül mind észter típusú vegyületeket tartalmaznak (Tóth és Furlan, 2005).

Magyarországon a szántóföldi és kertészeti kultúrákat elsősorban az *Agriotes*-fajok lárvái veszélyeztetik, az összes pattanóbogár-lárva, azaz drótféreg mintegy 88%-át kitevé. Mezőgazdasági szempontból legjelentősebb fajaik a mezei (*A. ustulatus* Schaller), a réti (*A. sputator* L.), a vetési rövid (*A. brevis* Candeze), a sziki (*A. rufipalpis* Brullé), a sötét (*A. obscurus* L.) és a vetési pattanóbogár (*A. lineatus* L., 4. ábra). Többéves fejlődésű lárváik polifágok, sokféle hasznónövény (pl. répa, burgonya, dohány, gabonafélék, napraforgó, sőt fiatal gyümölcsfák) gyökerét károsítják (5. ábra). A kifejlett bogarak pollenel, gyomnövények és fűfélék leveleivel és virágaival táplálkoznak, kárt nem okoznak.

A kukoricabogárhoz hasonlóan, a szintetikusan előállított nőtény feromont egy, a bogarak viselkedésének alapos kutatása eredményeként kifejlesztett csapdaalakba téve (6. ábra) a pattanóbogaraknál is hatékonyan nyomon követhetjük a rajzásmenetet egész szezonon át (Furlan és Tóth, 2007). Fontos tudni, hogy – mivel a csapda nem a kárt okozó fejlődési alakot, tehát a drótférget fogja meg, hanem a kifejlett bogarakat – a pattanóbogár-csapda nem alkalmas a kártétel közvetlen csökkentésére.



**5. ábra.** A pattanóbogarak lárváinak, a drótférgeknek a kártétele burgonyában (Forrás: [www.agriculture.purdue.edu](http://www.agriculture.purdue.edu))

Viszont a fajspecifikus feromoncsapdák leolvasva nagyon fontos ismeretekhez juthatunk az adott faj népességszámának alakulásáról, ami a jól időzített, környezettudatos növényvédelmi intézkedések meghatározásában létfontosságú! A felsorolt fajok mindegyikére rendelkezésre áll már fajspecifikus csapda.



## Aggregációs feromonok

Szemben az amerikai kukoricabogár és a pattanóbogarak példájával, más bogárcsoportok esetében a kommunikáció stratégiája nem egyszerűen az ellentétes ivarú fajtársak egymásra találását szolgálja, hanem a foltosan előforduló táplálékforrás felderítése és kolonizálása biztosítja a populáció egyedei számára az evolúciós előnyt. Ilyen foltos elhelyezkedésű táplálékforrás lehet egy-egy legyengült fa a szűbogararak (Coleoptera: Scolytidae) számára egy erdőben vagy a pillangós tápnövényen belüli folt az ormányosbogarak (Coleoptera: Curculionidae) közé tartozó csipkézőbarkóknak (*Sitona* spp.), amelyek 'u' alakú berágásait könnyen megfigyelhetjük a here, borsó és a rokon növényfajok levelein. A táplálékforrás foltos elhelyezkedése miatt az első pillanatban ellentmondásosnak látszó csalogatási módszer alakulhatott ki,



6. ábra. A pattanóbogarak fogására legalkalmasabb csapda, a Yatlorf

ahol a távolabbi felderítő utakat tevő hímek nemcsak a nőstényeket csalogatják, hanem a pázásért egyébként velük versengő, megegyező ivarú fajtársaikat is. A mindkét ivart csalogató távhatású feromonokat aggregációs feromonoknak hívjuk.

A táplálékfoltos fokozatosan megjelenő csipkézőbarkók, illetve szűbogararak értelem szerűen egyre erőteljesebben csalogatnak, ami öngerjesztő folyamat. Az is jellemző, hogy a tápnövény illatanyagai jelentősen növelik a feromonos csalogatás hatásosságát. Ráadásul a kolonizáló egyedek táplálkozása stresszt jelent a növény számára, ami emiatt stresszt, illetve gyengültséget jelző illatanyagokat kezd kibocsátani, melyek még tovább növelhetik a csipkézőbarkó-gazdanövény, valamint a szűbogár-gazdanövény komplex csalogató hatását egészen a táplálékforrás feléréséig.

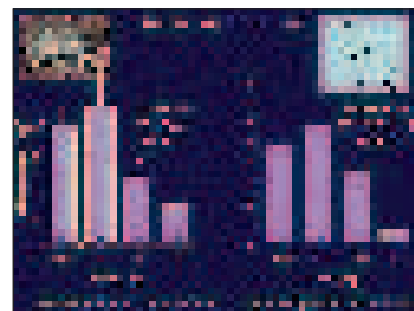
A bemutatott sémát idézi egy gyakorlati jelentőségű aggregációs csalogatóanyag (attraktáns), amely az ormányosbogarak családjába tartozó lisztes répaparkó (*Bothynoderes punctiventris* Germar) és a rokon *Conorrhynchus mendicus* Germar hímjeit és nőstényeit (7-8. ábra) egyaránt csalogatja (Tóth és mtsai, 2002, 2007).

A lisztes répaparkó Közép-, Kelet- és Délkelet-Európában, míg a *C. mendicus* Dél- és Délnyugat-Európában a frissen kelő cukorrépa kulcskártévoje (9. ábra). Ha a gyalog, az előző évi cukorrépatábla irányából migráló, azaz nagy tömegben egy irányba vándorló bogarak meglepik a frissen kelő cukorrépatáblát,

akkor egy-egy bogár több csíranövényt is képes elpusztítani, ami a tábla megsemmisülésével fenyegethet. Ahogy a cukorrépa fejlődik, és teljesen kifejlődött levelei megjelennek, a barkók már nem tudnak nagyobb mennyiségű zöldtömeget elfogyasztani. Erre mondják a termesztők, hogy „kinő a répa a barkó foga alól”, a lárvák azonban később még így is károsíthatják a répatestet.

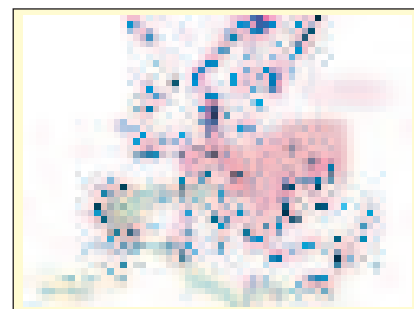
A csapda nemcsak a bogarak jelzésére kitűnő, hanem a barkók egyedszámának a szabályozására is. Tíz csapda üzemeltetése hektáronként már a populációt jelentősen csökkentheti, míg harminc csapda már a közepesenél nagyobb egyedsűrűségnél is közel az egész populációt megfoghatja, ami több mint 120 000 (!) bogarat jelenthet hektáronként. A tömeges csapdázás csak egyes speciális esetekben vezet a kártétel jelentős csökkentéséhez. Ennek lényeges elemei, hogy a nagy erősségű csalogatóanyag mindkét ivart csalogassa viszonylag nagy testméretű, tehát arányaiban kisebb egyedsűrűségben élő kártevő esetén, ahol maga a megfogott alak (itt: a kifejlett bogár) okozza a kárt. Mindezek a feltételek itt szerencsésen teljesülnek! Mindamelllett a módszer hétköznapi alkalmazása egyelőre nem látszik reálisnak, hiszen több száz hektáros cukorrépatáblákat figyelembe véve, jóval drágább és élömlenke-igényesebb a csapdák üzemeltetése, mint egy nagy teljesítményű permetezőgéppel az arányaiban olcsóbb és jóval gyorsabb permetezés. A gyakorlati alkalmazáshoz vagy a módszer további fejlesztésére és egyszerűsítésére, vagy a természetesi gyakorlat megváltozására lesz szükség. ☺

7. ábra. A lisztes répaparkó (*Bothynoderes punctiventris*), a *Conorrhynchus mendicus* és a két faj jellemző lárvakártétele *Bothynoderes punctiventris* (balra) – Nagy Z. felvétele, *Conorrhynchus mendicus* (jobbra), – G. Campagna felvétele



8. ábra. A két cukorrépa-kártevő ormányost hasonlóan hatékonyan csalogatja ugyanaz az aggregációs csalogatóanyag (attraktáns). Az azonos betűvel jelölt oszlopok nem különböznek egymástól szignifikánsan (ANOVA, Games-Howell, P=5%)

9. ábra. A lisztes répaparkó (*Bothynoderes punctiventris*) és a *Conorrhynchus mendicus* faj elterjedése Európában és Észak-Afrikában (Hoffmann, 1966 nyomán)



A cikk megjelenését az OTKA K81494 számú pályázata támogatta.

## Irodalom

- Furlan, L., Tóth, M., Cooperators 2007, *IOBC/WPRS Bulletin* 30: 19-25.
- Hoffmann, A. 1966, Sous-famille des Cleoninae. In: A.S. Balachowsky (ed.), *Entomologie appliquée à l'agriculture, vol. 1*. Masson et Cie Éditeurs, Paris pp. 953-981
- Tóth, M., Sivcev, I., Tomasek, I., Szarukán, I., Imrei, Z. és Újváry, I. 2002, *Növényvédelem* 38: 145-151.
- Tóth, M., Furlan, F., Campagna, G., Imrei, Z., Sivcev, I., Tomasek, I. és Újváry, I. 2007, *Insect Pests IOBC/WPRS Bulletin* 30: 125-131.
- Tóth, M. és Furlan, L. 2005, *IOBC/wprs Bulletin* 28: 133-142.

# Az ismeretterjesztés istennője

**G**iuseppe Piazzi szicíliai csillagász egy új bolygót fedezett fel 1801. január elsején. Ez volt az első ismert kisbolygó! A bolygók a Merkúrtól a Szaturnuszig római istenek nevét viselik ősidők óta, hasonló módon nevezték el az Uránuszt is, amikor a XVIII. század vége felé bolygóként azonosították, elég természetes volt ezért, hogy felfedezője az új bolygót a gabona római istennőjéről, a Szicíliahoz többszörösen is köthető Ceresről nevezte el. Két-három évvel ez után két nagy kémikus, a svéd Berzelius és a német Klaproth egy új, fémes tulajdonságú elemet fedezett fel egy svédországi ásványban. A fémeket az ókortól kezdve égitestekhez társították: például az aranyat a Naphoz, az ezüstöt a Holdhoz, a vasat a Marshoz, a higany pedig a legtöbb nyelvben mindmáig megőrizte rokonságát a Merkúrhoz, így aztán elég kézenfekvő volt, hogy az új elemet az új égitestre gondol-

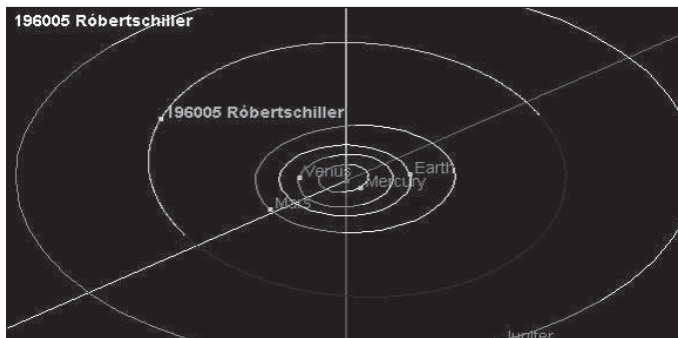
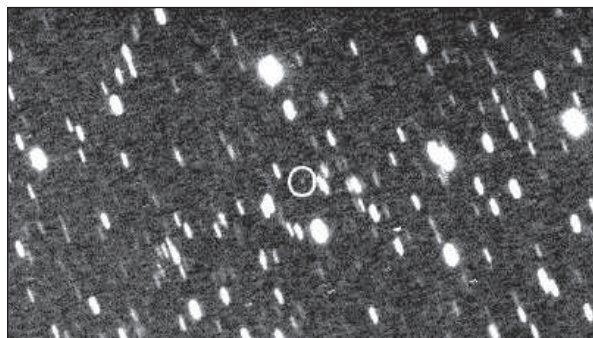
lölte, mint alkímista elődei. Amikor pedig a gázok kis sűrűségét akarta megmagyarázni, nem az atomok között abban az időben feltételezett taszítóerőkre gondolt, hanem azt írta, a gázatom „méltóságát azzal őrzi, hogy a többieket, akik súlyuknál fogva vagy más okból rátelepednének, tisztas távolságban tartja.” Méltóságát! Emberi erénnyel ruház föl egy mindennél egyszerűbb tárgyat. Ez bizony alkímistaízü gondolat. Nehéz dolog megszabadulni azoktól a hagyományoktól, amelyeket megtagadunk.

Ceres, a névadó istennő, ősi itáliai istenség. Későbbi időkben, mikor a római istenrend a klasszikus görög Olümposz latin tükörképévé vált, a kultuszok elgörögösödtek, és még az ősi római erkölcsök és hagyományok makacs őrzője, a hőttkonzervatív öreg Cato is megtanult görögül, akkor Ceres pusztán a görög Démétér

néphez szól. Azt hiszem, az antik istenségek között ő áll legközelebb a mindenkinek szóló természetismeret eszméjéhez.

Nem tudom, mennyi a véletlen és mennyi a szándékosság abban, hogy a Ceres bolygó társainak, egy-egy kisbolygónak az elnevezésével örvendeztetni meg a Tudományos Újságírók Klubja azokat a szerzőket, akiket méltónak ítél arra, hogy az Év Ismeretterjesztő Tudósa díjban részesítse. A kisbolygó és az ismeretterjesztés együttállása mindenestre találó és lelkesítő asztrológiai jelkép.

Most engem ért a díj megtiszteltetése. Őszintén köszönöm a Klubnak és elnökségének; ha jámbor római plebejus lennék, Ceresnek mutatnék be hálaáldozatot. A hála azonban azoknak jár, akik nélkül ismeretterjesztő munkáimat aligha írtam volna meg. Cikkeim nagy része a Természet Vi-




A bal oldali, ún. felfedező képen a Schiller Róbertről elnevezett kisbolygó látható bekarikázva, 2002. szeptember 12-én, mellette (jobbra) a kisbolygó helyzete az átadás napján, 2013. február 21-én (a szerk.)

va cériumnak nevezzék el a felfedezői. (Mely preparátumról utóbb ugyan kiderült, hogy két elemnek, a cériumnak és a lantánnak a keverékéből áll.)

Hagyománytisztelet a névadásban – no, igen, de talán nem pusztán az. Az alkímisták a fémek tulajdonságait is kapcsolatba hozták az égitestekkel, alkímia és asztrológia egymás társai voltak. A két felfedező mai értelemben véve modern kísérletező vegyész volt, Dalton kortársai – ez a felfedezésük éppen Dalton legfontosabb munkájának, a kémiai atomelmélet megalapozásának az évtizedében született. De Dalton az elemeket még nagyon hasonló módon je-

latin neve lett. Annak az eleusiszi kultuszával, a vetés és sarjadás képében megjelenő halál és újjászületés titkos misztériumával ünnepelték. De korábban Ceres, fiával és lányával, Liberrel és Liberával együtt, az Aventinus környékén álló szentélyében tisztelték. A plebejusoknak volt ez szent helyük; a Capitolium a patrícius isteneké, Jupiter, Juno és Minerva hármasságáé volt. Az aventinusi szentélytől indulva vonult ki a patríciusok uralmával elégedetlen nép a Mons Sacerre, ezen a vidéken tartották a népgyűléseket, ehhez kötődött a néprövidnek intője.

Ceres a gabona, a földművelés istennője volt. De Ovidius szavai szerint „törvényt ő [adott] legelőbb; a Ceres adománya, amink van.” Ő tehát a természet és a törvény úrnője, aki a köznép között lakik, és a köz-

lágában jelent meg, a folyóirat atmoszférája nélkül nem hiszem, hogy kedvem és kintartásom lett volna ehhez a munkához. Dala Laci bácsi és Keömley Éva fogadott be vagy negyvennégy évvel ezelőtt elismerő szóval ebbe a közösségbe. Az utóbbi évtizedekben Staar Gyula lelkesítése, szerkesztői igényessége és tapintata, a feladatok megfogalmazása bábáskodta ki számítógépből a szövegek nagy részét. Ez nem magányos műfaj, csak hasonlóan gondolkodók közösségében lehet végezni. Gyuszi és munkatársai, Kapitány Kati és Silberer Vera tekintete alatt dolgozhattam – különben nem ment volna a dolog. Köszönet érte. Ha a jövőben is rajtam tartanak a szemeteket... 

SCHILLER RÓBERT

<sup>1</sup> Almár Iván barátom figyelmeztetett, hogy ma már törpebolygónak nevezik a többenél nagyobb tömege miatt.

## ELEFÁNTMÉSÁRLÁS

Sokkoló hírek érkeztek Gabonból, a Minkebe Nemzeti Parkból, mely nemrég még Afrika legnagyobb erdeielefánt-populációjának adott otthont. 2004 óta az állomány kereken kétharmada eltűnt, és a pusztulás az utóbbi öt évben volt a legnagyobb arányú. A hír akkor igazán döbbenetes, ha számszerűsítjük az elefántcsont-kereskedelem miatt orvvadászatul esett állatokat: kereken 11 ezer elefántot öltek meg.

Gabonban él a kontinens erdei elefántjainak több mint fele, mintegy 40 ezer egyed, és az állomány rohamosan fogy. Az eredmény több nemzetközi természetvédő szervezet közös kutatásának eredménye. A Wildlife Conservation Society elnöke szerint az elefántállomány még mindig megmenthető, de csak akkor, ha minden érintett ország a lehető legtöbbet megtesz azért, hogy megállítsa az illegális vadászatot és elefántcsont-kereskedelmet.

Mostanáig a szakemberek úgy vélték, hogy Gabon elefántállományát az afrikai átlagnál kisebb mértékben sújtja az orvvadászat. A kontinensen a Szabadnak Születtek Alapítvány nevű szervezet becslései szerint csak tavaly 31 800 elefántot öltek meg. 2011 júniusában aztán azt jelentették, hogy a Minkebe Parkban és az azt övező bufferzónában számottevően megnőtt az emberi tevékenység. Egy korábban csak 300 fős aranybányásztábor népessége hirtelen 5000-re duzzadt, köztük megjelentek a fegyveres orvvadászok, drogkereskedők is. A park hatóságai szerint naponta 50-100 elefántot öltek meg, mert a Távol-Keleten igen jó pénzt fizetnek az elefántcsontért. Gabon kormányzata, ha kevés erővel is, de fellép az orvvadászok ellen,



akiknek jó része a szomszédos Kamerunból jár át. A park területén már fegyveres összecsapások is voltak orvvadászok és természetvédelmi őrök között. A kormány katonákkal, rendőrökkel és további parkfelügyelőkkel megerősítve próbálja felvenni a harcot az orvvadászok-

kal szemben, miközben szigorították a büntetési tételeket is. Az eredmény egyelőre nemigen látszik, így a helyi hatóságoknak jóval nagyobb nemzetközi segítségre van szükségük, hogy az állomány további csökkenését megakadályozzák. (*Science Daily*, 2013. február 6.)

## FOGY A MAJMOK ÉLETTERE

Az emberszabású majmok az elmúlt húsz év alatt Afrikában 200 000 négyzetkilométer életteret veszítettek, ami naponta négy futballpálya-nagyságú területet jelent. A vizsgált időszakban különösen a Kongói-hátság esőerdeiben és a libériai tengerparti erdőkben volt a legnagyobb a veszteség.

Erről a drámai helyzetről a lipcei Evolúciós Antropológiai Intézet tanulmánya ad hírt. A kutatók arra utalnak, hogy az életterek nagy része már 1990 előtt tönkrement. Nagy különbség van azonban az egyes fajok között. Ezt a különbséget az olyan eltérő ökológiai feltételek okozzák, mint a táplálékigény és a vadászók. A főemlősök életterének ilyen nagymértékű csökkenését az útépitések és az erdők olajpálma-ültetvényekké vagy más monokultúrákka való átalakítása okozza. (*Bild der Wissenschaft*, 2012. 12. szám)

## POTYALESÓ GÓLYÁK

Egy új kutatási program, melyet a Kelet-angliai Egyetem kutatói folytatnak, arra próbál fényt deríteni, miért változtak meg az európai fehér gólyák vándorlási szokásai. Az 1980-as évek közepe óta azt tapasztalják, hogy Európa északibb vidékeiről egyre kevesebb gólya vonul el egészen Afrikáig, ahol telelni szokott, viszont egyre több áll meg Spanyolországban és Portugáliában telelni, sőt sokuk már az egész évet ott tölti. Az ok első látásra egyszerű. A gólyák a szemételepeken guberálnak, bőséggel találnak annyi ételmet, hogy ne kelljen fáradniuk a továbbrepüléssel.

A programban 15 kifejlett fehér gólyát használnak, a rájuk szerelt GPS segítségével egy teljes éven át követik őket, azt akarván megtudni, miért változtatták meg vándorlási szokásaikat. A kutatók megvizsgálják a klímaváltozás és a táplálkozási szokások kapcsolatát, hogy megbecsüljék a faj jövőbeni elterjedését. A kísérleti gólyákat Portugáliában fogták be, és olyan jeladókkal látták el, melyek mindennap öt pozíciót közvetítenek. Ilyen

módon követni tudják a gólyák mozgását fészük és táplálkozóhelyeik között, még rövid távolságokra is. A rájuk szerelt műszerek még arra is képesek, hogy „megmondják”, mennyi időt töltenek a gólyák lehajtott fejjel, ami nyilván a táplálkozás hosszára utal.

Azt már tudják, hogy a gólyák viselkedése gyökeresen megváltozott. Portugáli-



ában 1995-ben kereken 1180 ott telelő gólyát számoltak meg, 2008-ban már több mint 10 ezret, és a számuk egyre nő. A gólyák nagyon opportunistaivá váltak, kihasználják a szemétkerakók adta könnyű hozzáférhetőséget a bőséges és mindig megbízható táplálékhoz. (*Science Daily*, 2013. február 27.)

## AZ ÖRÖK ÉLET NYOMÁBAN

Dimitrij Itzkov orosz milliárdos nagyon félhet a haláltól. Bár még csak 31 éves, merész tervet fogalmazódott meg benne: 2045-re el akarja érni az ember halhatatlanságát. Az ember teljes tudatát elektronikusan tárolva egy robotba, az Avatarba akarja „átültetni”.

Véleménye szerint ez négy lépésben történhet. 2020-ig el kell érni a robotok gondolatlanul való vezérlését, 2025-ig az emberi elmét át kell tudni telepíteni az Avatarba, 2035-ig a tudósok képesek lesznek az elmét egy merevlemezre átmásolni és 2045-re elérni a halhatatlanságot. Ekkorra az egyes ember személyisége már csak mesterséges médiumokban fog létezni. Magukat a személyeket testi valóságukban holografikusan jelenítik meg.

Becsúszó céljának elérésére Itzkov tudósok globális hálózatát akarja létrehozni, és saját kutatóközpontot is épített. Sokan azonban nagyon szkeptikusok a sikert illetően, mert szerintük az emberi tudat túlságosan összetett ahhoz, hogy számítógépben lehessen tárolni. A milliárdost ez a kétely cseppet sem aggasztja, hiszen az emberiség történetében sokszor történt már olyan előrelépés, amit lehetetlennek tartottak. (*Bild der Wissenschaft*, 2012. 12. szám)



## LÁNGÁLLÓ BEVONAT DNS-BŐL

A hagyományos, halogénezott vegyületeket tartalmazó lángálló bevonatok alkotó elemeinek káros hatása miatt azok használatát világszerte egyre szorosabban korlátozzák a környezetvédelmi előírások. Emiatt egyre növekszik az érdeklődés a zöldebb megoldásokat kínáló, alternatív tűzálló bevonatok fejlesztése iránt. Egy olasz kutatócsoport tagjai hering spermiumból kivont DNS-sel, azaz örökítőanyaggal helyettesíték a hagyományos tűzvédelmi bevonatokat.

A kutatók elmondása alapján a DNS kémiai tulajdonságai hordozzák mindazokat a főbb jellemvonásokat, amelyek a lángálló anyagokat is jellemzik. Szénvázuk hőszigetelőként szolgál, égésük során pedig olyan anyagok szabadulnak fel (jelen esetben például foszforsav), amelyek akadályozzák az égés továbbterjedését. Noha a DNS stabilitása önmagában nem megfelelő tartós, mosható bevonat létesítésére, számos kémiai módosítási lehetőség kínálkozik az ellenállóbb szerkezet kialakítására, illetve a DNS hordozó felülethez való kapcsolására is. Így a tudósok pamutmintákat borítottak be örökítőanyaggal, és sikeres előkísérleteik után megkezdtek a DNS-bevonat tűzálló tulajdonságainak módszeres tesztelését is.

Bár a DNS előállítására egyelőre költséges, az örökítőanyag a természetben szinte korlátlan mennyiségben rendelkezésre áll, bomlástermékei pedig nem károsítják a környezetet. (*www.rsc.org, 2013. március 1.*)

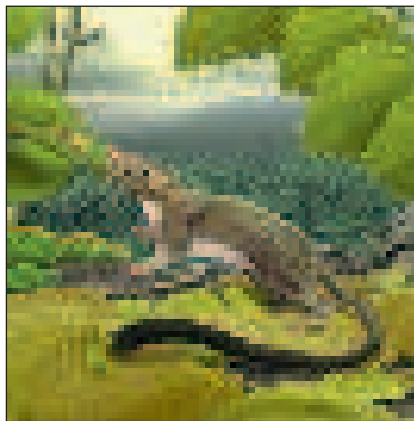
## A LEGNAGYOBB SPIRÁLGALAXIS

A NASA Galaxy Evolution Explorer (GALEX) műholdjával végzett megfigyelések alapján megállapították, hogy a dél égbolt Páva (Pavo) csillagképében fekvő NGC 6872 jelű küllős spirálgalaxis minden eddigi megfigyelt társánál nagyobb. Átmérőjét 522 ezer fényévre becsülik, ami ötszöröse a Tejútrendszer átmérőjének. A Lokális rendszer többi nagyobb galaxisa, az 50 ezer fényév átmérőjű Triangulum galaxis (M33) és a 220 ezer fényéves Andromeda-köd ugyancsak eltörpül a kozmikus óriás mellett. Korábban megfigyelték már, hogy az NGC 6872 az égbolton 212 millió fényév távolsága ellenére 6 ívperc kiterjedésűnek látszik, most azonban azt is észrevették, hogy az óriás galaxisból két hosszú kar nyúlik ki. A GALEX megfigyeléseit földi óriástávcsövek észlelési eredményeivel egybevetve az is valószínűvé vált, hogy az NGC 6872 mintegy 130 millió évvel ezelőtt összeütközhetett a nála jóval kisebb, IC 4970 jelű, lencse alakú (lentikuláris) galaxissal.

Az ütközéskor fellépő gravitációs hatások torzulásokat eredményeztek a rendszerben, legfőképpen az NGC 6872 egyik karjában. Valószínű, hogy az ütközés hatására az óriásgalaxisból anyag szakadt ki, ez alkotja a hosszú nyúlványokat. A hosszabb nyúlvány végénél a GALEX ibolyántúli felvételein egy újonnan keletkezett, kisebb galaxis látható, amelyben rengeteg forró, fiatal csillag figyelhető meg. Meghatározták a csillagok korát, és megállapították, hogy a legfiatalabb csillagok nyúlvány végén kialakult kis galaxisban vannak, majd a karok mentén az óriásgalaxis felé közeledve egyre idősebb csillagokat látunk. Ez egyértelműen bizonyítja, hogy a karok az ütközés eredményeként szakadtak ki és az ütközés váltotta ki a csillagkeletkezési hullámot. (*www.skyandtelescope.com, 2013. január 12.*)

## A MÉHLEPÉNYESEK CSAK A KRÉTA UTÁN JELENTKEK MEG

Egy nemzetközi kutatócsoport a rendelkezésre álló legnagyobb adatbázis felhasználásával rekonstruálta a méhlepényesek közös őst, egy kisméretű, rovarevő állatot. Az elméleti



ös vizuális megjelenítése a nyilvánosan hozzáférhető MorphoBank adatbázis alapján készült. A kutatók munkájuk során mind genetikai, mind fizikai tulajdonságokat figyelembe vettek. Kiderült, hogy az eddig általánosan elfogadott elképzelésekkel szemben a méhlepényes emlősök nem váltak nagyon változatosá a földtörténeti középidő során, és még nem alakultak ki a máig élő evolúciós vonalaik. Ez csak körülbelül 65 millió évvel ezelőtt következett be, miután a kréta végi tömeges kihalás során eltűntek a Föld színéről a dinoszauruszok és az összes létező fajnak körülbelül a 70%-a. A pusztán genetikai adatokon alapuló korábbi tanulmányok arra az eredményre jutottak, hogy számos méhlepényes evolúciós vonal létezett már a késő-krétában, amelyek túlélték a kréta végi kihalást, és azután vál-

tak változatos csoportokká. A most megjelent publikáció szerint a méhlepényes emlősök viszonylag gyorsan jelentek meg a kréta végi kihalás után, és a közös ősiük mintegy 200–400 ezer évvel a kihalási esemény után élhetett. Ez a vizsgálat körülbelül 36 millió évvel későbbi időpontot jelez, mint amikor tisztán genetikai adatokkal dolgoztak a kutatók. (*Science, 2013. február 8.*)

## ÚSZÓ JÉG A TITÁNON?

A NASA Cassini űrszondájával dolgozó egyes csillagászok véleménye szerint a Szaturnusz legnagyobb holdja, a Titán tavain, tengerein jégtáblák úszhatnak. Természetesen sem a tavak, sem a jégtáblák nem vízből, vízjégből vannak, hanem szénhidrogénekből. Korábban a csillagászok úgy gondolták, hogy a Titán felszínén folyékony metánból álló tavak lehetnek, a rajtuk képződő jégtáblák, jégtömbök pedig lesüllyednek a mélybe. Jason Hofgartner és Jonathan Lunine (Cornell Egyetem) legújabb vizsgálataikkal azonban kimutatták, hogy ha a folyadék nem tiszta metán, hanem metán és etán keveréke, akkor az ebből képződő jég úszik a folyadék felszínén, vagyis a jelenség a földvel meglepő hasonlóságot mutat. A kutatás egyelőre csak laboratóriumi kísérleteken alapuló elméleti számításokat jelent, tehát még nem jelenthetjük ki teljes bizonyossággal a titáni tavakon úszó jégtáblák létezését. Mindenesetre a modell készítésekor figyelembe vették a folyadék és a légkör közötti kölcsönhatást, ami különböző jégösszetétel eredményez. Figyelembe vették továbbá a jégbe „légbuborékok” formájában beépülő nitrogén mennyiségét (a Titán légkörét jobbra – 98,4%-ban – nitrogén alkotja) és a hőmérsékletet, amelyre az egész rendszer különösen érzékenyen reagál. Eredményeik szerint a legalább 5% nitrogéngázt tartalmazó jég a metán fagypontra körüli hőmérsékleten (90,4 kelvin, azaz –182,7 °C) a jég mindig úszik. Ha viszont a hőmérséklet néhány fokot csökken, a jégtáblák lesüllyednek. Henry Roe (Lovell Observatórium) szerint a Titánon a Földhöz hasonlóan több tíz és több ezer év közötti skálájú, lassú éghajlatváltozások léphetnek fel. Ebből a szempontból nem mindegy, hogy úsznak vagy lesüllyednek a jégtáblák, mert az úszó jég csökkenti a metán párolgását, márpedig a metán fontos üvegházgáz, amely segít „melegen” (azaz –181 °C közüli hőmérsékleten) tartani a Titán légkörét. Ha a Titán tavain és tengerein összefüggő, vékony jégréteg alakulna ki, az jégkorszakot idézne elő a Titánon. A Titán egyébként a Földön kívül a Naprendszerben az egyetlen olyan égitest, amelyiknek folyadék-tömegek találhatóak a felszínén. (*www.skyandtelescope.com, 2013. január 11.*)



# Memóriamegőrzés – másképpen



**Párducz Árpád**

(Börcsök Szilveszterné felvétele)

Az időskori memóriadeficit új megközelítése a témája a Párducz Árpád, az MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont Biofizikai Intézete tudományos tanácsadója által vezetett kutatómunkának. Az OTKA által támogatott kísérletek során kapott eredmények igen érdekesek, nemkülönben a „menet közben” felvetődő, néha váratlan kérdések is. Mivel az átlagéletkor növekedése miatt egyre több hazánkban is az időskorú ember, és az életkor előre haladtával sokuknál jelentkezik memóriacsökkenés, érdemes körbejárni a kérdést, hogy mi is okozza ezt a deficitet, és milyen lehetőségek kínálkoznak a legújabb kutatási eredmények alapján a memória romlásának csökkentésére.

