

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

146. évf. 1. sz.

2015. JANUÁR

ÁRA: 690 Ft

Előfizetőknek: 600 Ft



- A FÖLD ÉS A TÁRSADALOM
- ILY KORBAN ÉLTÜNK...
- SZERETHETŐ BRUTÁLIS FIZIKA



- A VÉDŐOLTÁSOK CÉLJA
- MŰHOLD-METEOROLÓGIA
- REJTŐZKÖDŐ GÉNEK

■ A KÖRÖK BEZÁRULNAK. BESZÉLGETÉS KLEIN GYÖRGY PROFESSZORRAL

Válogatás Fényes Lóránd fotóalbumából



Corona Forestal, a Teide vulkáni kúpját övező hatalmas fenyves



Szív-köd



Hódolat az óceánnak (Puerto de la Cruz)



Levitáció



Antares vidék

Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN
MAGYAR TERMÉSZETTUDOMÁNYI
TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
146. ÉVFOLYAMA



2015. 1. sz. JANUÁR
Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi-díjas folyóirat

SZÉCHENYI TERV

nka

OTKA



Szellemi Tulajdon
Nemzeti Hivatala

Nemzeti
Tehetség Program

Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap,
a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala,
az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok
(OTKA, PUB I-114505) támogatásával.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai
Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.



A kiadvány a Magyar Tudományos
Akadémia támogatásával készült.

Főszerkesztő:
STAAR GYULA
Szerkesztőség:

1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.
Telefon: 327-8962, fax: 327-8969
Levél cím: 1444 Budapest 8., Pf. 256
E-mail cím: termvil@mail.datanet.hu
Internet: www.termeszettudomany.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:
iPress Center Hungary Zrt.

Felelős vezető:
Lakatos Imre
vezérgazdátó

INDEX25 807
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

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

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

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

TARTALOM

A körök bezárulnak. Beszélgetés Klein György professzorral. Hollósy Ferenc interjúja.....	2
Kerényi Attila : A társadalom a globális földi rendszerben	8
Duda Ernő : Védőoltás vagy természetes fertőzés?	13
Radnai Gyula : Ily korban éltünk mi e földön... Kordokumentumok Lakatos Imre életrajza nyomán (<i>OLVASÓNAPLÓ</i>)	17
Tánczer Tibor : A műhold-meteorológia hazai története. Kezdetek – kibontakozás (1961–1990)	20
<i>ORVOSSZEMMEL</i> (Matos Lajos rovata)	24
Maksay Gábor : Jelátvitel: szimmetria és szimmetriasértés	25
A vörös róka (Címképünkhöz)	28
Mészáros István : Rejtőzködő gének	29
<i>HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESÉGEK</i>	32
Hollósy Ferenc : Ki fogja vissza a segítőkét? Szteroidot termelő immunsejtek	35
<i>E számunk szerzői</i>	35
Füstöss László : Miért lehet szeretni a <i>Brutális fizikát</i> ?	36
Tűzzel-vízzel fizika! Beszélgetés Härtlein Károly al (S. Gy.)	38
Molnár V. Attila : Klímaváltozás és orchideák	40
Lenyűgöz a Világegyetem. Fényes Lóránd asztrofotóssal beszélget Lukácsi Béla	42
Kéri András : Cozumel, a Fecskék szigete	44
Gács János : A csodák logikája (<i>OLVASÓNAPLÓ</i>)	46
<i>FOLYÓIRATSZEMLE</i>	47

Címképünk: Szentől szemben (*Kocsis Richárd* felvétele)

Borítólapunk második oldalán: Fényes Lóránd fotóalbumából

Borítólapunk harmadik oldalán: Kappadókia sziklacsodái (*Németh Géza* felvételei)

Mellékletünk: A XXIII. Természet–Tudomány Diákpályázat cikkei (Kovács Miklós, Garamvölgyi Gergely, Popescu Andrea, valamint Chrzanowska Janka írása).
Rátz Tanár Úr Életműdíj – 2014. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat tavaszi Fényes rendezvényei (Mester András: 58. Országos Fizikatanári Ankét és Eszközbemutató a Fény Éve jegyében, Cserti József-Fábián Margit-Dávid Gyula: A fizika mindenkié – fókuszban a Fény!)

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

Tagok: ABONYI IVÁN, 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: LÉVÁRT TAMÁS

Titkárságvezető:
LUKÁCS ANNAMÁRIA



A körök bezárulnak

Beszélgetés Klein György professzorral

A Szent István Budapest Award-ot 2009-ben alapította a Szent István Egyetem Szenátusa. Az elismerést olyan nemzetközileg elismert, az orvosi-biológiai kutatások terén aktív külföldi tudós kaphatja, akinek teljesítménye méltó az egyetem névadójának szellemiségéhez, és akinek kutatásai az emberiség javát szolgálják, valamint új utat mutatnak az élő természet megismeréséhez. A díjat eddig Jeremy K. Nicholson, George Radda, Somogyi Péter és Oláh György vehette át. 2014. november 8-án Klein György professzornak adták át a Szent István Budapest Award-ot. Ebből az alkalomból adott interjút folyóiratunknak a neves professzor.

– Kedves Professzor Úr! Ön számos akadémia tagja. Alig számba vehető mennyiségű nemzetközi tudományos és kulturális kitüntetés és elismerés birtokosa. Mit jelent Önnek a Magyar Tudomány Ünnepe alkalmából most kapott Szent István Budapest Award?

– Megható, hogy egy kör eljutott a bezárulásáig. Innen indultunk és most ismét itt vagyunk. Ebben van valami megható, amiben valami mély szimbolikát látok. 1944. november 8-án, éppen ma hetven éve szöktem meg egy deportáltakat szállító vonatról. Ez volt életem legfontosabb cselekménye, a szökés. Kulcsszerepe volt az életemben.

– Kiket említene, akik meghatározó szerepet játszottak pályája kezdetén?

– Csak egy ilyen ember van, ő viszont egész életre meghatározó volt: Kardos Tibor. Ismerős a neve? Ő volt a latin- és olasztanárom, akkor 30 éves lehetett. Kardos átadta nekem és másoknak a reneszánsz kultúra iránti óriási szeretetét. Dantét, Michelangelót, Petrarcat... mind tőle kaptam. Egyébként untatta a tanítás. De, ha akkor nem tanította volna meg a nyelvet, ma nem beszélnék olaszul. Megszerettette velem Dantét. Ha kell, fél órán keresztül előadom olyan olaszos, autentikus kiejtéssel, mint egy 14 éves torinói. Ilyenkor mindig azt hiszik, hogy tudok olaszul, pedig nem. A legegyszerűbb mondatokkal sem boldogulok, ám Dantét azt tudom. Később Kardos nagyon híres tanár lett, a reneszánsz történelem professzora és a Római Magyar Intézet igazgatója. Azután visszajött ide. Amikor másodszor jöttem Évával Budapestre, meglátogattam Kardost. Már egészen fehér volt a haja, de

még ugyanaz a hihetetlen érdeklődés és szikra volt a szemében, mint azelőtt. Azután egy kari ülésen egy buta dolog miatt borzasztóan felizgatta magát, és szívrohamban ott halt meg az ülésteremben.

– Mi indította el az orvosi pályán? Miért választotta az orvostudományt?

– Nem én választottam az orvostudományt, a körülmények választottak engem. Őszintén szólva nem érdekelt a tudomány. A költészet érdekelt, a zene, a filozófia; a természettudományok viszont egyáltalán nem. Hogy miért mégis ezt választottam? Mert megbántott voltam. Mérheterlenül megbántott.

– Mitől?

– Attól, ami '44-ben történt.

– Kiktől?

– Nem a nyilasoktól, nem a náciaktól. Azok javíthatatlanok. Azok voltak és azok maradnak. De voltak emberek, akik segítettek. Szépen, gyönyörűen segítettek. Nem túl sokan voltak. Ami megbántott, az a nagy többség volt. Osztálytársak, barátok. Ugyanabban a kultúrában nőttünk fel. Ugyanazokat a költőket olvastuk. (A magyar nyelvet nagyon szerettem. Mindig is és ma is.) Egyszer csak elfordultak. Másfelé néztek. És hagyták, hogy az történjen velünk, ami történt, mintha nem is léteznénk. Itt volt a nagy megbántás. És innen jött ez az elhatározás, hogy nem maradok itt. De hogy lehet innen elmenni? Kell egy hivatást szerezni. Olyan hivatást, ami intellektuális aktivitást is megenged, ugyanakkor nemzetközileg érvényesíthető szakma. Így jött az orvosi pálya. Kizárásos alapon. Nem úgy, mintha érdekelt volna. Amikor már műveltem, akkor persze kezdett érdekelni. Szóval, amit hangsúlyozni szeretnék, az egyik dolog vezetett a másikhoz; előreláthatatlan módon.

– Nem a budapesti orvosi egyetemen kezdte meg tanulmányait, hanem Szegeden. Miért ott?

– Budapest akkor romokban hevert. Szétlőtték az egyetemet. Pest már az oroszok kezében volt, de a budai vár még nem. Látni lehetett, ahogyan a pesti oldalról állandóan jönnek az orosz repülő és bombázzák a várat, azután visszamennek újabb bombákért. Ekkor egy barátommal elmentünk az egyetem épületébe. A Múzeum körúton csak halott katonák voltak, betört ablakok és minden szanaszét, összetörve. Itt nem lesz oktatás, mondtuk. Hallottuk viszont, hogy Szegeden van. S akkor elindultunk Szegedre, gyalog. Eltartott vagy egy hétig, mire megérkeztünk, de odaértünk. Szeged akkor paradicsom volt. A város érintetlen, és jöttek mindenünnen a diákok. Egy szomorú szemű, törvényszéki orvostan magántanár, Ince oktatta a patológiát, az anatómiát és a törvényszéki orvostant mindenkinek. Ő volt az első tanárom. Az tényleg egy új világ volt. Rettentő boldogság volt, hogy elkezdhettem tanulni. Még az ittas, goromba boncolási szolga (szanitéc) is romantikus tündérnek látszott abban a környezetben.

– Aztán felkerült a budapesti orvosi egyetemre. Ki hatott a későbbi fejlődésére?

– Két nevet említék. Az egyik Baló József, a patológia professzora. Hihetetlen integritású, de nem állítom, hogy kellemes ember volt. Még udvarias sem. Letolt minket, diákokat. Néha rendkívül gorombán. De amikor a többi professzor a politikai helyzet változása miatt szaladt, mint a riadt csirke, és folyton azt próbálta nézni, hogy milyen politikai oldalra helyezkedjen, akkor Baló nem ment velük. Baló a könyvtárba ment és olvasott. Reménytelenül szerelmes volt a tudományba. Banga

Ilusnak, a feleségének szállított anyagot, aki Szent-Györgyi egyik legközelebbi asszisztense volt. Baló megfelelő módon értékelte a tudományt. Az értékelő rendszere, ahogyan értékelte a cikkeket, az nagyon fontos volt, de a tartalmuk lényegét igazából nem értette meg. A TUDOMÁNY iránti szeretetét viszont átvitte mindazokra, akik akkor a patológiai intézetben voltak, így rám is.

– *Ki volt a másik?*

– Huzella Tivadar. Ő volt a legliberálisabb, a legtoleránsabb az akkori professzorok között. Huzellánál soha egyetlen zsidó diák sem volt semmilyen veszélyben. Amikor bejöttek a turisták Huzella előadására és csak álltak fent az előadóterem kakashöljén, de nem ültek le, Huzella azt kérdezte: „Miért nem ülnek le az urak?” Erre azt felelték: „Azért, mert zsidók vannak a padokban”. Huzella válasza ez volt: „Akadémiai szabadság van. De, ha az uraknak jobban esik állni, akkor álljanak.” És azzal megtartotta az órát. Ezt a Huzellát később nem igazolta az igazoló bizottság. Őt, aki a legdemokratikusabb volt. Még reakciónak is nyilvánították.

– *Milyen volt Huzella professzor mint ember?*

– Egyszer megállított a folyosón, és azt mondta nekem, hallotta valakitől, hogy zongorázok. Megkérdezte, tudnám-e őt zongorán kísérni? Szívesen – feleltem. De nagyon aggódtam, mert nem tudtam, hogy mennyire tud énekelni. Végül is jól végződött a dolog, mert szépen énekelt. Beethoventől az „in questa tomba oscura”-t énekelte, gyönyörű basszus hangon és nagy átérzéssel. Volt egyszer egy Huzella-émlékünnepélyünk és feltettem ugyanezt a lemezt Saljapinnal. Ezzel emlékeztem a professzoromra.

– *Milyen ismereteket sajátított el tőle?*

– Mít tanultam Huzellától? Egy dolgot, ami svédországi pályafutásom első és legfontosabb lépéséhez vezetett. Akkoriban a szövettényészetet Alexis Carrel nyomán plazma coat-on csinálták, és tudtam, hogyan kell ezen szövetet tenyészteni. Én ugyan nem végeztem ilyen kísérleteket, de az, hogy tudtam róla, ugródeszkám volt Svédországba.

– *Miért éppen Caspersont kereste fel?*

– Még Budapesten voltam, amikor Sümei docens, a kiváló patológus azt javasolta, hogy keressék kapcsolatot Caspersson professzorral Stockholmban. Kísérletei akkoriban a nemzetközi kutatások középpontjában álltak. Ez nem volt más, minthogy a világon először összekapcsolt egy mikroszkópot és egy spektrofotométert, és mérte a protein- és nukleinsav-tartalmakat különböző sejtrészecskéiben. Ez akkor korszakalkotó lépés volt.

– *Hogyan emlékszik vissza az első találkozásukra?*

– Megérkeztem Stockholmba. Sikerült Casperssonnal kapcsolatot találni. Nagyon udvariasan fogadott. Mintha igazi kutató lennék, pedig még csak 22 éves diák voltam. Akkor még nem tudtam, hogy a kritikusok megtámadták Caspersont az egyik kísérlet értelmezése miatt. Elmondta, hogy fixált, denaturált, halott szövetekkel dolgozik, és úgy gondolja, hogy fényabszorpciót mér. Kritikusai szerint viszont a fixált, denaturált szövetben nemcsak abszorpcióval nyelődhet el a fény, hanem más módon is, így például nem specifikus fényszóródás útján. Tehát nem is abszorpciót mér, hanem fényszórást. Szóval semmilyen jelentősége nincs a vizsgálatnak. Casperssont rendkívül bántotta ez a kritika,

lem, meg tudok-e abból élni. Van-e valaki, aki tőlem függ? Mondtam, nincs. Meg tudok élni belőle. Természetesen ez volt életemben a legfontosabb fizetés. Azután elkezdtem dolgozni. Kollagénen sejteket tenyésztettem. Próbáltam élő sejteket is fotografálni, de azok közben meghaltak, mert nem volt hozzá rendes felszerelés. Szóval sziszifuszi küzdelem volt az egész.

– *Hogyan ismerkedett meg feleségével, Évával?*

– Évával nyolc nappal svédországi utazásom előtt találkoztam. Pillanatok alatt óriási szerelem lobbant fel bennem. Hozzá kell tennem, Éva gyönyörű lány volt, körülötte mindig rajzottak a fiúk. Volt egy nála



„...ismét itt vagyunk” (Kovács Attila felvétele)

ami tulajdonképpen jogos volt. Kérdeztem, miért nem csinálja ezt élő sejteken. Erre azt válaszolta, hogy élő sejteken nem lehet dolgozni. A szövettényésztéshez kell ez az abrakadabra, hókuszpókusz, tehát a plazma, amit az Alexis Carrel dolgozott ki. Erre elmondtam, hogy láttam Magyarországon (nem mondtam, hogy én csináltam volna; nem is csináltam soha; de láttam Huzellánál), hogyan tenyésztenek szöveteket kollagénen, tehát kötőszöveti anyagot. Talán az nem lesz olyan veszélyes, és nem abszorbeálja a fényt. Megkérdezte, hogy meg tudnám-e nézni a könyvtárban, mi az összetétele a kollagének. Mennyi aminosav van benne? Átszaladtam a kari könyvtárba és megnéztem. Kiderült, hogy ez nagyon alacsony érték. Visszajöttem és megmondtam Casperssonnak. Egyből fizetést ajánlott. Az életem első fizetését. Havonta ötszáz koronát.

– *Mire volt ez elég?*

– Ma egy vacsorára, ha elég, de akkor is nagyon kevés volt. Azt kérdezte tő-

sokkal idősebb állandó udvarlója is, egyik tanára. De engem megbabonázott Éva. Vissza akartam jönni és magammal vinni. Vissza is jöttem.

– *Hamarosan összeházasodtak. De miért titokban?*

– Miért titokban? Azért, mert szüleink soha nem egyeztek volna bele. Két huszonkét éves diák jövedelem nélkül, jövő nélkül... Örültek néztek volna bennünket.

– *Hogyan sikerült kijutnia ismét Svédországba?*

– Amikor visszamentem Budapestre, az már veszélyes volt. Éva próbált útlevelet szerezni, de nem kapott. Egy diáktársam szervezte a svédországi utazásomat. Hogy kerültem ebbe bele? Úgy, hogy eljött egyik boncolási gyakorlatomra, ami tetszett neki. Utána megkérdezte, akarok-e Svédországba menni. Azt feleltem igen, de kell, hogy legyen ott valakim, különben lehetetlen oda kijutni. Majd én megszervezem, mondta. Te csak szedd össze a papirokat. Elvittem neki a papírjaimat, aztán el is felejtettem az

egészet. Egy percre sem gondoltam, hogy meg tudja szerezni az úti okmányokat. De amikor Balatonalmádin voltunk Évával egy hétig, egyszer csak távirat jött Budapestről: „Minden rendben van, vasárnap indulunk”. Akkor már nem akartam Évát otthagyni, nem érdekelt a tudomány. Csak Éva érdekelt! De tudtam, hogy mennem kell. Éva biztosan úgy gondolhatta, amikor a vonatfütyöt hallotta, hogy ez egy szép nyári kaland volt. Vége, és soha többet nem lát.

– Tehát Éva nélkül indult vissza?

– Igen. Visszamentem Stockholmba. Lejáróban a vízumom, lejáróban az útle-

kedves gondolatok ezek tőle, de ezt már a Caspersson megmondta 70 évvel ezelőtt. A körök bezárulnak.

– *Hogyan jutott ki végül a felesége Svédországba?*

– Érdekes történet. Amikor másodszer mentem vissza Magyarországra, a kommunisták már a hatalomátvétel pillanatában voltak. Még volt útlevelem, de már lejáró félben. A vízumom még érvényes volt. Éva kért útlevelet, de nem kapott, Caspersson meghívólevele ellenére sem. Útlevelet tulajdonképpen nem volt lehetetlen szerezni, de orosz engedélyt kapni és

révén, de megkapta az útlevelet. 1948 márciusában boldogan érkezünk meg Svédországba. Miénk volt a szabadság, a világ, a tudomány. Minden a miénk volt.

– *Hogyan haladtak a kísérletekkel Casperssonnál?*

– Folytattuk tovább a kísérleteinket. Kollagénen tenyésztettük a sejteket, amikor hirtelen megjelent egy orosz cikk (Larionov és Blumberg), ami kimutatta azt, hogy amit Caspersson mér, az tényleg abszorpció és nem csak artefactum. Vagyis Casperssonnak igaza van. A probléma megoldódott. Nekünk pedig nincs tovább min dolgoznunk. A projektünknek vége.

– *Milyen volt kint a tudományos légkör?*

– Baló és Huzella örökségével mentem el Magyarországról és belekerültem egy rendkívül érdekes és színes nemzetközi tudományos környezetbe. A tudomány nemzetközi, a tudomány mindenkit megvéd. Ott nem érdekes, hogy zsidó vagy, vagy nem, magyar vagy, vagy nem. Csak az érdekes, hogy mit mondasz, mit csinálsz.

Barátok és kollégák, akiknek a szülei ugyanakkor jöttek ki, mint én, de más környezetbe kerültek, velük más dolgok történtek. Van egy kiváló svéd író, Görán Rosenberg. Ragyogó kolumnista, esszéista és író. Az ő apja ugyancsak akkor jött el, amikor én. Bekerült egy teherautógyárba, Stockholmtól délre és egy idő múlva öngyilkos lett. Fia gyönyörű könyvet írt apjáról: „Egy rövid megállóhely Auschwitz után” címmel. Apja ugyanis megjárta Auschwitzot. Ebből is látni lehet, mi történt volna, ha nem kerülünk be a nemzetközi környezetbe. Az egyik leggyönyörűbb mondat, amit valaha valaki erről mondott, az egy Linderström-Lang nevű dán biokémikus volt: „Az amerikai szabadságharc legnagyobb érdeme, hogy biztosítja az ember számára azt a jogot, hogy hülyeséget kérdezhet”. Ez az, amit fölfedeztem, amikor kikerültem Amerikába 1950-ben.

– *Ez hogyan történt?*

– Már Casperssonnál voltam egy éve, amikor kiküldött Amerikába. Mivel még nem voltam svéd állampolgár, hontalan útlevelet mentem. Elképzelhetik, milyen felszabadító érzés volt az, amikor a feudális állapotokkal jellemezhető magyar egyetem és a félf feudális svéd egyetem után ott találtam magam egy valóban demokratikus szellemben működő aktív, nemzetközi tudományos légkörben. Hirtelen egy olyan miliőbe kerültem, ahol nem számít, milyen diplomád van és mennyi idős vagy. Egyéb érdemeid sem számítanak. Csak az, hogy mit mondasz. Ha valami értelmeset, akkor még a Nobel-díjas is szóba áll veled. Ez volt a „Statue of Liberty”, vagyis a Szabadság-szobor, melyet önéletrajzi írásom (G Klein: Istället för hemland, Bonniers, 1984) egyik fejezetének címéül választottam.



Szél Ágoston rektor átadja a díjat Klein Györgynek (Kovács Attila felvétele)

velem. Bementem Casperssonhoz és azt mondtam neki: „Bocsánat! Hazudtam. Azt állítottam, hogy nőtlen vagyok. De nők vagyok és a feleségemet ki szeretném hozni. Volna szíves egy meghívólevelet írni?” Caspersson nevetett. Leült és írt egy gyönyörű meghívólevelet, mintha a svéd tudomány jövője attól függene, hogy ez a 22 éves medika most kijut-e Svédországba vagy sem. Amikor Éva 85 éves volt, rektorunk, egy hölgy, szép nagy beszédet tartott az ünnepségen és kifejtette, hogy a svéd tudomány jelene és jövője Éván múlt. Gondoltam is, hogy milyen szép és milyen

az országot elhagyni, azt igen. Akkor az a fiú, aki a boncolás után megkérdezte, hogy akarok-e Svédországba menni és megszervezte ezt az utat, 17 diákot választott ki, akik a stockholmi zsidó diákklub meghívására kiutazhattak pár hétre megnézni azt az országot, ahol nem volt háború. A 17 diák közül 16 jó diák volt, de bevett egy nagyon rossz diákot is, aki annak nőgyógyász professzornak volt a fia, aki az orosz tábornokok feleségeit gyógyította. S mivel ő benne volt csapatban, megkaptuk az orosz engedélyt. Végül Éva is elég bonyolult módon, teljesen véletlenül és összekötetések

– *Miután befejezték Casperssonnál a projektet, mivel kezdtek el foglalkozni?*

– Amikor a már említett rettentő nehéz szövettenyészeteket csináltuk, rájöttünk, hogy van egyszerűbb út is. A tumoroknak van egy olyan formája, az úgynevezett *ascites* tumor, ahol a sejtek szabadon szaporodnak a hasüreg folyadékában. Mivel egerben óriási mennyiségben termelődnek a sejtek, nem kellett külön tenyészteni a sejteket. Így nem volt velük probléma.