– *Mi irányítja a kutatásokat az időskori memóriadeficit megelőzésének, csökkentésének irányába? Hiszen elterjedt eljárás az agyi vérkeringés hatékonyságának fokozása a megfelelő gyógyszerekkel.*

– Ez valóban így van, de a probléma súlyosabb, mint hogy ezzel megoldottnak véljük. Az emberi átlagéletkor a tudomány fejlődésével egyre növekszik, s ennek bizonyos nem kedvező következményei is vannak. Ezek állítják újabb feladatok elé a tudományt. Egy 2010-ben megjelent közlemény alapos statisztikai vizsgálatok alapján azt tekintette át, hogy az idegrendszeri megbetegedésekre elköltött pénz az Európai Unióban mennyi egy évben. Megdöbbentően magas szám jött ki: 498 billió euró; egy főre ez átlag 1500 eurót jelent. Ez a szám azért is ilyen magas, mert több idegrendszeri megbetegedés esetén az érintettek magas kort is megérhetnek, s gyógyszerelésük, kórházi ellátásuk, mint az előbb említettük, nagyon sok pénzbe kerül. Ezekhez az idegrendszeri megbetegedésekhez, amint halad előre életkorában az egyén, társulhat memóriacsökkenés, -vesztés. Mindebből látszik, hogy egyáltalán nem tekinthetjük lezártnak a memóriacsökkenést akadályozó, az agyi vérkeringést fokozó gyógyszerek alkalmazásával a küzdelmet a „sikeres öregedéssért”. A memóriacsökkenés jelenleg elfogadott gyógyszeres kezelési lehetőségeinek bővítésére jelenleg is folynak alapkutatások más típusú terápiás utak megtalálásáért.

– *Ilyen kutatómunka az is, melyet Ön és munkacsoportja végez.*

– Egy korábbi vizsgálatsorozat alapján munkacsoportunk, összhangban a világban e területen tapasztalható eredményekkel, azt ta-

lálta, hogy a nemi hormonoknak, elsősorban az ösztrogénnek, nagyon fontos szerepe van az idegrendszer fejlődésében. De nemcsak ebben, hanem a felnőttkori idegrendszerrel kapcsolatban is. Úgy tűnik, hogy bizonyos védőhatást fejt ki az idegsejtekre, s ugyanakkor az idegsejtek közötti kapcsolatok módosulását, kialakulását, fenntartását is befolyásolja. Ennek alapján úgy gondoltuk, hogy a memória – melynek változása a leginkább észlelhető időskori változás az idegrendszerben – sejtszintű alapjait kell mindenekelőtt szemügyre vennünk. Ez a munka rendkívül magas szinten és széles spektrummal történik világszerte.

– *Magáról a memóriáról már sokat tudunk, például azt, hogy bizonyos fajtái agyunk mely területéhez kapcsolhatóak.*

– Az egyes agyterületek ismerete ugyanakkor még nem elegendő. A kísérleti tények azt is alátámasztják, hogy az egyes sejtek közötti kapcsolatok nagyon lényegesek a jó memória megőrzéséhez. Az idegsejtek közötti kapcsolatokat szinapszisok hozzák létre. Egyetlen idegsejt hatalmas számú más sejttől kap információt. Több irányból jönnek az idegsejtet ingerlő és gátló impulzusok, és mindezek aránya, eloszlása, időtartama szabja meg, hogy miként működik egy idegcsoport, illetve az agyunk. Mindebben döntő szerepet játszanak a szinapszisok, s mivel korábbi vizsgálatainkban úgy találtuk, hogy a hormonok befolyásolják a szinapszisokat, logikus volt azt nézni: idősebb korban változik-e a memória szempontjából az egyik leginkább kutatható és kutatott terület, a hippocampus szerkezete, illetve ha változik, miként lehet hormonálisan, vagy hormonszerű anyagokkal befolyásolni. Kísérleteink még nem fejeződtek be, de patkánykísérletek alapján kétségtelennek látszik, hogy az idősebb állatok hippocampusának szerkezete a szinapszisok számát tekintve kissé különbözik a felnőtt állatokétól; ezt elektrofiziológiai vizsgálatok is igazolják.

– *A már említett hormonok irányában folytatódhat a kutatás?*

– Ez nem a legcélszerűbb irány. A hormonokat mint gyógyszert, nem szívesen használják az egészségügyben, hiszen a hormonok durván beavatkoznak a szervezet működésébe. Nem beszélve arról, hogy az ösztrogénnel kapcsolatban kifejezett probléma a széleskörű kutatások szerint, hogy az emlőrák gyakoriságát fokozza. (Az ösztrogént korábban hasz-

nálták is a menopauzát követő, kísérő lelki problémák enyhítésére, de a mellékhatások miatt sok helyen leálltak vele.) Mi éppen ezért nem is a hormonok hatását vizsgáltuk igazán, hanem a hormonok előanyagainak hatásait. A szteroid jellegű anyagok, mint az ösztrogén vagy a tesztoszteron, a koleszteronból kiindulva szintetizálódnak számos lépésen keresztül, s jutnak el a végeredményig, a hormonig. Ezeket a lépéseket enzimek szabályozzák. Köztudott, hogy e folyamatok többségükben a belső elválasztású mirigyekben, például a petefészkekben zajlanak. De az utóbbi évtizedek nagy felfedezése az volt, hogy megtalálták ezeket az enzimeket, illetve az említett hormonok előanyagait az agyban is.

– *Ez azt jelenti, hogy a hormonok, ha kis mennyiségben is, de az agyban is szintetizálódnak?*

– Igen. Ez nagyon lényeges felfedezés, mert amennyiben hormont nem lehet alkalmazni, viszont ha az egy bizonyos helyszínen (pl. az agyban) szintetizálódik és jó hatást fejt ki, akkor az előanyagot az agyba juttatva, az általunk kívánt helyen alakul hormonná, szervezetünk egyéb részeit érintő mellékhatások nélkül. Tehát vizsgálatunkban ilyen előanyagokat használtunk. Például a dehidroepiandrosteront, amely a neurosteroidok legfontosabb, az agyban legnagyobb mennyiségben előforduló fajtája.

– *Hogyan jutottak el a molekulához?*

– Azért keltette fel a figyelmet, mert az életkor előre haladtával a mennyisége a vérben csökken, tehát logikus azt gondolni, hogy pótlásával talán bizonyos fajta tüneteket meg lehetne szüntetni. Ezért ez a fő vonala jelenlegi vizsgálatsorozatainknak. A dehidroepiandrosteronnak hasonló hatása van, mint az ösztrogénnek, mert a dehidroepiandrosteronból ösztrogént szintetizáló enzimek jelen vannak az agyban. Ha tehát dehidroepiandrosteront adunk be, annak nagy része ösztrogénné fog szintetizálódni.

– *Az idegsejtek károsodását kísérő folyamatokról már sok adat ismert.*

– Megközelítésünk ennek a kérdésnek egy kevésbé vizsgált vonatkozását, az úgyneve-

zett gliasejtek szerepét kívánta tisztázni. A két sejttípus, az idegsejt és a glia rendkívül szoros kapcsolatban áll egymással, és az idegsejteket ért károsodások esetén a gliasejtek azonnal reagálnak, ami azt jelenti, hogy olyan vegyületek szintézise indul el, melyek esetenként döntően befolyásolják a degeneráció folyamatát. A gliasejteknek két fontosabb típusa létezik, az úgynevezett asztrogliia és a mikroglia. Mi mindkét féle sejtet vizsgáltuk ilyen szempontból. Az asztrogliát olyan agyszakaszban néztük, melyről köztudott, hogy ott a szinaptikus kapcsolatok leépülése és újrászerveződése folyamatos, tehát a degenerációnak nagyon jó modellrendszere lehet. Ez az ún. szaglógumó, ami a szaglási információkat közvetíti. A kísérletekben azt az ideget károsítottuk, mely a szaginformációt viszi az agyba, s a következőt tapasztaltuk: az ezt követő szinapsziszpusztulást az asztrogliasejtek nagyon látványos aktiválódása kísérte. Ez azt jelzi, hogy a sérülés gyulladást indukál, melynek jellemzője a gliasejtek morfolóiai átalakulása és anyagcseréjük megváltozása.

Azt már korábbi kísérletekből is tudtuk, hogy az ösztrogén ezt a negatív folyamatot kedvezően befolyásolja. További kísérleteinkben a dehidroepiandrosteront vizsgálva kiderült, hogy ez a neurosteroid teljesen azonos hatást kelt, mintha ösztrogénnel kezeltük volna a kísérleti állatokat. Ami egy elméleti kérdést is fölvet: mivel tudjuk, hogy e neurosteroid az ösztrogén előanyaga, lehetséges-e, hogy nem maga a neurosteroid hat, hanem a belőle az agyban szintetizálódó ösztrogén? Ezt is külön kísérletsorozattal tisztáztuk. Vannak olyan vegyületek, melyek gátolják ezt az átalakulást, és kiderült, ha gátoljuk ennek a neurosteroidnak az ösztrogénné való átalakulását, akkor nincs hatás, tehát nem maga a neurosteroid hat, hanem a belőle képződött ösztrogén. Ez gyógyszerintézetek érdekes lehet, mert nem hormonnal kezelünk, mégis hormonhatású választ tudunk előhozni.

– *Kísérleteztek a mikrogliaival is.*

– Amely szintén nagyon reagál a mindenfajta, az idegsejtet érő károsodásra. Kísérleteinkben azt találtuk, hogy a mikroglia-aktiválódást és magát a gyulladást is csökkenteni lehet egyrészt hormonkezeléssel (ezt már tudtuk, s volt szó arról is, miért nem használatos), másrészt ugyan kisebb mértékben, de dehidroepiandrosteronnal is.

– *Említette a szinapsziszok szerepével kapcsolatos kísérleteket is.*

– A másik típusú kísérletsorozatuk a hippocampuszal kapcsolatos. A hippocampusról tudjuk, hogy a memória felépülésének, kialakulásának nagyon fontos centruma az agyban. Állatkísérletekben azt vizsgáltuk, hogy idős korban miként változik az e területen lévő szinaptikus kapcsolatok jellege. A kísérlet egyes eredményei kicsit meglepők

voltak, mert idős állatok esetében nagymértékű számszerű csökkenést nem találtunk. Ami szintén érdekes volt – de ez újabb vizsgálatot igényel –, hogy létezik egy bizonyos fajta hím és nőstény közötti különbség ezekben a szinaptikus kapcsolatokban, s e különbség időskorra eltűnik. Még nem tudjuk megmagyarázni, miért, a jelenség további vizsgálatokat igényel.

Még egy érdekes megfigyelésünk volt: elektrofiziológiai szempontból az idősebb állatokban az idegsejtek egyéni aktivitása alacsonyabb szintű, viszont az úgynevezett hosszú távú potencirozódás, mely elektrofiziológiai módszerekkel követhető, a vártnál kevésbé csökken.

– *Tehát úgy tűnik, annak lehetősége, hogy a memória jól működjék, még idősebb korban is fennáll?*

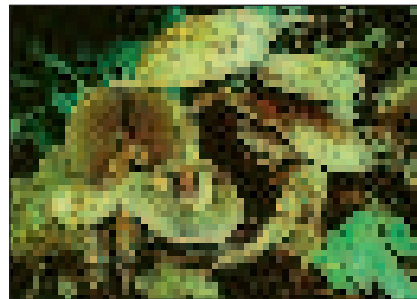
– Igen. Ez a megfigyelés megint csak meglepő dolog volt. Jelen pillanatban a pályázaton belül ennek hátterét szeretnénk jobban megvizsgálni. Azt már tudjuk, hogy az ösztrogénnek a szinaptikus kapcsolatok kialakulásában is van szerepe, és ma is folynak azok a vizsgálatok – ezek kiértékelése hosszabb folyamat még –, amelyekben az általunk már több alkalommal is emlegetett dehidroepiandrosteronnak a hatását próbáljuk vizsgálni. Azt szeretnénk kideríteni, hogy a neurosteroidok valamilyen módon képesek-e – akár gyógyszerként, akár kiegészítő anyagnaként – lassítani a sejszintű romlási folyamatokat, illetve segíteni azokat a plasztikus változásokat, amelyek idősebb korban az agyunkban előfordulnak.

Ez hosszú távú cél. Most ott tartunk, hogy a dehidroepiandrosteron alkalmazása kézenfekvő, mert ez fordul elő legnagyobb mennyiségben, és ezzel kapcsolatban van a legtöbb adat. Vegyszerekkel együttműködve megpróbáltunk bizonyos fajta apró kémiai módosításokat végrehajtani ezeken a molekulákon, hogy hatékonyabbak legyenek, vagy az anyagcseréjük jobb legyen, és akár gyógyszerként is felhasználhatók legyenek. Néhány ilyen, szintetizált vegyületet kipróbálva azt találtuk, hogy ezek, furcsa módon, nem lettek hatékonyabbak; ugyanakkor észrevettük – és ez megint csak további, jövőbeni vizsgálatot igényel –, hogy ez a módosított molekula viszont képes volt befolyásolni magát az enzimet, ami a dehidroepiandrosteron-ösztrogén átalakulást felelős. Ilyen apró, részben előre nem látott – mert előre nem látható – kanyarokkal halad alap kutatásunk a dehidroepiandrosteron és társai későbbi gyakorlati, az emberi életminőséget javító felhasználása felé.

*Az ismertetett kutatást az OTKA K075954 számú projektje támogatja.*

**I**mmár jól meggyökeresedett szokás szerint, az idén is úgy tekinthetünk egynéhány lényre, mint „aki” az „év élőlénye” megkülönböztető címet viselheti. Nem valami különleges tulajdonként ugyan (mi értelme is lenne), inkább magunknak szóló emlékeztető vagy figyelmeztető jelzéseként. Éppen ezért nem is sajnálom, nem is irigylem őket az Évtől, hiszen egytől egyig mind régi ismerősöm. Mindig jóban voltam velük, pontosabban jóban voltunk egymással! Boldogság, büszkeség tölt el, hogy kedvenceimet (nyilván sokunk kedvenceit) mások is megismerhetik. Lássuk hát őket sorjában!

A csoportos csiperkével az „én” gombásmezőimen nem lehet mindennap találkozni. Ezért is emlékezetes minden efféle ritka esemény. A legelső akkortájt történt, amikor zöldfülű gombász koromban már kezdtem a csiperkék között eligazodni. Éppen túl voltam a vegyszerszagúakon, és egy óriási erdőszéli csiperké is találtam már, hála az egyik tapasztaltabb gombásztársam terepi útmutatásának. De a rendhagyó módon csoportosan termő és véleményem szerint legszebb csiperkébe sehogy sem sikerült „belebotlanom”. M



**Nem cáfol a nevére a csoportos csiperke**  
(Albert László felvétele)

vel a tőlünk délre eső országokban sokkal gyakoribbak, mint nálunk, úgy gondoltam, csak a vakszerencse segíthet. Amikor aztán hosszabb időre az Őrség lakója lettem, és „veleszületett” gombászokkal voltam körülvéve, ez az idő is elérkezett. Most pedig az, hogy erre a különlegesen értékes gombára kezd figyelni az ország és felfigyelni a világ. Nemcsak azért különleges, mert ritka (bár lehet, hogy a klímaváltozás majd előnyére szolgál), hanem azért is, mert táplálkozás-élettani tulajdonságai révén akár gyógymódban is lehetne belőle. Legalábbis sokan ezt remélik. Én csak azt, hogy ebben az esetben nem kiirtják, hanem megoldják a természetét.

A nyári tűzike (lásd tárcsikkünket) régtől fogva (még a hatvanas évek elejéről) ismerősöm a Szigetközben. Csendes árté-

## Élőlények az örökkévalóságnak

# Csiperke és a többiek

SZILI ISTVÁN

ri csónakázás közben még a szám is tátva maradt a sekély vízben ringatózó hófehér virágözöntől. Hozzá fogható meglepetéssel csak az Alpok egyik eldugott zuga szolgált egy későbbi alkalommal, ahol a tavaszi tőzike (szó szerint) hóval vetekedő viráglavináját látva ámuldozhattam.



Rég elfelejtett ízek-zamatok hordozója a házi berkenye

A házi berkenye – ez a szemrevaló kis fa ugyancsak réges-régi ismerősöm. A Velencei-hegység tő felé tekintő, hőségtől bágyadozó lankáin még siheder gyerekként fedeztem fel néhány megbúvó példányát. Közülük egy aszályokkal küzdő viharvert fáska még ma is ugyanott tengeti életét. A többi tudatlanságból kivágták, termőhelyét beépítették. Igaz, az egyik tulajdonosnak mégis megtetszett ez az ősszel színompássá váló „dísznövény”, mert egyet felnevelt a kertjében. Amúgy csak Somogy megyei ismerősömtől hallom néha-néha a híret, aki díjnyertes pálinkát főz a berkenye szinte egzotikusnak számító gyümölcséből. Ugyanakkor a Vértest – a berkenyék Eldorádóját – bújva-járva még sohasem sikerült egyetlen vadon termő példányát sem megjelennem. Bizony mondom, nem ő tehet róla, hogy ritkábbá vált a fehér hollónál...

Más a helyzet a *citromlepkével*. Mert ez a billegő-libegő rovar legalább annyira tavaszhihnök, mint egynéhány más virág is. De a citromlepké olykor mindenki másra túltesz. Mert láttam én már hófoltoosan langyosodó februárban is citromlepkét repülni, mintha csak egy tréfás kedvű virágszirom szabadult volna el valamelyik fűtött szoba rejtekéből. No persze, lepkeként tartós csodálhatóságát leginkább a nyárelő biztosítja: kertem lepkecsalogató virágain ilyenkor – népes rovar-társaságban – bódulásig nyüzsögnek a citromlepkék. A kéjsóvár érzés, hogy két ujjammal megcsippentsem őket, szerencsésükre már a távoli múlté. De azért ma is közelükbe férközöm, csodálva a nektárt szomjazó mohó igyekezetet, a virágbódulat minden óvatosságot feledtető hatását. Bár százszor láttam, mégis elbámulok a szárnyak finom rajzolatán, a zöldessárga szárnypikkelyek bársonyosságán, megcsodálom a lepkeszem zavarba hozó sokszínű ragyogását. Gyűjteménybe silányítani e remekművet? Barbár cselekedet. Tőlem a citromlepkék a legnagyobb biztonságban érezhetik magukat. De hát nem én vagyok a világ, és a világ – sokan megmondták már – veszélyes! Kivált egy olyan filigrán jószág számára, mint a citromlepké...

Mostantól három gerinces állat, a *menyhal*, a *barna ásóbéka* és a *gyurgyalag* is az egész évé. Pedig a gyurgyalag a nyári madara. A menyhal viszont (aki nem tudna esetleg, tényleg van ilyen hal) a tél. A madár, ha egy kicsit odafigyel az ember, nyáron sokféle látható, hallható. Színompás rebbenései, levegőegre vázolt félkörei, „pri-pri-pri” prittyegése úgy hozzátartozik a

megmelegedett délutánok égboltjához, akár a nyári felhő. A menyhal viszont rejtőzködik. Még a szenvedélyes horgászok egy része is csak hírből, képről, jó esetben akváriumból ismeri. A gyurgyalagot manapság talán már a méhészek sem bántják, jóllehet löszös-agyagos-homokos partoldalakra, bányászat előidézte szakadékfalakba vájt fészkelőhelyei gyakran veszélyben vannak. A menyhalat leginkább a vízszennyező emberi tevékenység veszélyezteti, a nyári időjárás viszont védi: a nagy melegben megbúvik, koplal, nem mutatkozik. Télen pedig, amikor táplálkozni és szaporodni szokott, nem sok ember vállalja a megszerzése érdekében vízparton, sőt jégen eltöltött hosszú órákat. Ráadásul az éjszakában! Legalábbis nálunk nem. Habár ez sem volt mindig így. A régi feljegyzések szerint (*Herman Ottóra, Petényi Salamonra* gondolok) keletje volt a menyhalnak, ezért hát a kifogására való hajlandóságnak is. Bezzeg Oroszországban! Ott manapság is igazi téli „divathal” a menyhal, vagyis a „nalim”. Régen sem volt másképp: Csehov „Nalim” cím alatt novellát is írt róla. Még egy hosszú (egyórás) oktatófilmet is találhat az ember a neten, hogyan kell a nalimot a jég alatt eredményesen megfogni. A nehézségeket érzékeltető film az öltözködéssel kezdődik: minusz húsz fokban, élénk szélben, dermesztő éjszakában szenvedély és megfelelő öltözék híján nem gyönyörűség a horgászat! Csak a végeredménye az: a jégre kisegített 10–20 kilós hal mellett ivadéknak számítanak a mi egy-két kilós fogásaink. Kérdeztük: miért éjszaka, és miért télen? Egyszerű a válasz: a menyhal hideg és sötétségkedvelő – ragadozó. Elképzeltető, miféle érzékszervekkel bír, hogy lesőhal módjára a téli éjszakában vadászik. Van is körülötte mindenféle hiedelem, hogy azt ne mondjam: babonáság. A régi székely ember tudatában afféle halál útjába állított kapuór ez az állat. Kifogása kész baj, halált hozó szerencsétlenség. Persze akad másféle babonáság is, amiről még az is kiderülhet, hogy valamiért mégis igaz. Herman Ottó ezt egy sikeres gyógyulásról tudósítva így állítja elénk: „...A szentírás szerint t. i. Tóbiás vakságát a menyhal mája gyógyította meg s ez jutott eszébe 1846-

ban báró Podmaniczky Jánosnak is, amidőn Kollár<sup>1</sup> bajáról értesült; küldött tehát az érdemes tudósnak Petényi útján két eleven menyhalat. Fel is vágták s azt találták, hogy epéje, bár kicsiny, gyönyörű ultramarinkék színű. Kollár ezzel és a hal zsírával kenegette a szemét és azt állította, hogy használt. Kü-

jövendő idő kifürkészhetetlen homályában. Persze, éppen ezért érthető, hogy a mai méhészek sem nagy öröm a gyurgyalag. Ám igazából csak azok a méhészek mondhatják kárvallottnak magukat, akik tudatlanságból vagy nemtörődömségből gyurgyalagtelep közelébe telepítik méheiket.



**Menyhalak terítéken**

lönben a régi gyógyszerek közt igen előkelő helyet foglalt el a „liquor hepaticus Mustelae fluvialis”. Most a menyhal mája ingyencnek keresett falatja.”

Talán nem is véletlenül! Elvégre tőkehalrokossággal van dolgunk, no meg a tőkehal májából kivont, és valljuk be, még a gyermekkorban a tudatosság mélyére tuszolt csukamájolaj rosszízű emlékével.

A Brehm még ezt is tudja róla:

„Májából kitűnő olajat sajtolnak. Erman szerint a burjátok a menyhal bőrével helyettesítik az ablaküveget, a havasi jurtákban pedig a férfiak és a nők ebből készült kabátot, nadrágot és csizmát hordanak. A menyhal Szibériában valóságos néptáplálék.”

Jaj, ha ennek híre terjed a mai világban, megpecsételődhet a menyhal sorsa. Mint annyi más divatba hozott állat, ami eltűnt, vagy eltűnően van a Föld színéről. Mert a babonaság és a mohóság valamiképp egy tőről fakadnak.

A gyurgyalagról, vagy ahogyan gyermekkoromban hívtuk, a méz-(vagy méhész) madárról szépségén kívül csak méhpusztító híre terjedt. Le is puskázta, fészékét kifüstölte vagy beszakajtott a méhészember, nem tudva még, hogy sokkal veszedelmesebb méh-ellenségek bújnak meg az el-

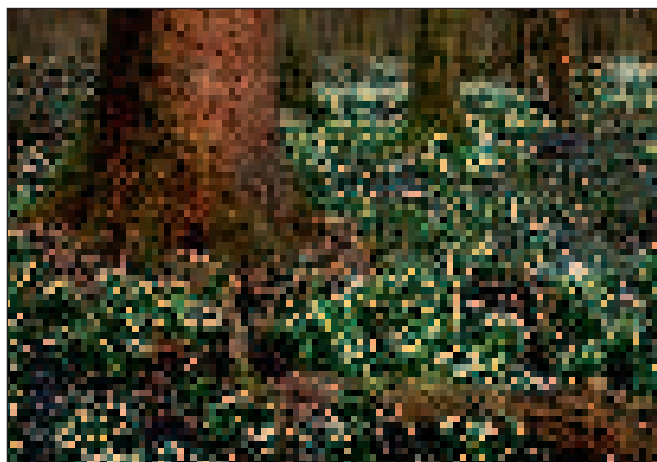
Pedig e szívárvány-madár csakis örömet sugall. Társas élete, önzetlen magatartása (a fiókák etetésében a „gyermektelen” madarak is részt vesznek) garantálja nemzedékeinek sikeres megújulását. Május közepétől szeptember közepéig tőlük hangos a táj – aztán híret se halljuk jó sokáig. Am egész évben remekbe szabott fotók tömkelege található az internetes oldalakon, és jó részük Magyarországon készült. Korántsem kizárólag magyar fotósok által. Találkoztam, és nem is egyszer olyan angolokkal, németekkel, akik kizárólag gyurgyalagnézőbe utaztak Magyarországra. Vajh, mi lenne, ha népünk e madarat is úgy ismerné és becsülné, mint azok, akik benne találják meg az egzotikumot?

Végül emlékezünk meg az éjszaka állatáról, az *ásóbékáról*. Természetesen nem úgy, ahogy a vicces hasonlító szó-lás teszi (ezt nem idézném), még úgy sem, mint Arany János, aki-

nek „lomha földi békái” között akár a bar-na ásóbéka is ott lehet a Családi körben. Esti, éjszakai hangja brekegő recsegés, szemben a vele gyakran összetévesztett zöld varangy hangjával, ami inkább trillázó ciripelés. Olyan helyen nőttem fel, ahol mindkét állat előfordult (zöld varangy még ma is él a kertemben). Az ásóbéka, lévén, hogy nappal a földbe temetkezve rejtőzködik, csak laza talajú környezetben él meg, de ott is csak akkor, ha szaporodása idején növényzettel dúsan benőtt sekélyvizet talál. Ilyen hely volt a mi szőlőhegyünk: löszdombok, kis völgyi forrásokkal, tocsogókkal. Idős rokonom tanított meg rá, hogy a szőlőben kapálva idejében felismerjem az ásóbéka rejtőzködő helyét, nehogy kettévágjam. Olvasom, hogy e ritkán szemünk elé kerülő állat is megfogyatkozott, és már nem csodálkozom. Leginkább a kiszáritott vagy vegyszerekkel terhelt tavaszi peterakó helyek okolhatók a veszteségért. A „minden vizet a Dunába!” örület ma is hagyja vizeinket távozni, pedig nemcsak a békáknak lenne rá szükségük. Figyelünk kéne hát erre a csinos állatra is, elvégre „ő” is lakótársunk.

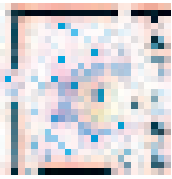
Igen, még ezt a célt is szolgálja a régóta sikeres kezdeményezés: az egész éven át tartó fokozott odafigyelés egy-egy állatra, növényre, gombára. Most a csoportos csiperkére, nyári tőzike-re, a házi berkenyére, a citromlepkére, a menyhalra, az ásóbékára és a gyurgyalagra figyelünk. Mit tehet a laikus ember? Azonkívül, hogy gyarapítja az ismereteit, részt vehet a védelem érvényesítését szolgáló kezdeményezésekben. De leginkább azt, hogy élete, környezete fontos részletének, nélkülözhetetlen kellékének tekinti ezeket a lényeket is. És ennek felismerésére nevelni utódló környezetét. Mert nélkülük sokkal szegényebbek lennénk! ☺

**A tavaszi tőzike ugyan nem az év vadvirága, de virágtengere csodaszép látvány. A felvétel a csáfordjánosfai erdőben, a faj legnagyobb hazai állományának otthonát adó termőhelyen készült (Kalotás Zsolt felvétele)**



<sup>1</sup> Kollár → Vincenz Kollar lengyel származású rovartudósról, bécsi udvari múzeumi kurátorról van szó. (H. O.: A magyar halászat könyve II. kötet, 684. o.)





# Az év vadvirága, a nyári tőzike

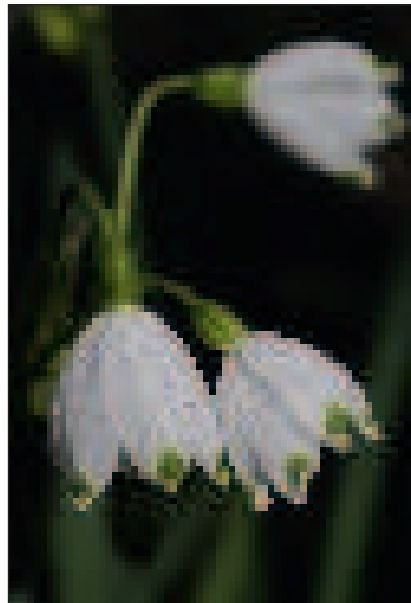
FARKAS SÁNDOR

Az elmúlt két évben év vadvirágának választott növények – első évben a leánykőkörcsin (*Pulsatilla grandis*), majd tavaly a tavaszi hérics (*Adonis vernalis*) – mind a száraz, nap-sütötte élőhelyek védett vadvirágai közé tartoznak. Ezzel ellentétben az idei évre választható fajok mindegyike nedves, mocsaras, lápos termőhelyeken él. A mozgalom internetes oldalán nyár közepétől november végéig lehetett szavazni a szakmai körben előzetesen kiválasztott kornistárnicsra (*Gentiana pneumonanthe*), szibériai nőszirmra (*Iris sibirica*) vagy nyári tőzike (*Leucojum aestivum*). A közel ezer szavazatból a legtöbb, 40% a nyári tőzike érkezett, így e faj kerül az idei évben a figyelem középpontjába.

A nyári tőzike nevével ellentétben nem nyáron, hanem április közepétől június elejéig nyíló, 60 cm-esre is megnövő amarilliszféle (*Amaryllidaceae*). A tőzike nemzetség másik faja, a hazánkban szintén előforduló és ugyancsak védett tavaszi tőzike (*L. vernum*) kora tavasszal nyíló vadvirág. E faj jóval alacsonyabb, és tőkocsányán csak egy vagy ritkábban két virág nő, míg a nyári tőzike esetében a virágok száma rendszerint több, elérheti a nyolcat is. A virágok méretében és húsos tokterméseik alakjában is mutatkozik különbség: a tavaszi tőzike virága másfél cm-nél rendre nagyobb és tojja elliptikus, míg természetesebb rokonának virágai kisebbek (de olykor lehetnek 2 cm-esek is) és toktermesei gömbösek. A nyári tőzike hagymából nővő szára (tőkocsánya) és levelei hamvas kékeszöldek, hosszuk nagyjából megegyezik. A húsos, tompa csúcsú töálló levelek szálalak, általában kb. 1 cm (max. 2 cm) szélesek. Virágai hosszú kocsányokon, eleinte húsos, később hártásodó felálló fellelél hónaljából fejlődnek. A lepel hattagú, bókáló, fehér; a hegyesedő csúcsú, de tompa végű cimpák csúcsi része zöldes, olykor sárgás foltot visel. A bibe és a hat porzó a lepelből nem áll ki. Virágait rovarok porozzák be.

A tőzike nemzetség két faja legközelebbi rokonságban a közismert hóvirágokkal (*Galanthus* spp.) áll. Régebben a tőzikék közé sorolták a száraz termőhelyeken élő, keskenyebb levelű, ma már önálló nemzetséget alkotó *Acis*-fajokat is.

A tőzikék tudományos neve – *Leucojum* – görög eredetű összetett szó, melyben a fehér és az ibolyaszínekre utaló szavak rejlenek. A fajnév – *aestivum* – pedig „nyári”, tavaszi rokonához képest mindenesetre későbbi virágzására utal. Egyik angol nevének fordítása nyári hópehely. Ez más nyelvben is megjelenik, míg másutt a virág színéből, harang alakjából vagy mocsaras



Nyári tőzike (*Leucojum aestivum*) virágai

élőhelyéből keletkezett a helyi (népi) elnevezés. Régi magyar neve, a tőzegviola szintén élőhelyére utal.

A nyári tőzike széles elterjedésű atlanti-mediterrán faj, áréája a Brit-szigetektől DNy-Ázsiáig (Dél-Ukrajna, Kaukázus), Irán északi részéig húzódik. A nyugat-mediterrán térségben és részben a Brit-szigeteken egy korábban virágzó és kisebb termetű alfaja (subsp. *pulchellum*) él.

Hazánkban a legnagyobb állományait alföldi folyóink mai és egykori árterein találjuk, de előfordul a Dráva, a Mura és a Hernád környékén, a Szigetközben, a Hanságban, Belső-Somogyban, Zselicben, a Baranyai-dombsíkon, a Völgységben és a Nyírségben is.

Üde, mocsaras, láposodó, általában időszakosan vízzel borított termőhelyeken él. Megtalálhatjuk liget- és láperdőkben, mocsarasodó fás legelőkön, mocsárréteken, magassásosokban. A *Leucojum aestivum*–*Salicetum albae* nevű ártéri növénytársulás (magyarul fűzliget) egyik névadó faja. Ma már a potenciálisan veszélyeztetett hazai fajok közé tartozik; jogszabályi védelmet 1982 óta élvez, természetvédelmi értéke jelenleg 10 000 Ft. Nehezíti tőzikéink védhetőségét, hogy dekoratív voltuk miatt létezik árusított kertészeti változatuk is.

Elterjedési területén a nyári tőzikét több országban ritka, valamilyen szinten veszélyeztetett fajként tartják számon. Az angliai Berkshire megye vadvirágjelképe 2002 óta. Hazánkban elsősorban élőhelyeinek kiszáradása, megszünése (pl. erőteljes becserjésedés, feltörés) miatt van visszaszorulóban. Mérgező, így a legelő állatok kerülnek, de a kirándulók – néhol mint „lőgyöngyvirágot” – sajnos gyakran szedik csokorba. Több helyen, így Szigetbecse, Érd, Kakpuszta, Csáfordjánosfa mellett találunk „Tőzike tanósvény”-t, melyek a tavaszi vagy a nyári tőzike virágzásakor felejthetetlen élményt kínálnak.

Az „Év vadvirága” nem titkolt célja, hogy az évről évre reflektorfénybe kerülő növényfajokon keresztül ráirányítsa a figyelmet a honi természeti értékek, nem utolsósorban az egyre inkább veszélyeztetett természetes élőhelyek védelmének fontosságára. Reméljük, hogy mocsaraink e kétségkívül mutatós vadvirágában még nagyon sokáig gyönyörködhetünk ország-szerte! ✘

## Irodalom

- Borhidi A. (2007): Magyarország növénytársulásai – Akadémiai Kiadó, Budapest
- Farkas S. (szerk.) (1999): Magyarország védett növényei – Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Király G. (szerk.) (2007): Vörös Lista – A magyarországi edényes flóra veszélyeztetett fajai – Saját kiadás, Sopron
- Király G. (szerk.) (2009): Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei. Határozókulcsok – Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósavfő
- wikipedia

# 2012 őszének időjárása

PÁTKAI ZSOLT

**M**integy másfél éve tartó, rendkívül száraz periódus tört meg az ősz során. Szeptemberben és októberben a szokásos mennyiség vagy annál is több hullott le az ország nagy részén. A hőmérsékletet tekintve azonban jóval a sokévi átlag fölött alakultak a hónapok. A következőkben a fontosabb időjárási eseményeket részletesebben ismertetjük.

## Szeptember

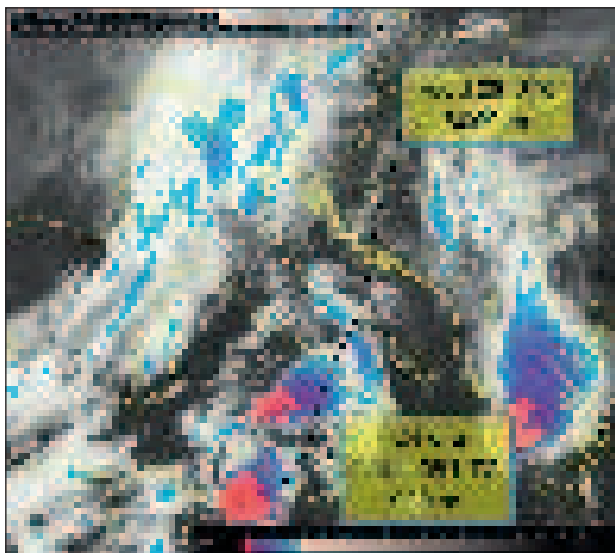
Az augusztusi masszív anticiklon leépülésével fokozatosan út nyílt az időjárási frontok előtt Közép-Európa térsége felé. Így a szeptember eleji 30–35 fokos kánikulát a 6-án érkezett hidegfront mérsékelte – ekkor még nem volt jelentős csapadékhullás az ország területén. Az áramlási viszonyok tartós megváltozásával a hónap során több alkalommal fordult elő frontátvonulás és csapadék. Az első jelentősebb esőzés 12–13-án következett be. Ekkor egy, a mediterrán térségben hullámot vetett ciklon előoldalán nagy nedvesgártartalmú levegő érkezett. Két nap alatt szinte az összes dunántúli megyében esett – területi átlagban – 10–20 mm eső. Érdekesképp megemlítjük, hogy ugyanebből a csapadékrendszerből Rijekára 24 óra alatt 228 mm (!) zúdult, de Horvátországban, sőt Ausztriában is 30–70 mm volt a jellemző érték.

A csúcshőmérséklet ekkor még 25–30 fok között alakult, majd a következő hidegfront (20–21-én) hatására jelentősen mérséklődött. A frontátvonuláskor a legtöbb csapadék (10–30 mm) a Duna–Tisza-közén, az Észak-Alföldön és az Északi-középhegységben hullott, sőt Tápíószeléről 47, Bükkszentkeresztről 50 mm-t jelentettek. Erősödött az éjszakai lehűlés, az első szezonális fagyot szeptember 22-én regisztráltuk (Nagykanizsa,  $-0,1^{\circ}\text{C}$ ).

A hónap utolsó dekádjában egy hét erejéig visszatért a nyár. Amíg 22-én csupán 15–20, addig 24-én már 25–30 fokot mértek.

Ezen a napon egyébként egy érintőleges hidegfront mentén Vas, Zala és Veszprém megyében intenzív zivatarokból 20–40 mm eső esett. A kánikula csúcspontját a szeptember 27-én Orosházán mért 32,6 fok jelentette.

Szeptember országos átlagban 2,1 fokkal volt melegebb az 1981–2010-es időszagnál. A hónap legmagasabb hőmérsékletét – 35,2 fokot – Körösszakalón mérték. A hónap legnagyobb csapadékösszege 88,6 mm, amit a baranyai Alsószentmártonban regisztráltak, a legkisebb havi csapadékösszeget, 18,6 mm-t a Hajdú-Bihar megyei Pocsajról jelentették.



**1. ábra. Backward trajektória (egyedi légelem számított pályája 3 dimenzióban) 3 km magasról, a Dunántúl középső részéről, október 15-én 11 órára (09 UTC) vonatkozóan. A backward trajektória azt mutatja meg, hogy az adott levegő honnan érkezett. A műholdkép a trajektória indításakori állapotra, október 11-re vonatkozik**

## Október

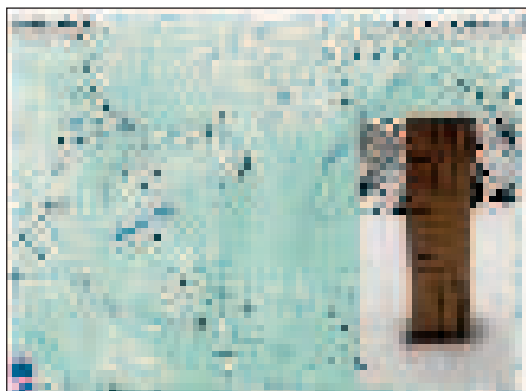
A hónap az átlagosnál melegebb idővel kezdődött. A Földközi-tenger felől érkező sekély ciklon ugyan néhány fokos mérséklődést hozott, de még mindig az átlagosnál melegebb volt az idő. A frontálzóna helyzetét a délnyugat felől érkező zivatarlánc jól mutatta. Ebben a radarmérések szerint egy felhőszakadással járó, intenzív zivatarcella is kialakult. A korrigált 24 órás radaros csapadék-

becslés 91 mm esőt számított Bács-Kiskun megye északnyugati részére. A legközelebbi földfelszíni állomás – Fülöpháza – „csupán” 45 mm csapadékot mért, a radar szerint azonban a csapadékgóc centruma még az állomástól kissé északkeletre helyezkedett el.

Néhány napos csendes, csapadékmentes időt követően markáns ciklon alakult ki a Brit-szigetek térségében, amelynek hidegfrontja 7-én nagy erővel átvonult Magyarország fölött is. A frontot sokfelé kísérték heves zivatarok. A jellemző maximális szél-  
lökés 70–100 km/h között változott. A szóban forgó front nyomási gradiense ugyan önmagában is magában hordozta a 60–80 km/h-s szél-  
lökések lehetőségét, erre azonban a zivatarok kifutószelvi plusz adalékot jelentettek, így síkvidéken is előfordultak heves szélrohamok.

A hónap második dekádjá elején többnyire anticiklon alakította az időjárást, több órát sütött a nap. Hűvös volt, a csúcshőmérséklet általában 20 fok alatt alakult, az átlaghőmérséklet pedig 6 napon keresztül alacsonyabb volt a harmincéves átlagnál. A dekád második felében mediterrán ciklon alakult ki a Földközi-tenger felett. A ciklon hátoldalán 10–12 fokkal hidegebb levegő érte el nyugati területeinket, míg keleten a délnyugati áramlásban meleg volt a levegő. A két eltérő tulajdonságú légtömeg hatására jelentős hőmérséklet-különbség alakult ki az országon belül. A ciklon nedvessége közvetlenül a Földközi-tengerről származott, amit az **1. ábrán** is láthatunk.

A ciklon mögött anticiklon épült ki, amely a következő 10 nap során meghatározója volt időjárásunknak. Szinte felhőmentes volt az ég, 8–10 órát sütött a nap, hiszen alacsonyszintű nedvesség híján tartós ködök nem tudtak kialakulni. Eközben Skandinávia térségében jelentős mennyiségű hideg levegő gyűlt fel, miközben az anticiklon leépült, ezért megnyílt az út a hideg levegő előtt a kontinens belső tájai felé. Hazánkba egy mediterrán ciklon hátoldalán jutott el a hideg. Az október 26–29. közötti időszakban borult volt az ég, országszerte több alkalommal is



2. ábra. Az OMSZ meteorológiai állomásainak hóvastagság-adatai, 2012. október 29. (L: lepel, F hófolt)

előfordult kiadós csapadék. A jelentősebb csapadékhullásokból eddig kimaradó Csongrád és Békés megyében esett a legtöbb, mintegy 20–40 mm. A szezon első síkvidéki havazása is ide köthető, eleinte a Dunántúlon, később az ország többi részén az eső hosszabb-rövidebb időre átváltott havazásba. Összefüggő hóréteg (2–8 cm) azonban csupán a Dunántúlon alakult ki, amely az év e szakaszában még általában ritkán fordul elő (2. ábra). Az időjárási helyzet nagyban hasonlított a 9 évvel ezelőt, szinte napra pontosan ugyanekkor bekövetkezett havazásra. Akkor, azaz 2003. október 24-én, 20–25 cm hó esett Sopron térségében.

Havazás és hideg ide vagy oda, október is az átlagosnál melegebb lett. A harmincéves normáltól való eltérés országosan 0 és +1,5 fok között változott. A legmagasabb hőmérsékletet a hónap első napján Kőrösszakálon mértük, 30,8 fokot. A hónap legalacsonyabb hőmérsékletét a Nagy-Hideg-hegyen regisztrálták (–5,4 fok). Erdekes eloszlást mutatott a havi csapadék mennyisége: a legtöbb hazánk legnyugatibb állomásán, Szentgotthárdon esett (113,9 mm), míg a legkevesebb csapadék a legkeletibb mérőállomásunkon, Milotán hullott (17,9 mm).

## November

Az őszi utolsó hónapját meteorológiai szempontból egy változékony, gyakran csapadékos és egy anticiklonális, olykor hideg léghármával járóra oszthatjuk. A két időszak hozzávetőlegesen azonos ideig, másfél dekádig tartott.

Az első periódust erőteljes nyugatias áramlás, gyakori frontátvonulás jellemezte. Az október végi hideget követően határozott melegedveki kezdődött. Már a hónap első napján egy mediterrán ciklon előoldalán, vi-

haros déli szél kíséretében megkezdődött az enyhe levegő beáramlása. Az ezt követő 5 napban 4–5 fokkal a sokévi átlag felett, 15–20 fok között alakult a hőmérséklet. Az időszak során több alkalommal fordult elő csapadék. A legtöbbet november 5-én mérték, ekkor a Dunántúlon, a déli és a keleti határ mentén 15–20 mm-t meghaladó mennyiség esett, sőt Zala megyében 30–40 mm is előfordult.

A hőmérséklet a hónap második dekádjában hol az átlagos körül, hol több fokkal afelett változott. Bár ciklonok továbbra is elérték a Kárpát-medencét, hatásuk egyre gyengült.

November közepén pedig végül egy anticiklon épült ki Közép-Európa felett, és ez a légköri képződmény a hónap utolsó néhány napját leszámítva folyamatosan fennállt. Ciklontevékenység hiányában számottevő csapadék nem esett a hónap második felében. Bár az előrejelzésekben több alkalommal megjelent az évnek ebben a szakában szokásos hideg léghármára lehetősége, nedvesség híján nem alakult ki tartósan (az ország nagy részén kevés volt a csapadék, s a levegő nedvességtartalma is csekély volt), csupán kisebb régiókra (főként Kisalföld) és néhány napra korlátozódva. Tartós hidegparna tehát nem volt, de a kialakulásához szükséges inverziós rétegződés létrejött. Ennek viszont számottevő felhőzet és hidegbeáramlás nélkül az lett a következménye, hogy a hőmérséklet viszonylag magas, 8–10 fokok értéken stabilizálódott, amely a november végi átlaghoz képest 5–8 fokkal melegebb időt jelentett.

A hónap legmagasabb hőmérsékletét 5-én Kőrösszakálon mérték (22,4 fok), míg a legalacsonyabb éjszakai hőmérséklet –5,2 foknak adódott (november 14., Zabar). A hónap jelentősen – 3,0 fokkal – melegebb volt az átlagnál. A csapadékot tekintve jelentősek voltak a területi különbségek, hiszen míg Szentgotthárdon 68,7 mm, addig a Pest megyei Kakucson csupán 9,1 mm esett. Pest és Jász-Nagykun-Szolnok megyében az átlagnak csupán 20–40%-a (10–20 mm) hullott.

Összefoglalva a teljes évszakot elmondhatjuk, hogy 2012 ősze évszakos átlagban 2,1 fokkal melegebbnek adódott az 1971–2000. évek átlaghoz képest. Ezzel a meteorológiai mérések 1901-es kezdete óta a negyedik legmelegebb őszenk bizonyult. A csapadékot tekintve többé-kevésbé átlagos csapadéknak mondható az évszak, bár a csapadék időbeli eloszlása közel sem volt egyenletes.

## E számunk szerzői

DR. ABONYI IVÁN, a fizikai tudomány kandidátusa, Budapest; BURÁNSZKINÉ SALLAI MÁRTA meteorológus, PhD-hallgató, Országos Meteorológia Szolgálat, Budapest; FARKAS CSABA újságíró, Szeged; FARKAS SÁNDOR botanikus, Paks; IMREI ZOLTÁN okleveles kertészmérnök, PhD, tudományos munkatárs, MTA ATK Növényvédelmi Intézet, Alkalmazott Kémiai Ökológia Osztály, Budapest; LOCSMÁNDI CSABA főmuzeológus, Magyar Természettudományi Múzeum Növénytar, Makrogomba Gyűjtemény, Budapest; DR. MAKSAI GÁBOR tudományos tanácsadó, MTA Természettudományi Kutatóközpont, Molekuláris Farmakológiai Intézet, Budapest; MIHOLCSA GYULA fizikus, az RTV magyar adásának szerkesztője, Románia; NÉMETH GÉZA szerkesztő, Természet Világa, Budapest; DR. TÓTH MIKLÓS akadémikus, tudományos tanácsadó, MTA ATK Növényvédelmi Intézet, Alkalmazott Kémiai Ökológia Osztály, Budapest; OLÁH LÁSZLÓ PhD-hallgató, ELTE TTK Fizika Doktori Iskola Rézszeckszfizika és csillagászat program MTA Wigner FK NFO Detektorfizikai Kutatócsoport, Budapest; PÁTKAI ZSOLT meteorológus, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest; DR. SCHILLER RÓBERT, a kémiai tudományok doktora, professor emeritus, MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest; DR. SZENTESI ZOLTÁN PhD, MTA-MTM-ELTE Paleontológiai Kutatócsoport, Őslénytani Tanszék, tud. segédmunkatárs, Budapest; SZILI ISTVÁN ny. főiskolai tanár, Székesfehérvár; VASAS GIZELLA főmuzeológus, Magyar Természettudományi Múzeum Növénytar Makrogomba Gyűjtemény, Budapest; DR. VENETIANER PÁL akadémikus, MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont Biokémiai Intézet, Szeged; VUTS JÓZSEF biológus, PhD, Rothamsted Research, Department of Biological Chemistry and Crop Protection, Anglia.

A tavalyi évben 434 308 Ft felajánlást kapott a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat, melyet az ismeretterjesztés népszerűsítésére fordítottunk. Köszönjük az Ön múlt évi felajánlását! Köszönettel: A Kiadó

Kérjük, adója 1%-ával idén is támogassa a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat Ismeretterjesztő tevékenységét.

Tudományos Ismeretterjesztő Társulat  
Adószám: 19002457-2-42

# Hogyan mozoghattak az iharkúti békák?

SZENTESI ZOLTÁN

A békák szárazföldön és vízben egyaránt képesek a helyváltoztatásra. A legismertebb mozgásmódjuk az ugrálás, bár az ősbibb formák jobbára csak mászni tudnak, de mint a vöröslábú futóbéka (*Kassina maculata*, Hyperoliidae) példája mutatja, a futás is előfordul mint helyváltoztatási mód. Sok ugráló mozgású állat van (pl. ugróegerek, kenguru, kacsakezű majom stb.), sőt az ember is képes ugrálni. Ezen mozgások egyike sem hasonlít azonban a békák ugró mozgásához, mely a kétéltűek között is csak ennél a csoportnál jelenik meg. Már az alsó-triászbeli előkerült ősbékák (pl. *Czatkobatrachus polonicus*, Lengyelország) csontváza is a mai békákéhoz nagyon hasonló felépítésű volt, bár még bizonyosan nem tudott ugrálni. Az ugró mozgás két lépésben fejlődött ki a békáknál. Először a szinkronban elrugaskodó láb jelent meg az ősbékaféléknél (Leiopelmatidae), melyek gyakorlatilag a hasukra érkeznek landolásnál. Ezt követte a lábak előrenyújtásának megjelenése a földet éréskor a Lalago-békáknál (Lalagobatrachia).

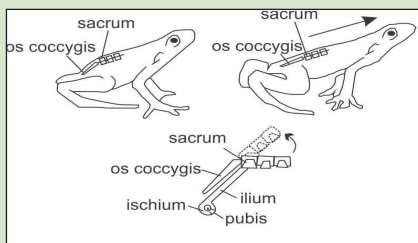
De mitől is tud ugrálni a béka? A békák ugró mozgásának feltevése az erősen módosult csontváz és az ehhez tapadó izmok és inak rendszere.

## A békák csontváza és izomzata

A békák testfelépítése az ugró mozgáshoz idomult. A koponyájuk széles és lapos, a gerincoszlop lerövidült, az egyetlen keresztcsigolya (sacrum) mögötti csigolyák összeforrtak a farkcsikcsonttá (os coccygis), és a fark teljesen eltűnt. A csípőcsont (ilium) erőteljesen megnyúlt, míg az ülőcsont (ischium) lerövidült, a szeméremcsont (pubis) pedig mindvégig porcos marad (1. ábra). Ezzel összhangban a hátsó végtag csontjai megnyúlnak, valamint az alkar (radius és ulna) és a lábszár (tibia és fibula) csontjai összeforrnak, a lábközépcsontok és az ujjpercek pedig extrém hosszúra nyúlnak.

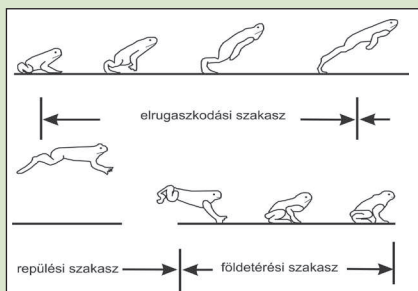
A békák petéből teljes átalakulással fejlődnek, a közbülső lárva állapotát hívjuk ebihalnak. A békalárvák izomzata az azonos közeg és a hasonló mozgás következtében a halakéhoz hasonló felépítésű, bár a gerinc már ekkor is merev, és a fark az, ami oszcilláló mozgással hajtja előre az állatot. A metamorfózissal azonban a kifejlett állat izomzata is megváltozik.

A végtagok és a függesztő övek létrejöttével az eredetileg szelvényes rendszerben számos önálló izom alakul ki. A végtagok és az egyes végtagrészek egymáshoz képest történő precíz elmozdítása határozott eredési és tapadási hellyel rendelkező, jellemző alakú és elkülönült izmok nélkül nem lehetséges. A békáknál néhány izom spe-

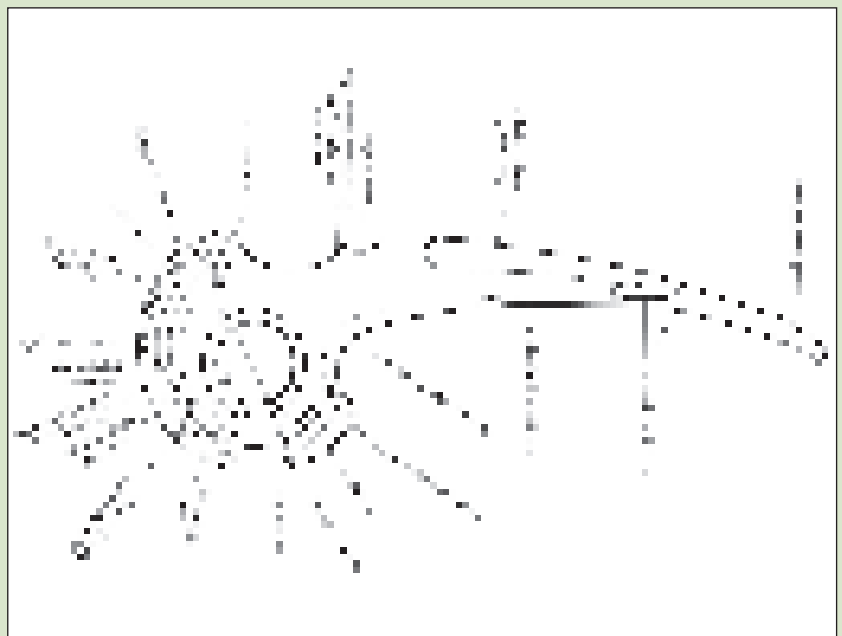


1. ábra. A béka hátsó függesztőövének és farkcsikcsontjának mozgása ugrás közben

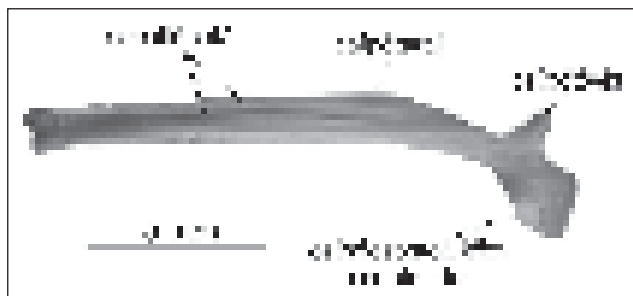
3. ábra. A béka ugrásának szakaszai



2. ábra. A béka hátsó függesztőövéhez tapadó izmok







4. ábra. A törpe karmosbéka (*Hymenochirus curtipes*, Pipidae) jobb oldali csípőcsontja

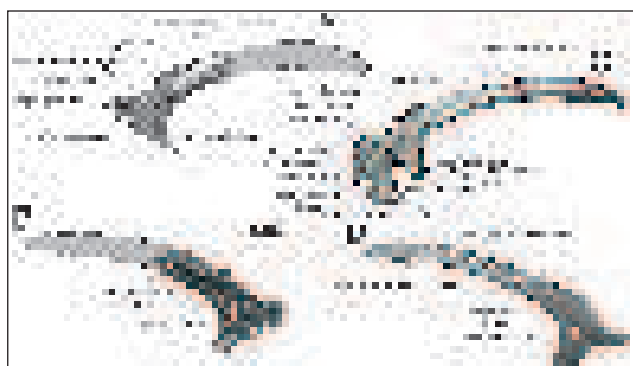
ciális módon fejlődött az ugró vagy az úszó mozgás elősegítésére. Az ugró-úszómozgásban a medenceöv és a hátsó végtagok izmai a legfontosabbak, de ugráskor a legtöbb békánál a mellső végtagoknak, függesztő övnek és így részben a gerinc izmainak is csillapító szerepe van a földre érkezésnél. Egyes békák alternáló járásuk, futásuk vagy úszásuk közben is használják a mellső végtagjaikat.

A medencetájék izmai a medenceöv csontjain erednek és tapadnak (2. ábra). Működésük a medenceöv mozgatásában és rögzítésében, áttételesen az alsó végtag mozgatásában lényeges. A hátsó végtagban 15 izom van, melyek egy része a függesztő övről a combsontra (femur) húzódva elsősorban a csípőízületet mozgatja. A combközéltető izmok és a csípőizmok a combot a test középvonalától távolítják el, illetve befordítják azt. A combon található többi izom a combcsont mozgatásán túl a lábszárra és ezen keresztül a térdízületre is hat.

### Mozgás és izomzat

A medence és a farkcsícsont együtt alkot egy speciális, előfeszített rugórendszert, mely elősegíti a béka gyors elrugaszkodását, melyet a hosszú hátsó végtag is elősegít (1. ábra). A béka nyugalmi helyzetében a gerincoszlop csaknem párhuzamos a talajjal, míg az elrugaszkodás során a talajjal bezárt szöge egyre növekszik egyenesen a talaj elhagyásának pillanatáig. Ezt a csípő-keresztcsonti ízület hajlékonysága teszi lehetővé. Ez az ízület az ember esetében mozdulatlan, éppen úgy, mint a békáknál szintén nagyon rugalmas kéztő- és kézközépcsontok közti ízület. Ez utóbbi segíti az állatot abban, hogy a hátsó lábát teljesen egy vonalba tudja kinyújtani, és egészen addig tudja az ugrás sebességét növelni és irányát változtatni, amíg az utolsó ujjperc is el nem hagyja a talajt. Ebben segítik a hátsó láb nagyon hosszú ujjpercei is. A békáknál nem annyira az ugrás távolsága, hanem a sebessége a lényeges, hiszen

5. ábra. A-B: A *Bakonybatrachus fedori* és C-D: a *Discoglossus pictus* jobb oldali csípőcsontja az izomtapadási helyek feltüntetésével



az ugrás a menekülés egyik módja. Az ugrás maga három szakaszból áll (3. ábra). Ezek az elrugaszkodás, a repülési szakasz és a földet érés. A repülési szakaszban történik a mellső láb kinyújtása és a hátsó láb fokozatos visszahúzása. A landolási szakaszban az előrenyújtott láb csillapítja a béka testét földet éréskor. A szakasz végén az állat a kiindulási helyzetbe hozza a lábait, felkészülve az újabb ugrásra.

Az úszás az ugráshoz hasonló izommunkát követel meg a békától, bár sokkal kisebb izommunkával jóval nagyobb és folyamatos sebességet képes elérni. A fellépő erők kölcsönhatása viszont sokkal bonyolultabb, mert függ a békát körülvevő víz fizikai és mechanikai tulajdonságaitól, valamint a béka és a víz közötti kölcsönhatástól is. A jól úszó békák, mint például a kis tavibéka (*Rana lessonae*) ciklikus mozgása kirúgási és siklási fázisból áll, míg a szárazföldön mászó mozgást alkalmazó békáknál, mint például a zöld varangy (*Bufo viridis*), a hátsó lábak úszás közben is alternáló mozgást végeznek. Az úszásra specializálódott békáknál, mint például a nyelvetlen- vagy karmosbékaféléknél (Pipidae), úszás közben a csípőcsont előre-hátra mozog, melyet a keresztcsigolya harántnyúlvánnya (processus transversus) szabályoz a csípőtaréj (crista iliaca) vékony, lécszerű bordáin mozogva (4. ábra). Nincs közvetlen kapcsolat az úszás és az ugrás között, ezért a jól ugró békák nem feltétlenül jó úszók, és fordítva. Valószínűleg ez azért van így, mert az ugrás és az úszás két, egymástól független evolúciós úton kialakult formája a békák mozgásának.

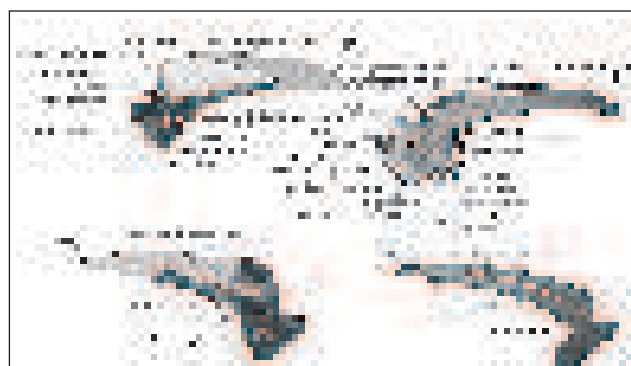
Az iharkúti felső-kréta (santoni) 85 millió éves gerinces lelőhelyről a dinoszauruszokon és egyéb hullókon kívül mára már számos kétlélő taxon is előkerült. Ezek között megtalálható egy mára már kihalt, szalamandraszerű kétlélő, az *Albanerpeton*, mely töredékes koponyaelemek révén van jelen a fosszilis anyagban. Sokkal több és jobb megartású lelettel képviseltetik magukat azonban a békák, melyek közül eddig két új fajt (*Bakonybatrachus fedori* és *Hungarobatrachus szukacsi*) sikerült elkülöníteni. Ezek a leletek arra is lehetőséget adnak az izomtapadási helyeik tanulmányozására, melynek segítségével fontos információkat kaphatunk az egykor élt állatok mozgás- és életmódjáról és arról, hogy milyen környezetben élhettek.