Vizsgálni kezdtük, hogy milyen tumrok hajlandók növekedni ilyen körülmények között a hasüreg folyadékában. Kiderült, hogy nem mindegyik tumor nő ki, így szelektálni lehetett. Ha csak azokat a sejteket visszük át, amelyek túlélnek a folyadékban, akkor néhány generáció múlva kiszelektálhatunk egy variánst, ami azután nőni tud. A tumor nemcsak daganat, hanem sejtpopuláció is, amelyen belül darvini törvények uralkodnak: mutáció, variáció és szelekció, tehát ezt kell tanulmányozni. Ez nagyon érdekes.



Az Egyetem elismerésével
(Hollósy Ferenc felvétele)

– *Mit kezdtek vizsgálni a tumornál?*

– Úgynevezett markerekre volt szükségünk. A markerek megjelölik a sejtek eredetét. De mi biológiai markert akartunk. Olyan biológiai markert, ami variál a különböző egerek között, és amit sejszinten is meg lehet határozni. Erre igen megfelelőek voltak a transzplantációs antigének. Azok az antigének, amelyek azt okozzák, hogyha egy más személyből transzplantálok bőrt, azt azonnal felismerik az immunszisztémák és kidobják őket. Egypetjű ikrek között azonban ez nem történik meg, és a laboratóriumban véletlenszerűen kiválasztott egerek tenyésztése során sem csökken ez a variáció. Mi az, amit az immunrendszer idegennek lát? Kiderült, hogy csak egyetlen géncsoportnak, egy óriásnak a produktumát. Ennek a neve MHC, Major Histocompatibility Complex, vagyis a Fő Hisztokompatibilitási Komplex. Ez az egy, amit lát. Ez a legpolimorfikusabb szisztéma, ami egyáltalán létezik egémél és embemél.

– *Mit jelent az, hogy polimorfikus?*

– Azt, hogy variál egyének között, még-hozzá óriási mértékben. A kérdés az, hogy

Klein György laudációja

(Elmondta Molnár Mária Judit tudományos rektorhelyettes)

Klein György magyar származású svéd sejtbiológus, immunológus, onkológus, esszéíró, a biológiai tudomány doktora, a Magyar Tudományos Akadémia tiszteleti tagja. A daganatkepződés sejszintű folyamatainak, a rákos megbetegedések virológiai és immunológiai vizsgálatának nemzetközileg elismert tudosa.

1947 óta Klein Éva a kiváló immunológus, onkológus kutató férje.

1947-ben a stockholmi Karolinska Intézet tumorbiológiai osztályának ösztöndíjas kutatója lett, majd 1948-ban végleg Svédországban telepedett le. 1950-ben a philadelphiai Rákkutató Intézetben folytatott kutatásokat. 1951-ben a Karolinska Intézetben szerezte meg orvostudományi oklevelét, 1952-ben pedig a biológiai tudomány doktora címet is megvédte. 1951-től a Karolinska Intézet citológiai tanszékén oktatott docensként Torbjörn Caspersson mellett. 1957-től 1993-ig az intézet daganatbiológiai tanszékének volt tanszékvezető professzora. 1961-ben a Stanford Egyetem vendég-tanára, 1972-ben a washingtoni Nemzeti Egészségügyi Intézet (National Institutes of Health, NIH) Fogarty-ösztöndíjasa volt, 1973 és 1993 között pedig a jeruzsálemi Héber Egyetemen oktatott vendégprofesszorként. 1993-tól a Karolinska Intézet Mikrobiológiai és Daganatbiológiai Központjában dolgozik kutatócsoport-vezetőként, professor emeritusi címmel.

Klein György a sejtek rosszindulatú elváltozásait, a daganatkepződést tanulmányozva már pályája korai szakaszában felismerte a daganatsejtek populációdinamikájának szelektációs mechanizmusát. Részletesen feltárta a mutált beteg sejtek osztódását, a szövetburjánzást stimuláló onkogének szerepét, valamint a daganatkepződés folyamatát gátló szuppresszió folyamatát és az abban résztvevő szuppresszorgének működését.

Behatóan vizsgálta több DNS-vírus daganatkepző képességét, így többek között foglalkozott a bőr- és méhnyakrákot előidéző humán papilloma-vírusokkal, a nyirokszövetrákot okozó Epstein-Barr-vírussal, illetve a Kaposi-szarkóma kialakulásában közrejátszó herpeszvírusokkal.

Tumorimmunológiai kutatásai során az immunrendszer azon – immunsurveillance néven ismert – képességét vizsgálta, amellyel az felismeri a nem saját antigéneket, ezen keresztül a szervezetben kifejlődött kóros, daganatos sejteket, és felveszi ellenük a harcot. Kutatásai kiterjedtek az immunválaszt kiváltó transzplantációs tumorantigének szerepére,

behatóan vizsgálta a csontvelőben termelő B-limfocitáknak és a csecsemőmirigyben differenciálódó T-limfocitáknak az immunreakciókban játszott szerepét, antigénfelismerő képességét, illetve az idegen antigént hordozó sejt károsításához vagy elpusztításához vezető immunfolyamatokat. Feleségével, Klein Évával elsőként mutattak rá a Burkitt-tumor vizsgálata kapcsán a limfóma és a limfociták kromoszóma-transzlokációra, és bebizonyították, hogy a transzlokáció aktiválja a celluláris onkogéneket, ezzel megindítja a sejtek rákos átalakulását.

Kiemelkedő tudományos munkásságát többek között számos tudományos tagság, díj és kitüntetés fémjelzi. Többször kapott elismerést feleségével, Klein Évával megosztva. 2010-ben átvehette a Svéd Királyi Akadémia díját. 1957 és 1993 között a fiziológiai és orvostudományi Nobel-díj Bizottság tagjaként tevékenykedett. A Svéd Királyi Tudományos Akadémia rendes tagja. A Finn Tudományos Társaság, az Amerikai Egyesült Államokbeli Nemzeti Tudományos Akadémia, valamint az Amerikai Filozófiai Társaság külső tagja. Tiszteleti tagja a Magyar Tudományos Akadémiának, az Immunológusok Amerikai Egyesületének, a Francia Immunológiai Társaságnak, az Amerikai Rákkutatói Egyesületnek, az Európai Rákkutatói Egyesületnek, valamint az Európai Tudományos Akadémiának. 1999-től a New York-i Daganatimmunológiai Akadémia alapító tagja.

Jelentős tudományos közleményeinek száma közel 1400. Az *Advances in Cancer Research* és az *Advances in Viral Oncology* szerkesztője. Az 1980-as évek óta több memoárkötete, önéletrajza és tudományfilozófiai esszéje jelent meg könyv alakban svédül, némelyiknek magyar fordítását is közreadták.

Büszkék vagyunk arra, hogy Klein György a Semmelweis Egyetem jogelőd egyetemén tanult és tagja volt egyetemünk Tudományos Diákkörének. Az 1940-es évek elején Huzella Tivadar egykori tanítványa volt. Klein Professor Úr és felesége a kilencvenes években Szentgöthai Jánossal levelező kapcsolatban álltak. Jelenleg Egyetemünk professzorai közül Réthelyi Miklós és Csermely Péter professzor urak tartják a legszorosabb tudományos kapcsolatot Klein Györggyel és feleségével, Klein Évával.

miért nem lesz szelekció. Miért nem csökken, és miért nem tűnik el a variáció az égerenyészetből? Kiderült, azért nem, mert amikor a nőstény kiválasztja, hogy melyik hímtől engedje magát megtermékenyíteni, akkor a szaglóérzéken át diagnosztizálja a különbséget. Ha veszel egy ipszilón alakú ketrecet, és egy nőstényt, aki hímrre vár, majd beteszed az ipszilónnak a hosszú ágába, és két hímet teszel a két oldalra, vagy csak a vizeletüket. Kérdés az, hova megy a nőstény. A nőstény választ. Mindig azt a hímet választja, amelynek más az MHC-je. Tehát ő szelektál.

– *Mi ennek a jelentősége?*

– Mire való ez a rendszer? Nem azért evolválódott, hogy idegen szöveteket taszítson ki. Amikor egy idegen fehérje megjelenik a sejtben, például vírusprotein, azt a sejt lebontja. A lebontott termékek 6–7 aminosavból álló peptidok. Megkeresik az MHC-molekulát, de semmi mást, és a 6–7 aminosavas peptid belefekszik a molekula barázdájába. Amikor aztán jön a T-limfocita, ami az idegen sejtekkel reagál, az nem lát semmit. Csak ezt. Tehát a T-limfocita, ami gyilkos limfocita, azt nézi, hogy van-e idegen peptid az MHC-ben. Ha van, akkor megöli. Kiderült, hogy ez olyan szisztéma, aminek a polimorfizmusát a nőstény tartja fenn a szaglóérzékével, hogy védje a fajt. De nem az egyént! Az egyéni szelekció a faj megvédéséhez vezet. Ez a szisztéma örösi jelentőségű a vírusfertőzések túlélésében. HIV-fertőzésben, maláriában, sőt mindenben ki lehet mutatni az MHC-t. Hogy hogyan csinálja ezt az evolúció, arról fogalmam sincs. Itt is azt akarom illusztrálni, hogy minden dolognak megvan a maga logikája, és megvan az értelme. Amikor létrejön, akkor olyasmi történik, amit nem lehetett előre látni.

– *Ezek szerint meghatározó szerepe van a véletlennek?*

– Metaforaként ahhoz szoktam hasonlítani, amikor a koreai repülőgépet lelőtték a Szovjetunió fölött. Emlékeznek még rá? A Szovjetunió összeomlása után nyolc évig dolgozott egy francia parlamentáris delegáció fizikusokkal és mindenféle szakértőkkel, hogy pontosan, lépésről lépésre kivizsgálják, mi történt. Megvolt a repülőgép fekete doboza és az összes a hangfelvétel is. Kiderült, hogy a véletlenek hosszú sorozata vezetett a tragédiához. Egyik véletlen vezetett a másikhoz, de minden véletlen megalapozta a következő véletlen lehetőségét. Nem lehet egyszerűen megmondani, hogy miért történt, ha az ember ezt nem tudja. Tudja, vagy nem tudja. De ez egy algoritmus. Káoszelmélet. Véletlenek sorozata. Én pontosan így látom az életemet. Amikor egy esszében svédül leírtam, hogy a rák keletkezése, az emberi társadalom felépítése és a koreai repülőgép esete tulajdonképpen mind ugyanazokat takarja, a svéd reakció az volt, hogy na igen, a rák és a koreai gép véletlenek, rendben van, de a társadalom felépíté-

se egészen más. Az racionális, tervezett. Azt mondtam: Á, dehogya. Szó sincs erről. Csak egy dolgot kell megkérdezni. Mi lett volna a világból Churchill nélkül? Csak tessék elképzelni, hogy Churchill nélkül milyen világ jött volna létre. Hol volnánk ma? Ez ijesztő gondolat.

– *Hogyan függenek össze a dolgok?*

– Írtam Évával egy esszét, még valamikor a '80-as években. A címe: „*How one thing has led to another?*”, vagyis Hogyan vezetett egyik dolog a másikhoz? Azt hiszem, ez írja le legjobban a munkásságunkat. Ekkorra már ki tudtuk mutatni az MHC-t sejt alapon, és vizsgálni tudtuk a



A feleség: Klein Éva
(Hollósy Ferenc felvétele)

variációt és szelekciót. Csináltuk is, de ez nem volt olyan rettenetesen érdekes. Nemsokára viszont kiderült, hogy a rák ellen lehet vakcinálni. Nos, az első kísérletek teljesen sarlatánok voltak. Egy felületes kutató által végrehajtott teljesen tudománytalan kísérlet értékelésére kértek fel. A kísérletben nem volt kontroll, ami pedig nagyon helytelen dolog. Az eredményekről tudományos közlemény nem jelent meg szaklapban. Ugyanakkor a tévé részéről nagy médiafigyelmet kapott. A kísérlet azonban felvetett egy alapvető kérdést, amelyet a továbbiakban szeretnénk volna megvizsgálni. Nevezetesen, hogy mi a saját és mi az idegen? A saját és nem-saját diszkrimináció alapvető elve az immunszisztémának. Akkor most mi a ráksejt? Saját vagy nem saját? A ráksejt a mi saját sejtünk, de ugyanakkor másként viselkedik. Itt egyenesen belemegyünk abba a kérdésbe, ami elvezet a tumorimmunológiához.

– *A tumorok ellen van-e specifikus vagy nem specifikus ellenállás?*

– Kiderült, hogy attól függ, miként keletkezik az a tumor. Ha egy erős kémiai rákkeltő csinálja, akkor van. Ha spontán, tehát minden beavatkozás nélkül lép fel a tumor, akkor nincs. Mert az már szelektálva van, hogy ne legyen. Ha vírusok okozzák a tumort, akkor is van. Mert azok a tumorok, amiket ugyanaz a vírus okozott, mind ugyanazt az „idegenséget” tartalmazták. Tehát az egyik immunizál a másik ellen. Csoport. A csoportot pedig az ok karakterizálja, tehát, hogy milyen vírus csírált. Tehát vírusspecifikus reakció van.

– *Mi volt a következő lépés?*

– Erről rengeteg közlemény született. Jöttek a diákok és gyártották a téziseiket, és ez a terület szépen fejlődött. A hatvanas évek közepén aztán Éva azt mondta: Hát nem kutattunk már eleget egereken? Nem kéne most már valamit emberen is csinálni? Hát mit csináljunk emberen? Emberen nem lehet kísérletezni. Valahogy egy vírustumort kellene megnézni az embernél. Van vírustumor embernél? Nincsen. Akkor nem tudunk róla. De egy Burkitt nevű ír sebész Afrikában leírt egy limfómát, egy rendkívül malignus gyermektumort, amiről kimutatta, hogy rendkívül nagy frekvenciával lép fel a trópusi esőerdőkben, ahol magas az évi csapadék és a levegő páratartalma. Burkitt szerint ez azt jelenti, kell, hogy legyen egy moszkító, ami átviszi emberre a vírust. Ez ahhoz a teóriához vezetett, hogy a Burkitt-limfómát egy moszkító által átvitt vírus okozza. Ma már tudjuk, hogy nem az okozza, de az most mindegy. Ez az emlék akkoriban rengeteg kutatót vonzott. Minket is. Éva javasolta, hogy használjuk azokat a metódusokat, amiket egéren dolgoztunk ki vírusokra. Nézzük meg, hogy funkcionál-e a Burkitt-limfómánál! Megnéztük, nem funkcionált. Ugyanakkor más eredményeket is kaptunk, amelyek mégis arra mutattak, hogy van itt valami, amit az immunszisztéma lát. A magban van egy idegen anyag, amiről kiderült, hogy egy vírustól jön, az Epstein-Bar-vírustól.

– *Ekkor vette kezdetét az EBV-kutatás ragyogó korszaka?*

– Epstein és Barr leírtak egy vírust Burkitt-tumorkban. Azok a vírusrészecskék, amelyeket a mikroszkóp alatt láttak, úgy néztek ki, mint egy herpeszvírus. Azok a sejtek haldokoltak és végül mind elpusztultak. Vagyis azok nem lehetnek érdekesek a tumor számára. Emlékszem még Epsteinre, aki felfedezte ezeket a vírusokat a mikroszkópban. Együtt voltam vele a National Institute of Health-ben, mert akkor indult a Virus Cancer Program Amerikában. Ő is, én is azért voltunk ott, hogy támogatást kapjunk. Kaptunk is. Megnéztük Epstein képeit és azt mondtuk, hogy ez nem érdekes. Ez egy herpeszvírus,

ami megöli a sejteket. Nem játszottak semmilyen szerepet a tumorigenezisben. A tumornak túl kell élni. Kiderült, hogy amit Epstein lát (vírusrészecskék), az csak a jéghegy csúcsa, de ami alatta van, az egy óriási kontinens.

– *Mit gondol miért, mondhatta ezt Epstein?*

– A legtöbb tumorképző vírus, miután bemegy a sejtbe, elcsöndesedik. Lezárja a géneit, amelyek a sejtet megölnék. Más géneket kapcsol be, mint amelyek a sejtet transzformálják. Ez Éva területe ma is. Ez ma Éva kutatási területe. Amikor a vírus megfertőz egy normál B-limfocitát, akkor az halhatatlan sejtvonallá alakul át és immunhiányos egerekben daganatot okozhat. Az EBV ezért tumorkeltő vírus. Nem öl, de mindenképpen benne van. Hogyan tudunk együtt élni egy ilyen veszélyes vírussal? Márpedig tudunk, mert sok millió éve együtt élünk vele. Az összes óvilági majomban benne van, az új világ majmaiban viszont nincs. Tehát, ha az új világ majmaiba oltom bele a vírust, akkor halálos limfómát kapok. Az óvilág majmai viszont immunisak, noha mindegyik hordozó. Eből aztán kialakult egy egészen új terület.

– *Hogyan történik ez a védekezés?*

– Ez egy csodálatos egyensúly, ami sok millió év alatt alakult ki. A vírus és a gazda kölcsönösen egymást csiszolják. Ami végül létrejön, az egy nem patogén ekvilibrum, amit csak az zavar meg, ha immunszuppresszió van. Közben egy velünk kollaboráló nagyszerű amerikai virológuspár, a Henne házaspár fölfedezte, hogy ez a vírus okozza a mononukleózist. Ez olyan betegség, ami a kisgyerekeknél nem fordul elő. Ha a kisgyerek megfertőződik ezzel a vírussal, akkor rögtön bekapcsolja az immunreakciót és ott nem lesz sem mononukleózis, sem tumor, semmi. Az a normális ekvilibrum. A védett körülmények között élő kisgyerekeknél a mononukleózis először akkor jelentkezik, amikor elkezdnek csókolózni. Azért is nevezik ezt csókbetegségnek, mert a nyálon keresztül vívődik át a vírus és akkor 50%-ban mononukleózist kaphatnak! A mononukleózis a B-limfociták gyors proliferációja, amit egy kaotikus kilökődési reakció követ egy normális immunrendszerű emberben. Ha az immunrendszer nem működik (például genetikusan nem működik, jatrogénikusan nem működik, vagy transzplantáció miatt ki lett kapcsolva az immunrendszer, vagy mert HIV-fertőzése volt a betegnek), akkor meg lehet kapni ezt a halálos betegséget. Ez ugyan egy potenciálisan életveszélyes vírus, azonban teljes egyensúlyba kerültünk vele. Ez egy borzasztóan érdekes terület, még rengeteg feltárni való van rajta. Éva is ezen dolgozik.

– *Őn közben irányt változtatott. Miért?*

– Mert engem más kérdés fogott meg. Azt mondják, hogy három ember közül egy kap rákot. Én azt mondom, hogy három ember közül kettő nem kap rákot. Azt mondják, hogy a szervezet tele van ráksejtekkel (igen, rákbetaegeknél), de azok nem nőnek ki. Csak egy egészen kicsi, milliomod része azoknak a sejteknek, amelyek rákot váltanak ki.

– *Miért van ez így?*

– Egy egérnek, amelynek 10^9 sejtje van, kevesebb tumora kellene, hogy legyen, mint egy embernek, akinek 10^{12} sejtje van. Az embernek meg sokkal kevesebb, mint a bálnának, akiknek legalább 10^{17} sejtje van. De ez nem így van. Semmi összefüggés nincs a sejtszám, a testsúly és a tumorok között. A bálnáknak szinte nincs is semmilyen tumoruk!

Időközben egy orosz házaspár Amerikában felfedezte, hogy egy bizonyos vakondfajnak, mely matriarchátusban él, egyáltalán nincs tumora. A domináns nőtény szül minden utódot, és amíg ő aktív, addig más nőtény nem lehet vemhes. Ugyanúgy, mint a méh- vagy a hangyataradalmában. Az állatnak gyakran nagyon kemény folyosókon és sziklákon kell keresztülpréselnie magát. Ehhez kifejlesztett egy speciális anyagot, a hialuronsavat. Nekünk is van ilyen savunk, de az övé tízszer nagyobb molsúlyú, és nemcsak a közlekedésben segíti, hanem védi is a ráktól. Amíg az anyag a testét borítja, a sejteket semmilyen módon nem lehet ráksejtté transzformálni. Sem vírussal, sem kémiai anyaggal. De ha enzimekkel leemésztjük róla, akkor lehet. Az életmód mellékhatásaként megvédi a ráktól.

Vagy itt egy másik példa. Ecuadorban él egy speciális törpetípus. Noha nagyon sok közöttük az unokatestvér házasság, nekik egyáltalán nincs tumoruk. Egy törpének rendszerint sok baja van, főleg a csont- vagy a porcfeljődéssel, és a növekedési hormonnal, de önékik nincsen. Növekedési hormonjuk is van, még hozzá borzasztóan magas koncentrációban. Miért nem kapnak rákot? Az történik, hogy hiányzik belőlük egy antenna, egy receptor. A növekedési hormon kötődne ugyan a sejthez, de nem tud, mert nincsen elég antenna. Emiatt nagyon magas a hormonszint, de az nem okoz tumort. Azért nem, mert az antenna nem létezik. Tehát a rák rezisztenciájának mechanizmusa rendkívül sokféle.

– *Magyarországon ma kikkel dolgozik együtt és milyen témában?*

– Ma már nem elég egy gént nézni; az egész szisztémát kell vizsgálni. Úgyhogy ma már rendszerbiológusokkal kell dolgozni. Két gyönyörű magyar együttműködésen pillanatnyilag. Az egyik Csermely Péterrel, aki rendszerbiológus, a másik pedig Kocsmáros Tamással, aki most ugyan Angliában dolgozik, de a csoportja még itt maradt és velük folytatunk rendszerbiológiai kutatásokat. Az a nagy

baj, hogy még mindig túl sok a gén, ami releváns lehet. Hogyan kapcsolódnak egymáshoz? Mi a fontos, mi nem? Ezt nem tudjuk. Akárhogy szűkítjük is le, mindig marad egy pár száz génünk. Mit csináljunk? Megpróbáljuk megsaccolni, mi lehet a fontos. Amiről azt gondoljuk, hogy ez fontos, azt ki tudjuk kapcsolni. Ki tudjuk zárni RNS-technológiával. Megnézzük, hogy át tudjuk-e alakítani a tumorgátló kötőszövetet tumorstimuláló kötőszövetté vagy fordítva. Ez nagyon sok munkát követel.

– *Felkeresik-e ma is fiatal kutatók Magyarországról?*

– Három hónapra jött hozzám egy magyar diák Szegedről, Bozóki Benedek. Aki három hónapra jön, attól nem várok semmit. Bejöhet a megbeszéléseinkre, de én levegőnek nézem. Benedek azonban nem hagyta magát levegőnek nézni. Leült a számítógépéhez és bement valamibe, amit úgy hívnak, hogy Human Protein Atlasz. Ezt mindenki megnézheti a neten. Arra jó, hogy a tumort és a normális szövetet antitesttel megfestve lássák, mi van a tumorban és mi a normális szövetben. Ezt mindenki megnézheti. De Benedek nem azt nézte meg, hanem azt, hogy a tumorsejt-gátló kötőszövet és a tumorsejt-stimuláló kötőszövet különbözők-e egymástól. Kérem, igen. 12 gént talált, amelyek csak a tumor kötőszövetben fordulnak elő, a normál kötőszövetben viszont nem. Ez egyenesen rávezetett bennünket egy rendszerre, ami a tumor invazív és metasztatizis képességét befolyásolja. Tehát megint kinyílt egy új terület. Véletlen és váratlan módon. Körülbelül itt tartunk ma. Benedekkel és a magyar rendszerbiológusokkal intenzív a kapcsolatunk.

– *Köztudott, hogy számos könyvet írt és számos nyelven beszél. Ugyanolyan otthonosan mozog az egyetemes emberi kultúrában, mint a tudományban. Mi foglalkoztatja manapság?*

– Rövidesen megjelenik egy új könyvem magyarul. A címe: Üstökösök. Van benne egy hosszú esszé Bartókról, és két másik esszé két biológusról. Készül egy új svéd könyv is, de az egészen más lesz. A kiadóval még dolgozom rajta.

– *Mit jelent Önnek a Semmelweis név?*

– Ez az egyetem a Semmelweis nevet viseli. Semmelweis egyike a leírhatatlanul tragikus hősöknek az orvostudomány történetében, ami sok borzasztó dolgot is jelent: vágyálmot, a diszkriminációt, és minden egyebet. Az, hogy róla neveztek el egy egyetemet, óriási dolog és büszke vagyok arra, hogy valamikor itt kezdtem. Megtisztelt és hálával tölt el, hogy kitüntetését kaptam, amit most voltak szívesek átadni nekem.

Az interjút készítette:
HOLLÓSY FERENC

KERÉNYI ATTILA

A társadalom a globális földi rendszerben

A Föld rendkívül bonyolult szerkezetű és működésű komplex rendszer, amelynek egyik alrendszere a társadalom. Bolygónk belső erőinek működését nem tudjuk befolyásolni, azokhoz alkalmazkodnunk kell. Az ember biológiai létének fenntartásához és társadalmának működéséhez szükséges anyagokat és energiahordozókat a földi környezetből (a külső geoszférákból) szerzi be, a termelés és fogyasztás során átalakítja azokat, eközben a természeti környezetet károsítja, ami kedvezőtlenül hat vissza az egészségére és a társadalom működésére is. Ahhoz, hogy az ember a számára kedvező feltételeket hosszú távon is fenn tudja tartani a Földön, alapvető változásokra van szükség a társadalom működésében.

A Föld többszörösen összetett, nagyon bonyolult felépítésű rendszer, amit röviden komplex rendszernek szoktak nevezni. Strukturáját és működésének néhány jellemző vonását egyszerűsített modellekkel mutatjuk be. A földtudományok különböző tudományágai különböző modelleket alkottak, amelyeket három csoportba sorolhatunk 1. A geofizikusok és geológusok általában a Föld szilárd felszínétől a bolygó középpontjáig terjedő geológiai struktúrát mutatják be. Az utóbbi évtizedben az új globális geodinamikai modell (Horváth–Dombrádi, 2008) a szerkezeten kívül a Föld belsejében lejátszódó anyagáramlásokra is nagy hangsúlyt helyez. 2. Más tudományágak foglalkoznak bolygónk külső, a szilárd kéreg legfelső rétegét és az azon kívüli geoszférákat magába foglaló alrendszereivel (hidrológia, meteorológia, talajtan, életföldrajz stb.). Globális modellként a bioszférát vagy az éghajlati rendszert leíró számítógépes rendszermodelleket említhetjük. 3. A társadalomtudósok által készített ún. „világmodellek” tulajdonképpen a globális társadalom modelljét jelentik, s ilyen értelemben a legszűkebb tartalmú modellek.

Láthatjuk, hogy teljes komplexitásra, vagyis a természet és társadalom integrált bemutatására egyik modelltípus sem törekszik, holott az emberi társadalom is része – igaz, különleges része – a globális földi rendszernek. Különlegessége elsősorban azzal függ össze, hogy tagjai a Földön a legfejlettebb tudattal rendelkező élőlények.

A Föld egyszerű rendszermodellje

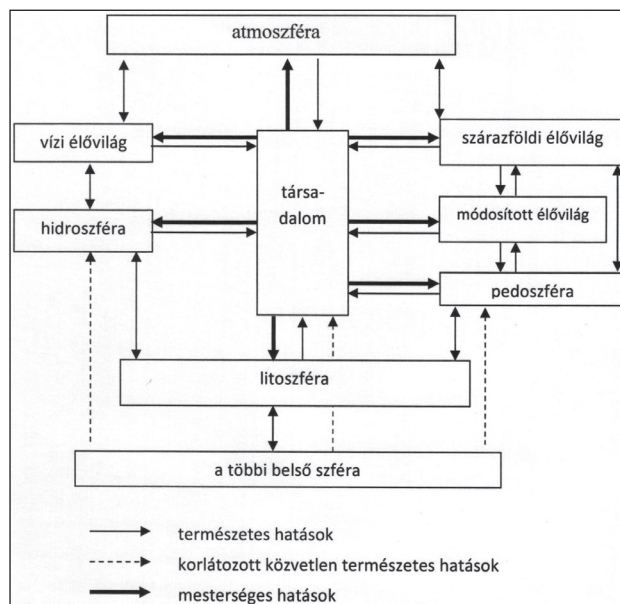
Az 1. ábrán a bolygónk alrendszerei közötti kölcsönhatások elvi vázlatát mutatjuk be. Az egyszerű modellel arra kívánjuk ráirányítani a figyelmet, hogy a társadalom tevé-

kenységeiből származó hatások a földi környezetre más minőségűek, mint a természeti alrendszerek visszahatásai. A más minőségben egyrészt azt értjük, hogy az emberek tudatos, tervezett tevékenységekkel módosítják a természeti alrendszereket, másrészt a saját maguk által előállított eszközökkel, gépekkel egyre hatékonyabban és egyre nagyobb mértékben változtatják meg azokat. Az 1. ábrán a vastag nyilak ezeket a tudatos, jelentős átalakításokkal járó beavatkozásokat jelentik. Nézzünk erre egy példát: a mezőgazdasági tevékenységek természetes (szárazföldi) élővilágra gyakorolt hatását.

században a növényi biotechnológia és géntechnológia széleskörű alkalmazásáig (Dudits–Heszky, 2000). Ezek eredményeként nemcsak új élő fajokat, fajtákat hozott létre az ember, hanem új élő rendszereket, agroökoszisztémákat is. Ezeken kívül ültetvényerdőket, településökológiai rendszereket, összességében az eredeti természetes élővilághoz képest mesterségesen átalakított élővilágot, ami már a globális földi rendszer egyik alrendszereként értelmezhető (az 1. ábrán a módosított élővilág).

Elemzésünk középpontjában a társadalom áll, amely a litoszférával (annak is a legfelső rétegével, a földkéreggel) van közvetlen kapcsolatban, ezért ezt kiemeljük a belső szférák közül, a földköpenyt és a földmagot pedig egy alrendszerként kezeljük. Az 1. ábrán a „korlátozott közvetlen természetes hatások” pl. a vulkánkitörések vagy a földrengések rövid ideig tartó, de sokszor jelentős pusztításaira utalnak.

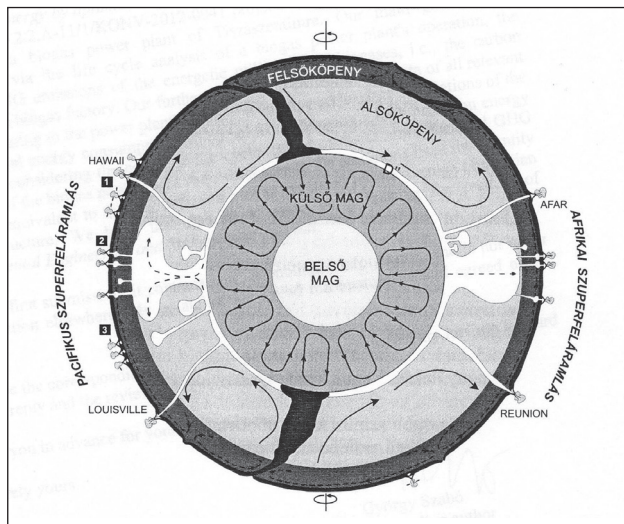
A Föld belső anyagáramlásainak szerepe a társadalom életében



1. ábra. A Föld egyszerű rendszermodellje (Kerényi, 2010)

Mintegy 10 ezer éve alkalmazza az ember a háziasított növény- és állatfajták nemesítése folyamán a mesterséges szelekció módszerét, s jutott el a XX.

A 2. ábrán az új globális geodinamikai modellt figyelhetjük meg (Horváth–Dombrádi, 2008). A szilárd belső mag körül a folyadékszerű külső magban az olvadt vas erőteljes áramlásokkal mozog. Ezek az



2. ábra. A Föld új globális geodinamikai modellje (Courtillet et al. 2003, Jellinek – Manga 2004, Horváth – Dombrádi, 2008)

áramlások idézik elő és tartják fenn a Föld mágneses terét. A geomágneses tér rendkívül fontos az élővilág és az emberi társadalom szempontjából is, hiszen a napszél és általában a kozmikus sugárzás elleni első védőpajzsunk tekinthető. Szabályos napi változásaitól a mágneses viharokig számos változás jellemzi. Ez utóbbiak gondokat okoznak a távközlelésben, az üresközök működésében. A paleomágneses vizsgálatok azt is kiderítették, hogy a geomágneses tér polaritása szabálytalan időközönként (emberi léptékkal mérve hosszú idő alatt) megváltozik. E változás előjeleként az erőssége helyenként csökken. Ilyen csökkenést figyeltek meg (és mérik jelenleg is) az Atlanti-óceán déli területei és Dél-Amerika fölött.

A társadalom életére a belső erők közül a legnagyobb hatásúak a lemeztectonikai mozgások. A klasszikus lemeztectonikai elméletet az új globális geodinamikai modellel megalkotói továbbfejlesztették. A távolodó litoszférelmezek akkréciós szegélyei mentén a felsőköpeny anyagának felemelkedése passzív, vagyis a lemezeket az alábukás húzóereje (árok húzóhatás) mozgatja. A nehezebb (nagyobb sűrűségű) óceáni litoszférelmez viszonylag gyorsan (maximum 10 cm/év sebességgel) süllyed le 660 km mélyséig. A kőzetlemez a nagy viszkózitású alsó köpenyben sokkal kisebb sebességgel süllyed tovább. A lassulás miatt anyaga feltorlódik, szélesebb, nagyobb keresztmetszetű lesz (2. ábra). Süllyedésének végső határa a D'' réteg (2850–3000 km mélyen), ahol ennek a rétegnek az anyagával keveredve kezdődik elölről a feláramlásokkal a Föld legnagyobb anyagáramlási ciklusa (Horváth–Dombrádi, 2008). Mint ahogy az ábra mutatja, a magma egyes helyeken a D'' rétegtől a felszínig is eljuthat („elsőleges köpenyoszlopok”), vagy 660 km mély-

ről is a felszínre törhet („másodlagos köpenyoszlopok”), de ezek pusztító hatása elmarad a lemezhatárokon működő vulkánok romboló hatásától. A társadalom számára a legnagyobb károkat azok a földrengések okozzák, amelyek ugyancsak a kőzetlemez mozgásaival függenek össze, esetenként cunamikkal (földrengés okozta szökőárral) párosulnak. Ilyen volt 2004-ben a Szumátra közelében a tenger alatt kipattant földrengés és az azt követő szökőár, amely bec-

sülés szerint 200 000 halálesetet okozott. A fukusimai atomerőmű katasztrófája ugyancsak cunami miatt következett be egy 9-es erősségű földrengés hatására. A halálessetek száma nemcsak a földrengés erősségétől, hanem az érintett terület népsűrűségétől, az építkezés fejlettségétől és egyéb társadalmi tényezőktől (riasztórendszer, a lakosság tudatossága stb.) is függ. Így pl. a Haitin kipattant 2010-es földrengés csak 6,5-es magnitúdójú volt, mégis kb. 250 000 embernek kellett meghalnia, főleg az építkezések alacsony színvonalja miatt.

A társadalom és az élővilág számára az jelent komoly gondot, hogy ezek a természeti katasztrófák időben nagyon rapszodikususan jelentkeznek, és előrejelzésükben a tudósok csak mérsékelt sikereket értek el. Haladásnak tekinthető, hogy egyes vulkánkitörések (pl. St. Helens, Pinatubo) időpontját sikerült közelítőleg meghatározni.

A Föld belsejében zajló folyamatok során olyan mértékű energiák működnek, amelyekhez képest az ember által létrehozott energiák általában eltörpülnek. Így pl. a Richter-skála szerinti 9-es erősségű földrengés kb. $1,8 \cdot 10^{11}$ kg TNT felrobbanásakor keletkezett energiával egyenlő (Szabó, 2003). Nem csoda, hogy mindeddig olyan módszereket nem tudott kidolgozni az ember, amelyekkel meg tudná akadályozni a földrengéseket, cunamikat, vulkánkitöréseket.

A társadalom számára az tűnik észszerűnek, hogy igyekszik alkalmazkodni a természetben lejátszódó nagy energiájú geológiai-geofizikai jelenségekhez: földrengésbiztos építkezéssel, cunamik elleni védőgátak építésével vagy magasabb térszínekre településsel. A tudomány számára azonban távlati feladat lehet az emberek számára veszélyes folyamatok, események minél pontosabb előrejelzése, valamint riasztórendszerek kiépítése.

A talajtakaró veszélyeztetése, ellátási zavarok a társadalomban

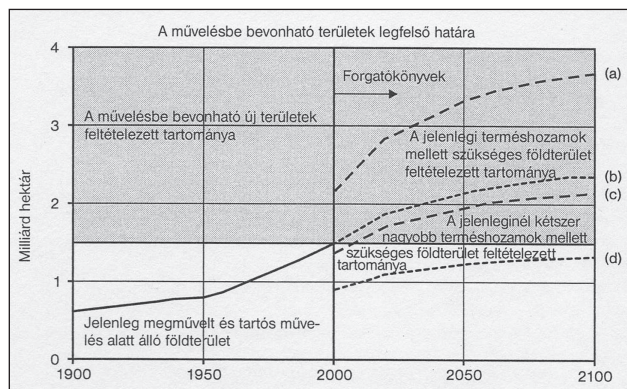
A talajtakaró kialakulása több mint 400 millió évre tekint vissza: a szárazföldi élet kialakulásával egyidős, s annak terjeszkedésével, fejlődésével kölcsönhatásban alakult, az ökológiai rendszerek egyre jobb tápanyagellátását biztosította, sőt maga is a globális földi rendszer élettel teli alrendszere lett. A holocén elején az ember felfedezte a talaj hasznosíthatóságát, és a növénytermesztés az emberi civilizáció kialakulásának fontos előfeltétele lett. A



3. ábra. Erodált trópusi talaj a kiirtott esőerdő helyén

földműveléshez le kellett telepednie (tartós épületek létrehozása), a növénytermesztés módszereinek fejlesztésével tudása gyorsapodott, a földtulajdon nyilvántartásával az írás-számolás képessége fejlődött stb. A népesség szaporodásával mind nagyobb területeket kellett művelésbe vonni, eközben az agrotechnika fejlődésével egyre jelentősebb terhelés érte a talajokat.

A XX. századi gépesítés és a vegyszerekre alapozott, iparszerű mezőgazdaság ugyan egyre nagyobb terméshozamok elérését tette lehetővé, de a talajok természetes termékenységét a fizikai és kémiai hatások (erózió, defláció, tömörödés, savanyodás, másodlagos szikesedés stb.) rontották, miközben a vegyszerek egy része komoly környezetszennyezést okozott



4. ábra. A mezőgazdasági területek lehetséges alakulása a Földön 2100-ig (Meadows et al., 2005 szerint)

a talajban, és onnan kimosódva a természetes vizekben. A szakemberek jelenleg a trópusi talajok eróziós pusztulását tartják a legsúlyosabbnak (3. ábra).

A Meadows-féle világmodell (Meadows et al., 2005) továbbfejlesztése során az 1970-es évektől a 2000-es évekig egyre nagyobb szerepet kapott ez a tényező a fenntartható fejlődés reális megítélésében. A trópusi talajok ugyanis művelésbe vételük után – ha nem alkalmaznak hatékony talajvédelmi eljárásokat – 4–6 éven belül növénytermesztésre alkalmatlanná válnak, így a trópusi országok élelmiszer-ellátásából kiesnek, a gyorsan szaporodó népesség szükségleteit a saját mezőgazdaságuk nem tudja kielégíteni (Bunch, 2011).

A 4. ábrán a XXI. században mezőgazdasági művelésbe vont területek lehetséges kiterjedését figyelhetjük meg különböző forgatókönyvek esetén (Meadows et al., 2005). A szürke sáv jelöli a még művelésbe vonható területet azzal a megjegyzéssel, hogy minél több területet veszünk igénybe, annál terméketlenebb talajokon kell gazdálkodnunk, másrészt a már megművelt talajainkat meg kell védenünk a pusztulástól. A jelenlegi terméshozamokat feltételezve az a) görbe mutatja a világ népességének ellátásához szükséges területet, amennyiben az éhezést is kizárjuk a lehetőségek közül. A b) görbe azt a területet jelzi, ami az éhezés jelenlegi arányainak fenntartása esetén szükséges. A c) görbe által jelzett területi növekedés kétszeres terméshozamok esetén, éhezés nélkül, a d) görbével jelzett területi növekedés ugyancsak kétszeresre növelt terméshozamok esetén a mai éhezési arányokkal valósulna meg.

A négy eset közül az ideálisnak mondható c) változatot abban az esetben lehetne véghezvinni, ha a jelenleg is súlyos talajeróziót meg tudnánk állítani, a leromlott földek természetes termékenységét javítanánk, a másodlagos szikesedést a továbbiakban megakadályoznánk, a szárazabbá váló éghajlatú területeken biztosítani

tudnánk az öntözővizet és a szakszerű öntözést, valamint világszerte megoldanánk a precíziós mezőgazdálkodást. (Ez a gazdálkodási forma egyesíti magában a modern, számítógépezérelt technika és az ökológiai gazdálkodás előnyeit. Széleskörű elterjedéséhez jelenleg a világ országainak többségében nincsenek meg a feltételek.) Bár Meadows és munkatársainak számításai a XXI. század végéig jelzik a változásokat, a megoldásokra hamarabb lenne szükség, hiszen az ENSZ demográfusai szerint a népesedési görbe 2050 körül fog tetőzni 9 milliárd körüli lélekszámmal. A globális társadalom jelenlegi állapotában mindennek megvalósítása ilyen rövid idő alatt reménytelennek látszik.

légköri szén-dioxid megkötésével a talaj széntartalma növelhető is (ehhez megvannak a szükséges agrotechnikai módszerek). Megfelelő mezőgazdálkodással a légköri szén-dioxid-tartalom csökkenthető lenne, ha közben más módon nem növelnénk azt. Az 1,5 milliárd hektár megművelt terület mellett 3,5 milliárd hektár legelő járulhatna hozzá a légköri szén-dioxid csökkentéséhez, amennyiben a számos közösségre széttagolt globális társadalom képes lenne megfelelő együttműködésre.

A természetes élővilág pusztulása: a 6. nagy kihalás

Az élővilág fejlődéstörténete mindig új fajok megjelenésével és más fajok kihalásával jellemezhető. Az ezzel foglalkozó kutatók a kambrium óta öt jelentős kihalási időszakot különböztetnek meg (Pálfy, 2000). Az emberi társadalom okozta kihalások olyan mértékűek, hogy a legutóbbi évszázadokat már a hatodik nagy (antropogén eredetű) kihalási időszaknak nevezhetjük.



5. ábra. Égetéssel erdőirtás a trópuson (Laosz)

Érdeemes röviden kitérni a talaj széntartalmának az éghajlatváltozásban betöltött szerepére is. A szárazföldek talajtakarója humusztartalma révén több szenet tartalmaz, mint a teljes élővilág. A talajművelés és a túlegeltetés miatt a talaj természetes széntartalma az évszázadok során csökkent, s ennek a veszteségnek a nagy része szén-dioxid formájában a légkörbe került. Tehát nem csak az energiatermelés okozta a légkör szén-dioxid-tartalmának növekedését. Ezt azért fontos tudnunk, mert a megművelt és legeltetett területeken a

A szárazföldi természetes élővilág pusztulását főleg az élőhelyek degradációját, megsemmisítését okozó tevékenységek idézik elő. Ezek közül megemlítünk néhányat:

- a mezőgazdaság terjeszkedése, gyakran (elsősorban a trópusokon) égetéssel erdőirtással, ami az élőhelyek pusztulásán kívül közvetlenül hozzájárul a légköri szén-dioxid növekedéséhez is (5. ábra);
- erdőirtások ipari feldolgozás (a trópusi fákat a fejlett országok bútorgyárai nagy tételekben vásárolják)

vagy tűzifanyerés céljából;

- a beépített területek növekedése világszerte;
- vonalas létesítmények fragmentáló (az élő rendszereket szét daraboló) hatása ugyancsak világméretű jelenség.

A szárazföldi ökológiai rendszerek közül a fajokban leginkább gazdagok az erdők. A Föld 2000 és 2012 között 2,3 millió km² erdőt veszített el túlnyomórészt emberi tevékenységek következtében, s eközben 0,8 millió km² erdő „született” spontán regeneráció és tudatos telepítés eredményeként. Így a nettó veszteség 1,5 millió km², ami azt jelenti, hogy évente közel 15 Magyarországnyi erdővel leszünk szegényebbek.

A világoceán leggazdagabb fajdiverzitású területeinek a korallzátonyokat tartják. Ezek nem kevésbé veszélyeztetettek, mint a trópusi esőerdők. Az utóbbi 20 évben tapasztalható pusztulásukat 30–40%-ra becsülik. Az okok között közvetlen és közvetett emberi hatásokat is találunk:

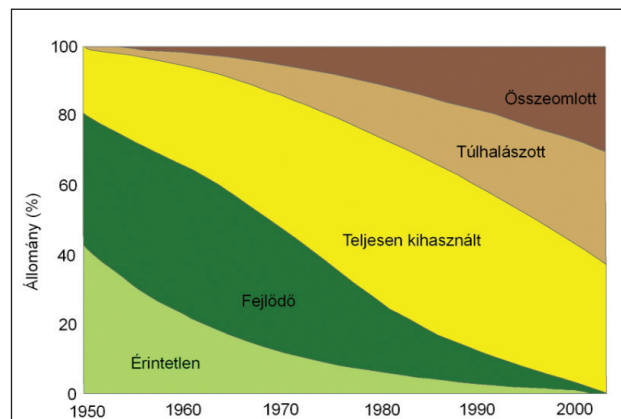
- a talajpusztulás és a mangroveerdők irtása miatt tengerbe jutó hordalék;
- fenékhálós és robbantásos halászat (egyébként mindkettő tiltott a korallzátonyok területén);
- a tengervíz melegedése a klímaváltozás miatt (sokan ezt tartják a legsúlyosabbnak, mivel a korallak nagyon érzékenyek a hőmérsékletváltozásra);
- a tengervíz savasodása (ez összefügg a légköri szén-dioxid koncentrációjának növekedésével).