A rendszertani besorolás szerint az iharkúti felső-kréta lelőhelyről előkerült békaleletek két különálló csoporthoz tartoznak. A *Bakonybatrachus fedori* az ősi békákhoz (Archaeobatrachia), ezen belül a korongnyelvű békákhoz (Discoglossidae) tartozik, melyek képviselői még ma is élnek, míg a *Hungarobatrachus szukacsi* valódi béka (Neobatrachia), mely a legelterjedtebb békacsoport a Földön jelenleg.

#### *Bakonybatrachus fedori*

A *Bakonybatrachus* a korongnyelvű békákhoz tartozik, ezért a fennmaradt csípőcsontja és a rajta látható izomtapadási nyomok

6. ábra. A-B: A *Hungarobatrachus fedori* és C-D: a *Rana esculenta* jobb oldali csípőcsontja az izomtapadási helyek feltüntetésével



is nagyon hasonlóak a mai formákéhoz, ezért a tarka korongnyelvű béka (*Discoglossus pictus*) csípőcsontjával hasonlítottam össze (5. ábra). Az izomtápadási helyek azonosak, csak kisebb méretbeli vagy alakú eltérés látható kivéve a külső csípőizmot. Ez az izom, mely a comb nyújtására szolgál, a *Bakonybatrachus* esetében jóval nagyobb lehetett, mint a *Discoglossus pictus*-nál, amennyire ez a sérült csípőtaréj megállapítható. A helyzete is sokkal magasabban, a háti részhez közelebb van, ellentétben a tarka korongnyelvű békánál tapasztaltakkal. Ez az izom egyaránt fontos az úszásban és az ugrómozgásban, ezért a viszonylag nagy mérete azt sugallja, hogy a *Bakonybatrachus* jobb úszó és ugró volt, mint a jelenlegi korongnyelvű békák, ami igen hasznos lehetett számára a ragadozók előli menekülés során.

#### *Hungarobatrachus szukacsi*

A vékony ülőcsonti lemez az igen magas csípőtaréjjal párosítva a nemhez sorolható csípőcsontokon azt sugallja, hogy a *Hungarobatrachus* valószínűleg egy jól ugró béka volt, míg a jól fejlett csípőcsontok közti dudor arra utal, hogy egyben jó úszó is lehetett (6. ábra). Az ugrás távolságának és sebességének szabályozására szolgáló izmok közül a *Hungarobatrachus* esetében csak a félig hártás izom (m. semimembranosus) vizsgálható, valamint a feszítőizomként fontos szerepet játszó külső csípőizom és a combfeszítő izom (m. iliofemoralis). A kecskebékához (*Rana esculenta*) hasonlóan jó ugróképességét jelezheti a jól fejlett félig hártás izom, a csípőtövis (tuber superius) hátsó részéhez tapadó nagyméretű combfeszítő izom és az extrém nagyméretű külső csípőizom. A szintén erőteljes nagy farizom (m. gluteus magnus) a bokaizület hajlításában játszik szerepet, ami az elrugaszkodáskor fontos. Az extrém nagyméretű külső csípőizom, mely a *Hungarobatrachus*-nál egy erősen bordázott felszínhez tapad a csípőtaréjra, a kiváló úszó afrikai karmosbékáéra (*Xenopus laevis*, Pipidae) emlékeztet, bár ez utóbbi nagyságrenddel kisebb. Szintén megjelenik a karmosbékáknál a csípőcsontok közti dudor, mely ezek jobb rögzítését szolgálja és általában jellemzi a jól úszó békákat. A *Hungarobatrachus* esetében a csípőcsont morfológiájában és az izomzatban jelentkező kettőség arra utalhat, hogy az őse eredetileg egy jól ugró szárazföldi életmódú állat lehetett, míg a *Hungarobatrachus* másodlagosan alkalmazkodott a vízi életmódhoz. Az sem lehetetlen, hogy a csípők közti csontdudor már akadályozta az ugrásban, bár az afrikai karmosbéka is képes a víz széle felé merészkedő rovarokat egyetlen nekirugaszkodással elkapni.

#### *A Bakonybatrachus és a Hungarobatrachus mozgásmódjainak összehasonlítása*

A nagyobb tapadási felületű nagy farizom és külső csípőizom kombinációja eredményezi azt, hogy a *Bakonybatrachus* jó ugró és úszó képességű, többnyire az egykori tó szélén élő béka volt, mely csak meneküléskor, vagy szaporodáskor tartózkodott a vízben. Ezzel szemben a *Hungarobatrachus* csípő felépítése a (pl. a vékony ülőcsonti lemez kombinálva az extrém magas csípőtaréjjal) mindenképpen azt sugallja, hogy ez az állat a valódi békákhoz, azon belül is nagy valószínűséggel a Ranoidea főcsoládhoz tartozik, míg a csípőcsontok közti csontdudor csípőizületi régió előtti kinyúlása, valamint a nagyméretű külső csípőizom és egyéb combfeszítő izmok a jól úszó karmosbékákhoz (Pipidae) teszik hasonlóvá. Ezek alapján a *Hungarobatrachus* lényegesen jobb úszó volt a *Bakonybatrachus*-nál, és nagy valószínűséggel magában a folyóban élt, annak a partközeli régiójában. Ezt a tafonómiai vizsgálatok is alátámasztották, hiszen míg a *Bakonybatrachus* leletek csak töredékes csontokból állnak és koptatott a felszínük, addig a *Hungarobatrachus* csípőcsontok jó része szinte teljes egészében megőrződött, a csípőtaréj felszínén teljesen ép mintázattal.

# Gondolatok egy film készítése közben

MIHOLCSA GYULA

A román állami tévé Magyar Adásának szerkesztőségében évek óta készítünk erdélyi vonatkozású tudomány- és technikatörténeti dokumentumfilmeket. Az idén eldöntöttük, hogy új sorozatot indítunk: erdélyi származású vagy Erdélyben tevékenykedő tudósokat és feltalálókat mutatunk be. Olyanokat, akiknek találmányai, alkotásai hazájuk határait túllépően fontosak, mégis alig ismertek.

Átnéztem néhány könyvet, lexikont, hátha ott találok valami érdekességet. Találtam is vagy két tucattal. Kiválasztottam érdekes szerint egyet a személyiségek közül, Gaál Sándort, kezdjük vele (mérnök-fizikus volt, én is fizikus vagyok). Miután összegyűjtöttem a róla fellelhető információkat, nagyon hamar feltűnt, hogy sok esetben az adatokat egymástól másolták le a különböző szerzők, vagy olykor az adatok éppen egymásnak ellentmondtak, pontatlanok voltak. Úgy gondoltam, hogy utánajárok minden adatnak, és csak az kerülhet be a filmbe, amit ellenőriztem. Ez azt jelentette, hogy el kellett mennem a forrásig. Megtudtam, hogy még él Gaál Sándor jó barátja és munkatársa, Bauer Gusztáv, és eldöntöttem, hogy felkeresem.

A család nagy örömmel fogadta a dokumentumfilm híret, hiszen Gusztáv bácsi most is bütyköli a találmányát (amit 1960-ban Gaál Sándorral együtt szabadalmaztattak: egy forgódugattyús motor), reménykedve, hogy csak akad egy vállalkozó, aki elkészítené a prototípust. Az interjú után előkerültek az iratok, amiket Gaál Sándor Gusztáv bácsira hagyott, arra a jó barátjára, aki élete utolsó óráiban is mellette volt a kórházban. És előkerült körülbelül kétfelnyit levél, ami Pestről jutott el hozzá. Így bukkantam rá Gaál Sándor leveleire, amelyeket Ilike keresztlányának írt Budapestre.

Ilike volt „az egyedüli rokonságaim között, ki érdeklődik sorom iránt”, akinek köszönhetjük, hogy Gaál Sándor őszintén, részletesen és folyamatosan beszámolt életéről, egészségi állapotáról, anyagi helyzetéről, munkájáról, élete utolsó 15 évének minden fontosabb pillanatáról.

Sokféle érzést keltett bennem ezeknek a leveleknek a tartalma, ezekből szeretnék kiemelni néhány fontosabb gondolatot.

Leginkább az lepett meg, hogy mennyi mindenhez értett ez az ember:

*Itt a fő probléma nem az, hogy munkát kapni, hanem hogy érte pénzt is kapni. A városi vállalatoknál és gyáraknál sokszor kifogy a tudomány és a vágott dohány, akkor körbejárnak egymás közt a problémáikkal, és ha minden istráng szakad, nem marad más, mint „Sándor bácsi”. (1966. II. 13.)*

*A 404 lei nyugdíjból nem tudok megélni, szerencsére, hogy a fejem még mindig csak 30 esztendő és abszolút használható – úgyhogy ha a városi sokféle vállalatoknál valami megoldhatatlannak bizonyuló mérnöki probléma fordul elő, egy ideig kapkodnak egymás között, végül is rászorulnak, hogy megoldja majd „Sándor bácsi”. (1969. augusztus 11-én.)*

<sup>1</sup> 1970. XI. 22-i levél

## Gaál Sándor mérnök, fizikus

Gogánváralja, 1885. október 4. –  
Sepsiszentgyörgy, 1972. július 28.



Gaál Sándor Gogánváralján (Maros megye, Románia) született földbirtokos családban, Gaál József és Kolozsváry Erzsébet három gyermeke közül (Sándor, József és László) a legnagyobbként. A hajdani Csík vármegye 1848-as katonai parancsnokának, Gál Sándor honvédezzredes (1817–1866) József testvérének unokája.

Az elemi iskolát Gogánváralján végezte, a 8 osztályos gimnáziumot Erzsébetvárosban, ahol le is érettségizett. 1902-ben beiratkozott a budapesti Műegyetem gépészmérnöki szakára. Itt negyedéves korában első találmányát szabadalmaztatta, az *Egyenáramú transzformátort*. 1908-ban, az egyetem elvégzése után egy évig a Monarchia *Fruntsberg* iskolahajóján végezte az „önkéntes” katonai szolgálatot. 1909-től még két év gyakornokságot teljesített a berlini *Gesellschaft für elektrotechnische Industrie*-nél és az erfurti *Otto Schwade et comp.* cégnél. 1911-ben visszatért Budapestre, hogy megkapja a gépészmérnöki oklevelet, de ez nem sikerült, mert közbenjött a balkáni háború, és őt mozgósították: a *Ballistische Recheninstitut*-nál kapott vezető állást. Itt

maradt az első világháború végéig, ekkor őrnagyi rangjának megfelelő állása volt.

A háború után a kir. és cs. haditengerészet szétzülése miatt hazament Gogánváraljára. 1921–24 között a Dévai Breckner-féle mechanikai műhelyben vezető főmérnök lett, majd Erzsébetvárosban Alfred Thieskessel fagázgenerátorokat és kisebb motorokat szerelt, hol önállóan, hol mint alkalmazott. Majd külföldre utazott tanulmányútra (Anglia, Franciaország, Németország), ahol több dolgozatot publikált szaklapokban (*Die Naturwissenschaften*: „*Eine neue Prüfungsmöglichkeit der Relativitätstheorie*”, 1927)

1929-ben hazament Gogánváraljára, és újításokat, találmányokat küldött különféle cégeknek (Kodak, Siemens & Halske, Forschungen & Fortschritte, Max Gierse). 1929-ben cikket küldött a „*Zeitschrift für Physik*” folyóiratnak a részecskegyorsítókról (*Die kaskadenröhe*). E cikk végén felvázolta a kör alakú gyorsító (ciklotron) működési elvét (két évvel E. O. Lawrence előtt), de a kézirat publikálatlan maradt.

A II. világháborút Gogánváralján vészelte át mint gazdálkodó. A kommunista hatalomátvétel után, 1945-ben megszervezte falujában a Magyar Népi Szövetséget, melynek 1948-ig elnöke volt. A kommunista hatalom a Gaál családot „kuláknak” minősítette, és 1949-ben mindenüket elkobozták, Gaál Sándort 3 hó-

nap börtönbüntetésre ítélték. 1951 májusában végleg elhagyta szülőfaluját, és édesanyjával Csernátónba költözött. Októbertől a sepsiszentgyörgyi Traktoriskolában sikerült állást szereznie mint óraadó tanár, és ott kapott szolgálati lakást is. Tanári állása csupán egy évig tartott. Ezután a „Június 11” Helyipari Vállalatnál a beruházási osztály vezetője lett. Az itt töltött 5 év alatt rengeteg újítással és találmánnyal járult hozzá a vállalat fejlődéséhez. 1957-ben nyugdíjazták. A Traktoriskola igazgatóságának jóindulata és a személyzet könyörületessége biztosította továbbra is a szállását és részben az ellátását. A nyugdíjból, illetve az iskolában és a vállalatnál végzett alkalmi munkákért kapott fizetésekből élt.

1960-ban a sepsiszentgyörgyi Bauer Gusztávval szabadalmaztattak egy univerzális forgódugattyús motort. Élete utolsó 10 évében a már korábban vizsgált kérdésekkel foglalkozott: relativitáselmélet (*A Lorentz-csoport alaprendszerei*; *A lineáris áthelyeződés invariáns fizikai jellemzői*, *A relativisztikus Doppler-paradoxon*), termodinamika (*A barometrikus reverzió*), matematikai logika (*A teljes indukció antinómiái*, *Atomelmélet és oksági elv*), de munkái mindmáig kiadatlanok maradtak. Gaál Sándor relativitáselméletével kapcsolatos munkáit Szócs Huba László professzor dolgozta fel, és publikálta több folyóiratban is.

Gaál Sándor 1972. július 28-án, élete 87. évében hunyt el a sepsiszentgyörgyi közkórházban. Sírja Csernátónban, a Végh-kúria kertjében található.

*Munkám mindig van, most is dolgozom egy oxigén elektrolizáló berendezés tervén, mit senki más nem vállalt. (1970. VII. 20.), ...és a tégláégető Hofmann-kemencékhez automatikus tüzelést tervezek. (1970. XI. 22.)*

Az is elgondolkodtatott, hogy milyen sokat jelenthetnek egy ilyen embernek a könyvek, a folyóiratok.

*Én igen nagy hálára vagyok kötelezve elsősorban Gyuszival szemben, az általa megszerzett tudományos (matematikai) könyvek nekem existenciát jelentenek, mert azok révén sikerül megalapoznom már a szakmába vágó közleményemet, amiért némi (igen szükséges) pénzeket kaptam. (1972. június 1.)*

Majdnem mindegyik levelében írt a Természet Világáról, beszámolt Ilikének, hogy mi érkezett meg, mi nem, mely számok hiányoznak még, hogyan lehetne megszerezni azokat. Sorai által bepillantást nyerünk az akkori társadalmi viszonyokba, abba, hogyan tartották a kapcsolatot egymással az erdélyiek és a magyarországiak, hogyan történt a magyarországi nyomtatványok terjesztése Romániában, vagy éppenséggel hogyan működött a szocialista posta.

*Hogy újévi örömeink teljesebb legyenek, a nyugdíjintézet sem mulasztotta el kellemes meglepetéssel szolgálni, az eddigi 288 lej nyugdíjamat szépen lekerekítette 250 leire - nehogy felvessen a mód. Roppant keserves, hogy a Természet tudományi Közlönyért járó 62 leit az idén nem tudtam elküldeni az öcsémnek, a kórház és a keresetnélküliség megakadályoztak. Remélem azonban, hogy keresethez jutok, ami ugyan nem könnyű, nehezen mozogok, és 78-ik évemet taposom. (1963. január 21.)*

*Igen kérlek, valahogy szerezd meg a múlt (1968) évi 11 (tizenegyes) számmal kezdődőleg a Természet Világát. Nekem ez existenciális jelentőségű, mert sokszor kérnek fel előadások tartására. (1969. augusztus 11.)*

*A folyóiratok sehogy sem akartak megjönni. Fizettem a postásnak egy féllitert... (1970. február 22.)*

*A csomagban benne volt a Természet Világa 6-ik száma. ... számomra ez a lap éppen olyan fontos szellemi táplálék, mint a kenyér. (1970. VII. 20.)*

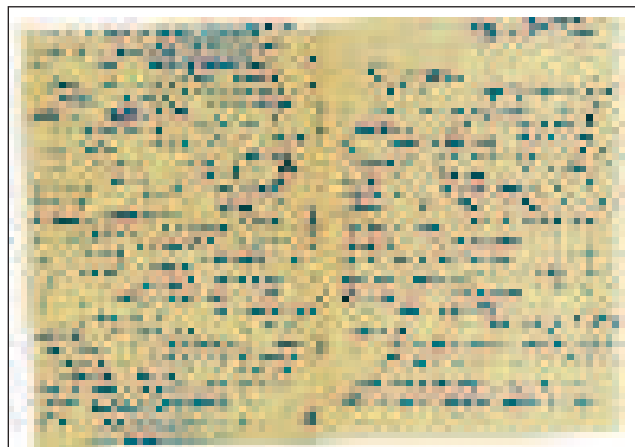
*Egészen megvigasztalódtam, mikor ... megkaptam az Élet és Tudomány 1-8 számait, meg a Természet Világa 70-i 12 és 71-i 1 és 2 számait. Semmivel sem tudatok volna nekem nagyobb örömet szerezni! (1971. IV. 1.)*

*Rendkívül hálás vagyok, hogy külditek nekem, nélkülözhetetlen szellemi táplálék. Nagyon kérlek, küldjétek el az utolsó évharmadot is. (1971. XII. 16.)*

Mindezek elolvasása nyomán felmerült bennem a kérdés, a Természet Világa szerkesztői vajon gondoltak-e valaha arra, hogy vannak emberek, akiknek ez a folyóirat valóban létfontosságú. Teljesen meg tudom érteni Sándor bácsit, hiszen jól emlékszem, a hetvenes évek végén én magam is – temesvári egyetemista koromban – jártam ki hétvégeken az aradi ócskapiacra, hogy hátha talállok, a sok régiség között, egy-egy régebbi számot a Természet Világából. Néha volt is szerencsém.

Végül pedig elgondolkodtató az is, ahogyan Sándor bácsi az öregkort, az elszigetelődést, az egyedülletet fogadta. Mint egy





Gaál Sándor 1969. augusztus 11-i leveléből

megszállott tudós, 87 évesen, „félébbal ideát, félébbal odaát”, „mindig másnapra vártam, hogy felfordulok”, megromlott egészségi állapota ellenére továbbra is kutatott.

Einstein relativitáselméletének egyes kérdéseit vizsgálta, és átfogó értelmezést keresett az eléggé absztrakt elmélet matematikai eredményeire: „Jelenleg készítek egy tudományos dolgozatot, ami hivatalos közleményben fog megjelenni, igen sokat várok tőle. (1971. XII. 6.)”

Megdöbbenő, hogy ez az ember, aki már egyetemista korában egyenáramú transzformátort szabadalmaztatott, cikket közölt német szaklapban<sup>2</sup>, németországi cégeknél dolgozott, aki ledoktorált:

*Diplomához csak 1927-ben és csak úgy jutottam, hogy megoldottam a pittsburgi német egyetem három pályakérdését, mire ott doktornak elismertek (elméleti fizika és matematikából).*<sup>3</sup>

...aki találmányokat küldött a világ vezető cégeihez, aki a kor legmodernebb fizikai elméleteiről írt értekezéseket, akinek Nobel-díjas ötlete volt (ciklotron), ez az ember milyen derűvel fogadta, amikor teljesen más helyzetbe kényszerült:

*Engem nagyon elkényeztettek, külön szobám volt, behozhattam a munkámat, és dolgozhattam. Akkor látom, nem vagyok akárki, rengeteg látogatóm volt, sok ajándék, soha annyi narancsot nem ettem.*

*A házban igen megbecsülnek, különösen a gyerekek: „Sándor bácsi, mondjon mesét!”* (1969. augusztus 11.)

Miután 1948-ban a családját kuláknak titulálták, vagyonát elkobozták, elítélték 3 hónap börtönre (amit szerencsére nem kellett letöltenie), az élete hátralevő éveit a Traktoriskola egy 2×3 méteres kamrájában töltötte. És ennek az embernek még volt humora, sőt ömiróniája is. Miután Czegő Zoltán 1969-ben megírta róla a cikket, és először jelent meg Gaál Sándor egy újságban<sup>4</sup>, a következőket írja levélben az újságírónak:

*Érthetően kezd emelkedni a személyes tekintélyem, eddig a gyerekek meg a vénasszonyok álltak meg velem diskurálni (nem szólva Bolond Feriről, kívül nagyon tartjuk a barátságot), most nagyot léptem előre, mert még a notórius részegek is szoba állnak velem, ezek pedig a legbüszkébb emberek.*

\*\*\*

<sup>2</sup> Alexander von Gaál: Eine neue Prüfungsmöglichkeit der Relativitätstheorie, Die Naturwissenschaften, 1927.VI.17., Vol.15, Issue 24, p. 506

<sup>3</sup> Gaál Sándor személyi és életrajzi adatai, 1952. X.14, Székely Nemzeti Múzeum, Sepsiszentgyörgy.

<sup>4</sup> Czegő Zoltán: Akit nem irigyl senki, Megyei Tükör, 1969. okt. 1.

2012 őszén elkészült a film. A filmezés közben kiderült, hogy Gaál Sándor Csernátonban, a Végh-kúria kertjében, egy jeltelesen sírban van eltemetve. Eldöntöttük, hogy a sírhoz jelt állítunk. A kopjafát Miholcsa József szobrászművész készítette el, és Haszmann Pál, a csernátoni múzeum igazgatója fel is állította. Felavatására október 13-án került sor<sup>5</sup>, és olyan meghittre sikerült, mint Sándor bácsi levelei: eljöttek Gogánváraljáról, a szülőfalujából, de eljött Németországból Bauer Ferdinand, a filmben szereplő Bauer Gusztáv fia is. Két napra rá, október 15-én, az RTV (a román televízió) hétfő délutáni magyar adásában mutatuk be a filmet<sup>6</sup>.

Nem állt módomban felmérni a film nézettségét, sikerét vagy sikertelenségét. Két dologról tudok beszámolni: egyik az, hogy az Elektrotechnika folyóirattól felkértek, írjak egy cikket Gaál Sándorról, a másik pedig az, hogy Sepsiszentgyörgyön a novemberben megtartott Magyar Tudomány Napját Gaál Sándornak szentelték. Az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság Sepsiszentgyörgyi Fiókja meg is hívott, mutassam be a filmet, majd beszéljünk el Sándor bácsiról. Ez a szűk körű találkozó is nagyon hangulatosra sikerült: jelen volt Czegő Zoltán újságíró, aki „felfedezte” Sándor bácsit, és jelen voltak még néhányan, akik személyesen ismerték, és emlékeikről meséltek. Sajnáltam, hogy Bodó Barna nem tudott eljönni, aki több ízben is közzétette Gaál Sándor elsőbbségét a ciklotron alapelveinek feltalálásában<sup>7</sup>. Annyira jól sikerült a találkozó, hogy a szervezők eldöntötték, 2013-ban megismétlik (február 21-én), sokkal



Kopjafaavatás (Dimény Haszmann Árpád felvétele)

szélesebb körben, és meghívják a város előljáróit, ismerjék meg Sepsiszentgyörgy legnagyobb mérnök-fizikusát.

A film elkészülése óta azon tűnődöm, hogyan lehetséges, hogy egy tehetséges fiatal, akinek már egyetemista korában bejegyzett találmánya volt, akit különféle európai cégek vezető állásban alkalmaztak, aki világszintű szaklapokban publikált, aki bármibe belekezdett, újításokkal és találmányokkal járult hozzá a megoldáshoz, akinek a tudása jelentette a szakmai biztonságot egy város mérnökei számára, ez az ember egy iskola kis kamrájában végezze, ahol a mindennapi megélhetésért küszködött, és még a sírja is feledésbe merült.

<sup>5</sup> <http://www3.tvr.ro/magyar/2012/10/napirenden-teves-tuntetes-romak-ujraszamlalasa-gaal-sandor-kopjafa-allitas/>

<sup>6</sup> <http://www3.tvr.ro/magyar/2012/10/erdelyi-feltalalok-gaal-sandor-amernok/>

<sup>7</sup> TETT 1981/1; A Hét, 1982. november 5.; Élet és Tudomány, 1982. 50. sz. 1573. oldal: Ki volt Gaál Sándor?



# Kapocsy György halálára



A magyar természetfotózás fájdalmas veszteségként könyvelheti el, hogy január végén Kapocsy György eltávozott közülünk. A hetvenkét év mögött, amit megélt, küzdelmes sikertörténet álmomái húzódnak meg. A legelső talán a szülők féltő ellenállásának leküzdése volt. A gyanakvó szülők úgy gondolták, nem járható életpálya az, amit nyugtalan természetű fiuk választott: fényképezni a természetet, úgy, ahogy van, beállítások, kimevítések nélkül!

A kezdet kezdetén az eltökélt szándékon kívül azonban szinte semmije sem volt, ami az elhatározás megvalósításához kellett. A nyomdász-pálya azonban magában hordozta a segíteni tudás lehetőségét. És azok a mentorok is (Dékány András író, Radetzky Jenő ornitológus tanár és Müller István természetőr), akikkel a Velencei-tónál ismerkedett meg. „Nemcsak nyelvben, hanem természetében is él a nemzet!” – hangzott Radetzky tanár úr bölcsessége, aki egy akkoriban még újnak számító szemlélet szellemét plántálta a tanulni vágyó Kapocsy György fejébe. Piócákkal mit sem törődve, nyakig vízben gázolva leste és fényképezte egyszerű kamerájával a nádas madarait, hogy mindenki számára feltárhassa a természet titkait. A legelső közreadott képek sikernek számítottak. Úgy tűnt, Homoki Nagy Istvánnak követője akadt! A profi és az amatőr között azonban érdekből, életkorból és szemléletből adódó nézetkülönbségek feszültek, és ez a féltékenység később, mások részéről is számos esetben megnehezítette érvényesülését. Sem pénz, sem tekintélyek nem álltak mögötte, és ő maga is úgy érezte, a legtöbb, amit elérhetett, hogy kinevezték

az állatkert fotósának. Sorban megjelenő könyvei (*Hol a cica?*, *Madarat tolláról*, *A természet öröknaptára*, *Gólya-gólya hazaszállj*, *Állatkertek világa*, *Állatkerti séta*, *Állatkölykök* stb.) már az itt szerzett élményekből fakadtak. És bár eleinte maga sem tudta, ettől kezdve valóban a nép tanítójává vált. Hiszen az óvónők és tanítók, tanárok jóvoltából nemzedékek sora e könyvek segítségével lépett kezdődő vagy megerősítő kapcsolatba a természet objektumaival, jelenségeivel. Mint ahogy lapunk, és az Élet és Tudomány is képi-gondolati közlendői népszerű közvetítője volt.

Az állatkerti megbízatás egy napon véget ért, de ő akkor már a hazai természetvédelem etalonjaival, a nemzeti parkokkal foglalkozott. Sikerkönyvként, még német kiadók érdeklődését is elnyerve jelent meg a *Hortobágy*, *A magyar puszta – Kiskunság*, és a *Nemzeti Parkjaink* kötet. Miért nem több? Erről a konkurencia tudna többet elárulni. Kapocsy György rájött, hogy fő szenvedélye, a fotózás még csak-csak művelhető, de a képek könyvekben történő terjesztése egyre nehezebb feladat. Pedig minden könyvét a legapróbb részletig megtervezte (hiszen tanult szakmája a nyomdászat volt!), a kiadóknak már csak rá kellett volna bízni.

Élete utolsó tíz évében témát változtatott. A magyar nép számára fontos relikviák megörökítésére, csokorba gyűjtésére szánta el magát. Hiszen minden országnak, minden nép számon tartja hasonló értékeit, és közkinccsé is teszi. Így jelent meg sorra egymás után a *Szülőföldem szép határa*, *A magyarság nevezetes fái*, *Hol sírjaink domborulnak*, *Itt ringatták bölcsőm* című kötet. A „nevezetes fák” csokorba gyűjtésével, vagyis a Természettudományi Múzeumban rendezett kiállítással és a könyv sikerével talán még az „év fája” mozgalom elindulásához is hozzájárult.

Kapocsy György a maga erejéből jutott arra a magaslatra, ami elévülhetetlen, és megbecsült helyet jelent számára a magyar természetfotózás történetében. Kitaposta az utat, megvívta harcait, és nem ismerte a megalkuvást. Milyen szép is lenne, ha a fiatalabb fotósnemzedékek megbecsülnék, tiszteletben tartanák a nevét; mindazok nevét és tevékenységét is, akikre, és amire felállva kivívhatták a maguk sikereit.

SZILI ISTVÁN



(2013. március)

## KOZMIKUS „LEG”-EK

A lap márciusi számában Bryan Gansler csokorba gyűjtötte azokat a rekordokat, amelyeket mai ismereteink szerint a Világegyetem kínál. Ezekből mutatunk be néhányat.

*A leggyorsabb forgás.* A neutroncsillagok születésükkor másodpercenként 30–50-szer fordulnak meg a tengelyük körül. Évmilliók alatt az erős mágneses terük hatására ez másodpercenként 5–10 fordulatra csökken, ami még mindig észvesztően szédítő pörgés a bolygókhoz és csillagokhoz képest. Ha a neutroncsillag kettős rendszerben jön létre, akkor a csillagfejlődés egy pontjától kezdve anyagot szív át társáról, amely anyag impulzusmomentuma felgyorsítja a forgását. A rekordot a Nyilas csillagképben található PSR J1748 tartja, másodpercenként 716 tengely körüli fordulattal. Ráadásul forgása alig lassul, így még egymilliárd év múlva is legalább 500-at fordul majd másodpercenként.

*A leggyorsabban mozgó csillag.* Ezt a rekordot is a neutroncsillagok tartják. Ha az őket létrehozó szupernóva-robbanás pontosan gömbszimmetrikus, akkor az anyag minden irányban kidobódik, a létrejövő neutroncsillag pedig a robbanás középpontjában marad. Mág tisztázatlan okok miatt azonban a robbanás legtöbbször aszimmetrikus. Hatalmas mennyiségű energia szabadul ilyenkor fel, ami az aszimmetrikus esetben nagy sebességgel kirepíti a csillagot. A legismertebb ilyen neutroncsillag és egyben az ismert csillagok közül a leggyorsabban mozgó a Cepheusban, tőlünk 6000 fényévre található PSR B2224+65. Forgása a neutroncsillaghoz képest komótos (1,5 fordulat másodpercenként), viszont annál gyorsabban száguld: ha a távolságát helyesen becsültük, akkor sebessége 1500 km/s, ami 50-szerese a Föld Nap körüli keringési sebességének. Ez a fénysebesség 0,5%-a, az égítést 4 perc alatt tenné meg a Föld–Hold távolságot.

*A leggyorsabban ismert objektum.* A kozmikus sugárzás részecskéi jellemzően a fénysebesség 99%-ával mozognak. A részecskék csekély hányada azonban még ennél is jobban megközelíti a fénysebességet. A rekordot az a részecske tartja, amelyet 1991. október 15-én észlelt egy Utah

államban (USA) működő detektor. Ennek a protonnak olyan nagy volt a sebessége, hogy a fényvel futott versenyben egymillió év alatt mindössze 4 centiméter hátrányba került volna. Ennek az egyetlen protonnak akkora volt az energiája, mint egy 100 km/óra sebességgel repülő baseball-labdáé. Ez 50 milliószor nagyobb, mint amekkorára a Nagy Hadronütköztetőben fel tudjuk gyorsítani a részecskéket.

*A legnagyobb objektum a Világegyetemben a 2003-ban felfedezett Sloan nagy fal. Kiterjedését 1,4 milliárd fényévre becsülik, a Földről nézve az Északi Vízikígyó, a Szextáns, az Oroszlán és a Szűz csillagképeken keresztül csaknem az égbolt negyedén végigfut. Nem egyetlen kozmikus szárlól van szó, mert itt-ott néhány százmillió fényév hosszan ágakra szakad, másutt az ágak egyesülnek, megcsavarodnak.*

*A leggyorsabban keringő (exo)bolygó a néhány Jupiter tömegű HD 80606b. Erősen elnyúlt pályáján 16 hetenként kerül meg csillagát. Elnyúlt pályája miatt nagyrészt olyan messze van csillagától, mint a Vénusz a Naptól, csillagközelben azonban 13-szor közelebb jut hozzá, mint a Nap-Merkúr távolság. Kepler törvénye miatt ilyenkor sebessége eléri a másodpercenként 240 km-t. Ez négyszerese a Merkúr maximális pálya menti sebességének.*

*A legkisebb sűrűség.* A legjobb földi, laboratóriumban előállított vákuumok köbcentiméterenként 500–1000 atomot tartalmaznak. A Világegyetemben ennél sok nagyságrenddel kisebb sűrűségek is előfordulnak. A Világegyetem nagyleptékű szerkezete által kirajzolt, gyakran 100 millió fényévnél nagyobb kiterjedésű, óriás buborékok belsejében szinte semmi anyag sem található. Ezekben a tipikus üregekben köbcentiméterenként átlagosan csak 0,00000002 atom fordul elő, vagyis 25–50 ezer köbméterben van annyi atom, mint a laboratóriumban egyetlen köbcentiméterben. Az utóbbi 20 év csillagászati megfigyelései szerint ezek az óriás üregek töltik ki a Világegyetem térfogatának 90%-át. Az anyag legnagyobb része a szappanhabra emlékeztető szerkezetben az üregek „falát” alkotja.

*A leghidegebb hely.* A fizika törvényei által megengedett legalacsonyabb hőmérséklet az abszolút nulla fok, azaz a 0 kelvin ( $0\text{ K} = -273,15\text{ °C}$ ). Laboratóriumokban bonyolult eszközökkel és trükkös módszerekkel ezt milliárdod fokra meg lehet közelíteni. Ehhez képest a Világegyetem egésze (a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás) nem is olyan hideg, hőmérséklete 2,73 K. Érdekes módon a csillagászok találtak egy ennél hidegebb helyet a Világegyetemben, a Bumeráng-ködöt. A köd közepén egy

haldokló csillag van, amelyik másodpercenként 70 000 billió tonna anyagot dob le magáról, 170 km/s sebességgel. A gyorsan kifelé áramló gáz tágul, ezért lehül. Ennek eredményeképpen hőmérséklete 1 kelvinig csökken, vagyis csaknem 2 fokkal hidegebb a világűr hidegénél. Mindamelllett elmondható, hogy a Világegyetem leghidegebb pontjai az alacsony hőmérsékleti fizikai laboratóriumok berendezéseiben találhatók, ezekkel egyetlen kozmikus jelenség sem veteti fel a versenyt.



(2012. 12. szám)

## ÉLET A NAPRENDSZERBEN

Az erős ultraibolya-sugárzás, a hideg és az alacsony légnyomás miatt a Mars halálos a magasabb rendű organizmusok számára. A legtöbb mikroba sem képes elviselni ezt a környezetet, de az antarktisi Pleospidium chlorophanum zuzmó remeknek találja. A felszínhez közeli biológiai fülkékben, ahová eljut némi fény, az antarktisi zuzmó lassacskán alkalmazkodott a környezeti feltételekhez: fotoszintetikus aktivitása emelkedett és csökkentek a stresszreakciói. Ezt állapították meg a berlini Német Légi- és Űrutazási Központ egy marsi körülményeket szimuláló kamrájában.

A Floridai Egyetem kutatóinak a szibériai permafrosztból vett kultúrákkal a Kennedy Űrközpontban végzett hasonló kísérleteinél csaknem mindegyik mikrobának gondoljai voltak az alacsony légnyomással és hamar elpusztultak. Meglepetés volt viszont, hogy a tejsavbaktériumok bizonyos fajtái jól szaporodtak. Joggal mondta tehát Jean-Pierre de Vera ez év tavaszán az European Geosciences Unio (EGU) kongresszusán: „A Mars lakható”.

A Földön kívüli élet kutatása eddig elsősorban a Marsot célozta meg. A legújabb kutatások szerint azonban a Naprendszer néhány más bolygóján és holdján is lehet élet, esetleg csak mélyen a felszín alatt. A NASA Asztrobiológiai Intézete szerint a „lakhatóság”-nak három feltétele van. Legyen az égitesten folyékony oldószer, legyen valamilyen energiaforrás és végül legyen olyan a környezet, hogy végbemelessenek benne komplex kémiai reakciók.

Fontos a víz és a kőzetek találkozása, fény viszont nem feltétlenül szükséges. Jelenlegi

ismereteink alapján az Europa, a Titan és az Enceladus látszik a legígéretesebbnek.

Háromuk közül a Jupiter egyik holdja, az Europa a „favorit”. Az Europa azóta érdeklő annyira az asztrobiológusokat, amióta a Galileo űrszonda a felületét borító jégpáncél alatt akár 100 kilométer mély sós óceán létezésére utaló jeleket talált. Sok bolygókutató föltételezi, hogy a jégpáncél 100 kilométer vastag. Ilyen vastag jégkéregben keresztül szerintük nem lehetséges az óceán és a jég felszíne közötti anyagforgalom, ami nélkül nem jöhet létre az élet. A heves vita azóta tart, amióta a Galileo 2003-ban befejezte a küldetését.

A Galileo mérési adatait újból átvizsgálva arra találtak jeleket, hogy az Europa felszíne alatt már három kilométerre jégbe zárt, lencse formájú tavakban tekintélyes mennyiségű folyékony víz található. Ezekben a „lencsékben” levő víz összetérfogata akkora, mint az észak-amerikai Nagy-tavaké. A hold felszínének jege ugyan vastag, de olyan szabálytalan törési zónák is vannak rajta, amilyeneket a Földön találhatunk azokon a gleccsereken, amelyek alatt vulkán tört ki. Ráadásul az Europa felszínén kén, szén-dioxid, hidrogén-peroxid, nátrium és kálium is előfordul, amik például a szomszédos Io vulkánjaiból kerülhettek oda. Ezek az anyagok kémiai energiát szolgáltathatnak a mélység esetleges lakóinak.

Az Europa felszínén mínusz 170 Celsius-fok a hőmérséklet, de néhány kilométer mélyen mínusz 13 fokra számíthatnak a kutatók. Ezen a hőmérsékleten már a földi hidegtűrő baktériumok is képesek élni és szaporodni. Az Europa mélyebb óceánjainak hőmérséklete akkora lehet, mint a Földön a sarki tengereké: néhány fokkal a víz fagyáspontja feletti. Az Europa belső hője részben annak köszönhető, hogy két szomszédja, az Io és a Ganymedes árapályhatása állandóan „átgyúrja” a belsejét.

Mai tudásunk szerint a DNS-nek feltétlenül szüksége van a vízre mint oldószerre. A biokémikusok azonban olyan alternatív modelleket is fontolgatnak, amelyek szénhidrogénnel funkcionálnak.

Frances Westall, az Orleansi Molekuláris Biofizikai Központ kutatónöje úgy véli, hogy a Marson nagyobb meteorit-becsapódások, vagy vulkánkitörések alkalmával keletkezett tavakban is fellobbanhatott az élet, ám az evolúciónak alig volt mozgásteret. A kutatónő abból indul ki, hogy a „marslakók” – már amennyiben léteznek – a baktérium állapotot sem érték el. Lehetséges változataik talán csak akkorák, mint a vírusok. A „Curiosity” Mars-labor csak nehezen találhatna meg ilyen életnyomokat. Ha életet találna, az valószínűleg a Földről hurcolták be, ahol az evolúciónak bőven volt ideje extrém körülmények között is életképes lényeket létrehozni.



(2012. november 5.)

## A NAGY OLVADÁS

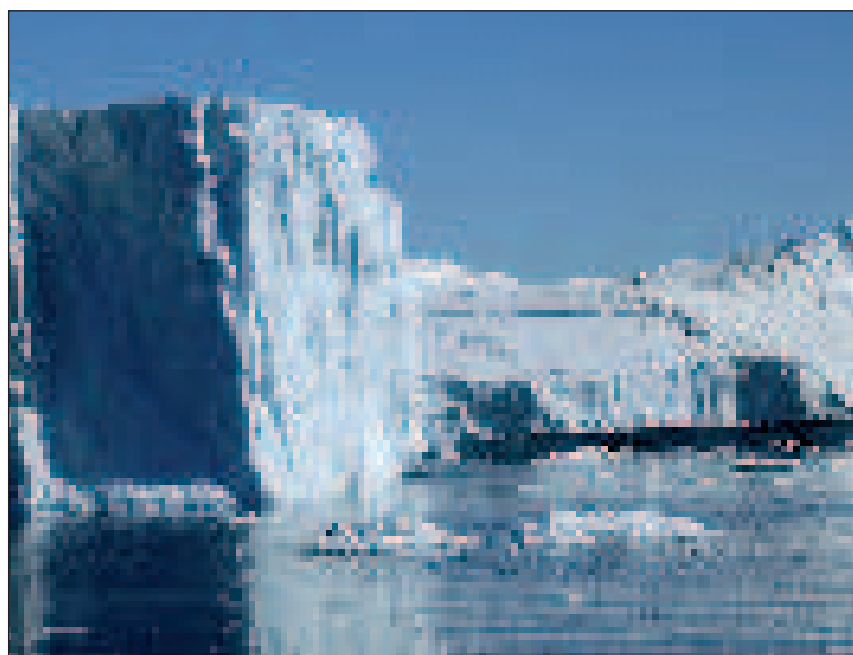
Amikor 2008-ban Manhattanben a Ground Zero helyén dolgozó munkások beleástak az alapkőzetbe, igencsak meglepődtek. Egy jókora, 10 méter mély lyukat találtak, tele különféle apró kőzettörmelékekkel. A geológusok rögtön tudták, mi az: a lyukat hajdan az örvénylő olvadékvíz vájta ki, a kis kődarabokat pedig gleccserek szállították ide, igen messziről. A szakemberek, persze, jól tudták, hogy a kb. 120 ezer éve kezdődött utolsó nagy eljegesedés idején New Yorkot is jégta-  
karó borította, mint ahogy Európa nagyobb részét és Szibériát is. Amikor ennyi víz volt fagyott állapotban, a tengerszint mintegy 120 méterrel volt alacsonyabb a mainál. A Brit-szigetek Európához kapcsolódtak, Florida kétszer akkora volt, mint manapság. Aztán 20 ezer évvel ezelőtt megkezdődött a nagy olvadás. A következő 10 ezer évben a globális átlaghőmérséklet 3,5 fokkal emelkedett, s vele együtt a tengerszint is. Mi okozhatta ezt a drámai változást?

Azt tudjuk, hogy az északi félteke ekkor nyaranta több napsugárzásban részesült, ezért olvadt a jég. Ám történt egy furcsaság: miközben a déli félteke melegedni kezdett, az északi kissé hűlt, vagyis épp az ellenkezője történt a vártak. Most talán kezdjük megérteni az okait. Az első áttörést Milankovic szerb csillagász elmélete hozta a múlt század húszas éveiben: a Föld pályaelemeinek változásával hozta összefüggésbe a jégkorszakok periodikus visszatérését, ám még jócskán maradt kérdés. A 80-as években, miután kielemezték az Antarktiszon gyűjtött jégmintákat, kiderült, hogy szoros összefüggés van a légköri szén-dioxid-koncentráció és a hőmérsékletek alakulása között. Ha a szén-dioxid-szint emelkedni kezdett az után, hogy az északi féltekén megkezdődött az olvadás, ez magyarázatot kínál arra, miért kezdett melegedni a déli félteke is. Jó évtizede azonban kiderült, hogy a CO<sub>2</sub>-szint emelkedése előtt már több száz évvel melegedni kezdett az Antarktisz. Ezt vajon mi idézhette elő? A 30-as években az üledékekbe talált alpesi növény, a *Dryas octopelata* pollenjeinek vizsgálata nyomán kiderült, hogy miután Európa melegedni kezdett, ezt nagyon hamar lehűlés követte. Ez az időszak 17 500 évtől 14 700 évvel ezelőttig tartott. Mindeközben az Antarktisz folyamatosan melegedett. Ez nem írható sem csillagászati változások, sem a CO<sub>2</sub>-szint emelkedésének számlájára, viszont összefüggésbe hozható

az óceáni áramlásokkal. Ahogy a jég olvadni kezdett, tömérdek édesvíz került az Atlanti-óceán északi medencéjébe. Így a felhíguló tengervíz kevésbé sűrűvé vált és lelassította azt az óceáni szállítószalagot, ami a mára is jellemző, vagyis hogy északon a sűrűbb sós víz lesüllyed, a mélyben a hideg víz délnek áramlik, miközben a meleg trópusi vizek a felszínen északnak tartanak. 17 ezer évvel ezelőtt ez az áramlási rendszer majdhogynem leállt, az észak felé tartó hőszállítással együtt, így az északi félteke hűlni kezdett. A déli viszont melegedett, hiszen kevesebb hő távozott északra. Az atlanti áramlás lelassulása magyarázatot kínál arra is, miért

son (Lamont Doherty Earth Observatory) viszont úgy véli, a feláramlást a szelek megváltozása idézhette elő. A jégkorszak során a déli féltekén a nyugatias szelek délebbre hatoltak és felkavarták a tengervizet az Antarktisz körül, mire az melegedni kezdett.

Hogy melyik álláspont helytálló, még vitatott, ám a forgatókönyv a következő lehetett. 20 ezer éve az északi jégta-  
karó annyira délre húzódott, hogy a napsugárzásban bekövetkező kis változás is intenzív olvadást indított el. Ahogy egyre több édesvíz áramlott az Észak-atlanti-óceánba, ott leállt az addigi vízcirkuláció normális menete, ami hűtötte az északi féltekét, viszont melegítette a délit. A déli óceánokban

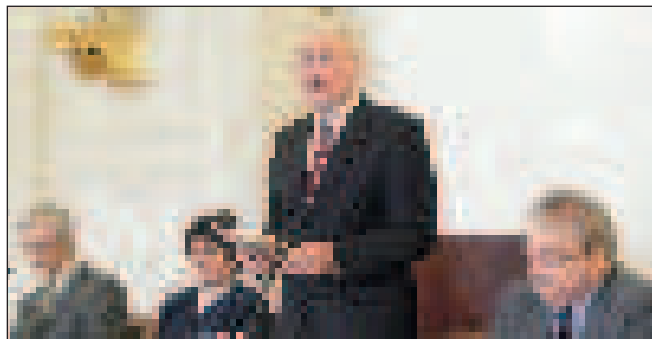


nőtt a szén-dioxid-szint a nagy olvadás idején. A 90-es években fokozódott a kutatás a szén-dioxid forrása után, ezúttal a déli óceánokon. Az izotópvizsgálatok kimutatták, hogy az eljegesedés során óriási mennyiségű CO<sub>2</sub> halmozódott fel a déli óceánok mély vizeiben, ami a felmelegedés után, a fokozódó vertikális vízkeveredés miatt elkezdett kiszabadulni. Az antarktisi jégbe záródott szén-dioxid izotópvizsgálata nemrég mindent megerősítette.

Kérdés, mi állhat mindennek a hátterében. Daniel Sigman (Princeton Egyetem) szerint az Antarktisz szinte ugyanakkor kezdett felmelegedni, amikor az Egyenlítőtől délre levő óceánok. Sigmanék feltételezték, hogy amikor az Atlanti-óceáni szállítószalag leállt, az Antarktisz körül kialakult egy helyi áramlási rendszer, melyben a sűrűbb felszíni víz lesüllyedt, viszont a mélyből a helyére emelkedő vizek hőt és szén-dioxidot juttattak a felszínre. Ez magyarázhatja az Antarktisz felmelegedését és a szokatlan szén-dioxid-bőséget. Bob Ander-

több víz jutott a felszínre a mélyből és a sok évezrede ott csapdába esett szén-dioxidot is a felszínre hozta. Az egész bolygó melegedni kezdett. Az északi féltekén kicsit lassabban, de nagyjából 15 000 éve helyreállt az észak-atlanti cirkuláció és ott is megkezdődött a gyors melegedés. Ez épp az ellenkezőjét váltotta ki a déli féltekén: a felmelegedés lelassult és a szén-dioxid-szint növekedése leállt. 12 990 éve ismét fordult a kocka. Északon a hőmérsékletek ismét visszaestek és kb. 1300 éven át alacsonyan is maradtak. Ez volt az ún. Fiaatalabb Dryas időszak, aminek elsőleges okaként azt jelölik meg, hogy Észak-Amerikában egy hatalmas édesvíz tóból annyi édesvíz került az Atlanti-óceánba, hogy ismét a feje tetejére állította a megszokott vízkörzést. A déli óceánokban újra megkezdődött a szén-dioxid kiáramlása és pár ezer éven át ismét melegedett az egész bolygó. Kb. 10 000 éve a jég visszahúzódott, a tengerszint számottevően emelkedett és őseink egy része elkezdett földet művelni.

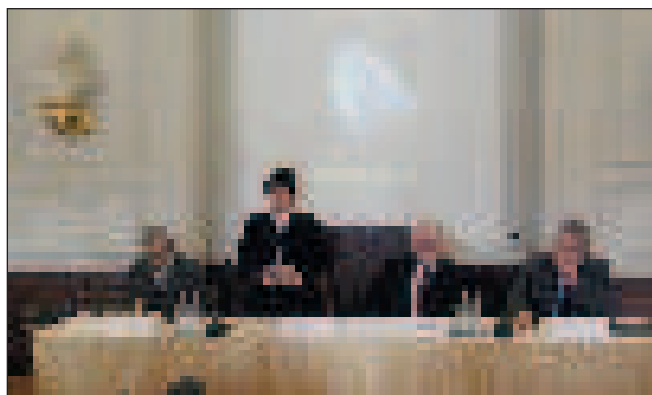
## A MIKROVILÁG – 2012 BEMUTATÁSA A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIÁN



Pálkás József, a Magyar Tudományos Akadémia elnöke



Lévai Péter – háttérben a CERN-ből és Debrecenből jelentkező kollégái



Piróth Eszter, a TIT igazgatója



A Mikrovilág–2012 csapata

Március 18-án a CERN-ben és a Debrecenben dolgozó kutatókkal élő videó-kapcsolatot létesítve mutatták be a Lévai Péter főigazgató és Horváth Dezső osztályvezető által összeállított új különszámát a Természet Világának. A Mikrovilág – 2012 címmel megjelent különszámot méltatva, Pálkás József, az MTA elnöke kiemelt fontosságú feladatnak nevezte a részecskefizika legújabb felfedezéseinek, eredményeinek pontos és közérthető közkinccsé tételét.

„A Természet Világa tematikájában kitüntetett szerepet foglal el a fizika, olvasóink részéről nagy érdeklődés kíséri a fizi-

kai tárgyú számainkat, elég itt a múlt évi Atomkiban folyó kutatásokat bemutató tematikus számunkra utalnom” – mondta Piróth Eszter, a TIT igazgatója. A Mikrovilág–2012 szerzői csapatának kapitánya és mozgatója, Lévai Péter főigazgató arról beszélt, hogy a különszám 25 magyar szerzője az olvasó elé tárják mindazokat a nagyenergiás részecske- és magfizika területén elért tudományos eredményeket, amelyekhez a magyar kutatók maguk is aktívan hozzájárultak az elmúlt esztendőök során. A különszám összeállításában az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, az MTA Atommagkutató Intézet, valamint az Eötvös Loránd Tu-

dományegyetem és a Debreceni Egyetem munkatársai, diákjai működtek közre. A cikkeket jegyző kutatók – köztük akadémikusok, Lendület-csoportvezetők – lépésről lépésre haladva ismertetik az olvasókkal a részecske- és magfizikai elméleteket, a CERN-ben működő berendezéseket, a segítségével végzett kísérleteket, valamint a felfedezések jelentőségét.

A Mikrovilág–2012 bemutatója a fizikus szerzők szakterületüket megvilágító hozzászólásaival ért véget.

*(Czifrik-Keszthelyi Barbara és Kapitány Katalin felvételei)*

### MÁJUSI SZÁMUNK TARTALMÁBÓL

*Farkas Alexandra:* Miért tűntek el nyomtalanul a vikingek Grönlandról?

*Takáts Gergely:* „Nem követem a divatot!” Beszélgetés a Nobel-díjas Peter Dohertyvel

*Kubassek János:* Cholnoky Jenő a VIII. kerületben (Helyünk szelleme)

*Mika János:* Globális klímaváltozás és a városi hősziget

*Vásárhelyi Tamás:* A müncheni Deutsches Museum

*Bárdos György:* Beteg-e, aki nem beteg?

*Rezsabek Nándor:* Erdélyből Bécsbe. Oswald Thomas csillagász emlékezete

*Mika János:* A globális klímaváltozás és a városi hősziget



# XXII. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Szellemi Tulajdon  
Nemzeti Hivatala

Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

## A XXII. Természet-Tudomány Diákpályázat díjátadó ünnepsége

(Magyar Tudományos Akadémia, 2013. március 9.)

A Magyar Tudományos Akadémia II. Aemeleti Nagytermében március 9-én lezajlott a XXII. Természet-Tudomány Diákpályázat díjátadó ünnepsége. A szokásos külsőségek között végbemenő esemény epizódjai közül idézünk fel néhányat.

*Staar Gyula*, lapunk főszerkesztője a jelenlévők köszöntése és az elnöklő díjátadó bizottság tagjainak bemutatása után szomorú kötelességként emlékezett meg *Pálmay Lóránról*, a korábbi évek matematika különdíjainak közkedvelt értékelőjéről, illetve *Ádám György* professzorról, aki a lap szerkesztőbizottsága tagjaként többek között mindig a szívében viselte a diákpályázat ügyét is.

*Patkós András* akadémikus, a díjátadó bizottság elnöke méltatta a Természet Világa tehetséggondozó törekvésének huszonkét évét, kiemelve, hogy a statisztikai adatok szerint „az itt eredményt elérő fiatalok negyede tudóssá, kutatóvá és szerzőtárrá válik, folytatva a lap közel 150 éve zajló ismeretterjesztő tevékenységét”. A jelenlévő fiatalokhoz intézett példabeszéde: „legyetek lelkesek és legyetek kritikusak egész életpályátokon” – tanúságaként azt kívánta hangsúlyozni, hogy a valódi tudományos eredmények eléréséhez kellő távolságtartásra és megfontoltságra van szükség.

*Rosivall László* orvosprofesszor, az elsőként sorra kerülő orvostudományi különdíj

méltatója és átadója, tekintettel az akadémiai helyszínre, „a hely szelleme, a tudomány szentélye jelentőségének átérzésére és tiszteltetben tartására” irányította hallgatósága figyelmét. A továbbiakban azt fejtette, hogy „a tudomány a XXI. században egyre fokozódó kihívás mindenki számára, mert a tudomány faként növekszik, egyre több az ága”. Ez azonban azt is jelenti, hogy minden kutató vágyó megtalálhatja a neki tetsző szakterületet. A tudósi elbizakodottság ellenszereként fontosnak tartotta megjegyezni, hogy minden tudományos eredmény más eredményeken, más tudósok, sőt szűkebb és tágabb társadalmi egységek munkáján alapszik, amiről senkinek sem szabad megfeledkeznie. E gondolatok szellemében köszönte meg a segítő tanárok és szülők támogatását, illetve lapunk ez irányú kitaró elkötelezettségét. Az I. díjat elnyerő Stomfai Máté Kristóf munkájáról (Megáll az ész) szólva kiemelte, hogy az idegrendszer működését bemutató szerző nagyon érdekes kísérleteket végzett, ezek megismeréséhez ajánlja a dolgozat mielőbbi közzétételét, illetve elolvasását.

Az Önálló kutatások, elméleti összeggések elnevezésű népszerű kategória pályázatairól *Kordos László* paleontológus professzor mondott véleményt. Bevezetőjében szellemes parabolában foglalta össze, hogy mi a tudósi munka lényege. „Érdeklődöm, figyelek, tanulmányozok valamit, majd kérdéseket te-

szek fel – ez a kutatás alapja. A valódi kutatás csak ezután kezdődik, aminek sok más előzménye van, közöttük az előképzettség, de igazából a meg-megújuló kíváncsiság a legfontosabb. A felismerést követően azonban elérkezik egy pillanat, amikor mindezt el kell mondanom másoknak, meg kell győzőnöm őket, hogy igaz, amit mondom.” Hitelesség, újdonság, érdekesség – ezek a szempontok nemcsak egy kutató, illetve munkája bemutatkozásához szükségesek, hanem a pályázati munkák elbírálásának tényezői is. Végül megszívlelendő útravalóként nyújtotta át közönségének a híres aforizmat, ami az amatőr és a kutató közötti különbségről szól: „az amatőr az igazát keresi, a kutató az igazat”.

A második díjas *Nyerki Emil* dolgozatának méltatásával többet foglalkozott, mert abból éppen az a gondolatmenet és cselekvés-sor olvasható ki, mint amit az előbb a kutatói magatartás követendő példaként emlegetett. Ugyancsak kiemelt figyelemre méltatta *Dávid Zsombor* dolgozatát is, ami egy olyan kutatási eredményéről (a főliásátrak szellőztetését biztosító automata robotról) számol be, amit újtásként már a gyakorlatban is alkalmaznak. A különdíjas *Kecskés Eszter* esetében dicséretesnek tartotta, hogy kitűnően megírt dolgozatát sajátkezü illusztrációival egészítette ki. *Kecskés Eszter* és *Varga Márta* egyébként elnyerte az Élet és Tudomány különdíját is, a közeli leközlés lehetőségével együtt. A szent-

endrei Tóth Lili hetedikes diákként bizonyára a mezőny legfiatalabbja volt, lakókörnyezete jobbá tételére tett javaslatai viszont megszívlelendőnek tűnnek.

A Simonyi Károly alapította Kultúra egysége kategória díjazott dolgozatait *Radnai Gyula* fizikus mutatta be. Simonyi Károlyt követendő példaként úgy jellemezte, mint aki

Kultúra egysége kategóriával. Így az elsődíjas Oláh Vince esetében is, aki orvos dédapja „elfelejtett” koreai naplóját dolgozta fel érdekesítő módon. A bajai Schneider Viktor a madarasi szarmata leleteket bemutató témája is hasonló, elvégre a régészet komplex tudomány. Teljesen a szóban forgó kategóriába illő viszont a nagyenyedi Bakó Boglárka

belefoglalta a diákpályázat 22 évét, néhány eközben feltűnt nevet és tevékenységet, eredményt említve; illetve a „konstelláció” fogalmához társítható lelkesítő elismerést, hiszen a teremben lévő Kordos Lászlórol, illetve Hargittai-házaspárról kisbolygókat neveztek el, és az egyik felfedező is pályázó volt egykor. Dürr János, mint a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala főtanácsadója további jó híreket is hozott és adott át: így a bírálóbizottság egyik tagjának, Horváth Gábor docensnek (és környezetoptikai laboratóriumának), illetve Staar Gyula személyén keresztül a Természet Világa szerkesztőségének szóló *Millenniumi Díj* elismerésről tudósító leveleket.

Az utolsóként sorra kerülő biofizika díjazottjait az imént említett *Horváth Gábor* méltatta. Megemlítette, hogy a díjátadás ezúttal különösen ünnepélyes, mert a díjalapító Varjú Dezső tübingeni professzor éppen 80 éves. A tőle már megszokott módon mindhárom díjazott dolgozatát részletekbe menően értékelte, kiemelve metodikai tévedéseiket és a javítandó stilisztikai hibákat, illetve megdicsérve a jó megoldásokat.

Ezután került sor a díjátadó ünnepség egyik fénypontjára: a „hölgyek által írt”, hazai és határon túli iskolákból beküldött legkiválóbb dolgozatok szerzőinek jutalmazására, vagyis a *Hargittai-házaspár* díjának átadására. Ezt a soproni Nickl Eszter és Szalay Zsófia, illetve a nagyenyedi Bakó Boglárka kapta, méghozzá megható módon személyesen a díjalapítóktól.

A sikeres felkészítő tanárok, mint minden korábbi esetben, most is jutalmakat vehettek át.

Az elnöklő Patkós András akadémikus, megköszönve mindenki munkáját, annak reményével búcsúzott el jelenlévőktől, hogy a jövőben tovább növekszik a felkészítő tanárok és sikeresen szereplő tanulók arcképcsarnoka. „Hiszen azok, akik itt évről évre megjelennek, az új tehetségek, akiknek rövidesen át kell venniük a tudomány stafétáját.”

SZILI ISTVÁN

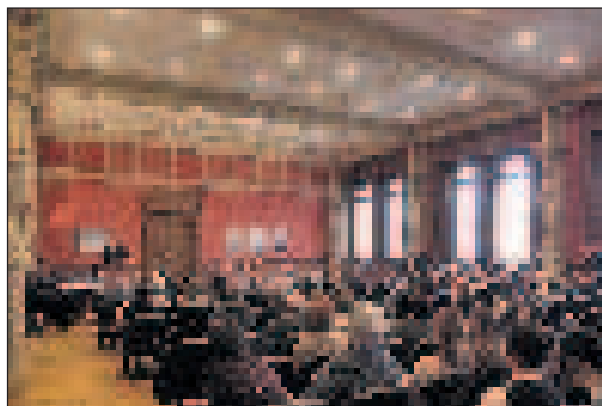


Az elnökség. Balról Staar Gyula, Patkós András, Rosivall László, Dürr János és Kordos László

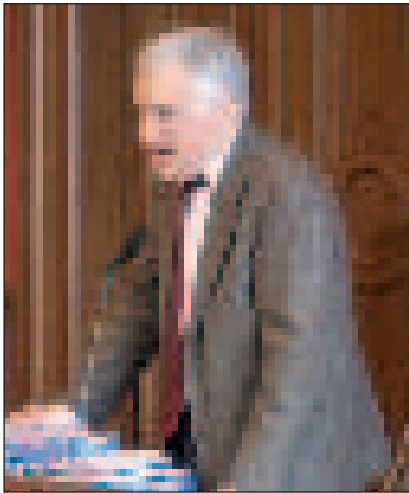
a saját életében, személyiségében valósította meg és hordozta, képviselte a kultúra egységét. Elmondta, hogy a magyar tudósok körében sok ilyen ismert és kevésbé ismert személyiség található, akiket majd további pályázók mutathatnak be a szélesebb közönség előtt. Sajnovics János is közéjük tartozik és külön örömeire szolgált, hogy két soproni diáklány (Nickl Eszter és Szalay Zsófia) – miután egy másik pályázat jutalmazottjaként végigjárhatja az egykori Sajnovics-utazás útvonalát – a pályázat felfogásában is érdekesnek tartotta a csillagász-nyelvész életmű bemutatását.