A XX. században iparszerű méreteket öltő halászat és bálnavadászat ugyancsak hozzájárult a kihalás szélére sodródó fajok számának növekedéséhez, miközben hosszú távon gazdaságilag is visszaüt a vízi ökológiai rendszerek túlterhelése. Ezt figyelhetjük meg a **6. ábrán**. A XX. század végére a világtenger halászatra alkalmas és teljesen kihasznált területei mintegy 40%-ra csökkentek, a többi túlhalászott vagy összeomlott. Ez utóbbi azt jelenti, hogy érdemi fogásra ezeken a területeken nem lehet számítani.

Az élővilág pusztításának számos egyéb módját és okát itt nincs módunkban kifejteni. Biológusok becslése szerint naponta 70–300 faj pusztul ki bolygónkról. Pálfy szerint a természetes háttér kihalási szintet legalább százszorososan, de akár ezerszeresen is meghaladhatja a napjainkban tapasztalható kihalási ütem (Pálfy, 2000). A nagyságrenddel kapcsolatos bizonytalanságot az azal magyarázzák, hogy a legtöbb faj az alacsonyabb rendűek közül hal ki, amelyek jelentős részét tudományosan még nem írták le, de létükre közvetett bizo-

nyítékok vannak, kihalásukat azonban – élőhelyük pusztulása miatt – biztosra vehetjük. Az emlősök és a madarak kihalását 1600 óta feljegyzik. E két gerinces osztályból 1650–1700 között 3 faj tűnt el véglegesen, 1825–1885 között már 18 faj, 1925–1975 között pedig 86 halt ki (Goudi, 1990). Az IUCN vörös könyve szerint jelenleg több, mint 22 000 fajt fenyeget a kihalás veszélye.

A természetes élővilág pusztítása számos módon (közvetlenül és közvetve is) visszahat a társadalomra. Így pl. csökken



6. ábra. Halászerületek terhelése 1950 – 2000 között
(Forrás: SAUP – Rakonczai, 2008)

az a genetikai potenciál, amit a 3,5 milliárd év alatt létrejött gazdag biodiverzitás képvisel. Mérséklődik a fajválaszték a biológiai nyersanyagok, energiahordozók, gyógyszer-alapanyagok stb. kinyeréséhez. Összességében jelentősen csökken az a potenciál, amelyet a társadalom a természetes élővilág kíméletes hasznosításával hosszú távon elérhetne. Másrészt az élővilág a külső geoszférák globális anyag- és energiaáramlásában meghatározó szerepet játszik, ami a társadalom számára is alapvető fontosságú.

A hidroszféra, az atmoszféra és a társadalom néhány kölcsönhatása

Az ember számára hozzáférhető édesvíz a Föld sok régiójában már ma is kevés, miközben a társadalom fejlődése és a népesség növekedése miatt a vízigény gyors ütemben nő. Egyre súlyosabbá teszi a helyzetet az a tény, hogy a felszíni vizeket szinte teljesen elszennyezte az emberiség, és a felszín alatti vizeknek is egyre nagyobb területeken ez lett a sorsuk. (A XX. században a leginkább mértéktartó becslések szerint is legalább 100 000 féle, mesterségesen előállított vegyszer került a hidroszférába.) Egy számítás szerint az ivóvíz céljára hasznosítható készletek 20 éven belül az emberiség növekvő igényeinek csak

mintegy 60 százalékát lesznek képesek kielégíteni (Herren, 2011).

A szennyezésen kívül a túlhasználat is hozzájárul az édesvízkészletek csökkenéséhez. Egyrészt az intenzíven hasznosított víztartó rétegek vizét csaknem mindenütt gyorsabban használják fel, mint a természetes utánpótlódás (Sampat, 2001). Másrészt a felszíni vízrendszereken épített, százezernél is több víztározó okozta vízvesztés eléri az évi ezer km³-t (Henshaw et al., 2000). Sok példa mutatja, hogy a nagy vízgyűjtőkön, amelyek területén

több ország osztozik, komoly konfliktusok alakulnak ki az államok között a vízhasználat miatt. Ilyen pl. a Nílus, a Csád-tó, a Jordán folyó és az Aral-tó vízgyűjtője is. Ez utóbbi vízrendszerének tönkretétele még a Szovjetunió idejében kezdődött. Az Amu-darja és a Szir-darja vizének elöntözése a 66 ezer km²-es tó szinte teljes eltűnésével (**7. ábra**), értelemszerűen a tó élővilágának pusztulásával, a társadalom számára pedig a halászat és a halkonzervgyártás megszűnésével, munkanélküliséggel járt együtt.

A világoceán esetében a szennyezést emeljük ki. A szennyező anyagok közül az úszó műanyagszigetek több ezer km²-es egységekben fordulnak elő. A hidrobiológusok ezeknél is veszélyesebbnek tartják a vízi élővilág számára a szuszpendált műanyag részecskéket, amelyek a felszín közeli vízrétegben az előbbieknél nagyobb kiterjedésben, és nagy területeken több méter vastagságban fordulnak elő (**8. ábra**).

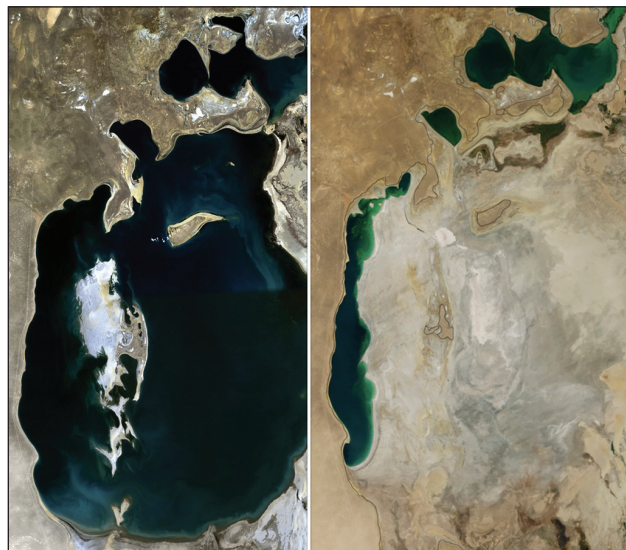
A tengeri olajfúró tornyok környékén, valamint a hajózási útvonalak mentén elterjedt az olajszenyezés, s az időnkénti olajkatasztrófák drasztikus pusztulást okoznak a vízi élővilágban. A tengerpartok és a víz megtisztítása az olajszenyeződéstől igen nagy anyagi ráfordítást igényel.

A társadalom elsősorban a fosszilis energiahordozók használatával, de mint láttuk, a talajműveléssel és az erdőirtással is megváltoztatja a légkör összetételét. A troposzférában az első ipari forradalom előtt a CO₂-tartalom 280 ppm volt, ez mára elérte a 400 ppm értéket. Az egyéb üvegházhatású és a környezet elsavasodását okozó gázok, továbbá az aeroszolok mennyisége is nő az antropogén emissziók következtében. Mindez hatással van a globális éghajlati rendszerre, ami viszont befolyásolja a társadalom működését. Hozs-

szabb távon fokozódó károkat okoznak az éghajlatváltozással összefüggő időjárási szélsőségek, illetve ezek következményei: az árvizek és a szélviharok, amelyeknek pl. 1985–1999 között együttesen kétszer annyian estek áldozatul, mint a földrengéseknek és vulkánkitöréseknek együtt (Abramovitz, 2001). Azt azonban nem lehet pontosan megállapítani, hogy az emberi tevékenységek milyen arányban járultak hozzá az árvizek, szélviharok fokozódásához, a veszteségekből mennyi írható az antropogén hatások számlájára.

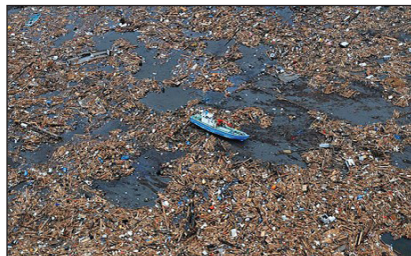
Mit kellene tenni?

Úgy tűnik tehát, hogy a társadalom számos tevékenysége zavarokat okoz a Föld külső geoszférájának működésében, s ezek a zavarok veszélyek, katasztrófák, károk formájában visszahatnak a társadalomra s az emberre mint biológiai lényre. Jogosan vehető fel a kérdés: ha a társadalom ismeri tevékenységeinek káros következményeit, a komplex földi rendszer válaszcselekedéseire (egyes tudományos bizonytalanságok ellenére ma már túlnyomórészt ismeri), miért nem előzi meg a károkozást? A magas szintű gondolkodásra képes ember miért nem tudja társadalmának működését



7. ábra. Az Aral-tó kiszáradása 1989–2014

ennek megfelelően szabályozni? A választ a globális társadalom jelenlegi szerkezetében és működésében kereshetjük. Az számos kisebb egységből, helyi, regionális, országos szintű közösségből áll, s rendkívül heterogén minden szempontból. E közösségek cselekedeteinek legfőbb mozgatója a rövid távú csoportérdek és a haszonszerzés. Márpedig a Föld környezeti problémáit csak távlatos gondolkodással, az emberi társadalom hosszú távú és glo-



8. ábra. Lebegő szemétsziget a Csendes-óceánon

bális érdekeinek felismerésével, és annak ismeretében összehangolt környezetkímélő cselekvésekkel lehet megoldani.

A XX. század utolsó harmadában úgy tűnt, hogy a társadalom legmagasabb szintű döntéshozói felismerték a mindannyiunkat fenyegető veszélyeket. Ezt támasztják alá a 70-es évektől fellendülő környezet- és természetvédelmi intézkedések: nemzetközi egyezmények, megállapodások születtek, államok feletti és állami intézményeket alapítottak, a civil (zöld) mozgalmak erősödtek. Egy-két egyezmény (pl. az ózon-egyezmény) sikere mellett azonban nagyobb azok száma, amelyek szolid eredményekre vezettek (Faragó–Kerényi, 2004), az utóbbi időkben pedig „lohadni” látszik a kezdeti lelkesedés, egyes országokban a környezetvédelem intézményei is leépülnek. Minden eddigi erőfeszítés és szerény eredmény ellenére a társadalom nyomása a természeti környezetre növekszik. Ezt mutatják az ökológiai lábnyomszámítások, amelyek szerint az emberiség ökológiai lábnyoma már meghaladta a Föld biokapacitását, vagyis túlterheljük a földi környezetet (Kerekes, 2007). Bár ezek a számítások módszertanilag nem tökéletesek, mégis jelzik, hogy valahol bolygónk terhelhetőségének a határán lehetünk.

A keservesen „haladó” nemzetközi egyeztetések tipikus példája az éghajlatváltozással kapcsolatos ENSZ konferenciasorozat, amelynek legutóbbi helyszínén, New Yorkban három nagy szennyező ország (Kína, India és Oroszország) csak alacsony szinten képviseltette magát, és nem látszik, hogy a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésére hajlandók lennének. Mellettük még több ország ódzkodik a konkrét

feladatvállalástól, így kicsi a remény egy sikeres megállapodásra. Az előzőekben jelzett egyéb problémák (az élővilág pusztulása, a világméretű környezetszennyezés stb.) megoldása sem halad jó irányban. Egyelőre nincs sok jele annak, hogy az emberiség képes lenne a természeti környezettel harmóniában élni. Persze az is lehet, hogy ezen a téren a Churchillnek tulajdonított mondás fog érvényesülni, kissé módosítva: „Mindig bízhatunk abban, hogy az emberiség helyesen fog cselekedni... miután az összes többi lehetőséget kimerítette.”

Irodalom

- Abramovitz, J. N. 2001: Természetellenes katasztrófák elhárítása. In: A világ helyzete 2001 – Föld Napja Alapítvány, Budapest, 146–170.
- Bunch, R. 2011: Az afrikai talaj minőségének válsága és a közelgő éhínség – In: A világ helyzete 2011. – Föld Napja Alapítvány, Budapest, 92–102.
- Dudits D. – Heszky L. 2000: Növényi biotechnológia és géntechnológia, Agroinform Kiadó, Budapest, 312 p.
- Faragó T. – Kerényi A. szerk. 2004: Globális környezeti problémák és a rióti megállapodások végrehajtásának helyzete – KvVM és Debreceni Egyetem, Debrecen, 166 p.
- Goudie, A. 1990: The Human Impact on the Natural Environment, Basil Blackwell, Oxford, 388 p.
- Henshaw, P. C., Charlson, R. J., Burges, S. J. 2000: Water and the hydrosphere. In Earth System Science. – Academic Press, San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney and Tokyo, 109–131.
- Herren, H. R. 2011: Az összetett rendszerek új felfogása – In: a Világ helyzete 2011 – Föld Napja Alapítvány, Budapest, 224–227.
- Horváth F. – Dombrádi E. 2008: A Föld mélye a kéregtől a magig – Földrajzi Közlemények 132. 4. 385–400.
- Kerekes S. 2007: A környezetgazdaságtan alapjai – Aula Kiadó, Budapest. 237 p.
- Kerényi A. 2010: Globális környezeti rendszerek, Szent István Egyetem, Gödöllő, 99 p.
- Meadows, D. – Randers, J. – Meadows, D. 2005: A növekedés határai harminc év múltán, Kossuth Kiadó, Budapest, 318 p.
- Pálfy J. 2000: Kihaltak és túlélők, Vince Kiadó, Budapest, 222 p.
- Rakonczi J. 2008: Globális környezeti kihívások. Universitas Szeged Kiadó, Szeged. 204. p.
- Sampat, P. 2001: A talajvízszennyezés leleplezése In: A világ helyzete 2001 – Föld Napja Alapítvány, Budapest, 26–50.
- Szabó J. 2003: Természeti katasztrófák és elhárításuk – Debreceni Egyetem, Debrecen, 115 p.

DUDA ERNŐ

Védőoltás vagy természetes fertőzés?

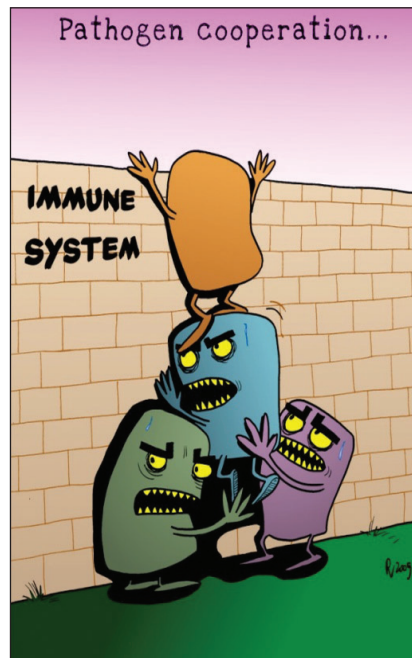
Az elmúlt évszázadban elképesztően megváltozott az emberiség életminősége: megkétszereződött a várható élettartam, és az emberek nemcsak hosszabban, hanem sokkal egészségesebben is élnek le életüket. Azok a fertőző betegségek, amelyek száz éve még a legtöbb ember halálát okozták, mára szinte ismeretlenné váltak (igaz, megjelentek helyettük újabbak). Ezt a csodálatos változást nagy részben az orvostudomány leghatásosabb, ugyanakkor legolcsóbb eszközeinek, a védőoltásoknak köszönhetjük.

A védőoltások eltüntették a halálos betegségek jó részét, így azok szinte ismeretlenek a fiatalabb nemzedékek számára. Ez a tény bizonyára hozzájárult ahhoz, hogy sokan ma úgy tekintenek a védőoltásokra, mint valami szükségtelen, kellemetlen gyermekkinzásra, amit a gonosz állam ír elő. Kevésbé érthető viszont, hogy néha szakemberek, orvosok is érvelnek a védőoltások ellen, mondván „nem szabad manipulálni az immunrendszert”, jobb kiállni a természetes fertőzést, mint „idegen anyagokat” bejuttatni a gyermekek szervezetébe. Vizsgáljuk meg ezt a kérdést a XXI. század tudományos felfedezéseinek tükrében, hogy tisztán láthassunk ebben a kérdésben.

Az ember immunrendszere 100–150 millió évnyi folyamatos evolúció eredményeképpen roppant hatásosan képes megvédeni bennünket külső (és belső) ellenségeinkkel szemben. A csodálatosan gazdag élővilágban több milliárdféle vírus, baktérium, gomba, egysejtű és soksejtű parazita van, mégis alig néhány száz olyan kórokozót ismerünk, amelyek képesek emberben betegséget okozni.

Csak hogy kórokozóink mögött is hosszú evolúció áll. Ahogy őseink immunrendszere egyre újabb védelmi eszközöket, technikákat fejlesztett ki, egyre komplexebb lett, a kórokozóknak is újabb és újabb trükköket kellett találniuk, hogy megbetegíthessenek bennünket – különben kihaltak volna, vagy csak kevésbé fejlett állatokban tudnának szaporodni.

Számos olyan baktériumot ismerünk, aminek vannak olyan változatai, ame-



A kórokozók virulenciafaktoraikkal segítik egymást

lyek az embert nem tudják megbetegíteni, és olyanok is, amelyek súlyos betegséget okoznak. Az utóbbiakat „virulensnek” nevezzük. A kettő között az a különbség, hogy csak a virulensek hordozzák azokat a géneket, amelyek az immunrendszer kijátszásáért felelősek. Ezeket a géneket, amelyek a kórokozást lehetővé teszik, *virulenciagéneknek* hívjuk, az általuk kódolt fehérjéket *virulenciafaktoroknak*.

Immunrendszerünk ősi védőerői (az ún. *természetes immunrendszer* sejtjei és mechanizmusai) minden kórokozó ellen igyekeznek védelmet nyújtani, de nem tudnak egyedi választ adni egyes vírusok, baktériumok stb. ellen. Az igazán hatásos, *adaptív* immunitást a B- és T-limfocitáknak nevezett fehérvérsejtek biztosítják, amelyek a kórokozót évtizedek múltán is felismerik és védelmet biztosítanak ellene.

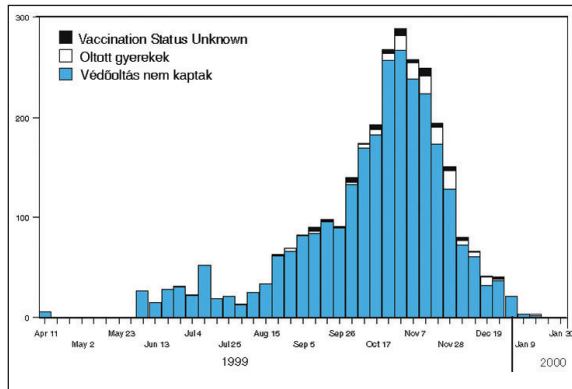
Minden élőlény felépítésében a fehérjéknek van döntő szerepe és minden élőlény más-más jellegzetes fehérjéket

tartalmaz. A fehérjék húszféle aminosavból felépülő, hosszú láncok, polipeptidek, egyedi, jellemző aminosavsorrenddel. Az adaptív immunrendszer a szervezet számára idegen fehérjék (idegen *antigének*) molekuláris mintázatait, a fehérjékben található kb. tucatnyi aminosavat tartalmazó szakaszokat (*epitópok*) képes felismerni és egymástól megkülönböztetni. Az egyes emberek adaptív immunrendszere ugyanazon a fehérjén más és más szakaszokat ismer fel epitópként. (Ez genetikailag meghatározott és ebből a szempontból az emberiség nagyon sokféle, kb. tízezer ember kell ahhoz, hogy két azonos akadjon. Ez az oka annak, hogy szervátültetéshez olyan nehéz donorokat találnunk.)

Az elmondottak birtokában már képesek vagyunk eldönteni, hogy mi a jobb: a természetes fertőzést, a betegséget átveszteni, vagy védőoltással megelőzni azt. Ha a betegség nem halálos, akkor két szakaszra osztható: az első időszakban a kórokozó – virulenciafaktoraik köszönhetően – szaporodni képes a betegben, békíti az immunrendszert, jellegzetes tüneteket okoz. Néhány nap után azonban az adaptív immunrendszer felismeri a kórokozó jellegzetes antigénjeit, és epitópjai ellen a B-sejtek hatásos ellenanyagot termelnek és/vagy a T-sejtek elpusztítják a kórokozó által megfertőzött sejteket. Ezért a legtöbb fertőző betegségből 1–2 hét alatt meggyógyulunk.

Am a kép nem ennyire egyszerű! Számos olyan kórokozót ismertünk, amelyek elpusztítása szinte lehetetlen, életre szóló fertőzést képesek kialakítani, akár tünetekkel, akár tünetek nélkül. Az utóbbi esetben nem is tudjuk, hogy bennünk lappanganak a kórokozók, amelyek néha csak azt várják, hogy gyengüljön ellenálló képességünk és akkor újra megbetegítenek. A fertőzés során működnek a virulencia-faktorok, gátolva az immunrendszer egyes védőmechanizmusait, néha sokkal tovább érezhető hatásuk, mert hosszú távon képesek befolyásolni az immunrendszer működését.

Ennek nagyon súlyos következményei lehetnek: az egyik kórokozó virulenciafaktora érzékennyé tehetik a szerveze-



Az ezredforduló hollandiai kanyarójárványa során a betegek szinte kivétel nélkül azon kevés gyermekek közül kerültek ki (kék), akik nem kaptak védőoltást. Az oltott gyermekeknek (fehér) csak elenyésző töredéke betegedett meg. Az egyének immunrendszerének különbözősége miatt egyetlen védőoltás sem tud mindenkinben tartós, hatásos védelmet kialakítani, de az esetleg elkapott betegség mindenképpen enyhébb lefolyású, mint vakcinálás nélkül lenne

tet egy másik (vagy a többi) kórokozó fertőzésére (pl. légúti vírusok fertőzése bakteriális torok- vagy tüdőgyulladásra hajlamosítanak, a hüvely gombás fertőzése elősegíti a méhnyakrákot okozó papillómavírus fertőzést stb.). A kórokozók virulenciafaktorai kiegészíthetik egymás hatását, súlyosbítva a betegséget, tovább gyengítve az ellenálló képességet.

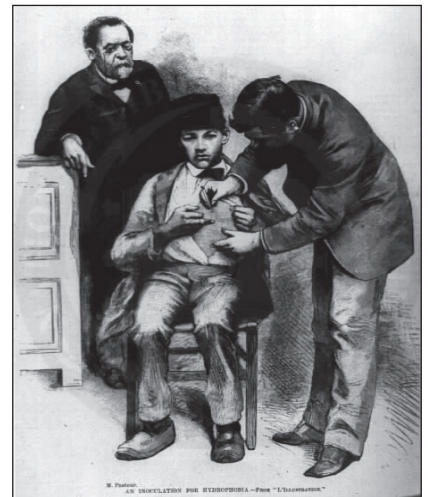
Az egészséges szervezetben is folyamatosan keletkeznek tumorsejtek, amelyek felismerése, pusztítása szintén az immunrendszer feladata. Könnyű belátni, ha a fertőzés leküzdése igénybe veszi szervezetünket, ha a virulenciafaktorok kikapcsolják az immunrendszer egyes védő mechanizmusait, a keletkező tumorsejteknek nagyobb esélye lesz a túlélésre.

Az emberiség fele, 3–4 milliárd ember hordozza a *Helicobacter pylori* nevű baktériumot, amely gyomorfekélyt vagy gyomorrákot is okozhat. A fertőzötték túlnyomó többsége tünetmentes, nem is tud a fertőzésről. A rákos megbetegedések évtizedek alatt alakulnak ki, sokáig nem okoznak semmiféle fájdalmat. Ijesztően sok olyan kórokozónk van, amelyik képes hozzájárulni daganatos betegségek kialakulásához! Olyan „hétköznapi”, a felnőttek 70–80%-ában lapangó herpeszvírusok, mint a bárányméreg vírusa, a száj- és a nemi szervek herpeszvírusa, vagy Epstein–Barr-vírus (EBV), a citomegalovírus (CMV), mind képesek elősegíteni rosszindulatú betegségek kialakulását.

Az ápolatlan szájuégben előforduló *Fusobacterium nucleatum* baktériumról kiderült, hogy bélrákot tud okozni, a

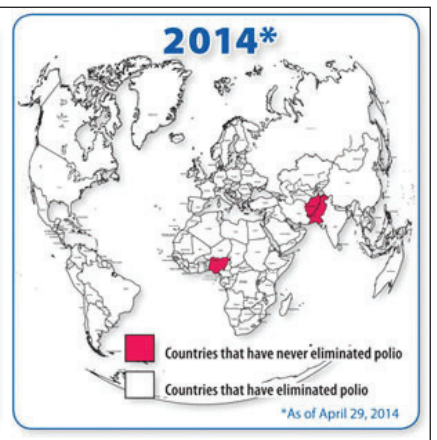
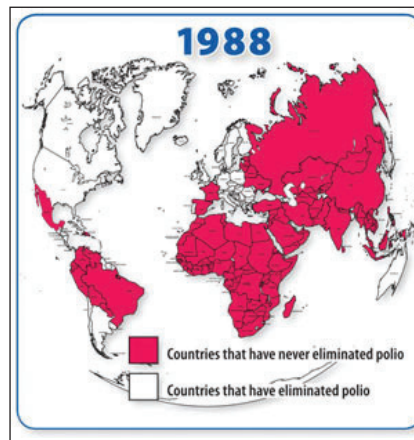
nemi érintkezéssel terjedő *Chlamydia* is szerepet játszhat egyes daganatos betegségek, izületi gyulladás, keringési betegségek, pl. infarktus kialakulásában. A kanyaróból felépült gyerekek egy töredéke évek múltán halálos agysorvadásban veszíti el életét. Látható, hogy az akut, rövid ideig tartó – gyakran elhanyagolható – betegségek okozói sokszor életre szóló károsodást, évek, évtizedek múltán kialakuló kórt vagy halált képesek okozni.

Egyes közönséges kórokozók (pl. a garatgyulladás okozó *Streptococcus*) zseniális trükkkel járnak túl az immunsejtek „eszén”. Olyan virulenciafaktorokat termelnek, amelyek minden (hasznos, haszontalan és káros) immunsejt szaporodását kiváltják, kimerítve ezzel az immunrendszert, csökkentve a védekező képességet. De a trükknek hosszú távon még veszedelmesebb következményei lehetnek: súlyos autoimmun betegség alakulhat ki. A szervezet egyébként elpusztítja azokat az immunsejteket, amelyek saját szerveit károsítják (autoreaktív sejtek). De a *Streptococcus* – és számos más baktérium –, amikor minden immunsejt-



Közel 130 éve Pasteur az általa kifejlesztett – mai mércével primitív – vakcinával mentette meg a veszett kutya által megmart 9 éves Joseph Meister életét. Ma emberek oltására emberi szövettanban előállított oltóanyagot használnak, vad állatok immunizálására pedig genetikailag módosított, ártalmatlan víruskészítményt, ami ehető, így az állatok akár repülőgépről kiszórt csalival is immunizálhatók

nem alakul ki immunválasz. A kórokozó számára előnyös, ha – mutációk következtében – minél több ilyen építőpajza alakul ki. Nem véletlen, hogy a legtöbb

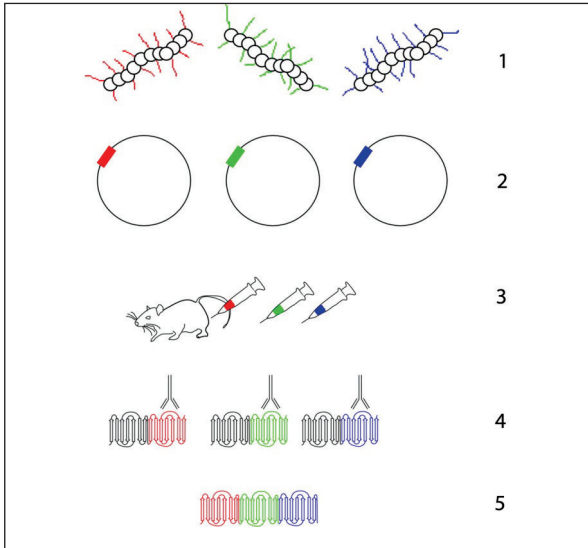


A gyermekbénulás visszaszorulása az elmúlt negyed század során. Piros szín jelzi azokat a területeket, ahol a fertőzés előfordul. Vallási fanatikusok tucatnyi orvost és ápolót öltek meg, akik a bennszülött gyermekeket próbálták megvédeni a kórral szemben

ter szaporodásra kész, felszaporíthatja az autoreaktív sejteket is, amelyek aztán szervkárosodást okozhatnak (pl. szívizomgyulladást).

Ha véletlenül a kórokozónak egy építőpajza megegyezik a gazdaszervezet fehérjéjében található építőpajzsal, az ellen

vírus, baktérium számos ilyen aminosav-szekvenciát hordoz: pl. az egyik májgyulladás okozó vírusban, a HBV-ban kb. 3000 emberi építőpajzra emlékeztető szekvenciát találunk! Ha a kórokozó által okozott betegség nagyon súlyossá válik, megtörik a saját építőpajz iránt tanú-



Vakcinafejlesztés, amely több, egymástól eltérő antigéntulajdonságú kórokozó ellen is védelmet nyújt:

1. az egyes kórokozók felszínére jellemző antigének,
2. mesterséges fehérjék, amelyekbe beillesztették az antigén-szekvenciákat, 3. egerek immunizálása ezekkel a fehérjékkel, 4. az antigént nagy affinitással felismerő immunglobulin-molekulák kiválogatása, a kölcsönható ellenanyagdarabok aminosavsorrendjének megállapítása, 5. a mesterségesen előállított, mindhárom kórokozó ellen hatásos vakcina szerkezete

sított „tolerancia”: kialakul az immunválasz, ami gyógyuláshoz, de gyakran autoimmun kórképek kialakulásához vezet.

Az eddigieket összefoglalva elmondhatjuk, hogy a természetes fertőzés sokkal veszedelmesebb, mint azt az okozott, akut betegség alapján ítéljük. Pár napos, enyhe tüneteket okozó betegség, vagy tünetmentes fertőzés is járhat (esetleg évtizedekkel később kialakuló) szörnyű következményekkel: rosszindulatú, krónikus gyulladással járó vagy autoimmun betegségekkel. Az „öregkori” betegségek (ízületi gyulladás, keringési betegségek, elbultulás, agyi katasztrófák, infarktus, dagاناتok) jelentős része korábbi, lényegtelennek ítélt fertőzések következménye. Csak anynyi közül van az öregkorhoz, hogy minél hosszabban élünk, annál több fertőzésnek, annál több virulenciafaktor hatásának vagyunk kitéve.

A védőoltás célja az immunrendszer megismertetése a kórokozó életfontosságú antigénjeivel, epitópjaival anélkül, hogy a kórokozó virulenciagénjei kifejthetnék hatásukat. A kórokozó számára minél inkább életfontosságú antigének ellen alakul ki immunválasz és minél kevesebb virulenciafaktor tud érvényesülni, annál jobb egy védőoltás.

Jenner, a vakcinálás felfedezője, a tehénhimlő kórokozóját, a vakcínia-vírust használta a himlő elleni védekezésre, anélkül, hogy tudta volna, a két vírus szerkezeti fe-

hérjei nagyon hasonlóak, de a vakcína virulenciafaktorai a szarvasmarha immunrendszerének módosítására fejlődtek ki, emberben kevésbé hatásosak. Így a vakcínia-fertőzés emberben enyhe betegséget okoz, de a kialakuló immunválasz hatásos védelmet jelent a feketehimlő-fertőzéssel szemben. A középkorban a himlőjárványok esetenként a lakosság harmadát is elpusztították, több százmillió áldozatot szedve. Érdeemes itt megjegyezni, hogy a himlő lett az első olyan betegség, amelyről az orvostudomány megszabadította az emberiséget. Az sem mellékes, hogy az egész világra kiterjedő oltási kampány költsége kevesebb volt, mint hat darab vadászbombázó ára!

A védőoltások fejlesztésének következő lépése Pasteur nevéhez fűződik, aki hatá-

nyiségben előállított kórokozót tisztított, elpusztították, így a fertőzőképtelen vírusokat vagy baktériumokat használják immunizálásra. A második világháborút követően a fejlett világban borzalmas járványokat okozott a gyermekparalízis vagy polió. Az iskoláskorú gyermekek, de sok felnőtt is elkapta az enyhe tüneteket okozó betegséget. Mindenki gyorsan gyógyult, ám a gyógyulást követően sokan megbénultak, a bénult végtagok elsorvadtak, s ha a bénulás a légzőizmokat is érintette, a betegek meghaltak. A járványok után kórházi osztályok voltak tele olyan fiatalokkal, akik csak „vastüdőben”, lélegeztető készülékekben tudtak életben maradni.

Jonas Salk nevéhez fűződik a gyermekbénulás elleni védőoltás kifejlesztése. A majomvese-sejtekben elszaporított, tisztított, kémiaileg hatástalanított vírusokat használták fel immunizálásra. A védőoltás egy csapásra véget vetett a járványoknak a világ fejlett országaiban. A „harmadik világban” azonban tovább pusztít a kór, s a háborúk, a tévhit és a vallási fanatikusok ellenállása a mai napig megakadályozta a vírus végleges kiirtását.

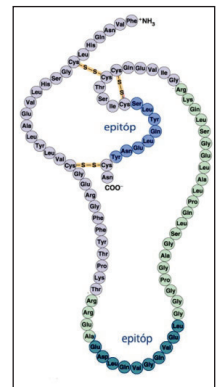
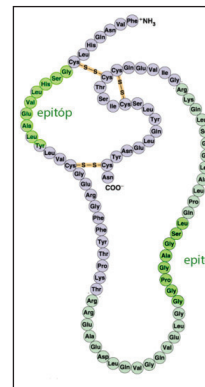
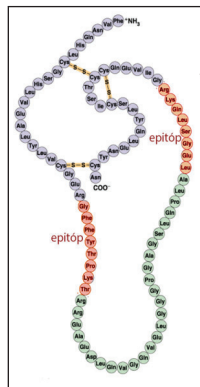
A virulenciagénektől másképp is meg lehet szabadulni. A kórokozót nemcsak a gazdaszervezetben lehet szaporítani, hanem más élőlényben (pl. termékeny tojásban) is, vagy sejtenyészetekben, ahol nem működik az immunrendszer. Ilyenkor a virulenciagének felesleges-

szos vakcinákat állított elő olyan szörnyű betegségek ellen, mint a veszettség vagy a lépfene. Megfigyelte, hogy a fertőzött

szervek (pl. veszettség esetében a nyúl agyának) száritása, hőkezelése stb. csökkentik a kórokozó fertőzőképességét anélkül, hogy az antigén sajátságai elvesznének. Mai szóhasználat: az élő kórokozók számának jelentős csökkentése azok virulenciagénjeinek aktivitását is csökkentette, káros hatásukat alig tudták kifejteni. Az előlt kóro-

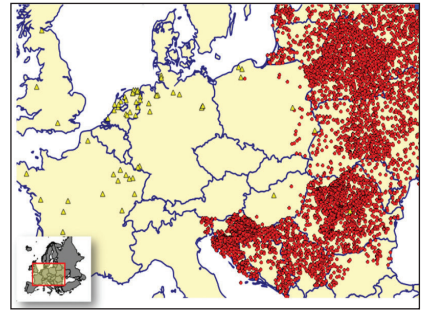
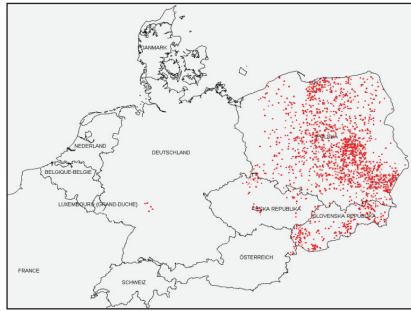
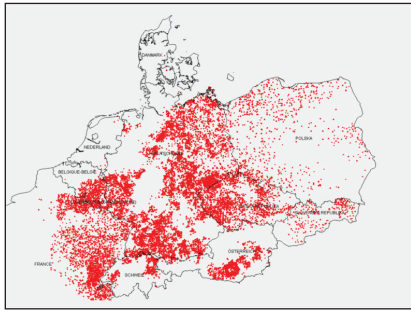
zók fehérjei viszont éppoly hatásosak voltak immunválasz kiváltására, mint az élők.

Lényegében ennek a módszernek a tudományos alapokon való továbbfejlesztése vezetett számos, ma is használt védőoltás előállításához. A nagy meny-



Az immunrendszer sejtjei a fehérjék rövid szakaszait, a peptidszekvenciákat ismerik fel, ezekhez kapcsolódnak majd az ellenanyag- (immunglobulin-) molekulák, az ilyen szekvenciákat bemutató sejteket megölik a (citotoxikus T-) immunsejtek. Az egyes emberek immunsejtjei egyazon fehérjén belül más és más szekvenciákat ismernek fel epitópként (piros, kék, ill. zöld)

sé válnak, a mutációk miatt működés-képtelenné válhatnak, a kórokozó hajlamos elveszteni azokat. Ezt a folyamatot „attenuálásnak”, gyengítésnek nevezik. A gyengített kórokozót a szervezetbe juttatva az kiváltja az immunválaszt, de viru-



A veszettség visszaszorulása Európában a csalival történő immunizálás hatására. Hasonló, „ehető” vakcinák (pl. GMO-banán, -saláta stb.) kifejlesztése folyamatban van olyan emberi betegségek ellen is (pl. kolera, vérhas stb.), amelyek elmaradott országokban pusztítanak, ahol nincs, vagy rossz az orvosi ellátás (A piros pöttyök egy-egy veszettséggel történt fertőzést jelentenek)

lenciáját elvesztette, nem képes károsan befolyásolni az immunrendszert. Ilyen élő, gyengített vírust tartalmaz a Sabin által kifejlesztett polióvakcina, amit nem oltással, hanem kiskanállal, szájon át adnak a kisdedeknek.

A genetikai módszerek fejlődése oda vezetett, hogy ma már olyan védőoltást is gyártani tudunk, ami nem is tartalmaz géneket, csak antigént. Az elölt kórokozóból ki lehet tisztítani az antigénfehérjét (ez az ún. *split* vakcina), vagy a kórokozó fehérjéjét megtermeltethetjük ártalmatlan sejtekkel: élesztőgombákkal, vagy akár tenyésztett emberi sejtekkel is. A májgyulladást, cirrózist és májrákot is okozó HBV elleni védőoltás csak a vírus felszíni antigén-fehérjéjét tartalmazza, amit élesztősejtek vagy emlőssejtek termelnek, így virulenciagéneknek és azok termékeinek nyoma sem lehet az oltásban.

Sajnos, immunrendszerünk nemcsak a kórokozókat ismeri fel, hanem azt is képes felmérni, mennyire *veszedelmes* az idegen. Az elölt vírus a tisztított antigén esetén érzékeli, hogy azok nem jelentenek komoly veszélyt. Kialakul ugyan az immunválasz, de nem igazán robusztus, pár év alatt hatása jelentősen csökken. Ilyenkor „emlékeztető” oltásra van szükség, vagy olyan anyagokat kell az antigén mellé adni, amelyek veszély érzetét keltik. Ilyen „*adjuváns*” lehet minden gyulladáskeltő anyag, pl. az elölt baktérium, az olajemulzió vagy szervesetlen kolloidok. (Emberi védőoltásokban csak az ártalmatlan alumínium-hidroxidot szabad használni, hatásosabb, még ártalmatlanabb adjuvánsok fejlesztésén sok laboratórium dolgozik.)

A *védőoltások célja valóban az immunrendszer manipulálása*, de jó értelemben vett manipulálása: el kell hitetni az immunrendszerrel, hogy az ártalmatlan antigén, amit a védőoltással bejuttatunk a szervezetbe, az veszedelmes kórokozó, amely ellen életre szóló, hatásos választ kell adni.

AXXI. század genetikai, bioinformatikai és immunológiai tudománya minden eddiginél jobb védőoltásokat ígér. Akár ismeretlen kórokozóból is ki tudjuk vonni az

örökítő anyagot, fel tudjuk szaporítani a holt organizmusok DNS-ét és meg tudjuk állapítani annak nukleotidsorrendjét. Ennek ismeretében bioinformatikai módszerekkel azonosíthatjuk géneinek jellegét és feladatát, meg tudjuk keresni azokat az antigéneket, amelyek ellen a kialakuló immunválasz a leginkább életképtelenné teszi a támadót, kiválaszthatjuk azokat az epitópokat, amelyek ellen a legtöbb ember képes védekezni anélkül, hogy autoimmunitás alakulhatna ki szervezetükben.

A kórokozó genetikai anyagának ismeretén alapuló, megtervezett, ún. *reverz vakcinálás* még az olyan furfangos ellenségeink ellen is védelmet fog jelenteni, mint a HIV, a malária, a dengue-láz, vagy a jövőben megjelenő, eddig ismeretlen kórokozók. Számos olyan vírust, baktériumot, parazitát ismerünk, amelyek „félrevezetik” az immunrendszert, olyan választ képesek kiváltani, ami nem képes megvédeni bennünket a kórokozóval szemben. A szájherpesz vírusa az idegsejtekben lappang, sejtről sejtre jut át, nem kerül a vérkeringésbe. De képes arra, hogy a megfertőzött egyénekben nagyon erőteljes ellenanyag-termelést váltson ki, ami haszontalan, mert a sejten belüli vírussal szemben nem jelent védelmet. A vírus által hordozott *domináns* antigén váltja ki ezt a hatást. Bioinformatikai módszerekkel kiválaszthatjuk azokat az epitópokat, amelyek természetes fertőzés esetén nem váltanak ki immunválaszt, viszont életfontosságúak a kórokozó számára. Ezekkel immunizált egyéneknél nem tud a betegség kialakulni.

Ma már kezdjük ismerni azokat a kis molekulájú fehérjéket (citokinek, kemokinek), amelyek meghatározzák az immunsejtek működését, vándorlását. Ezekkel befolyásolni tudjuk az immunválasz kialakulásának jellegét, irányát, intenzitását stb. Az immunrendszer mesterséges befolyásolásával, *immunmodulációval* elérhetjük, hogy a herpeszfertőzés válaszaként ne ellenanyagok termelődjenek, hanem olyan T-sejtek, amelyek gátolni tudják a vírus

szaporodását a sejtekben vagy – ha szükséges – képesek elpusztítani a vírussal fertőzött sejteket.

Az immunmoduláció új távlatokat nyit a védőoltások területén. Idáig a cél mindig külső ellenséggel szembeni védelem kialakítása volt. Az orvostudomány fejlődése, az egyre jobb vakcinák mindinkább háttérbe szorítják a fertőző betegségeket. Ugyanakkor mind több a daganatos vagy krónikus gyulladásos betegségben, autoimmun kórképekben szenvedő beteg. A rosszindulatú betegségekben az immunrendszer túlságosan nagy *toleranciát* tanúsít a „*veszedelmes saját*” sejtekkel szemben, amíg autoimmun-betegségekben a „*veszélytelen saját*” sejteket pusztítja. Megfelelő vakcinák és immunmoduláló citokinek kombinációival reményeink szerint meg lehet majd törni a tumorsejtekkel szemben tanúsított toleranciát és rá lehet majd ébreszteni az immunsejteket, hogy ölni kell, felderítve a legapróbb áttéteket is. Más moduláló módszerekkel viszont elő lehet majd segíteni azoknak az immunsejteknek (reguláló T-sejtek, B-sejtek stb.) a felszaporodását, amelyek felelősek a „*veszélytelen saját*” sejtek védelméért, amelyek véget tudnak vetni az autoimmun- vagy krónikus gyulladással járó, önpusztító immunfolyamatoknak.

Az eddigiek alapján kijelenthetjük, nagyon téves az a nézet, hogy a természetes fertőzés kiállása hasznos a szervezetnek. A betegség mindig súlyosabb következményekkel jár, mint a védőoltás okozta esetleges tünetek, a kórokozó hosszú távon befolyásolja a gazdaszervezet működését, gyengítheti, módosíthatja az immunrendszer működését, daganatos, autoimmun-, vagy krónikus gyulladással járó betegségek kifejlődését segítheti elő. Az is világos, hogy a korszerű vakcinák nemcsak azért jók, mert az akut betegség ellen védenek, hanem mert megelőzik a kórokozók virulenciafaktorainak hosszabb távú hatásait is, az „*öregkori*” betegségek kialakulása ellen is védelmet jelenthetnek.

RADNAI GYULA

Ily korban éltünk mi e földön...

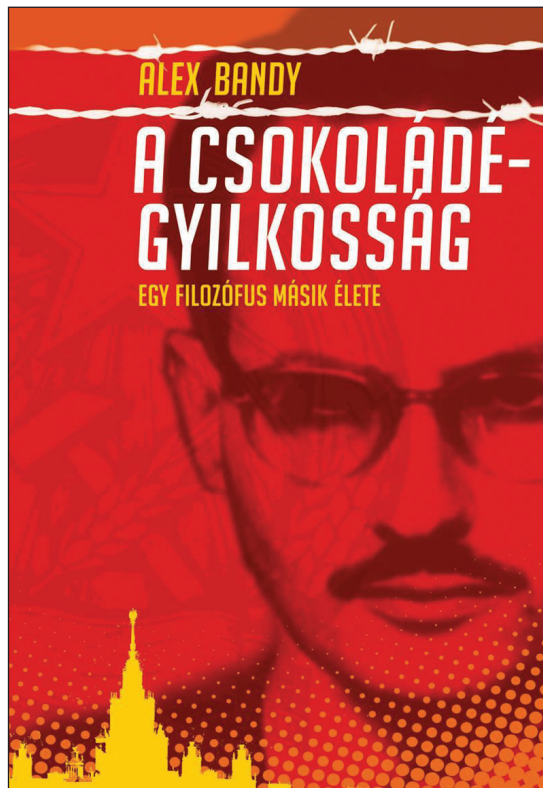
Kordokumentumok Lakatos Imre életrajza nyomán

2014-ben jelent meg Alex Bandy „*A csokoládé-gyilkosság*” című 672 oldalas könyve, amely a 2010-ben kiadott *Chocolate and Chess* c. 476 oldalas könyv fordításának, hazai viszonyokra való adaptálásának, kiegészítésének tekinthető. A fordítást maga a szerző végezte 2011–12-ben, az Akadémiai Kiadó pedig gyors volt és körültekintő: a papírkötésű könyv sokszori kinyitogatás, előre-hátra lapozgatás közben se esik szét lapjaira, köszönhetően a Gyomai Kner Nyomda kiváló munkájának.

Pedig ez a sokszori előre-hátra lapozás elkerülhetetlen a könyv olvasása közben, mivel az alapszöveg a 437. oldalon befejeződik, s ezt követi 550 apró betűs jegyzet, több mint 160 oldalon. Minden bizonnyal megkönnyítette volna a könyv olvasását, ha a jegyzetek mindig annak az oldalnak az aljára kerültek volna, ahol hivatkozás történik rájuk, azonban a szerző jegyzeteinek hossza időnként több oldalt tesz ki, s ez bizony nehezen áttekinthetővé tette volna magát az alapszöveget.