A Természettudományos múltunk felkutatása kategória nagyszámú díjazottját, illetve pályázati munkáját *Gazda István* tudománytörténész mutatta be a jelenlévőknek. Örömet fejezte ki amiatt, hogy a pályaművekben nőtt az önállóság és csökkent az internetre való kritikátlan támaszkodás. Azt az észrevételét is elmondta, hogy több dolgozat átfedésben, de legalábbis rokonságban van a

munkája, aki szép illusztrációk segítségével a legelső magyar természeti gyűjteménynek tekinthető Nagyenyedi Múzeum fennmaradt herbáriumát mutatja be. Ugyancsak érdekes munka a sepsiszentgyörgyi Oláh Rékáié, aki egy közel 100 éves fizika tankönyvet mutat be. A kétkötetes könyv a fizika történetét is összefoglalja, ezáltal e tekintetben a jelenlegi tankönyvi követelményeknek is megfelel. Gazda István hosszasan beszélt a karcagi Kovács Miklós dolgozatáról, ami egy a feledés homályába burkolózó egykori rabgazdaságról szól. A szerző az Önálló kutatások kategóriában is díjat nyert, így a Diákpályázat egyik legsikeresebb szereplőjének tekinthető. Hasonlóan részletes ismeretében részesült Molnár Bendegúz technikatörténeti dolgozata is. A további három különdíjas munka közül Tempfli Dóráé elnyerte a Tudományos Újságírók Klubja különdíját is, amit *Dürr János* elnök adott át. A terem közönségéhez szóló méltatásába



Most is sokan voltunk



**Staar Gyula főszerkesztő megnyitja az ünnepséget**



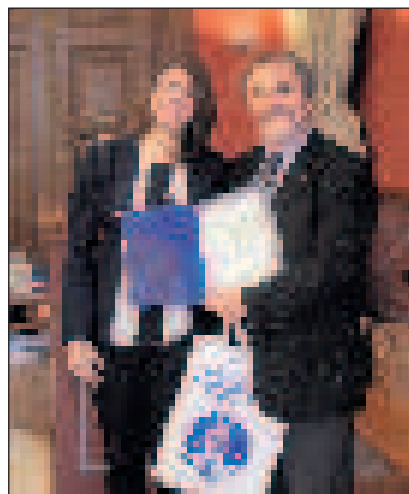
**Patkós András akadémikus köszönti a díjazottakat és tanáraikat**



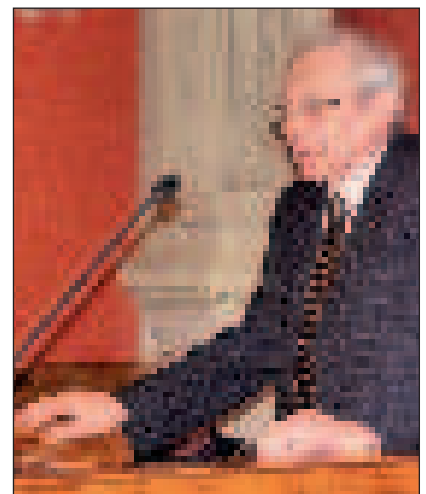
**Rosivall László ezúttal is emlékeztetett a hely szellemére**



**Az Orvostudomány kategória győztese, Máté Kristóf**



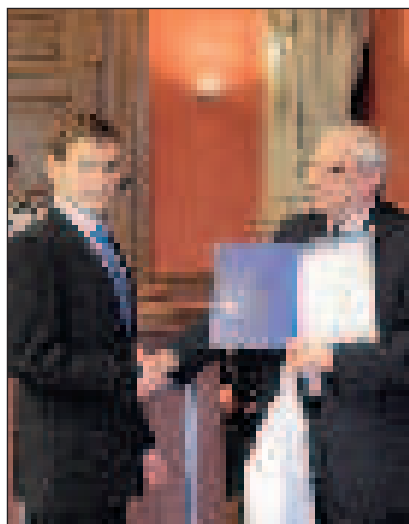
**A kategória második díjasa, Matkovits Anna**



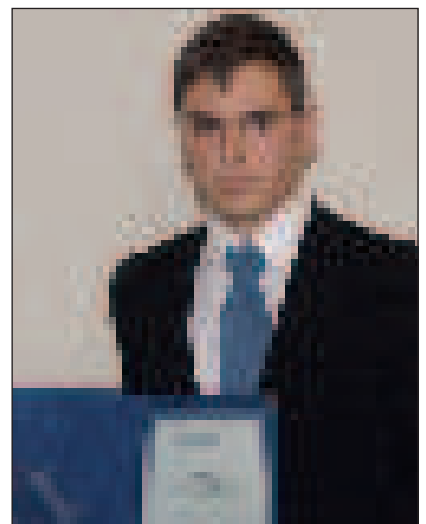
**Kordos László, az Önálló kutatások, elméleti összegzések kategória zsűrielnöke**



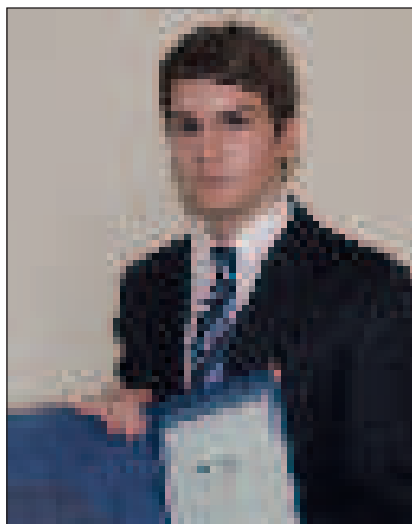
**Az első díjas, Tamás Bence**



**A második díjas, Nyerki Emil**



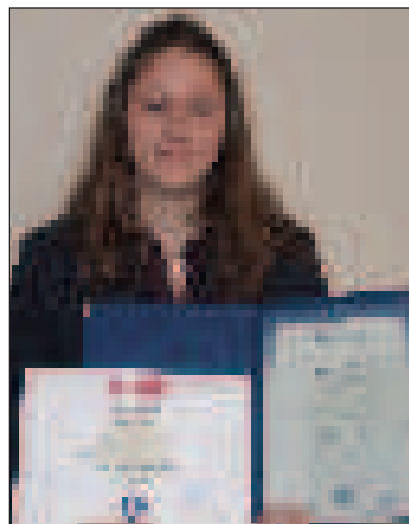
**A harmadik díjas, Takács Gergely**



A szintén harmadik díjas,  
Dávid Zsombor



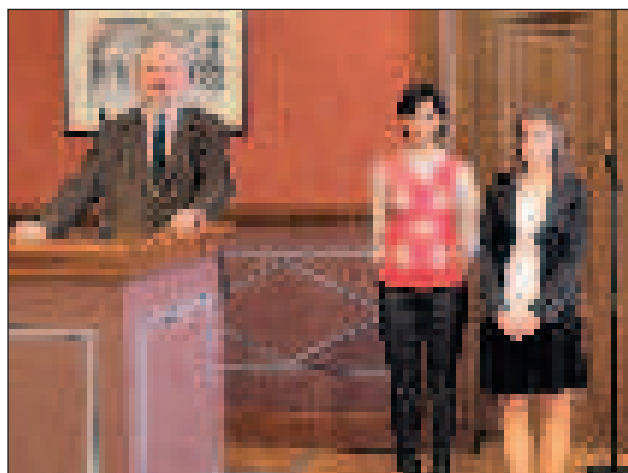
Az Élet és Tudomány különdíját Kecskés  
Eszter...



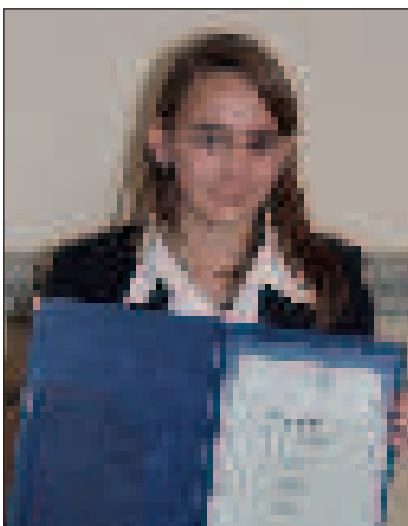
... és Varga Márta kapta



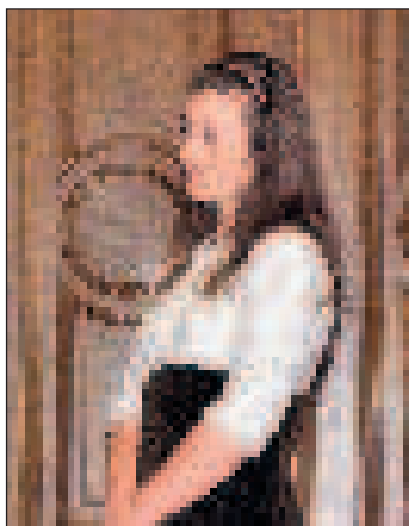
Küöldíjas lett a pályázat legfiatalabb résztvevője,  
Tóth Lili is



Radnai Gyula, a Kultúra egysége zsűrielnöke a  
győztesek, Nickl Eszter és Szalay Zsófia munkáját értékeli



A második helyezett,  
Miks Gabriella

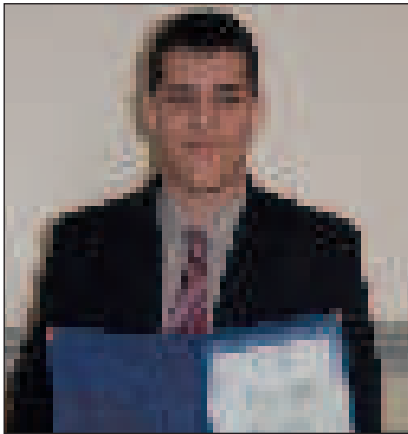


Kakrik Anna,  
a másik második díjas

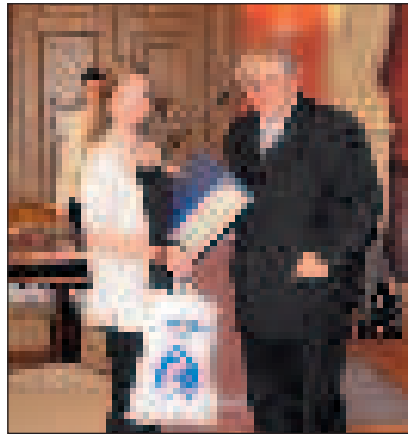


Gazda István, a Természettudományos  
múltunk felkutatása kategória  
zsűrielnöke a győztesnek, Oláh  
Vincének adja át a díjat





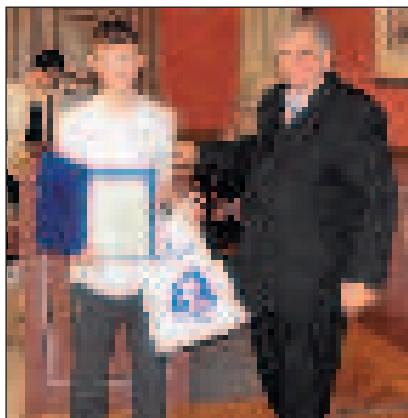
Schneider Viktor, az egyik második díjas



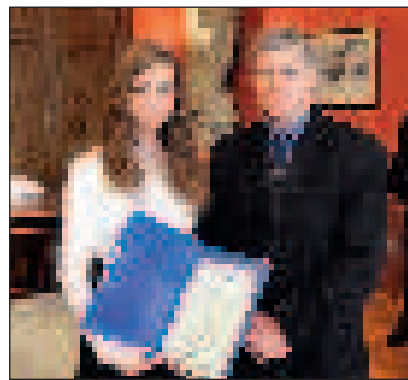
Bakó Boglárka is második díjas lett



Oláh Réka, harmadik díjas



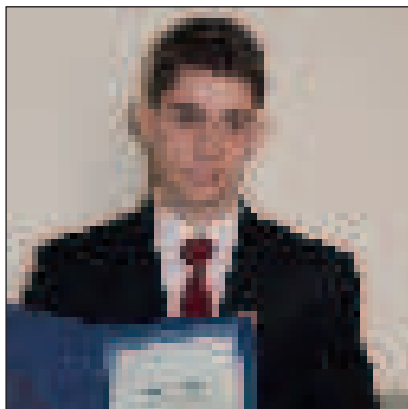
Molnár Bendegúz is harmadik díjat kapott



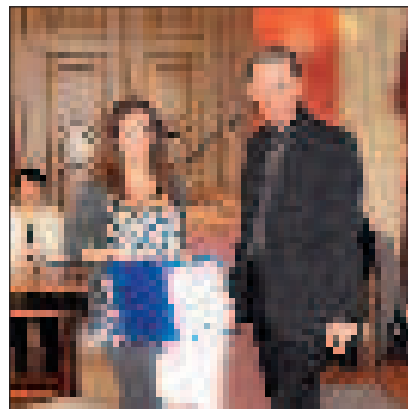
Tempfli Dóra a Tudományos Újságírók Klubjának különdíját Dürr János elnöktől vette át



A Biofizika kategória győztesének, Fekete Eszternek Horváth Gábor zsűrielnök adja át a díjat



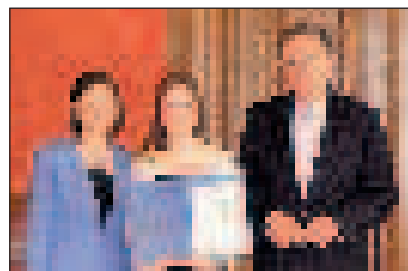
Draskóczy Ádám második díjban részesült



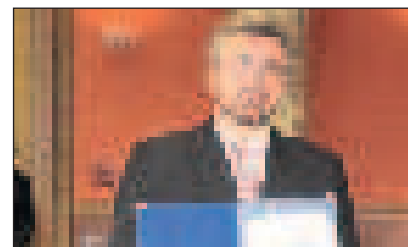
Kelemen Gréta, a harmadik díjas



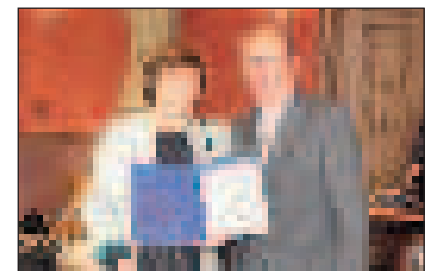
A Hargittai-díjat az alapítók adták át Nickl Eszternek és Szalay Zsófiának...



... valamint Bakó Boglárkának



A legeredményesebb felkészítő tanároknak járó díjat kapta Zátanyi Szilárd



Tóth Eszter



Nebojszki László



Dvoráček Ágoston



Nagy Mész Gyöngyi



Kiss Székely Zoltán

Trupka Zoltán felvételei

## Varjú Dezső professzor 80 éves

A *Természet Világa* szeretettel köszönti Varjú Dezsőt, a Tübingeni Egyetem emeritus professzorát 80. születésnapja alkalmából. Az idén 17. alkalommal adtuk át az általa 1996-ban alapított biokibernetikai-biofizikai különdíjat a 22. Természet-Tudomány Diák pályázaton a Magyar Tudományos Akadémia nagytermében. Az e kategóriában beérkezett dolgozatokat Kapitány Katalinnal együtt bíráljuk, s minden évben a három legjobb pályamű szerzői vehetik át a Varjú-féle különdíj oklevelét



Varjú Dezső

és a vele járó pénzjutalmat. Évekig kutattam Varjú Dezső vezetésével a Tübingeni Egyetem Biokibernetika Tanszékén, aminek alapítója és vezetője volt. A vele készült in-

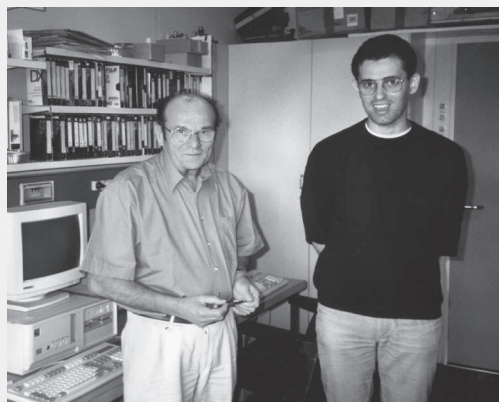
terjú a *Természet Világa* 1994. évi számában (125. évfolyam, 396-400. oldal) olvasható „Mi a Spangenglobus? Varjú Dezső tübingeni biokibernetikussal beszélget Horváth Gábor” címmel.

Miután Varjú professzor megalapította különdíját, két további, Tübingenhez kötődő különdíj megszületésénél is bábáskodott. Az egyik az orvostudományi különdíj, amit a Tübingeni Egyetem Orvosi Klinikájának agysebésze, Ernst Grote professor alapított, akinek felesége magyar származású, a másik pedig a biodiverzitás különdíj, amit a stuttgarti székhelyű Német-Magyar Társaság alapított és tartott fenn sok évig.

Varjú Dezső Magyarországon, a Pázmány Egyetemen végzett fizikusként, s 1956-ban vándorolt ki Németországba, ahol először a Göttingeni Egyetemen, majd a Tübingeni Egyetemen kutatott és oktatott, az utóbbin már tanszékvezető professzorként. Habár véglegesen Németországban telepedett le, felesége is német, mégis mindvégig megőrizte magyar gyökereit, s szorgalmasan ápolta magyar kapcsolatait. Ennek egyik megnyilvánulása volt, hogy rendszeresen támogatja a Tübingenben megforduló, ott hosszabb-rövidebb ideig dolgozó magyar vendégkutatókat. Híresek voltak a kertjében rendezett, kecskegida-sütéssel egybekötött fogadások, melyeken német, magyar s más nemzetiségű munkatársait vendégelte meg számos alkalommal.

Tanszékét kiváló infrastruktúra, alkatásra, tudományos fölfedezésre ösztökélő

légkör hatotta át. Emblematikusak voltak a mindennapos ótörái teák, melyek célja a pihenést szolgáló cseverészésen túl szakmai megbeszélések folytatása is volt. E beszélgetések gyakran már a menzai közös ebédeken elkezdődtek. A tanszék kollegiális hangulatára jellemző volt, hogy egy ideig hetente egyszer magán a tanszéken ebédeltünk, ahol magunk főztünk, terítettünk és mosogattunk, közben egyfolytában be-



Varjú professzor és Horváth Gábor

szélgetve könnyedebb témákról vagy éppen komoly szakmai kérdésekről. Nagyon összetartó és a tudományos kutatást támogató légkör uralkodott e kiváló tanszéken, s mindez Varjú Dezsőnek volt köszönhető, akinek hálás vagyok, amiért a tanítványa lehetek. Jó egészséget és hosszú életet kívánok neki és feleségének, Heide Varjúnak.

A *Természet Világa* Szerkesztősége nevében: HORVÁTH GÁBOR

# XXII. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT CIKKEI



Szellemi Tulajdon  
Nemzeti Hivatala

Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

## Dédnagyapám a koreai háborúban

OLÁH VINCE

Bolyai Farkas Elméleti Liceum, Marosvásárhely, Románia

Már apró gyerekkorom óta nagyon sokat hallottam dédnagyapámról, aki a családunk egyik legszínesebb alakja volt. Számos tette, szólása valóságos szállóigévé vált családunkban, így hamar kedvenc szókasómmá vált nagyszüleim faggatása arról, ami érdekelt róla. Sajnos, az idősök emlékezete, türelme sem határtalan, így egyszer a sokadik kérdés után nagyszülöm egy pár, poros, írógéppel írott kötethez vezetett és azt ajánlotta, hogy olvassam el őket. Dédnagyapám emlékiratait voltak. A legjobban az a kötet keltette fel a figyelmemet, amelyen a következőket írta: *„Mu-Guan-Ha, avagy Orvosi napló a háborús Koreában, 1951–1953, írta: Csizér Zoltán.”*

Azonnal elkezdtem bújni az időtől megsárgult oldalakat és a kötet legvégén a következő sorokat találtam: *„Lehet, hogy amit most elrendezek, megírok, senkit sem érdekel. Nem baj. Talán valamelyik unokám, dédunokám elolvassa, s nem lesz érdektelen számára, amit álmodozó őse átélt, erős akarattal véghez vitt.”* Ezek a sorok mélyen meghatottak. Csizér Zoltán, a dédnagyapám, a koreai háborúban teljesített orvosi szolgálatot. Ez az írás az ő emlékét hivatott éltetni.

Dédnagyapám (1. kép) Magyarláposon született 1917. február 9-én, elszegényedett, földbirtokos család sarjaként. Szülei Csizér Zoltán ügyvéd és Vass Juliánna. Az első



1. kép. Csizér Zoltán  
a koreai elmenetel előtt

világháború után családjával Nagybányára költözött, itt végezte iskolai tanulmányait. Feleségét, Péterffy Annamáriát, aki szociális gondozó volt, 1938-ban ismerte meg, 1941-ben házasodtak össze. Három lányuk született: Anna nagyszülöm 1942-ben, Zsuzsanna 1946-ban és Katalin 1951-ben. Sebészorvosi képzést kapott, diplomáját Kolozsváron szerzte meg 1940-ben. A második világháború után az udvarhelyi kórház újrászervezésének

feladatával bízták meg. 1950-től a marosvásárhelyi Orvosi és Gyógyszerészeti Egyetem általános orvosi karának dékánja lett. 1951 és 1953 között a koreai háborúban szolgált, utána a bukaresti klinika mellkas-sebészeti osztályának főorvosává nevezték ki, eközben a román Vöröskereszt alelnöki feladatait is ellátta. 1957-ben visszaköltözött Marosvásárhelyre és egyetemi előadótanárként a sebészeti klinikán dolgozott. 1970-ben lett az orvostudományok doktora. 1980-ban egészségügyi okok miatt nyugdíjba vonult. Szakíróként a kísérletes tüdősebészet, a szervátültetés és az orvosi etika kérdéseivel foglalkozott. Amatőr képzőművész volt, grafikai és szobrászati munkáival 1971 és 1989 között rendszeresen kiállított gyűjteményes tárlatokon. 1996. október 23-án agyvérzésben hunyt el.

A történelem a koreai háborút a hidegháború „gyújtószikrájának” tekinti. Bár a Koreai-félsziget a második világháború alatt japán fennhatóság alá tartozott, a háború után a szigetország elvesztette hatalmát fölötte. Az 1945 nyarán lezajlott potsdami konferencia során hozott határozat értelmében a félszigetet kétfelé osztották: a 38. szélességi foktól északra fekvő területekre szovjet csapatok, míg a délre fekvő területekre amerikai csapatok vonultak be, várva, hogy a japánok megadják magukat. Így Észak-Koreában a szovjetbarát, kommunista Kim Ir Szen jutott



hatalomra. Dél-Koreában pedig egy Amerika-barát kapitalista kormány jött létre, Syngman Rhee vezetésével. 1948-ra északon megszülte a Koreai Népi Demokratikus Köztársaság



2. kép. Észak-koreai katonák aknavetővel

és délen a Korai Köztársaság, de egyik fél sem volt elégedett, mindkettő magának akarta az egész félszigetet.

1950. június 25-én Észak-Korea megtámadta Dél-Koreát, ezzel kezdetét vette a háború (2. kép). Az Amerikai Egyesült Államok még abban a hónapban elkezdte segítségnyújtását Dél-Koreának, novemberben Kína is belépett a háborúba, Északot támogatva. Végül 1953. július 27-én a harcoló felek megkötötték az azóta tartó tűzszünetet, visszaállítva a régi határokat.

1951 és 1957 között a Romániai Vöröskereszt (Crucea Roșie Română) összesen 220 önkéntes orvost és ápolónőt küldött Észak-Korea segítségére. Az orvosok hét egymás utáni csapatban mentek Koreába, dédnagyapám a második csapat tagja volt.

Naplójában így ír behívásáról: „1951. október 24. (...) Előadás közti szünetben telefonálás az egyetemről: sürgősen menjek a dékáni irodámba, fontos ügyben várnak. (...) Előadás után ugyanaz a hang sürget a telefonban: ha nem tudott feljönni a dékán elvtárs, tessék lemenni a Vöröskereszt irodájába, mert ott várják. (...) De mit is tudok én a Vöröskeresztről? Csak annyit, amennyit az egyetemen tanítanak, és amit még én hozzáolvastam: nemzetközi társaság, emberbaráti szervezet, ami segítyeket irányít rászorultaknak békében, de főleg háborúban. Székhelye Genf. Alapítója 1863-ban Henry Dunant. (...) Megvan! Akkor biztos Koreáról van szó! Több mint egy éve tele van a világ a koreai háború borzalmaival. (...) A Vöröskereszt épületében már égett a föld a talpam alatt. Gondoltam magamban: me-

gyek, ha kell, holnap is. (...) 1951. november 13-án megjött a behívóm.”

Okkal tehetjük fel a kérdést: önként ment-e dédnagyapám a háborúba, feleségét és három gyermekét itthon hagyva? Bár nem volt kötelező elmennie, ő akkor így látta a legjobbnak: „Ez a koreai út számomra az egyetlen lehetőség, hogy tegyek valami érdekeset, nagyot, izgalmasat (...) ezért a szerencsétlen világért, népért, amelyik évezredek óta egyik háborúból a másikba sodródik.”

Időskori visszaemlékezéseiből kiderül: az őszinte orvosi ambíció mellett döntését nagyban befolyásolta a kalandvágy és az akkori politikai rendszer itthon dúló állapota, hangulata is: „(...) menekülés az akkori marosvásárhelyi tragikomikus helyzetből: hazugság, becsstelen karrierhajhászás, tülekedés, rejtétt klikkek, akik még egymás között is marakodtak.”



3. kép. Az önkéntes csoport indulás előtt

Pár nap múlva vonaton indult Bukarestbe: „Estefelé 'vidáman' elbúcsúztam (...), aztán elindult a vonat (...) A fülkében jó meleg volt, duruzsoltak, kattogtak a kerekek, de nem tudtam elaludni – Régen, Déda, Brassó...” Az önkéntes csoport tagjai a bukaresti Román Vöröskereszt Központi Bizottságának székházában gyűltek össze (3. kép). A csapat teljes létszáma a naplóból nem derül ki egyértelműen. A naplóban tíz orvos (köztük sebészek, belgyógyászok, ortopéd, idegsebész, radiológus, gyógyszerész) és tizenkét középkader kerül említésre. Ehhez még ismeretlen számú kise-

gítő személyzet is tartozott. Bukarestben egy hét felkészítés következett, ezalatt a csapat tagjait orvosi vizsgálatoknak vetették alá, hivatalos igazolványt kaptak és szabadidejüket különböző kultúrprogramokkal kötötték le. Eligazításban alig részesültek, mindössze annyit tudattak velük, hogy csapatuknak a koreai román követség utasításait kell majd teljesítenie, a Phenjantól nem messze található román kórházban fognak dolgozni. Minimális felszerelést vittek magukkal, arra számítva, hogy minden mást Koreában megtaláljanak.

Bukarestből a csoportot repülőgép vitte Kijevbe, majd Moszkvába, ahol tíz napot tartózkodtak. Itt találkoztak a Koreából hazafelé tartó első vöröskeresztes csapattal, akik beszámoltak nekik az ottani viszonyokról: azok szörnyűbbek voltak, mint képzeltek. Moszkvából a Transz-szibériai vasúton jutottak el egészen Csita városáig, ezután Otpor következett (akkori szovjet-kínai határ), majd Mugden. Innen már kínai vonat vitte őket tovább. December 21-én megérkeztek Andunba, mely a Yalu folyó partján fekszik, Phenjantól 200 kilométernyire. Bár ezek az esetek későbbiekben megszokottá váltak, az első repülőgép-támadás Yonsong felé menet érte a csapatot: „egyszer csak állandóan erősödő repülőgépzaj. (...) Én már ordítok: mindenki fusson szanaszét, a dombokra, nem egy csoportban! (...) Már lőnek miniket, mint a nyulakat, egészen közelről, a fejünk fölül. Lehasalok a havas földre. Vajon még élek? Óriási csattanások, sípolás, gépvinnnyogás (...) Aztán hirtelen csend! Nézem az órát, pont 28 percig tartott ez a végtelen idő. (...) A többiek is felkészültek a földről, sápadtan, sárosan, de mindenki örvendett, hogy él.”

December 24-én elérték célpontjukat, a fővároshoz közeli Yonsongot.

A táborba megérkezve hamar nyilvánvalóvá vált, hogy milyen körülmények között kell

4. kép. A csapat egy része a kórházbunker előtt





majd dolgozniuk, túlélniük: „Ezek a bunkerek a domboldalba ázott közönséges likak. Falaik belül furnérlemezekkel vannak bélelve ugyan, de felül csak ágakkal, sással vannak fedve (4. kép). Ablakuk nincs, szellőztetni csak az ajtón keresztül lehet. Padlójuk döngölt föld, a fűtést bádorgályhák szolgáltatják. A berendezés egy-egy deszkapriccs mindenkinek, rajta szalmazsák, párna, lópokróc. Tisztálkodáshoz egy kis mosdótál, mellette veder. Elég messze a bunkertől közös árnyékszék szerű tákolmány. (...) A műtő egyik alacsony, szűk hiányos fedelű bunkerben van. Sterilizálás kint a szabadban (...) Kötözőhely még nincs, de a műtő mellett van egy nagy csúrszerűség, régi gabonataroló, se ajtaja, se ablaka, egy kis igyekezettel be lehet rendezni kötözőnek. (...) Hát, siralmas a helyzet. Az 'előcsarnok' olyan szűk, hogy alig lehet, egy hordággal bejutni. (...) A műtőasztal régi, rozsdás portéka (...) A legszükségesebb műszerek megvannak egy ládában.”

Mindezek ellenére, a koreai orvosok és nővérek segítségével, a csapat azonnal munkához látott. A bunkereket a környéken talált romok anyagaiból kijavították, célul tűzték ki, hogy a későbbiekben egy új kórházat építenek. Az első jelentést a bukaresti Vöröskereszt részére 1951. január 5-én küldték, ebben leírva a körülményeket és a felszerelés kiegészítését igényelve. A Vöröskereszt még abban a hónapban elkezdte küldeni Koreába a hiányzó felszerelést, de az alaporvosságokban még így folyamatos hiányt szenvedtek. Az elején a bunkerekben nem volt áramellátás, a csapatnak nem volt sem röntgengépe, sem állandó közlekedési eszköze. Más hiányzó felszerelések biztosítását a különböző országok önkénteseinek kórházai egymás közötti cseréberéléssel oldották meg, ezek mellett érkeztek kínai segélyek is, melyek valamelyest javították a körülményeket.

Az önkéntesek munkáját nehezítették az amerikai repülőgépek támadásai is, amelyeket sokszor kémek vezettek nyomra, éjjel, jelzőrakéták fellövésével: „1952. január 26. (...) A kapitány azt javasolja, hogy amíg hívnak egy nővért fecskendővel, menjünk át a másik házba, vagy tíz méterrel arrább (...) Át is mentünk, leültünk a gyékényre beszélgetni, mutatott nekem valami régi családi fényképet. Akkor juotott eszembe, hogy a táskámat Panna fényképeivel, noteszkekkel, ceruzákkal ott hagytam a másik házban. Indulnék vissza, de ebben a pillanatban

óriási csattanás, robbanás. (...) A másik ház robbant szét, ott ahol pár perccel ezelőtt beteg vizsgáltam.”

Élelemhez, ha drágán is, de Phenjanban (5., 6. kép) hozzá lehetett jutni, ha éppen nem bombázták az utakat. Sokszor nem volt friss étel, ilyenkor mindig került egy kis koreai specialitás, amit kimcsinek hívtak: „Káposztalé van benne, retek, só és még sok jó. Cserépfűzékba teszik, betemetik, hónapokig érni hagyják. (...) Amíg van kimcsi – fejezi be a nővér –, addig a koreai nép nem hal éhen.” Az orvosok közül is sokan megbetegedtek: gyakori volt a vérhas, a vakbélgyulladás, a malária, valamint a tuberkulózis. A gyakori élelemhiánnyal ellentétben álltak a protokollgyűlések, amelyeket a fővárosban található „Marambo” föld alatti színházban tartottak és itt mindenki a legpazarabb étel- és italokból fogyasztott, folklórműsorokat élvezhetett. Ide a különböző követségek képviselői, az orvosok és a koreai párt emberei voltak hivatalosak: „Az út végén egy beton bunkerajtó előtt katonai őrség.

Egy hosszú betonlépcső vezet lefelé, kb. 75 lépcsőfokkal. (...) Egy pazarul kivilágított színházterembe léptünk. Széles színpad, súlyos zenei asztalok, díszes függöny. A teremben



5. kép. Phenjan bombázás után

feldíszített asztalok, megrakva minden európai és ázsiai jó falattal.”

A csapat napjai, ellentétben azokkal a napokkal, amikor szüneteltek az amerikai bombázások, ugyanabban a monoton hajszában teltek el: „1952. február 1-10. (...) Általános napi menet: reggel 7-kor közös reggeli; 8-tól 14-ig műtét, kötözés, kezelés; 14-től 15-ig ebéd, közben élmények megbeszélése, boszszankodás, tréfa, vice, de általában mindenki a kosztot, a Vöröskeresztet és a világot szidja, vagy egymással veszekednek. Ebéd

után mindenki saját dolga, munkája, beteg után lát (7. kép). (...) ha időm engedi, elmegyek egy-egy osztályra, megnézegetem a betegeket, a kórlapokat (...) Este 20-21 óra körül összegyűlünk és tanulunk saját szakmánkban, időnként előadásokat tartunk (...) könyvből, saját tapasztalatokból, folyóiratokból (8. kép)”

A naplóban leírt egyes élethelyzetek életükben mutatják be a koreai nép példaértékű kedélyét és magatartását a háború borzalmi közepette: „Egész éjszaka mellette ül-



6. kép. Phenjani romok

tem (...) Minduntalan néztem a fiú pulzusát, itattam cukros teával, de a nyelve olyan volt, mint a tapló. Egyszer csak megszólalt, intett, valamit mondani akart. Hívtam a tolmácsot (...) Sokáig nézett, fél kezével simogatta a hátamat és alig hallhatóan azt mondta: Román orvos, jó ember, sokat dolgozol, menj már aludni, hagyj engem magamra. Én úgyis meghalok. Nem baj, semmi baj, sok koreai fiú halt meg ebben a háborúban, még egy már nem számít, de neked még sok embert kell meggyógyítani! Elfordultam, mintha a perfüziót nézném és potyogtak a könnyeim. Reggel felé észrevettem, hogy édesanyja ott guggol. Nem szólt egy szót sem, mikor elmentem mellette megcsókolta a kezemet.”

Dédnagyapám koreai otlletének talán a legjelentősebb fordulatát egy Yu Ki Binnek nevezett kisfiú hozta. Szinte filmbe illő történet öleli körül a gyermeket: a naplóban gyakran feltűnik egy koreai fordító és gépíró, akit Ri Cson Hának hívnak. A fiatal asszony egész családjától elszakadt, nem tudva azt sem, hogy szerettei egyáltalán életben maradtak-e. Férje után folytatott elkeseredett kutatásában ismerkedett meg dédnagyapámmal, aki megszánta őt és elhatározta, hogy segít neki. Ekkor került a képbe Yu Ki Bin: „1952. július 13. (...) Villanylámpámmal és egy bottal végignézem a szalmát, hátha ottmaradt valaki. Egyszer csak hallok valami vinnnyogást. Kiskutya vagy kismacska? Hát egy 4-5

éves fiúgyermek, tiszta meztelenül, fejétől talpáig alvadt vérrrel. Megtapogatom, hasa még meleg, pupillája fényre reagál és hal-kan vinnyog. Tagjai épek (...) A fején egy hatalmas vérömleny (...) Keresek nagy nehezen egy egészségügyi katonát, a gyermeket betakarom valami rongyokkal, nyakába akasztok egy kartondarabot: Ismeretlen fiúgyermek, koponyásérülés, shock. Parancs: fel kell költeni A. doktort." A gyermek fejsérülése nem volt komoly, állapota javulni kezdett és a nővérek vigyáztak rá. Beszélni is tudott már: azt mondta Yu Ki Binnek hívják. Ri Cson Ha (Ricsi, ahogyan sokszor szólították) egyik nap izgatottan kereste fel dédnagyapám, azt állítva, hogy a gyermek az ő unokaöccse, az édesanyját Kim Na Kinek hívják. Kérlelte, hogy segítsen neki megkeresni a gyerek anyját, aki talán tudhat valamit „Ricsi” férjéről. Orvosi jelentésekből kide-



8. kép. Szakmai tapasztalatcsere egy koreai tiszttel

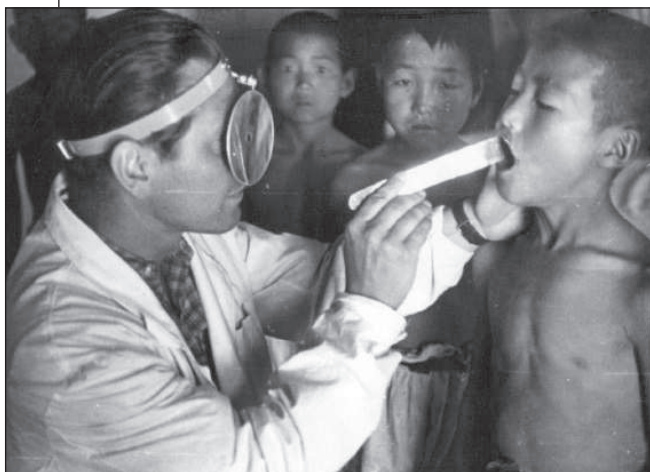
hogy élve a lehetőséggel, megmentheti gyermekét a háború borzalmaiktól, beleegeyedik: „1952. október 5. Ma megjött az engedély, hogy Yu Ki Bint hazavihetem (...) Első időkből semmi különösebb vonzalmat, nem árult el irántam (...), aztán nagyon hozzám nőtt, mint egy kis kutya a gazdájához (...) Anyja keservesen sír (...) szereti gyermekét, szakad meg a szíve, hogy el kell válnia tőle (...) Vállalja az egyedüllétet, csak éppen Kibinit ott tudja Romániában. Talán ott megtalálja boldogságát.” A történet vége egy szomorú fordulatot kap: „Ricsi”, aki megtudta, hogy férje él, egy bombázás során olyan súlyos sérüléseket szenvedett, hogy

get gyógyítottunk, vezettük a fiatalágot és kórházat építettünk.” (9. kép). Kevésssel a harmadik egészségügyi csapat megérkezése után, 1952. december 14-én dédnagyapám az utolsó orvosok között indul haza, karjában Kibinivel, „a háborús gyermekkel” ahogyan a csapat becézte. Naplóját, hazafelé tartva, a következő sorokkal zárja: „Idáig tartott a naplóm, nincs már tovább mit írni. Megöl a honvágy, már Marosvásárhely, Panna és a gyermekek járnak a fejemben!”

Kibini itthon tökéletesen megtanult magyarul és románul, később koreai iskolába került a Hunyad megyei Păclișára. A tizenhárom éves Kibiniért egy négytagú küldöttség jött a koreai követségről: vissza kellett mennie Koreába, az összes többi Romániában élő koreai árvagyerekkel együtt. Az elválás nagyon nehéz volt. Dédnagyszüleim még sokáig leveleztek vele: Kibini egyetemre került, filológiára, francia szakos tanár lett. A kapcsolat „ismeretlen postai okok” miatt megszakadt és minden közbenjárás ellenére sem lehetett újrateremteni.

Történetünk óta több mint fél évszázad telt el. A napló szereplői nagyrészt elhunytak, fiaik, leányaik is idősök már, akárcsak a napló. Borítója megkopott, lapjain az írás fakó, de ahogyan mi is lelkünkben hordozzuk egykori szeretteink történeteit, úgy hordozza ez az írás is egy elmúlt kor és egy elmúlt generáció háborús visszaemlékezéseit. Részemről, a legtöbb, amit tehetek az, hogy segítek neki azzá válni, aminek rendeltetett. Hogyan is szólt a cím? „Mu Guan Ha”. Koreai kifejezés, jelentése: „örökzöld virágok”.

(A szerző a Természettudományos múltunk felkutatása kategória I. díjasa)



7. kép. Vizsgálat

rül, hogy Kim Na Ki a román kórházban volt beteg és életben van. Ketten Phenjanba indultak, hogy megkeressék: „1952. szeptember 23. (...) Már Phenjan felé közeledtünk (...) Elmegyünk egy asszony mellett, szembeötlik valami, vagy csak képzelem? (...) Visszafordulunk, megállunk az asszony mellett: (...)

- Te nem Yonsongban voltál kórházban?  
- De igen. Szent ég, maga az a román doktor, aki gipszbe tette a karomat!  
- Megvan! – ordítok a sofőrnek. (...) És téged hogy hívnak?  
- Kim Na Ki!”

Maga dédnagyapám is „meséhez hasonló valóság” szavakkal illeti a történetet. Az anya nagyon örül Yu Ki Binnek („Kibini”), akit azonban dédnagyapám nagyon megszeretett. Mindig is szeretett

életét nem tudták megmenteni.

A napló olyan hamar ér véget, ahogyan elkezdődött. A csapat Koreában töltött maradék idejét egy új kórház építése köti le. Az utolsó napokban dédnagyapám így értékeli munkájukat: „Eleinte a mi csapatunk, a mi kórházunk volt a leggyatrábban felszerelve, fáztunk, szenvedtünk, minket bombáztak a legsúlyosabban, nem sok volt mit enni, sok bajtársunk megbetegedett és mégis mi építettünk a legtöbbet, a legtöbb bete-

9. kép. A koreai ápolónők ajándéka elmenetelkor





Egy eltűnt nép nyomában  
**Szarmaták Madaras környékén**

SCHNEIDER VIKTOR

Szent László ÁMK Vizügyi Szakközépiskola, Baja

A hazánk Duna-Tisza közí részének déli áperemén, közvetlenül az országhatár mellett fekvő Madarason születtem és azóta is itt élek. Őseim már nemzedékek óta ezen a török idők alatt sokat szenvedett vidéken születtek-haltak. Szülőhelyem történetével kapcsolatos olvasmányaim során figyeltem fel arra, hogy számos forrás szól egy időszámításunk kezdete táján ezen a vidéken élt népről, a szarmatákról. Ettől kezdve fokozott érdeklődéssel jártam községem határát és igyekeztem a múlt – már néhány évtizeddel ezelőtt muzeológusok által megkutatott – nyomait keresni-vizsgálni, amelyekről a kutatók az alábbi véleménynyel vannak.

„Madaras neve az elmúlt évtizedekben fogalomná vált nemcsak a szűkebb szakma, de általában a régészek, sőt a régészet iránt érdeklődő nagyközönség számára is. Az ásatás eredményei a legek közé sorolja a lelőhelyet: az alföldi szállásterület legnagyobb sírszámu szarmata temetője, a legnagyobb területen feltárt temetkezési hely, az előkerült leletek száma tengernyi. Kőhegyi Mihály a teljes temetőt feltárta, ami szintén egyedülálló a korszak kutatásában. A sírokból előkerült leletek vallomása alapján két évszázadon át temetkeztek ide, a mai Kígyós-patak partjára, a II. század vége és a IV–V. század fordulója között. Nem tudunk még egy másik temetőről a korszakban, amit ilyen hosszú ideig, folyamatosan használtak volna. Ezek a körülmények páratlan lehetőséget nyújtottak a pannóniai limes közvetlen szomszédságában élő közösség temetkezési szokásainak, anyagi kultúrájának, társadalmának, kapcsolatainak vizsgálatához.” – olvashatjuk a Madaras-Halmok című könyv bevezetésében.

A már korábban feltárt területen a terep abból a szempontból bizonyult elsősorban érdekesnek, hogy jobban el tudtam képzelni azt a közvetlen környezetet, amelyben a szarmaták éltek. Inkább a témával kapcsolatos források feltárása és áttekintése segítette jobban törekvéseimet. Munkám közben igen érdekes világ

rajzolódott ki előttem, amelyről jelen dolgozatomban szeretnék képet adni.

### A szarmaták

Az ókori iráni nyelvet beszélő és kultúrárt képviselő törzsek, az eurázsiai sztyeppe lakói voltak a szarmaták. Törzsi szövetségükben



feltűntek olyan népek is, amelyek a későbbiekben önállóvá váltak (például az alánok, a jazigok, a roxolánok). Nagyjából az időszámításunk előtti 250-ig a Tanaisz, ismertebb nevén a Don folyó mellett éltek. A keletről érkező népek nyomása mozgásba hozta törzseiket, és nyugat felé húzódtak. A jazigok az időszámításunk szerinti első században keltek át a Kárpáton és a Duna-Tisza közötti térségben, a Római Birodalom Pannónia provinciája és a mai Erdély területén abban az időben élt dákok szorításában telepedtek le.

A megtelepedéssel viszonylagos biztonságba-nyugalomba került népek életmódot kellett változtatnia. A fejlett állattartás mellett foglalkozni kezdtek a földműveléssel is. A keletről érkező nomád nép fontosnak tartotta más népekkel, például a rómaiakkal való kereskedelmi kapcsolatot. Az állattartásból adódóan a szarmaták legfőbb árucik-

kei az állatok lehettek, amikért a rómaiaktól kerámiákat, tükröket, fibulákat stb. kaptak. A provinciáiktól (rómaiaktól) előzőek mellett bort és különböző olajféléket vásároltak. Említésre érdemes, hogy a szarmaták sírleletei között találtak vörös színű edényeket is, amelyek feltehetően a római néptől származtak, tehát ez is alátámasztja az imént említetteket.

Hadseregük, mely kitűnő lovas harcosokból állt, sikeresen vette a küzdelmeket más népek ellen. Harci stratégiájuk szerint először megfutamodást szinleltek, majd váratlanul visszafordulva támadást indítottak. Fegyvereik között megtalálhatóak a dárdák, a kések, a kardok illetve az íjak. A női sírokban talált harci eszközök bizonyítják, hogy a nők a férfiakhoz hasonlóan katonáskodtak és vadásztak. Tacitus római író, az egyik fennmaradt (XII. évkönyvének a 29. és a 30. részében) munkájában közli, hogy a jazigok miként harcoltak a germán eredetű törzsekkel, a lugiusokkal és a hermundurokkal:

„Ugyanebben az időben Vannius, kit még Drusus Caesar állított a suebusok élére, távozni kényszerült királyságából... Ő

maga csak gyalogsággal rendelkezett, lovasága a szarmata jazigokból került ki, így nem mérkőzhetett meg az ellenség sokaságával: ezért úgy határozott, hogy erősségeken védekezik s a háborút elhúzza. De a jazigok, kik az ostromot nem bírták és a közeli síkságon kőszáltak, elkerülhetetlenné tették az összecsapást, mivel a lugiusok és a hermundurok ott törtek be...”

A szarmaták történelemben feljegyzett korai három időrendi szakaszra tagolódnak. Az első a korai (i.e. VI–IV. század), a második a középső (i. sz. II–III. század közepéig), majd a harmadik a késő szarmata periódus (i. sz. III. század közepétől az V. század végéig). Az V. század elején betörő hunok, majd a népvándorlás viharai nyomán tűntek el a történelem súlylyesztőjében és asszimilálódtak az ide érkező népekben.

**A szarmatákkal kapcsolatos irodalom**

Vizsgálódásaim során nagy hangsúlyt fektettem arra, hogy minél több adatot gyűjtssek a szarmatákkal kapcsolatosan. Legfontosabb forrásmunkaként Kóhegyi Mihály és Vörös Gabriella monográfiáját – *Madaras-Halmok* – tekintem át. A könyv az i. sz. II–V. századi szarmata temető 1963 és 1975 között tartó feltárását veszi alapul. A részletes leletismeretével átfogó képet ad a szarmatákról.

A *Szarmaták története* című monográfia szerint a szarmaták és a szkíták őshazája a Fekete-tengertől, annak északi partvidékétől kereshető. Megemlíti, hogy a saurmaták és a szarmaták rokoni kapcsolatban állhattak egymással. Rosztovcev orosz történész elmélete alapján „*A magunk részéről úgy véljük, hogy a sauromata – szarmata azonossághoz a források, régészeti leletek és a nyelvészeti adatok alapján nem férhet kétség.*” Ezt a teóriát a szarmata kutatás másik nagy oroszországi alakja K. F. Szmimov kutató cáfolta meg.

Vaday Andrea *A szarmaták az Alföldön* alcímmel íródott munkája igen széleskörű információkat ad a szarmaták életéről. Összefoglalja a Kárpát-medencébe vándorlást, a temetkezési szokásokat és a római kapcsolatokat is.

Dudás Gyula *A Tisza-vidék őstörténete* című munkájában a Tisza vidékének legősibb lakóiként említette a szarmata-jászokat. Cziráky Gyula *Gombos (azelőtt Bogojeva) régi emlékei* című tanulmányában i. sz. I–III. századból származó szarmata-jazig régészeti emlékeket sorol fel. Roediger Lajos 1905-ben megjelent cikke már a Madarason folytatott ásások részleteiről ad ismertetést.

**Szarmaták Madaras környékén**

Már a szarmaták idejében a Duna-Tisza köze vidékén egy kereskedelmi útvonal vezetett Lugióból (mai nevén Dunaszekcső) Partiscumbá (Szegedre). Madarast is érintette, tehát ez segítette a különböző népek, például a szarmaták és a rómaiak közötti kereskedelmet. Könyves Kálmán az 1111-ben kelt oklevelében említést tesz a királyi pénztár kezelőiről, a kálizokról. A források szerint, róluk kapta az elnevezést ez az útvonal, melyet Káliz útnak hívtak.

A madarasi szarmata temetőnek a feltárásához a történelmi Bács-Bodrog vár-

*dődött a társulat alelnökének, Latinovics Géza országos képviselőnek jelenlétében és a környék lakosságának élénk érdeklődése mellett.*”

Roediger Lajos ezt követően foglalkozott a halmokkal, melyekből hatot meg is ásott. A szarmata leletekkel folytatott vizsgálódásait követően kezdtek foglalkozni a régészek a madarasi temetővel.

Madaras mellett folyik a Kígyós-főcsatorna (a falubeliek ezt Sáncnak nevezik), amely abban az időben, a gazdag halállományának köszönhetően, mint víz melletti élőhely, rendkívül jó feltételekkel szolgált egy nép megle-



**2. kép. A területen a sírokat egykor kisebb halmok jelezték, a feltárások és a szántóföldi mezőgazdaság ezt mára nagyrészt eltüntette**



**3. kép. Az egyik feltárt sír, a képal szélén Kóhegyi Mihály**

mege egyik nemesi családjából származó Latinovics Pál főispán is hozzájárult. A *Bajai Független Újság* egyik 1903-ban megjelent száma tudósított erről: „*Őskori temető Bácsmadarason. Latinovics Pál bácsmegyei főispán már az elmúlt évben fölhívta a Bács-Bodrogye Történelmi Társulat figyelmét a Bácsmadaras határában lévő Árpád-kori temetőre. A társulat választmánya most megbizta Roediger muzeumi őrt, hogy a sirtelepen, a mely mintegy ötven tumulus-ból áll, ásást végeztesen. Az ásás augusztus 24-én kez-*

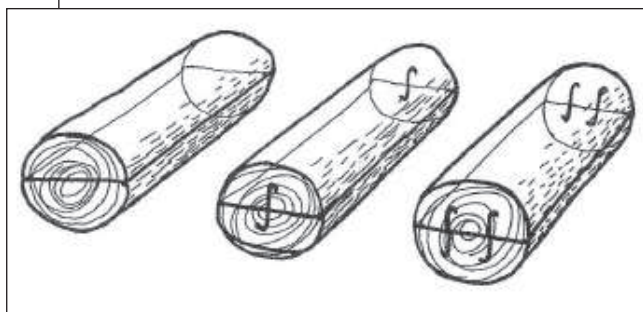
pedéséhez. Jóval több erdő volt errefelé, mint most, voltak kitűnő legelők az állattenyésztéshez és a termőtalaj is megfelelő adottságú volt a növénytermesztéshez. A madarasi temetőt körülbelül a II–III. századtól egészen a IV–V. századig használták a szarmaták.

**Amiről a leletek mesélnek**

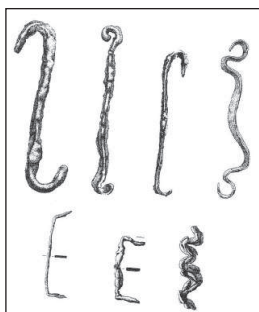
A Kóhegyi Mihály (munkássága a bajai Türr István Múzeumhoz kötődik, amelynek 1986–1996 között az igazgatója volt) vezetésével elvégzett kutatások során 1963 és 1975 között több ásatási ciklusban összesen 666 sírt tártak fel a madarasi szarmata temetőben.

A temetkezési szokásoknak minden népénél kialakult hagyományai vannak. A szarmaták rönkfából és deszkából készítettek fakoporsókat. Később már halmokat is emeltek a sírok fölé, de ezeket a természet pusztító munkája (szél, víz) miatt napjainkban kevésbé lehet megfigyelni. A koporsót úgy készítették, hogy egy vastag rönköt hosszával félbevágtak és kivájták a belsejét és ebbe fektették a halottat, majd szegekkel zárták

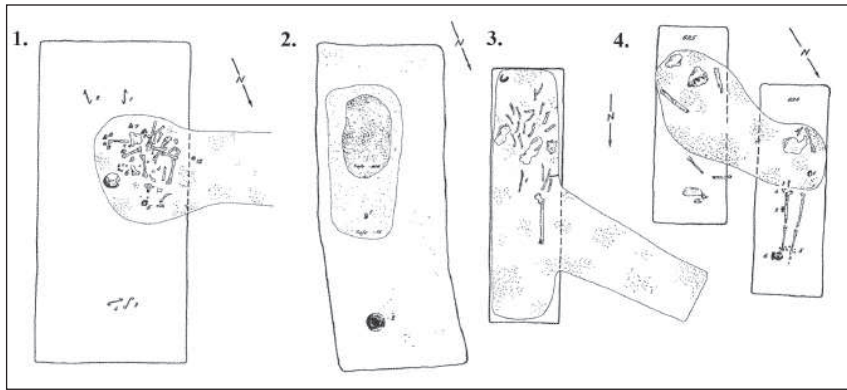
**4. kép. A temetkezésre szolgáló rönkfakoporsók és az ezeket lezáró kapcsok**



**5. kép. S és C alakú zárókapcsok**







6. kép. A sírok bolygatásánál használt aknák rekonstrukciós rajza.

1.: oldalról a koporsóra ástott akna; 2.: felülről ástott akna;  
3.: oldalról, de az egész sírt átfogó akna; 4.: egy aknával két sírt rabolnak

le. A zárókapcsok az elhunytak a szarmaták társadalmában elfoglalt helyzetét tükrözték. Minél több zárószeg vagy ácskapocs (Kőhegyi Mihály ezeket iszkábáknak nevezte) volt, annál felsőbb réteghez tartozott az elhunyt. (Így a kutatók számára nem volt nehéz megkülönböztetni ezeket a társadalmi különbségeket.) A zárókapcsokat a 270-es évektől kezdték használni.

A sírokat más népek vagy feltételezések szerint maguk a szarmaták kezdték el bolygatni. A sírrablók oldalról vagy fentről ástott aknákon keresztül bontották meg a koporsókat. Céljuk az akkori időkben használt és az elhunytak mellett eltemetett értékes tárgyak megszerzése lehetett.

A régészek nagy hangsúlyt fektettek a szarmata sírok részletes leírására, ismertetésére. A 27-es számú sírban egy férfi bolygatlan csontvázát találták. A leletek szerint fibula (ruhakapocs), csat és halványbarna tál volt az elhunyt mellé temetve. A 135-ös sírszámú szintén bolygatlan sírban egy halott nő a koponya jobb oldalán, a kulcscsontjára dőlve feküdt. Ez a szarmata temetkezésében igen szokatlan testhelyzet. A sírban nem voltak leletek, ebből valószínűsíthető, hogy szegényebb társadalmi réteg tagja lehetett.

A temetkezések során feltárt sírok leletei alapján megállapítható, hogy az emberek mellé állatot is temettek. Az adatok alapján 12 faj 114 egyedét találták. Vadászott állatként a gimszarvast, a vörös rókát, a mezei nyulat és a mocsári teknőst, míg háziállatként a lovat, a juhót, a szarvasmarhát, a sertést, a kutyát, a házi ludat, a házi tyúkot és a nyírfajdot tartották.

A szarmaták viseleti tárgyai között találtak ékszereket. Például torqueseket (az ékszerként szolgáló nyakperec ókori neve), melyek több funkciót töltek be. Egyrészt lehettek ruhadíszek és egyben kapcsok is. Ezeket életkortól és nemtől függetlenül viselték. De ide sorolhatók a fibulák (ruhakapcsok) és a csüngők, amelyek szintén gyermek, férfi és női viseletben egyaránt előfor-

dulnak. A gyermekek az edényeket nemcsak étkezés, hanem játék céljára is használták. A férfiaknál a fegyverek, a török, az övek, míg a nőknél a ruhadíszek, a kések, az orsók, és a tükrök voltak gyakoriak.

Az agyagedényeket a szarmaták gyermeksírjaiban találták meg. Az egyik bal oldali fazék, mely kézzel formált és sötétbarna alapszíne fekete foltosra égetett, a 84-es számú sírból került elő. A jobb oldalit, amely szintén barna alapszínezetű és nyújtott formájú, a 279-es számú bolygatott sírban találták.

A kéttagú, oldalt hajlított lábú bronzfibulák a ruhák összetűzésére szolgáltak. A 379-es számú bolygatott sírban találták meg, a kengyelét és a lábát drótok díszítik.

A 405-ös sírszámú bolygatatlan fér-



7. kép. Jól kivehető a csontváz szokatlan testhelyzete

fi temetkezéséből egy torques került elő. Nyakban vagy a ruhák gallérjában helyez-

ték el. Masszív bronzhuzalból készítették, majd utána hajlították meg. Zárszerkezete egyik végén lapított, a széle finoman tremolírozott, a másik vége elvékonyított.

## Összegzés

Munkámat figyelemfelkeltés céljával írtam: egy, a történelem viharában eltűnt népről, amelyekre érdemes visszaemlékezni. Ha ezek az ősnépek létük, területszerzéseik, kereskedelmi kapcsolataik és a mindennapi élethez szükséges eszközeik készítésével nem hagytak volna maguk után nyomokat, akkor szinte biztos, hogy a XXI. századi emberek nem is tudnának róluk. Kőhegyi Mihály munkásságának köszönhetően bepillantunk egykori életükbe. A *Madaras-Halmok* című monográfia megjelenését, sajnos, Kőhegyi Mihály már nem élhette meg, de biztosan büszke lenne a megjelent kiadványra. Remélem, hogy dolgozatommal sikerül azt elérnem, hogy nemcsak a madarasi, hanem a bácskai és magyarországi érdeklődők ismereteket szerezzenek erről az elfelejtett népről.

(A szerző a Természettudományos múltunk felkutatása kategória II. díjasa)

## Irodalom

- Bajai Független Újság (III. évf. 36. sz.) 1903. augusztus 29. 4. p.
- Bánosi György – Vereseyházi Béla: *Eltűnt népek, eltűnt birodalmak* kislexikona. Budapest, 1999
- Czirák Gyula: *Gombos (azelőtt Bogojeva) régi emlékei*. In: Bács-Bodrogh Vármegyei Történelmi Társulat Évkönyve, Zombor, 1901. 99-182. oldal
- Dudás Gyula: *A Tisza-vidék őstörténete*. In: Bács-Bodrogh Vármegyei Történelmi Társulat Évkönyve, Zombor, 1890. 20-31. oldal
- Istvánovits Eszter: *Szarmaták a Kárpát-medencében*. In: *Jazigok, roxolánok, alánok. Szarmaták az Alföldön*. 35-45. oldal.
- Kőhegyi Mihály - Vörös Gabriella: *Madaras – Halmok*. Szeged, 2011
- Kőhegyi Mihály – Solymosné Goldner Márta: *Madaras története az őskortól az újratelepítés befejezéséig*. Baja, 1975
- Makkay János: *Az indoeurópai népek őstörténete*. 1991
- Roediger Lajos: *A bácsmadarasi tumukusokról*. In: Bács-Bodrogh Vármegyei Történelmi Társulat Évkönyve, Zombor, 1905. 132-136. oldal
- Vaday Andrea: *Kereskedelem és gazdasági kapcsolatok a szarmaták és a rómaiak között*. In: *Jazigok, roxolánok, alánok. Szarmaták az Alföldön*. 119-127. oldal
- Zorn Antal: *Katymári doktorok*. Dr. phil Kőhegyi Mihály. Katymár, 2009. 25-26. oldal  
<http://real.mtak.hu/2/>

# Napi ritmusaink

TAKÁCS GERGELY

Budapesti Fazekas Mihály általános Iskola és Gimnázium

Nyáron evezős táborban vettem részt, ott figyeltem fel rá, hogy valójában milyen is óra nélkül élni. Őszintén meglepett a dolog, miszerint nem is olyan nehéz. Az időt a többiekkel együtt „mi szabtuk meg”, a természethez igazítva azt. Az ébredés elvileg az órához igazítva történt, fél 7-kor, de legtöbünknek nem volt órája. Mégis azt tapasztaltuk, hogy a 2., 3. napra már mind együtt keltünk (néhányunkat kivéve). Időbeli korlátainkat az éhségünk, a napkelte és napnyugta határozta csak meg. Amikor azonban arra került a sor, hogy civilizált környezetbe kellett menni, és annak az órájához kellett alkalmazkodni, néhányunk 10–20 perces pontossággal meg tudta mondani, valójában hány óra is lehet. Elkezdett érdekelni, hogy ez miért lehet, és hogy milyen fontos és érdekes

Ám először tekintsük át a témát kicsit részletesebben. A következőkben igyekszem meghatározott tematika szerint rendszerbe foglalni a könyv és más források tartalmát. Ezen tematika legyen az egysejtűektől az emberig.

Az élőlények legkisebb szerveződési szintje a sejt, a cirkadián (napi) ritmus kialakulása is ide vezethető vissza. Alapkövének pedig a fényérzékeny fehérjéket tekinthetjük. Ezekben a sejtekben a kialakulás oka az volt, hogy a DNS replikációja rendkívül érzékeny folyamat, melyre az UV-sugárzás rendkívül veszélyes. Így, mivel ez az ok közvetlenül a „szaporodás” egy folyamatát érintette, aki nem tudott megfelelően alkalmazkodni, az kihalt. Ez az alkalmazkodás pedig a cirkadián ritmusban rejtett, mely éjszakára időzítette a

lományt sikerült létrehozniuk, egyet mely rövidebb, egyet, mely hosszabb, és egyet, mely semmilyen periódussal nem rendelkezett. A három mutációt összehasonlítva azt tapasztalták, hogy összesen egy génben különböznek. Később ugyanezt a gént ugyanilyen szerepkörben mutatták ki felsőbbrendű élőlényeken is. Következtetésként tehát levonható, hogy a ritmusadók az evolúciós piramison felfelé haladva megőrződnek, mivel azonban egyre bonyolultabb feladatokat kell ellátniuk, így új ritmusadókkal egészül ki a biológiai óra. Ezek a ritmusadók egymással kapcsolatban állnak, néhányan közülük alárendelt feladatokat látnak el, csak egy-egy szervet, vagy szervrendszert koordinálnak.

Egymás között azonban folyamatos kapcsolatot tartanak fent, pozitív és negatív visszacsatolások révén. Ahogyan a szerveződési szintek felépülnek, úgy épül fel velük egyszerre, hasonlóan a test biológiai órája. Tájékozódásaim szerint ez úgy képzelhető el, amint az az 1. ábrán látható.

Most pedig tekintsük a növények világát. Legismertebb e világ periodikus mozgásai közül a fotoperiodicitás. A fotoperiodicitásnak különböző hosszúságú egységei vannak. Egyrészt egy virágos növény virágai általában a nap valamely konkrét időszakában vannak nyitva, és történik a megporzás. Ez minden fajnál különböző. Másrészt, egy növény virágzásának a kezdete a nappalok, és éjszakák hosszától függ. Ezen alapszik a növények besorolása hosszú- és rövidnappalos csoportokba való besorolása. Ezen kívül persze vannak a fotoperiodikusság szempontjából semleges növények is (itt kap nagyobb szerepet a hőérzekeles). Az evolúció itt is megtartotta azt, ami korábban hasznosnak bizonyult: egy zárvatermő növényben is jelen vannak ugyanazok a fényérzékeny fehérjék, mint egy zöld szemesostorosban, a fitokróm, kriptokróm.



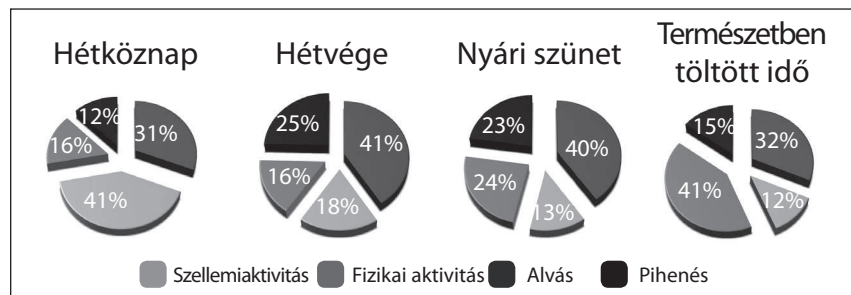
1. ábra

dolog is az idő. Ezért úgy döntöttem, megtáltam nyári pályamunkám témáját.