A „*Jegyzetek*”-et egy rövid, „*Életutak*” c. rész követi, amely a könyvben fontos szerepet játszó 28 férfi és négy női pártmunkás rövidebb-hosszabb terjedelmű életrajzát tartalmazza a szerző megfogalmazásában. Ők valamennyien fontosak voltak Lakatos Imre életében, kiválasztásuk indokolt. Vannak közöttük ismert, koruk hazai politikáját döntően befolyásoló személyek, mint Gerő Ernő, vagy Andics Erzsébet, de vannak olyanok is, akik tevékenységéről kevés információjuk lehetett akkoriban – s azóta is – az embereknek (Lutter Éva, Szemerényi Oszvald). E harmincét személy azonban csak törtrésze a könyvben szereplő rengeteg személynek, akik Lakatos életében valamilyen szerepet játszottak, s akik közül több mint fél-száz csak a nők száma.

Aprópó, nők. Lakatos Imre bonyolult, ellentmondásos személyiségének illusztrálására idézzünk fel három olyan női véleményt a könyvből, amelynek szerzői nem szerepelnek az *Életutakban*, mégis elég közel álltak Lakatoshoz ahhoz, hogy sikerüljön megragadniuk és tömören megfogalmazniuk róla valami jellemzően fontosat:



Majerszky Klára (1915–2008): Szerintem Lakatos egy pszichopata volt, és mint tudjuk, sok ilyen ember egyben zseni is. (157.old.)

Förster Vera (1924–2012): Egy infantilis szörnyeteg és a legbriliánsabb ember, akivel valaha is találkoztam. (265.old.)

Ságvári Ágnes (1928–2000): Mindenkiről a legrosszabbat tétélezte fel... Ha egy szóban kéne összefoglalnom, a „démoni” szót használnám. Allandóan feljelentgetett embereket. Nagy ambíció volt benne, hogy a párt egyik vezetője legyen... (210.old.)

Az „*Életutak*” után következik 18 oldal „*Bibliográfia*”, mintegy hatszáz olyan könyv, cikk, tanulmány felsorolásával, amelyet felhasználhat a szerző könyve megírásához. Ezt még kiegészíti egy „*Függelék*”, több mint ötven címmel. Végül a „*Névmutató*” és néhány fénykép zárja a sort. A fényképek Lakatos Imre

második feleségének, a ma is élő Pap Évának a gyűjteményéből valók, a *Névmutató* pedig annak az olvasónak tesz nagy szolgálatot, aki csupán egy-egy személy iránt érdeklődik, de szeretne mindent elolvasni, ami erről a személyről a könyvben szerepel. El kell ismerni, hogy egy ekkora terjedelmű és ilyen sokszereplős könyv névmutatóját szinte lehetetlen hibátlanul elkészíteni, és bizony ebből a könyvből is kifelejtődött (vagy szándékosan kimaradt?) néhány fontos odautalás. A mű keletkezéséről írja a szerző a Bevezetőben: „*Kezdetben csak barátomnak, Lee Congdonnak, majd később Jancis Longnak igyekeztem segíteni. Ők időközben megírták a tanulmányaikat, én azonban még mindig találtam újabb olvasnivalót, a levéltárak munkatársai pedig jelezték, ha új anyagokat kaptak. Az amerikaiak*

is küldtek anyagot Mr. Lakatosról, és lassan kezdett kialakulni a kép. Mindennek a csúcsa az volt, mikor teljesen váratlanul egy hatalmas csomag érkezett az angol Home Office-től.” Alex Bandy ekkor már megszállottan kutatta nemcsak Lakatos Imre életét, hanem azt a szűkebb és tágabb társadalmi környezetet is, amelyben Lakatos élt Magyarországon. Az angliai dokumentumok is leginkább erre az időszakra utaltak, és a könyv majdnem legutolsó fejezetébe kerültek bele, amelynek a szerző ezt a címet adta: „*Lakatos Imre önéletrajza*”. Sajnos Lakatos Imre angliai életéről alig esik szó a könyvben.

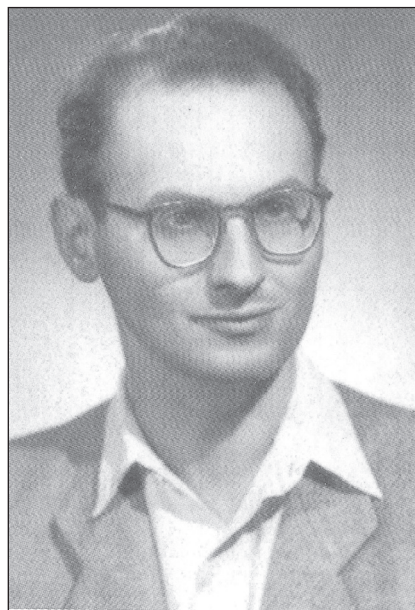
A könyv alcíme: „*Egy filozófus másik élete*”. Valóban, Lakatos Imre személye éppen filozófusi tevékenysége folytán került az érdeklődés előterébe először Angliában, majd itthon is. Lakatos *Proofs and Refutations* című nagy tanulmányából készült könyv 1981-ben jelent meg ma-

gyarul, *Bizonyítások és cáfolatok* címmel. Ekkor Lakatos már nem élt. Viszont még Lakatos életében látott napvilágot Vekerdi László elismerő kritikája a mű angol eredetijéről, amely folytatásokban jelent meg a *British Journal for the Philosophy of Science* c. folyóiratban 1963–64-ben.

A Jegyzetek között olvashatjuk, mindjárt az Első fejezet első megjegyzésében, hogyan reagált Lakatos, amikor kezébe került Vekerdi László írása:

Lakatos 1971. június 16-án ezt írta Balázs Vilmának: „nagyon meg voltam hatva a Valóság könyvkritikájától (Vekerdi). Hallom, hogy Vekerdi Németh Lászlós. Ilyen az élet.”

Vekerdi később, 1984-ben is írt az akkor már magyarul is olvasható műről, mégpedig a Világosság c. folyóiratban, s mint Alex Bandy kiemeli, „született és szenvedélyes nagy kereső”-ként jellemezte Lakatos Imrét. Vekerdi László 1963-tól a Matematikai Kutatóintézetben Rényi Alfréd „védőzárnyai alatt” dolgozott egészen Rényi haláláig, 1970-ig, Lakatos Imre pedig 1953 és 1956 között volt Rényi pártfoglaltja és Pólya György *How to solve it? (A gondolkodás iskolája)* c. könyvének fordítója a Matematikai Kutatóintézetben.



Moszkvai képe

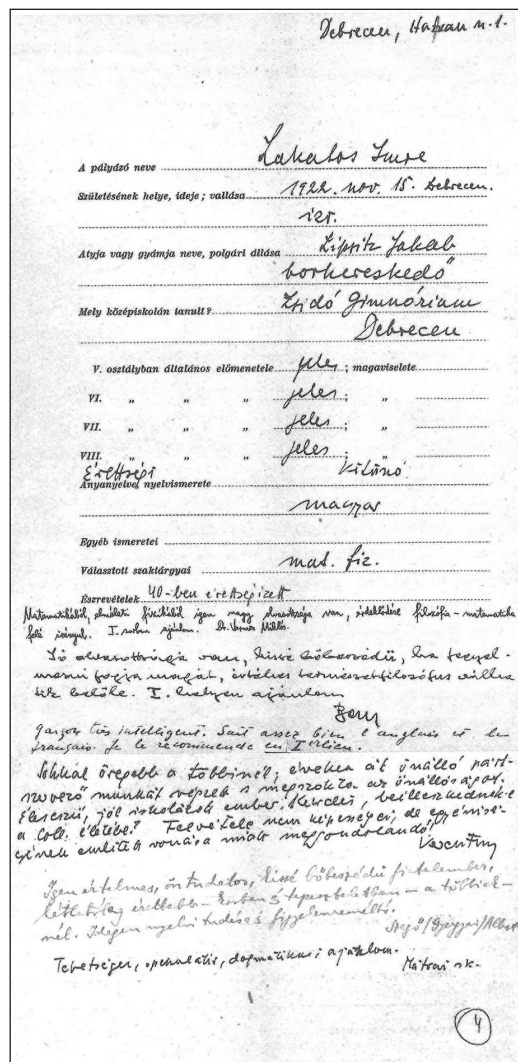
Itt tehát személyesen nem találkozhattak, viszont nagyon valószínű, hogy a hatvanas években Rényi hívta fel Vekerdi figyelmét az akkor már Londonban dolgozó Lakatosra.

A könyv előzményének tekinthetjük a már említett két nagy tanulmányt, az 1998-ban Lee Congdon tollából megjelent *„Bűn és büntetlenség – Az ismeretlen Lakatos Imre”* címűt és az 1999-ben Jancis Long által publikált *„Lakatos Im-*

re Magyarországon” címűt. A címek is jelzik az amerikai és angol szerzők alapvető szándékát: felkutatni és bemutatni a 34 éves korában Angliába került filozófus magyarországi életét, tevékenységét. A tanulmányok alcímeiből pedig kiderül, mit tartottak Lakatos életében meghatározó fontosságúnak. Lee Congdon (történész): A démonikus forradalmár. Izsák Éva halála. A pártpolitikus. Az Eötvös-kollégium szétverése. Az internálás. 1956 és előzményei. Jancis Long (pszichológus): 1922-1944: Túlélni a faszizmust. 1945-1948: Az új kommunizmus építése. 1949-1953: Túlélni a kommunizmust. 1954-1956: A kibontakozó tudós. Akinek nem bocsátottak meg. Epilógus.

Lee Condon tanulmánya a *Replika* c. kéthavonta megjelenő társadalomtudományi folyóiratban, Jancis Long tanulmánya a *Magyar Filozófiai Szemle*-ben jelent meg, mindkettő alapvetően a „beavott” olvasókra számíthatott. A *Beszélő* szélesebb körű olvasóközönsége azután 2003 novemberében találkozhatott Ungvári Tamás *„Eltárs és spicli jár a csöndben”* c. írásával Lakatos Imréről, amelyet még a következő hónapban követett Bándy Sándor (Alex Bandy) rövid, néhány oldalas válasza ugyanebben a folyóiratban. Ungvári Tamás, miután felelevenítette angliai emlékeit, így foglalt állást Izsák Éva halálának ügyében: „Az Izsák-ügy értelmezésén valamennyi Lakatos-életíró fennakad. Holott elegendő lenne tudomásul venni, hogy amennyiben az eset csakugyan úgy történt, ahogyan az eddig nem közreadott dokumentumok és a kellő gyanúval kezelendő kortársi emlékek állítják, akkor itt az ifjúkommunisták halálos főpróbája zajlott, mely egy diákcsinny színvonalán imitálta a kor egyik nagy tragédiáját.” A *„diákcsinny”* – ez lett Bándy Sándor válaszcikének első alcíme.

Ungvári Tamás más irodalmi analógiát talált, Arthur Koestler *Sötétség délben* c. regényét, Bándy Sándor viszont a sokak megintérvő kortárs és Lakatos közeli ismerősének egymástól függetlenül kifejtett véleményére, visszaemlékezésére alapozva továbbra is erőteljesen kiállt amellett, hogy a harmincas években magyarul (Karikás Frigyes fordításában) is megjelent *Csokoládé* adta a fő motivációt Lakatos és társai számára. Király István-



Lakatos Imre felvételi lapja az Eötvös Collegium tanárainak megjegyzéseivel (1945)

ra hivatkozott, aki szerint „a *Csokoládé* volt akkoriban Lakatos kedvenc könyve”, és Vitányi Ivánra, aki szerint a hivatásos forradalmárok számára „elfogadható volt Taraszov-Rogyionov *Csokoládé* című regényének embertelen és kártékony romantikája: amikor bűnbakra van szükség, mert a nép lázadzik a kommunisták ellen, az igazi forradalmár az áruló szerepét is vállalja, és pártküldetésként megy a bifófa alá.”

Bizonyára ez a *Beszélő*-ben lefolytatott vita is hozzájárult ahhoz, hogy Alex Bandy, vagyis Bándy Sándor könyvének angolul *Chocolate and Chess*, magyarul pedig a még inkább ráutaló *A csokoládégyilkosság* címet adta. Ugyanakkor a magyar cím félrevezető is lehet: azok, akik a szokásos értelembe vett krimit keresik benne, bizony csalódní fognak. Ez a könyv nem egy gyilkosság története, hanem fordulatos élettörténet egy alapvetően karrierista beállítottságú személy ifjú

és fiatal éveiről, amelyre egy kikényszerített öngyilkosság vet árnyékot. És közben Alex Bandy számos újabb interjú és fellelt titkos dokumentum segítségével támasztja alá azokat a tényeket, amelyek már az amerikai történész és az angol pszichológusnő írásaiból is ismertek voltak, akarva-akaratlanul is ijesztő, reális és meggyőző kórképet (kórképet!) fest a Rákosi-korszakról, annak vezető politikusa-iról. Ez ennek a könyvnek a valódi értéke.

Mi is ez a kórkép? Ide kívánczik Schöpflin Gyula megjegyzése, melyet az 506. oldalon, a 163. jegyzetben idéz Alex Bandy: „*a bolsevizmusnak sikerült egy olyan uralkodó réteget kialakítania, amelyet az önérdeken kívül elsősorban az egymástól való félelem abroncsa tart össze: a cinkosok uralma.*” Rákosi Mátyás meglepődött, amikor a Szovjetunióba menekítve magyarországi börtönéből, ott sok volt elvtársának már csak hült helyét találta, mert azok a sztálini önkény áldozataivá lettek. Ezek után itthon – Sztálin legjobb magyar tanítványaként – ő is ugyanazt a diktatúrát építette ki, és mindenben igyekezett Sztálint másolni. Bandy arra is talált bizonyítékot, hogy Rákosi antiszemitévá vált, és az író azt sejteti, hogy Rákosinak szerepe lehetett Lakatos elhurcolásában az Andrassy út 60-ba, majd Kistarcsára és végül Recskre. Ezt olvashatjuk a 227. oldalon, Vásárhelyi Miklósról hivatkozva: *Losonczy elmesélte, hogy Rákosi aznap érte küldetett, és egyszer csak azt mondta neki: „Tudja, ha nem vigyáztunk volna, ezek a zsidó gyerekek teljesen szétszedték volna a pártot.”* És ez a vélemény nem az 50-es években alakult ki Rákosi Mátyásban, hanem sokkal korábban. A könyv 115. oldalán olvashatjuk, mit írt Rákosi 1945. április 17-én, az egyik, Moszkvának küldött jelentésében: *„Új veszély a hazatérő zsidók felbukkanása is, akik korábban munkásszázadokban voltak és most hazatérnek. Megjátsszák, hogy született antifasiszták, belépnek pártunkba. Szinte kivétel nélkül sejtelmük sincs a kommunizmusról, viszont intelligensek, ügyesek, és a falvakban és kisvárosokban, valamint a rendőrségnél hamarosan vezető befolyásra tesznek szert...”* Néhány oldallal később Bandy hozzáteszi: *Mint ez számosan megírták, Rákosiéknak nem volt zsidótudatuk, nem azonosultak a zsidósággal, ugyanakkor sose tudták elfelejteni, mert sose hagyták, hogy elfelejtsék. Sztálin nagyonis számon tartotta, ki milyen származású.*

Alex Bandy könyvének megírásához különösen sok segítséget kapott Balázs Vilmától, aki megőrizte Lakatos Imre Londonból hozzá írt leveleit és hozzájárult Lakatos itt olvasható mondatainak publikálásához, valamint Farkas Vladimirtól, akinek „szakértelme” nemcsak az ÁVH-levelezés értelmezésekor volt nagyon hasznos. Ugyanakkor több fontos személy elzárkózott attól, hogy interjút adjon a szerzőnek, közöttük Kállai Gyula, Soós Levente, Csatári Dániel, valamint Lakatos Imre első felesége, Révész Éva, akinek máig be-



Feleségével, Pap Évával (Balatonvilágos, 1955)

tisztázott a szerepe Izsák Éva öngyilkosságában. Olykor a hozzátartozók is elzárkóztak a szerzővel való találkozástól, mint például Kerékgyártó Elemér özvegye, vagy Kenyeres Ágnes fia. Az egyik legmeglepőbb visszaütést Pál Lénárdtól kapta, akitől – Román Pál „Magyarországra emlékezem” c. publikálatlan írásában szereplő, és már Jancis Long által megírt hamis rémtörténet kapcsán – Lakatos Imre után próbált érdeklődni.

Saját családja is megjelenik időnként a könyv lapjain, de csak ritkán és visszafogottan. Édesanyjának egy fájó emlékét idézi fel a 156. oldalon, apja 1949-es letartóztatásáról és Recskre hurcolásáról pedig több helyen is olvas-

hatunk. Egy-egy félmondatban jelenik meg Bándy Sándor csendőrtiszt nagypapja és agrárszakember keresztapja. A könyv terjedelmének növeléséhez ennél jóval nagyobb mértékben járult hozzá, hogy az eredeti angol szöveg fordítása közben a szerző nem tudott kilépni saját liberális újságíró mivoltából és sorra kommentálta az aktuális politikai történéseket, analógiákat talált az egykori és az akkori helyzet között. Ezek a reflexiók időnként színesítik, legtöbbször azonban csak felhigítják a szerző elfogulatlan, csak az egykori tényeket szemlélő stílusát. Sokkal inkább illenének egy napilapba, mint egy tényfeltáró könyvbe.

Itt kell szólnunk azokról a fellelt hibákról is, amelyek egy következő kiadás során – amelyre könnyen sor kerülhet – feltétlenül kijavítandók. A 38. oldalon szerepel „Rózsa Péter” matematikus. A megadott születési és halálozási évszámokból nyilvánvaló, hogy Péter Rózsa matematikusról van szó, csupán a fordítás során maradtott meg véletlenül a névnek az angol írásmód szerinti fordított sorrendje.

A már említett Balázs Vilma születési évét nem közli a szerző, azonban a 88. oldalon az áll, hogy 1945-ben 18 éves volt. Ez valószínűleg tévedés; a Petőfi Körben felszólaló Balázs Tiborné (rőla van szó) a korabeli jegyzőkönyv szerint 1923-ban született.

Lakatos Imrének a felvételi adatlapja ma is megtalálható az Eötvös Collegium levéltárában. Az adatlap fényképét a könyv végén közli a szerző. Erről azt állítja a 149. oldalon, hogy Lakatos maga töltötte ki, ami valószínűleg szintén tévedés. Továbbá nem tudta elolvasni a szerző ezen a lapon az egyik fejközpontot, vagyis felvételizetető tanár aláírását. Eláruljuk: Bay Zoltánról van szó.

A 243. oldalon Farkas Vladimirt és Zinner Tibort „még élő” szakembereknek nevezi, holott Farkas Vladimir már 2002-ben elhunyt, csak ez az időpont előtt beszélgethetett vele a szerző, a magyar kiadás megfogalmazásakor már nyilvánvalóan nem.

Értelemzavaró elírás a „cinizmus” a „cionizmus” helyett a 246. oldalon, és az „üldözötteket bujtogattak” az „üldözötteket bujtattak” helyett a 336. oldalon.

Újra érdemes azonban leszögezni, hogy ennyi hiba, hozzávéve még néhány helyesírási hibát is, egy ekkora terjedelmű könyv első kiadásában valószínűleg elkerülhetetlen.

Miért ajánlható e könyv elolvasása? Az idősebb generációnak azért, mert segít megérteni az átélteket. A fiatalabb nemzedéknek azért, mert segít megérteniük apák életét.

TÄNCZER TIBOR

A műhold-meteorológia hazai története

Kezdetek – kibontakozás (1961–1990)

A XX. század ötvenes éveinek végére megérett a lehetősége Föld körüli mesterséges hold felbocsátásának. A meteorológia tudománya különösen sokat remélhetett a műholdak révén megvalósuló új megfigyelési technikától. 1959-ben pályára került, részben már meteorológiai küldetéssel, az amerikai Vanguard II és az Explorer VII kutató műhold, majd a következő évben, 1960. április 1-jén a TIROS I fellevésével megjelent az első kísérleti meteorológiai műholdsorozat.

Dési Frigyes, az Országos Meteorológiai Intézet igazgatója felismerte a légkör tudományának kibontakozó új ágában, a műhold-meteorológiában rejlő perspektívát. 1961-ben már a témával kapcsolatos szakirodalom nyomom követésére referenst bízott meg. A NASA és a Weather Bureau kiadványok sorozatával igyekezett alátámasztani a műhold-információk (televíziós felvételek, sugárzási adatok) óriási jelentőségét mind az elméleti kutatásban, mind a napi előrejelzési gyakorlatban. Ezek a kiadványok hozzánk is eljutottak. Az illusztrációkon lenyűgöző volt látni kontinentális méretekben a ciklonok, frontrendszerek összefüggő felhőzetét. A műhold-meteorológia új eredményeinek bemutatása tudományos rendezvényeink visszatérő témája lett.

1962 elején a TIROS sorozatnak már a negyedik tagja került pályára. Egyidejűleg a géptávírókra épülő telekommunikációs rendszeren keresztül megindult a felhőképek alapján összeállított felhőanalízis-térképek, az ún. nefanalízisek továbbítása. Ez már némi lehetőséget adott hazai vizsgálódásra is. Operatív felhasználásról az időbeli késés miatt nem lehetett szó. A vizsgálatok olyan irányban kezdődhettek el, hogy a földi és a műholdas felhőszelzés nyújtotta felhőzeti információk mennyiben fedik egymást. A kutatómunka hamarosan kiegészülhetett már a mi térségünkről készült TIROS IV felvételekkel. Ezeknek birto-

kában már saját nefanalíziseink alapján végezhetünk összehasonlító vizsgálatokat. Az első hazai publikációk ilyen próbálkozásunkról számolhattak be.

A Meteorológiai Világszervezet (WMO) lehetővé tette, hogy két fiatal kutatónk (egyikük a jelen cikk szerzője) a műhold-meteorológiában élenjáró

dését vizsgálta. A műholdfelvételek tükrében először kaptunk képet az ilyen ciklonnak spirális felhőzetéről és hidegfrontjának a Földközi-tenger medencéjébe hosszan elnyúló felhőövről.

A műhold-meteorológia utáni érdeklődés egyre szélesebb körben megnyilvánult. Eleinte a meteorológus szakemberek figyelmét keltették fel az új megfigyelési technika produkumai.

Különböző fórumokon megindultak a továbbképző előadások. Az Időjárás c. szakmai folyóiratban megjelentek az első műhold-meteorológia eredményeiről szóló cikkek. Mindezt az tette lehetővé, hogy a meteorológiai műholdakat működtető és a megfigyeléseket közvetlenül felhasználó intézmények (az amerikai NASA, NOAA, illetve a szovjet MMC) folyamatosan ontották a publikációkat, amelyeket a meteorológiai szolgálatokhoz, köztük hozzánk is eljuttattak.