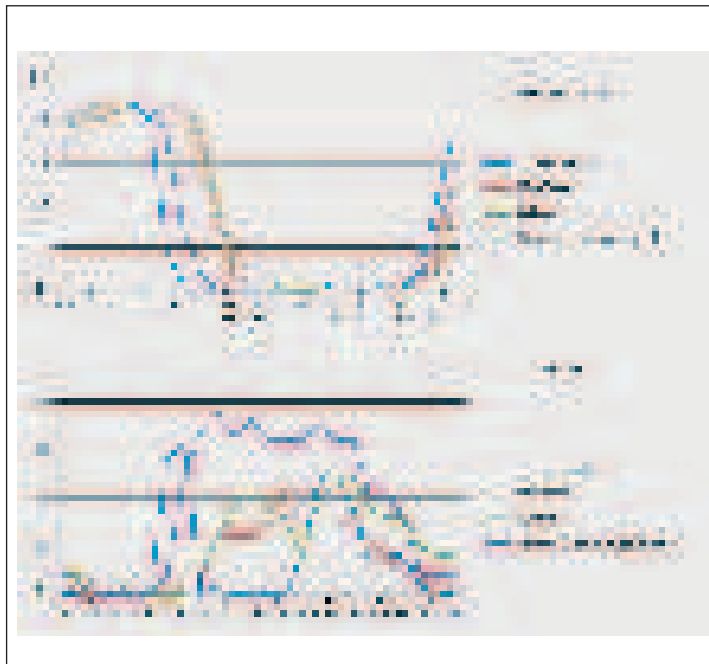
Gondolkodtam rajta, hogyan közelítem meg ezt a témát, és közben a kezembe akadt Ingrid Mletzko és Horst Gerald Mletzko A biológiai óra című könyve. Elolvastam, és azt tapasztaltam, hogy a téma rendkívül szerteágazó. Érinti a legegyszerűbb szerveződési szintű élőlények sejten belüli folyamataitól kezdve a növényeken és állatokon keresztül az ember bonyolult és összetett világát is. Rengeteg érdekes kísérletet találtam benne. Ám ezen kísérletek sora közel sem teljes. Rengeteg kísérlet és további vizsgálódási irány jutott az eszembe. Ezek közül egyet pár napon belül megtapasztaltam. Nemcsak az óra mindennapos használatára kellett visszazoknom, hanem egész napi ritmusom is megváltozott 2–3 nap alatt. Úgy döntöttem, ezt választom konkrét témának, hiszen ezek a változások a diákok életében figyelhetőek meg a legjobban. Kutatási módszernek személyes tapasztalatok és beszélgetések mellé a kérdőívet választottam.

DNS-osztódást. Ez azonban még távol állt egy valós biológiai órától, hiszen csupán fotoperiodikusokra korlátozódott. Az első biológiai oszcillátor (stabil rezgést biztosítására rendeltetett), mely 22 órás ritmus fenntartására volt képes, a cianobaktériumokban jelent meg, és mindössze 3 fehérjéből épül fel. Az evolúció lépcsőin egyre feljebb lépdelve ezek a folyamatok folyamatosan bonyolódnak. 1971-ben R. Konapka és S. Benzer végzett kísérleteket ecetmuslincákon. Háromféle ál-

2. ábra



Azonban a növények ritmusa sem csupán a fotoperiodizmusra korlátozódik, a cirkadián ritmus a belső oszcillátorok segítségével legalább olyan nagy szerepet vállal, néhányuknál pedig a hőérzékelés is aktívan részt vesz benne. Habár ezeket csak később fedezték fel,



hiszen a fotoperiodicitást már Androszthenész is megfigyelte Kr. e. 400 körül. A belső oszcillátor felfedezése és vizsgálata csak az 1700-as évektől kezdődött, a kettő közötti összefüggést pedig 1832-ben fedezte fel de Candolle. Linné még virágórát is készített az 1700-as években, ami a virágok eltérő cirkadián ritmusán alapult. A növényvilág éves periódusa pedig mindenki számára ismert.

Következzék tehát az állatok világa. Mivel azonban ez rendkívül sokszínű, a dolgozat terjedelme pedig véges, nem tudok minden törzsről részletes beszámolót írni. Pályamunkám eredeti céljához a gerincesek osztálya áll legközelebb, így a következőkben közülük nézzünk néhány példát. Csak apró izelítőként tudom említeni a madarak éves vonulásait, a halak úszását az ikrázás helyére, a békák évenkénti énekét...

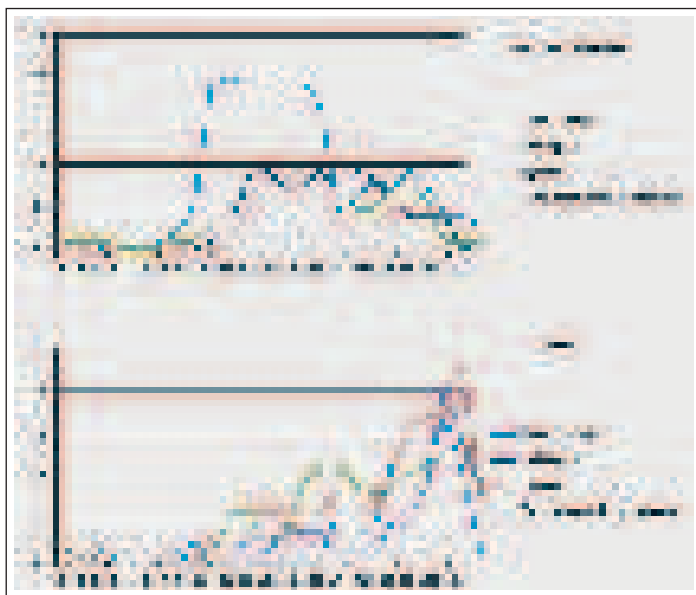
A hullókról személyes tapasztalatokat oszthatok meg. A hullók élőhelyüktől függetlenül, csak megfelelő napsugárzás (időtartam, és mérték) és hőmérséklet mellett képesek aktív életet folytatni. Így nálunk többségük téli álmat alszik. Ezzel ellentétben a forró égövben gyakran a nyári túl erős napsugárzás és magas hőmérséklet zavarja őket, így a meleg, száraz évszakot alusszák át. Érdekes megfigyelni a fogságban tartott állatok éves periódusait, hiszen egy terráriumban gyakorlatilag, mivel mindent (étel, hőmérséklet, fény) biztosítunk neki, szinte egyhangú lehetne az éves ritmusa,

ám ez nem így van. Saját ékszerteknöiseimen tapasztaltam, hogy április-májusban, amikor kora reggel besüt a nap pont a terráriumukra, étvágyuk csaknem 2–3-szorosára növekszik. Míg napi ritmusuk talán az esti hosszán tartó megvilágítás miatt, és a folyamatos ideális hőmérséklet miatt is, majdnem teljesen felborul. Aktivitásuk délelőtt, és délben a legkisebb, csúcspontját pedig este 22–24 óra között mutatja.

Az emlősök egy napja a hullókhöz képest kevésbé függ a Naptól és a természet viszontagságaitól, azonban ők is nagyban ki vannak téve ezeknek a hatásoknak. Életmódjuktól függ, hogy nappal vagy éjszaka, esetleg szürkületkor vagy hajnalban aktívak, hogy alvásuk mennyi idejét veszi el a napnak, és táplálkozásukra mennyit szánnak a maradékból. (Érdekes, hogy ugyan saját időérzékük van, az folyamatos visszacsatolásban áll a Nappal, így a sarkvidéki állatok csak akkor mutatnak rendszeres napi ciklust, amikor van éjjel és nappal is). Sajnos ez itt csak felszínes betekintés, hiszen sok száz oldalas könyvek szólnak erről. Éves ritmusukat legalább ennyire nehéz lenne pár sorban leírni, hiszen rendkívül sokféle állat tartozik ide. Gondoljunk csak bele, amíg a medve, vagy a sündisznó téli álmat alszik, addig sokan inkább vándorolnak, vagy ép-

pen pázrás miatti harcokat vívnak. Annyit elmondhatunk, hogy mindannyiuknak bonyolult éves ritmusa van. Mi történik ezzel az éves ritmussal, ha beleszólnak? Mindaddig, amíg az ember bele nem avatkozott, egy évezredek óta működő „hagyományt” és napi ritmust követtek ugyanazon populáció egyedei. Gondoljunk csak bele, mi történik, amikor akár egy gát vagy autópálya megépül, amely elvágja az éves útjuk vonalát. Vagy háziállataink, akikben benne lenne ez a ritmus, ám mindenféle szereket kapnak, amiktől minden nap tojnak, vagy több éven keresztül egyfolytában tejelnek...

Mindazonáltal az ember senki más természetes periódusaiba nem avatkozott be olyan mértékben, mint önmagáéba. Míg a természetben a naphoz igazította belső óráját, és tevékenységeit, addig most, a műszaki és elektromos eszközök korában már nincs úgy ráutalva. Táplálékhoz sem juthatott hozzá bármikor, azonnal, a vadászat komoly feltételekhez volt kötve. Mára új szabályok és korlátok jöttek, a civilizáció. Az időt sokkal kisebb részekre osztották fel, amiket korábban nem is érzékelték. Sokkal pontosabban kell mindent csinálni, egy magunk készítette órához kell igazodni. Milyen nagyban változtatta meg ez az életünket? Megkülönböztetünk napokat, és nem aszerint, hogy ma esik, vagy süt a nap. Csak azért, mert az éppen vasárnap, vagy hétfő. Egyik állat sem csinál ilyet... Egyik napról a másikra megváltozik a napi ciklus. Milyen hatásai lehetnek ennek az életünkre? Sajnos



ezt nagyon nehéz lenne kutatni, hiszen rengeteg embernek kellene egyszerre egyik, és egyszerre másik fajta életet élnie, azonban ez ma már nehezen lenne megoldható.

Ezt szerettem volna vizsgálni, és szemléltetni a diákok életében. Célközönségemnek



azért a tizenéves diákokat választottam, mert az ő életformájuk rendkívül változatos, sokféle tevékenységgel tüzdelte, és több, egymástól jól elkülöníthető ciklusra tagolódik (tanév, nyári szünet, hétvégék, táborok...). Kíváncsi voltam az étkezési szokások változásaira, a napi ciklusuk közti eltérésekre, hétvége és a nyári szünet legszembetűnőbb különbségeire.

A kérdőívet elküldtem a saját korosztályombelieknek, továbbá idősebbik húgom (8. osztályt végzett) évfolyamtársainak. Összesen 22 értékelhető kérdőív érkezett vissza, így ezek adataiból fogok dolgozni. A következő dolgokra voltam kíváncsi:

- A tanév közben tanulással töltött időt nyáron mire fordítjuk, vajon jelentősen többet alszunk-e?
- Étkezési szükségleteink kielégítését mennyiben befolyásolja a kötött, illetve a kötetlen napirend?
- Befolyásolja-e az időérzékünket a napirendünk változása?
- A vasárnap és a hétfő tényleg annyira különböznek?
- Mennyire jó a magunk alkotta órához alkalmazkodni, és vajon melyik évszakban lehet a legnehezebb?
- Tudunk-e napról napra más ritmust felvenni, vagy pl.: a hétfő és a vasárnap hasonlít-e?

A megválaszolt kérdőívek kézhez vétele és átfutása után találok várt és nem várt eredményekkel egyaránt. Pontosabb következtetéseket csak táblázatok és diagramok elkészítése után tudtam levonni. Az adatokat számítógépre vittem át a könnyebb feldolgozhatóság érdekében, már eközben érdekes dolgokra bukkantam. Az excel táblázatokban 4 alapvető tevékenységi formát határoltunk el, az alvást, a fizikai aktivitást, a szellemi aktivitást, és a pihenést (szórakozást). Majd készítettem ezek napi arányára összehasonlítóként kördiagramokat (2. ábra).

Megfigyelhetjük, hogy a hétköznap és a hétvége közti eltérés elég szembetűnő, mind a pihenés, mind az alvás aránya megnőtt, a szellemi aktivitás idejét csökkentve. Így ezen a diagramon a hétvégék, és hétköznapok terén a fizikai aktivitás mértékén kívül semmilyen összefüggést nem vehetünk észre, az év közben alvással töltött időt viszont igen. Ez napunk 33,8%-át teszi ki (hétköznap és hétvége súlyozott átlaga), ami alig több mint 8 órát jelent, ezt ideálisnak lehet nevezni.

A nyári szünet és egy természetbeli nap között a szellemi aktivitás tekintetében figyelhető meg egyezés. A táborban jelentősen megnő a fizikai aktivitás, azonban ez a természetben magától értetődő (ennek következtében arányában minden más csökken). Saját tapasztalatom alapján egy-egy

ilyen természeti tábor alapján két-három nap regenerálódás (naponta jelentősen több alvás) következik.

Ezek után pont ellenkező irányból kezdem el vizsgálni a dolgokat. A különböző helyzetekben ugyan azon aktivitással eltöltött időszakok közti kapcsolatokra voltam kíváncsi. E kapcsolatokat grafikonon jelenítem meg. Független irányban a kérdőívet kitöltők száma, a vízszintesen pedig az órabeosztás olvasható le. (3. ábra)

Ezekről a grafikonokról már jóval több magyarázatot, és érdekesebb dolgokat olvashatunk le. Kezdjünk is neki!

Az alvás-grafikont megfigyelve, az első, ami szemünkbe szökik, hogy a csúcserték ugyanazon a ponton van. Azonban nyáron vagy hétvégenként több órán tart az az időszak, amikor „minden alanyunk alszik”. A délutáni alvás (már/még) nem jellemző a vizsgált korosztályra, csupán egy alany aludt, ő is év közben, 16-19 óráig. Ő azonban éjjeli bagoly típus, az éjjel 2 óráig szellemi aktivitást végző egyetlen személy is őt takarja. Nyáron és hétvégenként tovább alszunk, majdnem 10 órát, ez kicsit több a normálisnál. Év közben viszont ezen érték alatt vagyunk, a kicsivel több, mint 7 órával. A természetes ennél magasabb, de az is 8 óra alatt van.

A szellemi aktivitást mutató ábra talán a legérdekesebb mind közül. A világosabb vonal az iskolai napjainkat jelöli, körülbelül 8 órától 15 óráig van a csúcsertéke, amikor az iskolában ülünk. A leckeírás csúcspontja körülbelül a 19–20 órás időintervallumra tehető. A második vonal a hétvégi szellemi tevékenységünket jelöli. Hogy miért olyan hasonló? Csúcsa, és az aktivitási időszaka közel azonos, azonban periódusa időben el van tolódva 3 egységgel. Intenzitása sem éri el a hétköznapokét, hiszen nincs olyan kötött napirend, közben a pihenés, és a fizikai aktivitás is szerephez jut.

A leckeírás mint 2. csúcspont sincs olyan élesen jelen, hiszen hétköznap itt közbeékelődik egy szigorúan fizikai aktivitással töltött szakasz, az iskolából való hazamevet. Hétvégenként ez nincs így, így a szellemi aktivitás egy nagy kupolát mutat, ami a hétköznapok 2 éles kupolájának feleltethető meg.

Eközben a nyári, és a természetbeli görbe, (ami nyilvánvalóan nem tanulást jelent) csak 1, és jelentősen kisebb, igen kevés hasonlóságot mutató kupolát mutat. Egyiké, a nyári délelőtti 11 óraker, míg a másik, a természetbeli este mutatja csúcsertéket.

Fizikai aktivitásnál a legszembetűnőbb jelenség a hétköznapok két tornya, ami az iskolába, és onnan hazautazásokat takarja. A hétvégehez képest nyáron magasabb az érték, a délutáni szieszttal együtt is. Azonban a természet által kiváltott időhosszúságú és intenzitású szakaszt egyik sem tudja megközelíteni. Itt érdemes megemlí-

teni azt is, hogy a 12–18 éves korosztályba tartozó diákok fele sportol, és egyharmada zenél rendszeresen (heti több alkalommal).

Pihenési szokásaink is összefüggéseket mutatnak, mind egymással, mind a napi rutinnal. A csúcspont az év minden szakában 20 és 24 óra között van, tanítási időszakban lerövidül, és egy korai csúccsal lesz gazdagabb. Nyáron ez a ciklus hosszabb, és már délután 2-kor elkezdődik, hasonlóságot abban mutat, hogy maximumát ez is csak este éri el, kicsit később, 23 óraker. A természetes környezetben eltöltött pihenési idő ciklusa egy nagy kiugrást mutat, ez feltehetőleg elalvás előtt van 22 óraker. A hétvégi csúcspont ettől csupán egy órával tehető későbbre (ez feltehetően a továbbalvás lehetőségének köszönhető).

Mivel összességében azt láthattuk, hogy a különböző tevékenységek ciklusainak csúcspontjai időben nagyjából egybeestek és helyenként meglehetősen hasonló alakokat mutattak, már érthető, hogy az időérzékünk mért nem tompul el, ha más környezetbe kerülünk.

Ugyanezt segíti elő az is, hogy étkezési szokásaink sem változnak meg alapvetően, a szigorú napirendről a kötetlenre áttérve. Az étkezések száma csaknem megegyezik. Csak a hangsúly tevődik át: míg tanév közben csupán 60% főétkezése volt az ebéd, addig nyáron ez már 85% lett.

Nagyon érdekesek voltak ezek az összehasonlítások és eredmények, melyek saját korosztályom és környezetem napirendjét tükrözik az év különböző szakaszaiban. Érdekes lenne a különböző korosztályok, például általános iskolások, és gimnazisták rutinjainak összehasonlítása, valamint azon csoport tagjai napirendjének alakulása, akik hetente többször vesznek részt edzésen, illetve szabadidős tevékenységen, azokkal, akik mindezt elmulasztják.

Próbáltam vizsgálni a testtömegindex és az étkezési szokások összefüggéseit, ehhez azonban jóval több körülményt kellett volna figyelembe venni, mint amiket korábban gondoltam...

Minél jobban beleástam magam a témába, annál több érdekes kérdés, és további kutatási lehetőség vetődött fel bennem, rengeteg irányba lehetne további vizsgálatokat folytatni.

(A szerző az Önálló kutatások, elméleti összegzések kategória III. díjasa)

## Források

- Ingrid Mletzko–Horst Gerald Mletzko: A biológiai óra  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Fotoperiodizmus>  
[http://hu.wikipedia.org/wiki/Cirkadi%C3%A1ln\\_ritmus#Kialakul.C3.Alsa](http://hu.wikipedia.org/wiki/Cirkadi%C3%A1ln_ritmus#Kialakul.C3.Alsa)  
[http://hu.wikipedia.org/wiki/Cirkadi%C3%A1ln\\_ritmus#T.C3.B6rt.C3.A9nete](http://hu.wikipedia.org/wiki/Cirkadi%C3%A1ln_ritmus#T.C3.B6rt.C3.A9nete)



## ÚJ KÜLÖNSZÁMUNK!

### *Mikrovilág – 2012*

Március közepétől a nagyobb újságárúsító helyeken már megvásárolható legújabb különszámunk, mely magyar kutatók írásával mutatja be a nagyenergiájú részecskefizika legújabb eredményeit.

Külszámunk összeállítójának, *Lévai Péter* főigazgatójának (MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont) előszavából idézünk:

„Tisztelt Olvasó!

2012 sorsfordító éve volt a nagyenergiájú részecskefizikának: milliószer milliárd, 7 és 8 TeV energiájú proton-proton ütközés eredményének elemzése során sikerült néhány tucat olyan ütközési eseményre bukkanni, amelyek a régóta megjósolt és keresett Higgs-bozon keletkezésére utalhatnak. Bár a kutatók még most is módszeresen „Higgs-szerű” részecskéként emlegetik a megtalált új részecskét, de 126 GeV körüli tömege, a két fotonra való bomlási gyakorisága, és a pozitív paritásának időközbeni kimutatása mind alátámasztani látszanak, hogy megtaláltuk a Standard Modell hiányzó elemét, a többi elemi részecskének tömeget adó skalár tér elemi kvantumát, egyben a fizikai vákuum elemi gerjesztését.

Ezzel párhuzamosan a kvark-gluon plazmát tanulmányozó nehézion ütközéses program is sikeresen haladt: az ólom-ólom ütközésben a korábban soha nem remélt 300 GeV energiáig sikerült kimérni a jet-anyag kölcsönhatás nagyságát, pontosítani az Univerzum korai állapotában létezett erősen kölcsönható kvark-gluon anyag tulajdonságait, egyúttal a két napig zajlott proton-ólom ütközések eredményeivel alátámasztani a kvark-gluon plazma keletkezését a közel 3 TeV/nukleonpár energián.

A *Mikrovilág – 2012* különszámmal azt igyekszünk megmutatni, hogy mi minden történt a 2000-ben összeállított *első Mikrovilág* különszám óta, a magyar kutatók miképp vettek és vesznek részt a nemzetközileg koordinált kutatási erőfeszítésekben. Az MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont, az MTA Atomki, az ELTE és a Debreceni Egyetem munkatársai és diákjai igyekeztek közérthetően elmagyarázni az elmúlt években történeteket. 2012 kiváló év a számvetésre. Most ünnepeltük hazánk CERN-tagságának 20. évfordulóját. 2012-ben világlaboratóriummá vált a CERN, s a magyar kutatók számára óriási lehetőség, hogy teljes jogú tagállamként, a kutatási program aktív alakítása mellett vehetünk részt a nagyenergiájú részecske- és magfizikai kutatások élvonalát jelentő kísérletekben. Mindehhez járul, hogy 2012-ben döntés született a CERN központi, TIER-0 szintű számítóközpontjának hazánkban, a 2012-ben megalakult MTA Wigner Fizikai Kutatóközpontban, a KTIA támogatásával újonnan épülő Wigner Adatközpontban történő elhelyezéséről, ami egyúttal a magyar erőfeszítések és sikerek elismerése is. A következő 7, de az is lehet, hogy 15 évben az érdekes fizikai események után kutatva először Csillebércen rostálja majd át több tízezer processzor a Genfben begyűjtött milliószer milliárd proton-proton, proton-atommag és atommag-atommag ütközés eredményét. Hogy mit fogunk találni? Ezt mi is kíváncsian várjuk. A CERN 2030-ig lefektetett kutatási terve megcélozza az elméletileg megjósolt szuperszimmetrikus részecskék kimutatását, valamint az asztrofizikai mérések alapján sejtett, galaktikus méretekben szerepet játszó sötét anyag és sötét energia tulajdonságainak tisztázását. Bizton állíthatjuk, hogy a magyar fizikusok ott lesznek az új eredmények születésénél.”

A *Mikrovilág – 2012* különszámunk megjelenését az OTKA és az MTA Fizikai Tudományok Osztálya támogatja.

Ára: 890 Ft.



## DIÁK-CIKKPÁLYÁZATUNK (2007–2011) KÖNYVE



Ismeretterjesztő folyóiratunknak már két évtizede szerves része egy 16 oldalas természettudományos diáklap. A folyóirat belső mellékletként megjelenő diáklap cikkeit tehetséges középiskolások írják. Az ifjú szerzők a hazai és a határainkon túli magyar tannyelvű közép- és felsőfokú intézményekből, líceumokból kerülnek ki. A folyóirat által évről évre meghirdetett Természet-Tudomány Diákpályázatán megméretnek az ifjú szerzők munkái, felszínre kerülnek a legjobb írások.

A Természet Világa diák-cikkpályázatának megindulásától huszonegy év telt el, s ma elmondhatjuk, ez folyóiratunk egyik sikertörténete. A kezdetektől körülbelül ötezer fiatal próbált szerencsét cikkpályázatunkon, zömében szépen kidolgozott, okos írásokkal. Ezernél több diák cikke napvilágot is látott a Természet Világában.

A Nemzeti Kulturális Alapprogramok támogatásával az elmúlt öt év díjnyertes diákcikkeiből válogatva, *A tehetség ösvényei* címmel egy 532 oldalas kötetet készítettünk. E könyv 3500 Ft-ért megvásárolható vagy megrendelhető Kiadónknál, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulatnál (1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16. Telefon: 327 8965, fax: 327 89 69, e-mail: titlap@telc.hu).



# Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY -

144. évf. 4. sz.

- 2013. ÁPRILIS

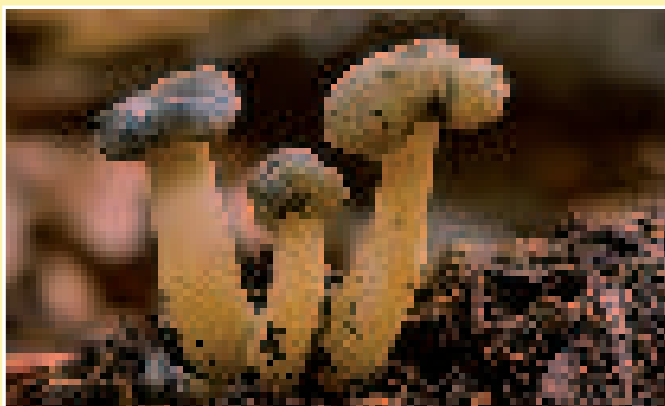
ÁRA: 650 Ft

Előfizetőknek: 540 Ft



- UGRÁLÓ GÉNEK
- KUTATÁS KOZMIKUS RÉSZECSKÉKKEL
- ÉLŐLÉNYEK AZ ÖRÖKKÉVALÓSÁGNAK
- RYBACH LÁSZLÓ, A PROFESSZOR-MAESTRO
- KÁRMÁN TÓDOR
- MEMÓRIAMEGŐRZÉS
- KÉMIAI KOMMUNIKÁCIÓ

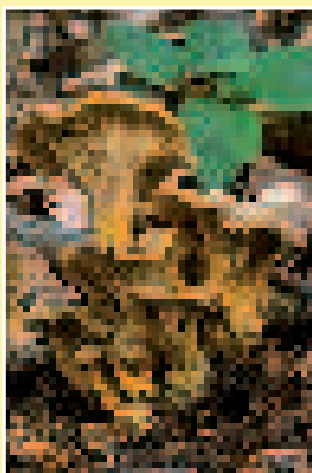
# Bepillantás a Gömör-Tornai-karszt gombavilágába



A zöld csuklyásgomba (*Leotia lubrica*) kistermetű, ritka tömlősgombafaj



Az erősszagú galambgomba (*Russula graveolens*) feltűnően halszagú, barnuló húsu, ehető gombafaj



A sötétedőhúsú róka gomba (*Cantharellus melanoxeros*) savanyú talajú lomberdőben nő, hazánkban nagyon ritka, védett gombafaj



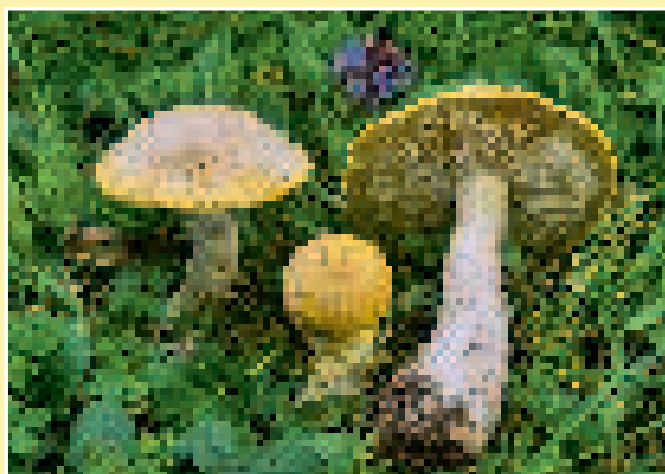
A selymes döggomba (*Entoloma sericeum*) füves területeken terem



A rozsdavörös gyűrűstinóru (*Suillus tridentinus*) vörösfenyő alatt nő, igen ritka gombafaj



A könnyező rozsdástapló (*Pseudoinonotus dryadeus*) öreg tölgyfák tövében vagy tuskóin nő



A füves területeken előforduló, ritka pikkelyes pereszket (*Floccularia straminea*) sárgás pikkelyeiről könnyen felismerhetjük

# Élőlények az örökkévalóságnak



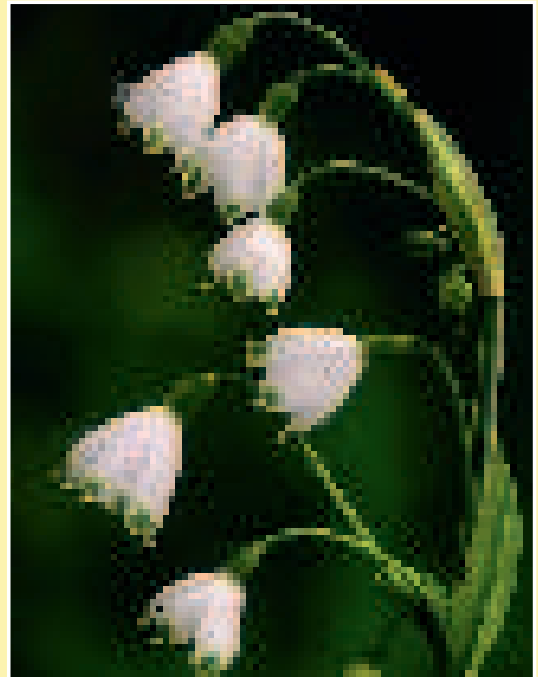
A gyurgyalagok telepesen költő madarak. A kolónia lakói között a költőhelyfoglalás idején gyakoriak a viták



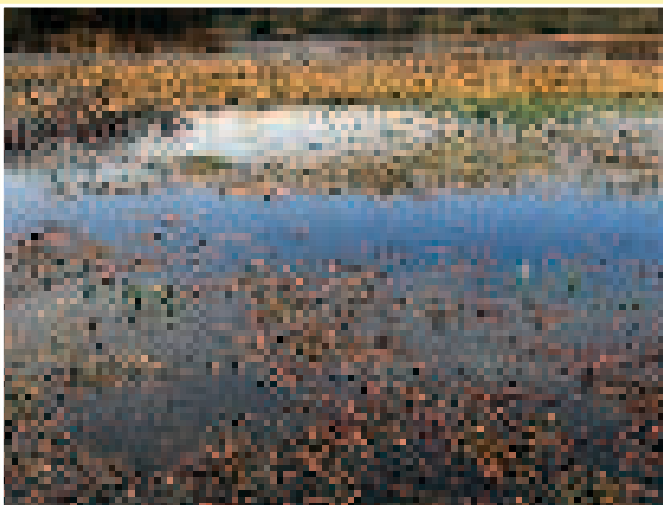
A citromlepke a legkorábban megjelenő nappali lepkék közé tartozik, már március elején megfigyelhetjük repülő példányait



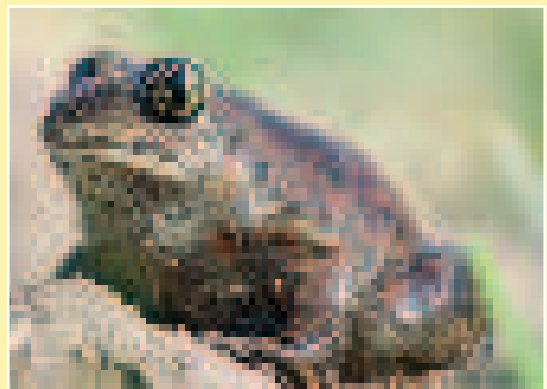
A botlófűzettel övezett folyóártéri mocsárrétek a nyári tózike jellegzetes termőhelyei



A nyári tózike harang alakú virágai a termőhely vízborításától függően áprilistól egészen júniusig nyílhatnak



A barna ásóbékák legjellemzőbb peterakó helyei az időszakos vízborítás alatt álló síkvidéki mocsárrétek és kubikgödrök



A barna ásóbéka éjszakai aktivitású állat, nappal csak a szaporodási időszakban mozog