Hamarosan más tudományterületek részéről is jelentkezett igény annak megismerésére, mit hozhat számukra az új információforrás. Megkezdődött a műhold-meteorológia népszerűsítése is, ami elsősorban az Asztronautikai Szakosztály, a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat és a Magyar Meteorológiai Társaság rendezvényei keretében történt. A műhold-meteorológia elismertségét jelzi az egyetemi

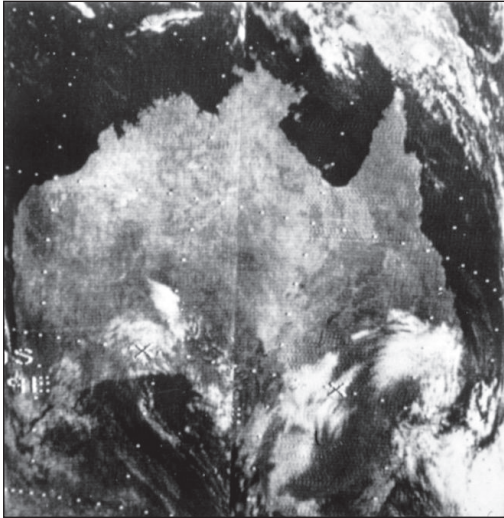
oktatás részéről az a tény, hogy 1964-ben már két meteorológus hallgató diplomamunkája tárgyául ilyen témát kapott.

Az érdemi kutatást hátráltatta, hogy térségünkről műholdfelvételek csak csekély számban álltak rendelkezésre. A TIROS műholdak ugyanis zárt rendszerben működtek, azok adását csak az USA tudta venni. De 1964-ben már kísérletet tettek a Nimbus-1 műholdon az ún. APT,



Egy TIROS műhold

országokban, az Amerikai Egyesült Államokban és a Szovjetunióban ösztöndíjasként tanulmányozhassa a műholdas megfigyelésekre támaszkodó új eredményeket. Az ösztöndíjas út alatt sikerült hazánkra jellegzetes időjárási helyzeteket ábrázoló műholdfelvételekhez hozzájutni. Az ezekre alapozott első tanulmány hazánk időjárása szempontjából meghatározó, ún. genovai ciklon fejlő-



Egy Nimbus-felvétel Ausztráliáról, 1969-ben

automatikus képtovábbító rendszer kifejlesztésére, amelynek lényege, hogy a felvételek azok elkészültével azonnal kisugárzásra kerülnek. Ezzel az ún. TOS-rendszerrel (TIROS Operational System) az 1966-ban felbocsátott ESSA operatív műholdsorozat páros tagjait látták el. Megfelelő vevőberendezéssel most már a műhold vételi körzetén belül lehetővé vált az aktuális felhőképekhez való közvetlen hozzájutás.

1967 őszen műszaki szakembereink kifejlesztették a műhold vételre alkalmas vevőrendszert. A képi formátumú megjelenítést a fotoregisztrálásra szolgáló, az Egyesült Királyságban gyártott Muirhead-berendezés tette lehetővé. Ily módon az atlanti-európai térségből a dél-előtt 9 órás helyi időben készülő képeket három pályáról sikerült levenni (általában 8 képet). Óriási előrelépés volt ez akkor. 1968 januárjától a műholdképek vétele gyakorlatilag folyamatossá vált. A vétel a pestlőrinci Aerológiai Observatóriumban történt. Az Előrejelző Osztály Budán, a központban volt, ami a képek előrejelzésben való hasznosításánál problémát jelentett.

Döntő fordulat – az Interkozmosz megalakulása

A kutatás számára kedvező fordulatot hozott az Interkozmosz szervezet megalakulása. Már az 50-es évek második felében létrejött a nemzetközi űrkutatási bizottság, a COSPAR (Committee on Space Research), majd a 60-as évek első felében a szűkebb európai egyesülések, köztük az ESRO (European Space Research Organization). Ez a tény hasonló együttműködés kialakítására sarkalta a szocialista országokat. 1967 végén az Interkozmosz szer-

vezeten belül Potsdamban megalakult a Koszmikus Meteorológiai Állandó Munkacsoport. Létrejött a meteorológiai műholdakról nyert információkra (felhőképek, sugárzási adatok) épülő együttműködés. Idehaza felállították az űrkutatási Bizottságot, amely jelentős anyagiakkal támogatta az űrkutatási tevékenységet. A témával foglalkozó egy-két szakemberrel szemben a kutatásba a Meteorológiai Intézet különböző részlegeiből az ELTE Meteorológiai Tanszékének bevonásával már mintegy 20 fő kapcsolódott be. Ezzel a műhold-meteorológia kiemelt szerephez jutott, elkezdődhetett a szervezett kutatómunka és megszerzett elméleti ismeretek és most már saját vételből származó műholdfelvételek alapján.

Ekkorra az űrkutatás nemzetközi téren is teljes polgárjogot nyert a tudományos életben. Ezt a tényt dokumentálta az 1968 augusztusában Bécsben rendezett „A világűr békés felhasználása” tárgyában rendezett nagyszabású konferencia, amelyen hazai szakemberek is részt vettek. A meteorológiai szekcióban elhangzott előadások nyomán először nyílt alkalom a műholdak által elért eredmények teljes keresztmetszetének megismerésére.

1970-ben a Meteorológiai Intézet Szolgálatát (OMSZ) alakult. Ez az esztendő egyben a magyar meteorológia szervezett keretek közötti megalakulásának 100 éves jubileuma volt. Az ünnepi ülészen számos ország képviseltette magát. A jubileumi ülésen már a hazai űrkutatás saját eredményekről számolhatott be.

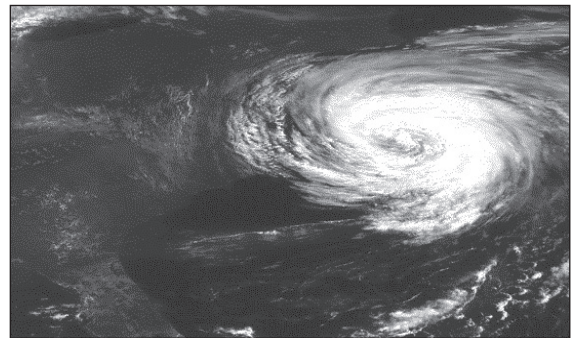
Kutatási eredményeinkről sorra jelentek meg dolgozatok. Hogy csak néhány példát említsünk: megtörtént a hegyek mögött keletkező lee-hullámok, a vízfelszín fölött kialakuló konvektív cellák és felhőutak, a mediterrán ciklonok műholdfelvételeken történő vizsgálata. Tanulmány született a nagytérségű felhőzet mezo szerkezetéről. Mind nagyobb szerepet kaptak a kutatásban a műholdas sugárzási adatok. Az infravörös sugárzási mezőben vizsgálták a ciklonok és frontok megjelenését. Meghatározták a Föld-légkör rendszer sugárzás háztartásának komponenseit. Kiszámították a légkör által elnyelt napsugárzási energiát. Körvonalazódtak a műholdas sugárzási adatoknak a légköri diagnosztika számára nyújtott lehetőségei, különösen

is a légnedvesség, az ózontartalom és az aeroszok mennyiségének detektálhatósága terén.

A nemzetközi együttműködés hamarosan meghozta gyümölcsét. A kapott eredményekről két közös kiadvány született a Gidrometeoroidat kiadásában: „A felhőzet mezométerű sajátosságairól nyert adatok felhasználása az időjárás analízisében” (1973) és „A földközi tengeri ciklonok a felhőzet mezejében” (1975) címmel.

Az OMSZ elnöke súlyt fektetett arra is, hogy az Interkozmosz mellett a nyugati világ nemzetközi műhold-meteorológiai tevékenységbe is bekapcsolódjunk. A már említett, Bécsben rendezett konferenciát követően 1970-ben részt vettünk a leningrádi COSPAR-kongresszuson. A COSPAR-on belül akkor hét munkacsoport működött. A meteorológia „Az űrkutatás alkalmazása a meteorológiára és a Föld fényképezésére” elnevezésű munkacsoportban szerepelt.

Idehaza a műholdképek operatív felhasználása terén is előrelépés történt. Az új vevő- és antennarendszernek köszönhetően a vétel tökéletesebbé vált, a képek minősége javult. A Központban elhelye-



Hurrikán műholdképe a hátsorból

zett fotoregisztráló berendezéshez a jelek telefonkábelén érkeztek. A képek alapján elvégeztük a felhőzeti mező analízisét, feltüntetve annak lényeges sajátosságait olyan térképfomátumon, amit az Előrejelző Osztály használt (nefanalízis-térkép). Emellett a különböző pályákról érkező felhőképeket ún. mozaikképpé szerkesztettük össze. Mindkét információt már figyelembe vették az időjárás előrejelzés készítésének folyamatában.

Az Asztronautikai Szakosztályon belül „Földfelszíni és meteorológiai megfigyelések a világűrben” elnevezéssel új munkacsoport jött létre. Ebben a geofizika, geológia, térképészet, vízgazdálkodás, légi fényképezés, mezőgazdaság képviseltette magát. A havonta megtartott találkozók jó lehetőséget adtak az eszmecsere és felszínre hozták azokat a problémákat, amelyekben az újfaj-

ta műhold-információ alapján előrelépés történhetett. Egyúttal körvonalazódtak azok a területek, ahol a hazai szakemberek együttműködése kívánatos és eredményel járhat.

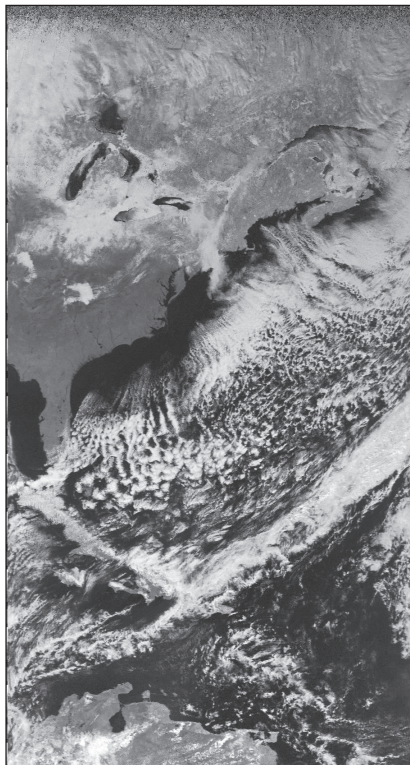
A műhold-meteorológia rangját emelte az a tény, hogy 1973-ban az Eötvös Loránd Tudományegyetemen a műhold-meteorológia a meteorológiai oktatás részévé vált, egyelőre még fakultatív formában. Néhány év múltán azonban már kötelező tárggyá lépett elő. Érdeklődés merült fel a Magyar Honvédség Repülési Időjelző Központja részéről is, ahol szintén megindult az ilyen irányú képzés.

Az erők összevonása – a Kozmikus Meteorológiai Főosztály létrehozása

1974-ben Dési Frigyes nyugdíjba vonulásával új, fiatalokból álló vezetés került az OMSZ élére. Ez változást hozott a kozmikus meteorológia szervezeti formájában. Megszüntették az ilyen kutatások széttagoltságát, és arra törekedtek, hogy ezen a területen munkálkodó egységeket lehetőség szerint egyetlen főosztály keretén belül egyesítsék. A főosztály elhelyezésére a pestlőrinci Központi Légkörfizikai Intézetet jelölték ki, ahol a meteorológiai műholdak adatait vették és ahol a magas- és felsőlégkörre vonatkozó kutatások folytak. Ezzel a műholdképek vétele és feldolgozása közel került egymáshoz. A főosztály keretébe tartozó felsőlégkör-kutatásra a területi korlátok miatt itt most nem térhetünk ki.

A műhold-meteorológiát két osztály képviselte. A Műhold-meteorológiai Osztály volt hivatott a műholdképek értékelésére az előrejelző szolgálat számára, azok archiválására, és a képekre épülő, elsősorban az időjárás előrejelzését szolgáló kutatások végzésére. A Műholdas Sugárzási Osztály pedig elsődlegesen a műholdas sugármérésekből a légköri állapotjelzők leszármaztatóságának és a sugárzási egyenleg meghatározásának kérdésével foglalkozott.

A felhőzeti információt még az 1968-ban felbocsátott ESSA-8 műhold televíziós felvételei jelentették. Bár az új generációs műhold család (TIROS-M) 1970-ben megjelent, rendszeres vétele nálunk csak 1976-ban indult el. Az új műholdszéria annyiban jelentett változást e téren, hogy a televíziós képeket felváltotta a letapogató sugárzási információ, egyidejűleg két tartományban: a látható hullámhosszon és az infravörös légköri ablakban. A Sugárzási Osztályon sem volt akadály az elméleti kutatásnak, hosszú ideig a Nimbus 3-ról és Nimbus 4-ről származó sugárzási adatokkal dolgoztak. Később lehetőség nyílt a



Egy TIROS-kép Észak-Amerika keleti feléről

szovjet Meteor műholdak adatainak a felhasználására is.

A főosztályi keretek között jelentős eredmények születtek. Hogy csak néhányat emeljünk ki: megállapították, hogy a frontfelhőzet jellegéért elsősorban a cirkulációs gyorsulás a felelős. A felhőzet fajtájával szoros kapcsolatot mutató állapotjelzők alapján statisztikai csapadék előrejelző eljárást dolgoztunk ki. Az Alpok hótakarójának műholdas felvételeire és a földi csapadékmérésekre támaszkodva a hóolvadási periódusok hőmérséklet-összegének figyelembevételével módszert fejlesztettünk ki a dunai árhullámok előrejelzésére. A műholddal megfigyelt felhőzet magassági elrendeződése alapján kísérlet történt az alsó-troposzféra telítettségi viszonyának meghatározására. Megkezdődött a felhőzeti mező klimatológiai vizsgálata műholdas felhőképek segítségével, kiterjesztve azt a kapott eredmények légkörfizikai interpretálására.

A Sugárzási Osztály vizsgálta a légköri elnyelést a rövidhullámú tartományban. Regressziós összefüggést állítottak fel a műholdon mért albedó alapján a légköri elnyelés mértékére. Megállapították, hogy a napsugárzás légköri elnyelésében mutatózó, a földrajzi szélességgel és évszakkal kapcsolatos változások jórészt az aeroszol elnyeléssel magyarázhatók. Kutatást folytattak a szén-dioxid és az ózon légköri át-

bocsátásával kapcsolatban a függőleges hőmérsékleti- , illetve ózonprofil meghatározása végett. A műholdas sugárzási adatok alapján számításokat hajtottak végre a légkör és a felszín sugárzási egyenlegére vonatkozóan. Meghatározták a különböző éghajlati övekre a sugárzási mérleg egyes összetevőit.

Kozmikus meteorológiai kutatásaink elismerést váltottak ki mind a hazai, mind a nemzetközi fórumokon. Rendszeressé váltak a MANT-on belül kétévenként a Földfotó munkacsoport által rendezett szimpóziumok, ami a hazai műhold-meteorológia seregszemléje is volt. Előadásokkal vettünk részt az Interkozmosz szimpóziumokon, a COSPAR kongresszusokon. Az Interkozmosz együttműködés keretében jelentős magyar részvétellel figyelemre méltó újabb kiadvány született a Gidrometeoizdat kiadásában „Kézikönyv a műholdadatok felhasználásáról az időjárás analízisében és előrejelzésében” címmel.

Látványos eredmények – nemzetközi elismertség

A 70-es évek végére időzítették az egész Földre kiterjedő megfigyelési és kutatási programot (GARP). Ebben az űrtechnikának elsődleges szerepet szántak, ami a kvázipoláris, napszinkron pályán keringő napi két (délelőtti és délutáni) műholdon felül az egyenlítő körül 5 tagból álló geostacionárius műholdrendszerrel, a megfigyelések körének kiterjesztését, a digitális adatszolgáltatást, földi objektumok méréseinek összegyűjtését jelentette. A program a terveknek megfelelően sikeresen zárult.

Ennek keretében 1978-ban megjelent a TIROS műholdak új generációja, a TIROS N sorozat. A műhold már 5 sávon sugárzott digitális képeket, ráadásul az APT képek ún. linearizálás után kerültek kisugárzásra, aminek révén a felvétel nagyjából azonos léptéket vett fel. Vevőrendszerünk 1979-ben vált alkalmassá ezen új típusú APT-képek vételére. 1977 végén került fellövésre az ESA (European Space Agency – Európai Űrügynökség) első geostacionárius műholdja, a METEOSAT-1 a 0°-os meridiánon a Guineai-öböl fölél. A műhold a digitális adás mellett az ún. WEFAX (Weather Facsimile) adások keretében a teljes földtányért felölél felvételeket szektorokra bontva sugározta ki. A felvételek a látható tartományban, a légköri ablakban és a vízgőz elnyelési sávjában készültek. Ily módon már félóránként, tehát a nagyméretű időjárás rendszerek szempontjából nézve szinte időbeli folyamatosságában vált követhetővé a felhőtakaró változása.

Megtörtént a műholdvevő állomás teljes automatizálása. Kidolgoztak olyan technikai megoldást, amely a vétellel egyidejűleg biztosította a földrajzi hálózat képre vitelét. Lehetőség nyílt derült idő esetén a légköri ablakból nyert adatok alapján az aktív felszín (talajfelszín, vízfelszín, növénytakaró) hőmérsékletének kiszámítására. Leglátványosabb talán a METEOSAT egymás utáni felvételeiből összeállított hurrok-film volt, amely időbeli folytonosságban képes megjeleníteni a felhőtakaró alakulását (fejlődését, áthelyeződését).

Hogy az adatok most már az operatív szolgálatokban is teljességgel profitáljanak, a Központi Előrejelző Intézetben (KEI) és a ferihegyi meteorológiai részlegnél K-560 típusú fotoregisztráló került elhelyezésre. Így a vétellel egyidejűleg már e helyeken is közvetlenül hozzájuthattak a műholdfelvételekhez. A képeknek egyelőre még korlátozott mértékű digitális értékelésére EMR-810-es adatmanipulátor és CII-10010 típusú elektronikus számítógép állt rendelkezésre. További lehetőséget jelentett a kutatásban a Számítástechnikai Koordinációs Intézettel kialakított együttműködés. PDP/34-es majd PDP 11/45-ös és R-10-es számítógépen kezdhettünk el kísérleteket a műholdfelvételek digitális feldolgozására.

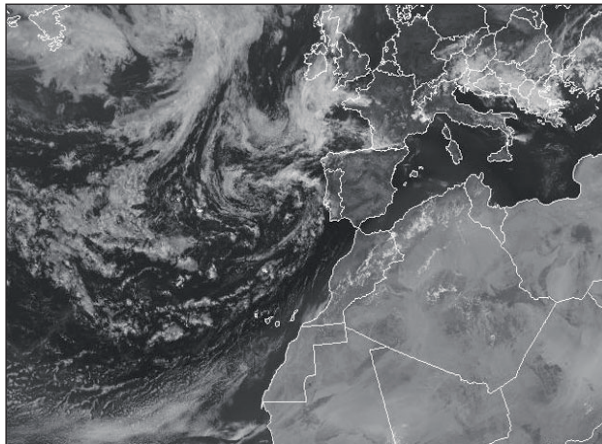
Az 1980-as esztendő kiemelkedő éve volt a magyar űrkutatásnak. Májusban a szovjet Szaljut-6 fedélzetén magyar űrhajós, Farkas Bertalan is helyet kapott. Nem sokkal később június 2–14. között Budapesten tartotta kongresszusát a COSPAR. A meteorológiai tárgyú szimpózium az első világméretű légkörkutató kísérlet (FGGE) folyamán elért előzetes eredményekről szólt. Ezen a bekövetkezett fejlődésnek köszönhetően hat hazai előadással képviseltettük magunkat. Először számolhattunk be nemzetközi fórumon az SZKI-val folytatott együttműködés keretében a felhőzeti mező objektív analíziséről (mennyiség, fajta, magasság, változás). A magyar kutatók megbecsülését jelzi, hogy megbízatást kaptunk a Pergamon Press kiadásában megjelenő szimpóziumi kötet összeállítására. A felhő-klimatológiai kutatások magas színvonaláról tanúskodik, hogy a téma egyik későbbi ülésének színhelyéül Budapestet választották.

Kiszélesedtek műholdak sugárméréseire alapuló kutatások. Vizsgálták a széndioxid üvegházhatását. Kísérletet tettek a globálisugárzás műholdas adatok alap-

ján való kiszámítására, felhasználva a földi, látástávolság-észleléseket. Előállították a globálisugárzás havi és évi térképeit az ország területére 25 éves megfigyelési anyag alapján. A Meteorológiai Világszervezet megbízásából elkészítették az egész Földre a relatív globálisugárzás eloszlását a műholdmérésekből megállapított átlagos fényesség és 270 felszíni állomás adatai alapján. Az eredményeket a WMO Technical Note kiadásában tette közzé.

Első helyen a prognózis – új felállásban

A meteorológiai műholdak által továbbított adatoknál ekkor már a digitális vételt és az azon alapuló kiértékelést tűztük ki célul. Ez a megoldás biztosítja az adatok sokirányú felhasználhatóságát és mennyiségi információ elérését, akár a felhőtakaróra, akár egyes meteorológiai elemek függőleges profiljára vonatkozóan. Ennek



METEOSAT-felvétel Európáról és Északnyugat-Afrikáról

érdekében napirendre került egy digitális műholdvevő állomás beszerzése. Erre takarékosági szempontok szem előtt tartásával a hazai kivitelezés látszott a legésszerűbb megoldásnak. Megépítésére a Budapesti Műszaki Egyetem (BME) Mikrohullámú Tanszéke kapott megbízást. Az adatfeldolgozást kiszolgáló egység, egy TPA 11/48-as számítógép leszállítását pedig a Számítástechnikai Koordinációs Intézet (SZKI) vállalta fel. Mindkettő telepítésére a KEI lett kijelölve.

Ilyen körülmények között az eddigi struktúra gyökeres átalakítása mellett született döntés. Ez azt jelentette, hogy a műholdképek vétele és kiértékelése teljesen átkerült a KEI-be. A fényképes előállítást a felvételek monitoron való megjelenítése váltotta fel. Az elsődleges információforrás a METEOSAT műhold felőránként sugározta képanyag lett. Létrejött az országos radarhálózat. A radaros megfigyelési ada-

tok, a műholdas és a hagyományos információk együttese lehetőséget nyújtott az időjárás minden eddiginél behatóbb komplex analizésére. Ez a közelítés vált uralkodóvá az időjárás előrejelzés új ágazatában, az ún. nowcastingban, ami az ultrarövidtávú előrejelzést és a veszélyes időjárási jelenségekre való figyelmeztetést foglalja magában.

A számítástechnika hatalmas fejlődésével az OMSZ-on belül rövidesen önálló Számítóközpont létesült. A műszaki fejlesztésre tett vállalat mind a BME mind az SZKI teljesítette. Miután a műhold-meteorológiát már a digitális technika uralta, a műhold adatok vétele, feldolgozása és az azokra épülő kutatás 1989-ben kiemelt szervezeti formában, Műhold-meteorológiai Osztály néven a Számítóközponthoz került.

Ami a kutatást illeti, ebből az időszakból meg kell említenünk a zivatarok és az időjárási frontok fejlődésére kapott eredményeket. Tökéletesítettük az objektív nefanalízist azáltal, hogy bispektrális (látható + infravörös képeken alapuló) komplex analízis technikát fejlesztettünk ki, 15 felhőfajta megkülönböztetésével. A felhőtető magasságának megállapításába bevontuk az aktuális függőleges hőmérséklet-eloszlást. A vízgőz elnyelési sávjában készült felvételekből sikeres kísérletet tettünk a kihullható víztartalom becslésére, aminek ismerete a csapadék előrejelzésnél nélkülözhetetlen. A műhold-meteorológiában elért külföldi és hazai eredményekről a szakemberek és a meteorológiai oktatás számára 1988-ban az Akadémiai Kiadó gondozásában Műhold-meteorológia címmel összefoglaló kézikönyv jelent meg.

Befejező gondolatok

A fentiek tükrében megállapíthatjuk, hogy a műhold-meteorológia megjelenésének első három évtizedében hatalmas fejlődésen ment keresztül, ami megalapozta a következő évek sikerességét. Az OMSZ igyekezett lépést tartani a nemzetközi színvonalal, s ez mind a műszaki fejlesztés mind a kutatás területén teljesült. A műholdas technika fejlődése légkörfizikai ismereteink nagymérvű gazdagodásával járt együtt. A műhold-információk szerves részévé váltak az időjárás előrejelzésének, s nagy részben hozzájárulnak a pontosabb prognózisokhoz. A műholdfelvételek hozzáférhetővé váltak a nagyközönség számára, naponta bemutatásra kerülnek a televíziós adásokban, de bárki elérheti az OMSZ www.met.hu honlapján. ↴

(A témát, mely az 1990-től napjainkig terjedő időszakot öleli fel, februári számunkban folytatjuk – a szerk.)

Orvossal

DOHÁNYZÁSI STATISZTIKÁK

Az Egyesült Államok egészségügyének vezetője már több mint ötven éve, 1914 januárjában figyelmeztette az embereket, hogy a dohányzás ártalmas az egészség-



re: tüdőrákot okozhat, alacsony születési súlyhoz vezethet, és általában növeli a halálózás esélyét.

Az akkori adatok alapján a kardiovaszkuláris betegségek még nem kerültek be ebbe a bűnlajstromba, ami azóta lényegesen bővült. Annak ellenére, hogy a fejlettebb országokban a dohányzók aránya mind a nők, mind a férfiak körében csökkent, a dohányzók száma Európa nagy részén még mindig igen magas.

European Heart Journal szerkesztőségi közleménye kiemeli, hogy Görögországban, Bulgáriában és Macedóniában a dohányosok aránya még mindig 38% a férfiak és 36–37% a nők körében. Büszkék mi sem lehetünk: a 2012-ben közzétett statisztika szerint Magyarországon a férfiak 32,3%-a, a nők 23,5%-a rabja e szenvedélynek. Még riasztóbb, hogy a 13–15 éves iskolások 25%-a dohányzik, és meglepő, hogy a fiúknak 21,5%-a, a lányoknak azonban 23,6%-a!

A fejlődő országokban a szívizom elégtelen vérellátása következtében kialakult szervi károsodással élők aránya 60%-kal, az agyi katasztrófa okozta szervi károsodással élők pedig 35%-kal emelkedett, amiben a dohányzásnak alapvető szerepe van.

Az Egyesült Államokban a dohányzás csökkentésére irányuló program az élet minden területén szünet nélkül folyik és nem eredménytelenül: 1980 és 2012 között a dohányzó amerikaiak aránya 31%-ról 16%-ra csökkent.

A dohányzás világszerte a második halálók, évente több mint 5 millió ember halálát okozza. Európában már nem csak a

munkahelyekről és éttermekből igyekecsenek kiltítani, a FIFA közlése szerint Európa focikedvelő országai közül tizben már a stadionok területén is tilos a dohányzás. Brazíliában, a Világkupa színhelyein, a tilalmi listán a robbanószerek, fegyverek és mások károsítására alkalmas eszközök mellett szerepelt a dohányzás is.

Az orvosi szakirodalom külön foglalkozik a kínaiak dohányzási gondjaival is, ugyanis jelenleg a világon minden harmadik dohányos kínai. Ha dohányzási szokásaik nem változnak, akkor a becslések szerint 2012 és 2050 között nikotinizmus következtében 50 milliónál több kínai fog meghalni. A *British Medical Journal* tanulmánya azt írja, hogy 2050-ig a dohányzás csökkentésével 13 milliónál több életet lehetne Kínában megmenteni.

TÉNYLEG VÉD A BUKÓSISAK!

San Francisco adott otthont idén az amerikai sebészek kongresszusának, ahol fontos téma volt a közlekedési balesetek okozta agysérülések kérdése.

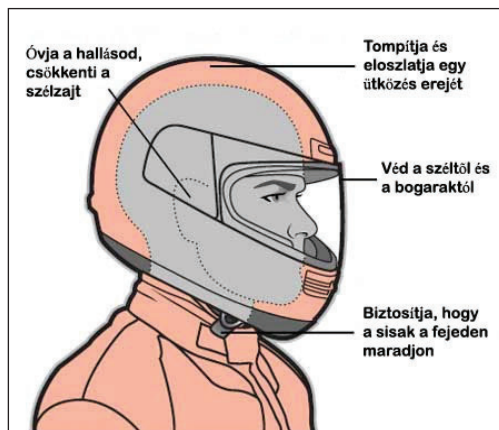
K. Tinsley Anderson és munkacsaportja Arizonában dolgozik. Anderson a Centers for Disease Control and Prevention (CDC) adatait felhasználva kimutatta, hogy az amerikai állampolgárok közül ma többen járnak motorkefépárral, mint korábban bármikor. Ez megmagyarázza, hogy mind több a motorbaleset, és halálózásuk aránya is egyre nagyobb. A sebészek kiemelik, hogy csupán 19 amerikai államban és Columbia területén kötelező a motorosoknak sisakot viselni életkoruktól függetlenül. Más államokban a bukósisak csak 18 éves vagy 21 éves kor alatt kötelező.

A kutatók 2011-től gyűjtötték a baleset következtében kórházba fölvevett betegek adatait. Összesen 1 165 150 beteg került trauma miatt sürgősségi ellátásra 39 államból. Közülük 598 motoros szenvedett balesetet vezetőként vagy utasként. Az egyes eseteket csoportosították aszerint, hogy az adott államban mindenkinek, aki a moto-

ron utazott, sisakot kellett-e (kellett volna-e) viselni.

A vizsgálat adatai szerint az agy baleseti sérülése kevesebb volt ott, ahol a bukósisak kötelező része a motorozásnak, mint ott, ahol kortól függő szabályozás volt érvényben. A számítások azt mutatták, hogy ezer motorbalesetből agyi károsodás 307 esetben következett be, ha az adott helyen csak a 18 éven aluliak számára volt a sisak kötelező; 366 sérülés járt agyi következménnyel, ha 21 év alatt kellett sisakot viselni; míg ahol mindenki számára kötelező volt a bukósisak, ott 282 agyi sérülés adódott.

A fejet ért balesetek miatt bekövetkező halálózás is azt bizonyította, hogy kedvezőbb a helyzet azokban az államokban, ahol a bukósisak viselése mindenki számára áthághatatlan kötelezettség. A fiatalok két és félszer ritkábban fejezték be életüket motorbaleset miatt ott, ahol a sisak általánosan kötelező. „Vizsgálatunk azért egyedülálló, mert tényekkel igazolja, hogy a bukósisak kötelező viselése életet ment. Ez a gyerekekre is érvényes, tehát az utasokra is vonatkozik” – hangzott el a kongresszuson. A társszerző, *Bellal*



Joseph professzor azt tette hozzá, hogy az eredmények nyilvánosságra kerülése talán a bukósisak hordására ösztönzi a motorosokat azokban az államokban is, ahol a sisak nem kötelező. Magyarországon a motorosoknak életkoruktól függetlenül bukósisakot kell viselniük, de a kerékpárosoknak csak akkor, ha lakott területen kívül 40 km/óránál nagyobb sebességgel haladnak. A biciklisták figyelmét tehát érdemes lenne felhívni Anderson és Joseph kutatási eredményeire.

Forrás: *Weborvos*

MAKSAY GÁBOR

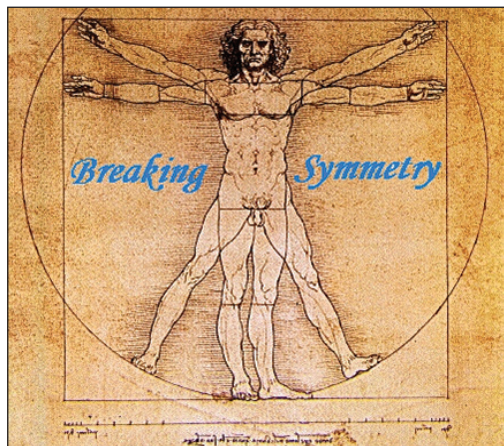
Jelátvitel: szimmetria és szimmetriasértés

Kajtár Márton emlékére

Elménk az objektumok képét szubjektíven és holisztikusan, egészében fogadja be. Miért olyan különleges a szimmetria számunkra? A szimmetriát a harmónia, a nyugalom és a stabilitás fogalmaival lehet társítani. A szimmetriasértés viszont változást és diszharmoniót sugall, esetleg bizonytalanságot, zavart, hiányérzetet kelt. Persze ezek a képzetársítások koránt sem nyilvánvalók.

Ha rátekintünk *Leonardo da Vinci* közismert tanulmányára (1. ábra), először az emberi test klasszikus harmóniája, szimmetriája tűnik a szemünkbe. Alaposabban megnézve azonban észrevesszük, hogy a lábfejek ábrázolásmódja sérti a szimmetriát. A végtagok kettős ábrázolása pedig mozgást sugall. A test szinte kilép a kép síkjából.

Sokféle társadalmi mozgásformában is nagy szerepet játszik a szimmetria. Az al-



1. ábra. Szimmetriasértés: Leonardo da Vinci Vitruvius tanulmánya

kotó ember számára kihívást jelent például a zene, az építészet, a képzőművészet és az irodalom formavilága területén. A szimmetriasértés pedig felkavaró, mint például a társadalmi rendszer szimmetriáját sértő forradalom. A költők viszont kiaknázzhatják az aszimmetria felkavaró hatását. *József Attila* így fogalmaz meg egy erkölcsi dilemmát a *Két Hexameterben*:

Mért legyen *én* tisztességes?
Kiterítenek úgyis!

Mért *ne* legyenek tisztességes?
Kiterítenek úgyis.

Vagyis, szimmetrikus ismétlés helyett, amivel *Ady* oly gyakran nyomatékosított, *József Attila* a kérdést ellentétesen ismételte meg, az *én* helyett a *ne* tiltó szóval. Ez a provokatív szimmetriasértés állásfoglalásra készlet.

Egyetemes szimmetria

A szimmetria, különféle értelmezésben, az egész világegyetemet áthatja. A szimmetria elvont fogalma valamilyen változtatással szembeni állandóságot jelent. A szimmetriasértés tehát valamilyen változást, mozgást tükröz. Ilyesmi mindenféle rendszerben előfordul; az atomalkotó részecskéktől a molekulákon és élőlényeken át az egész Univerzumig: reakciók, funkció-, szerkezet-, alak- és állapotváltozások. Ha a változás térbeli dimenziója láthatatlanul kicsi vagy végtelenül nagy; időtartama pillanatszerű vagy igen hosszú: szinte kimutathatatlan. Aki az általános szimmetriaelveket felfedezte és a kvantummechanikába bevezette: a Nobel-díjas *Wigner Jenő* nem kevesebbet állított, mint hogy szimmetriák kormányozzák a természet törvényeket. Másrészt, *József Attila Eszmélet* című verse szerint „...a törvény szövődéke / mindig fölfeslik valahol”. Noha a világegyetem születésének *Big Bang* elmélete szerint az anyag és antianyag egyenlő arányban keletkezett, jelenleg eltérő arányban léteznek. A szimmetriasértés akkor lesz értelmezhető, ha a *Nagy Hadronütköztetővel* különbséget lehet kimutatni az anyag és antianyag parányi részecskéinek tulajdonságai között. Figyelemre méltó és az adattárolásban lesz



2. ábra. Szimmetriasértő lepényhal

hasznosítható, hogy különféle szimmetriák nagyságrendekkel fokozzák az atomok mágneses momentumának stabilitását.

Hogyan érvényesül a szimmetria és szimmetriasértés a természetben, az élővilágban? A növény- és állatfajok formagazdagsága szinte végtelen. Csaknem minden faj alakjában kimutatható néhány egyszerű szimmetriaelem. A bilaterális szimmetriát tükrösik jellemzi, a két fél oldal egymás tükröképei, amelyeket felcserélve az objektum képe változatlan marad. Forgási szimmetria esetén pedig egy szimmetriatengely körüli forgatás a tárgyat önmagával fedésbe hozza.

Az élővilág evolúciója során a szervertség összetettséggel is nő. Az összetettség akkor gazdaságos, ha azonos szerkezetek kapcsolódnak, ami szimmetriát eredményez. Viszont a felszegűsző lepényhal torz alakja (2. ábra) a törzsféjlődés egy különleges átmeneti, szimmetriasértő formája, amelyben a nyílt vízi életmódot feladó, tengerfenékre letelepedő hal tükrösikja a domináns testhelyzet elfordulása során különböző irányokban „rekedt meg”. A felszegűszók egyedféjlődése során is végbemegey ez az életmódváltás és a szemek oldalirányú vándorlása.

Az evolúciós változások tehát megmegakadnak, szinte kimutathatatlanul lassúak. A kimutathatóság másik végén talál-

hatók a mikrovilág villámgyors folyamatai. Lépjünk be a biomolekulák formagazdag mikrovilágába és tekintsünk át néhány gyors szerkezetváltozást a nagymolekulák működése során. Korunkban ezeket sorra tárják fel a biofizika modern módszereivel. Szemlélődésünket összpontosítsuk a jelátviteli fehérjék, receptorok szerkezetére, ugyanis szimmetriájuk különösen formagazdag.

Üzenetvétel szimmetrikus fehérjékkel

Miért fontosak a jelátviteli fehérjék? A sejtektől a társadalomig, mindenféle élő szervezet összehangolt működéséhez és szabályozásához szükség van kommunikációra, információcserére. A sejtek élettani jelek révén kommunikálnak. A jel lehet elektromos és mechanikai, tehát fizikai jelenség, de lehet kémiai vegyület is: transzmitter, hormon és feromon. Az összes fehérjefajta egyharmada a sejtet burkoló membránba ágyazódik és közreműködik az információcserében. A kibocsátott jelet a célsejten egy jelfogó fehérje, azaz receptor (f)elfogja és dekódolja. Ekkor a receptor konformációja, vagyis a fehérje térszerkezete megváltozik. Ez enzimkatalizált kémiai reakciókat indukálhat, vagy ionszatornák nyílnak ki a célsejt membránjában, és az ionok ki-és beáramlása elektromos feszültségváltozást eredményez. A továbbiakban összpontosítsunk a receptorok térszerkezeti változásaira a jelbefogás kezdetén. Ezek kizárólag gyenge, megfordítható fizikai-kémiai (nem-kovalens), gyors kölcsönhatások. Egy jelfogó ionszatornának például egy másodperc tört része alatt kell kinyílnia és visszatérnie nyugalmi állapotába. Eközben kémiai (kovalens) kötései nem változnak. Költői megfogalmazásban tehát, az életjelenségek szerkezeti titkai fizikai-kémiai kölcsönhatások szövédékekben rejtőznek. E szövédékek fel-felfeslik és előtűnnek az életműködés titkai. A téma jelentőségét és aktualitását egyébként mi sem igazolja jobban, mint hogy 2012-ben adtak először Nobel-díjat receptorszerkezetek feltárásáért, 2013-ban pedig a fehérjék működését modellező számítási eljárásokért.

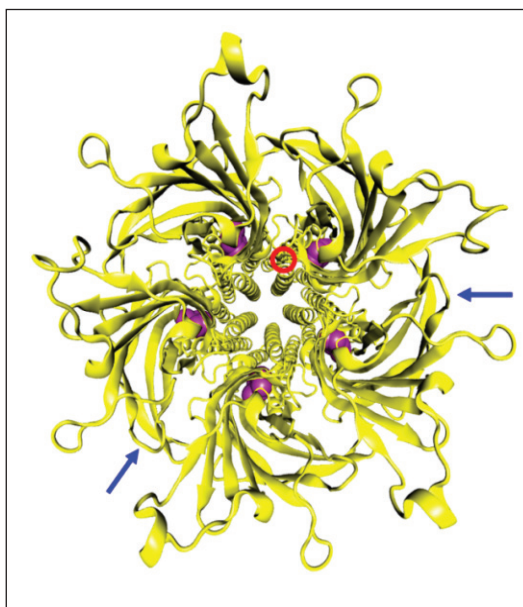
A jelfogó fehérjéket több alegység: peptidláncok 'gubancjai' alkotják. Úgy fejlődhetnek ki a leghatékonyabban, hogy az ősi, peptidmodulokat kódoló gének megsokszorozódtak. Két azonos alegység tükörszimmetrikusan simul egymáshoz. Több alegység pedig tengely-szimmetrikusan körbe zárulhat, és gyakran csatornaüreget fog közre. Az evolúciós mutációk következtében egyes aminosav-láncszemek kicserélődnek. Ettől még a fehérje globális szimmetriája megmaradhat,

de a felszínén bekövetkező lokális változások másfajta jelvivő molekula kötődéséhez vezethetnek. Az alig eltérő alegységek különféle kombinációkban egész receptorcsaládokat hoznak létre, amelyekkel az élő szervezet gazdaságosan és hatékonyan működtet jelszelektív szabályozást. A peptidláncok gyenge, de tengersok kölcsönhatása stabilizálja a fehérje szerkezetét. Ezt azonban a jelmolekula kötődése mégis megzavarja, mint vízbedobott kő a felszínt. Így a jel hatása több alegységre is átterjed, ugyanis a jelfogó fehérjék képlékenyek és alegységeik együttműködnek. Összefoglalva, a szimmetrikus receptorszerkezet gazdaságosan fel-

egyaránt szimmetriasértő átmeneti állapotokon át zajlik. Az átmeneti szerkezetváltozások hatására pedig beindulnak a célsejt jelátalakító folyamatai.

Tengelyszimmetrikus ionszatornák

Több, például 3–7 alegység gyűrűbe zárulva, a sejtmembránt átszelő csatornát alkothat. A jelmolekula többnyire az alegységek közti résben kötődik, aminek körbegrűző hatása kinyit egy ionszelektív csatornát. Az ionok spontán jutnak át a csatornán, koncentrációjuk kiegyenlítésének irányában. Az alegység-mutánsok különféle kombinációiból szereteágzó receptor-családok képződnek, a szabályozás fajra és sejtfajtra szelektív változataival. A szomszédos idegsejtek nyúlványai közti kommunikáció üzenetét neurotranszmitterek hordozzák. Átjutva a két idegsejtnyúlvány közti szinaptikus résen, számos neurotranszmitter olyan receptorhoz kötődik, amelynek öt alegysége tengelyszimmetrikus ionszatornát fog közre. Gyakori jelenség, hogy a fehérjén más-más, egy másfajta, úgynevezett ko-transzmitter is megkötődik, ami a receptor(cszatorna) szabályozására alkalmas. A gyógyszerhatásban előszeretettel alkalmaznak ilyen jelmodulátorokat a központi idegrendszer finomszabályozására. A legfontosabb gátló neurotranszmitter a γ -aminovajsav (GABA). A legelterjedtebb nyugtató és altató hatású gyógyszerek (pl. *Sanax*) pedig fokozzák GABA csatornanyitító hatását.



3. ábra. Ionszatorna tengelyszimmetrikus pentamer szerkezete és aktivációja jelmolekulák szimmetriasértő kötődése révén

építhető és stabil. Másrészt fizikai vagy kémiai jelek átmeneti szerkezetmódosító hatása révén gyors és szelektív szabályozásra képes.

Tükörszimmetrikus dimerek és libikóka

Manapság derül ki, hogy e szerkezetváltozást a szimmetria átmeneti sérülése, csökkenése kíséri. Nézzük meg néhány példán, hogyan. A jelfogó fehérjék legnagyobb csoportja két alegységből álló tükörszimmetrikus dimer. Ha jelmolekula kötődik az egyik alegységhez, a szimmetria egyensúlya kibillen, mint fél oldalon terhelt libikóka. Egy újabb jelmolekula már kisebb affinitással kötődik a másik alegységhez, mint ahogy nehezebb felülni a mérleghinta fellendült ágára. A szimmetrikus receptor működése és a hintázás

A **3. ábra** egy GABA receptor-szármarék szerkezetét mutatja a sejtmembránra merőleges irányban. A pentamer szimmetrikus szerkezetét röntgen kristallográfiával tárták fel. Kristályosították a receptort egy műteti altató, a propofol különböző koncentrációi jelenlétében is. A **3. ábrán** a propofol (lila) betölti mind az öt köthelyét. Öt propofollal és propofol nélkül egyaránt zárva maradt a tengelyszimmetrikus szerkezet központi csatornája. Viszont néhány (1–3) propofolmolekula kötődése szimmetriasértő elrendeződésben csatornanyílást eredményezett. Más vizsgálatok szerint a GABA az alegységek között, a **3. ábrán** kék nyíllal jelölt részekben kötődik. A *Xanax* egyetlen betöltött köthelyét pedig piros kör jelöli. Ezek a kötődési kombinációk aszimmetriát és csatornanyitást hoznak létre a pentamerben. Öt *Xanax*-molekula tengelyszimmetrikus kötődése esetén viszont a csatorna zárva marad. Tehát a ten-

gelyszimmetrikus receptorcsatornák kinyitásához a jelmolekulának szimmetriasértő elrendezésben kell kötődni.

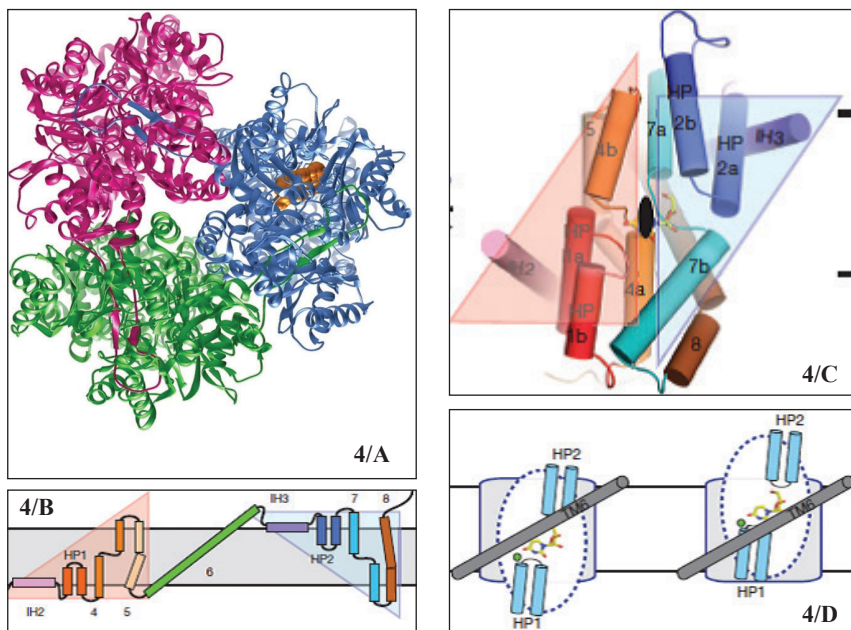
Transzporterek: ki-beszállítás és csiki-csuki

Térjünk most át a transzporterekre, amelyeknél maga a szállítandó molekula a jel. A transzporterek olyan membránfehérjék, amelyekkel a sejt hasznos anyagokat halmoz fel. Vagyis az ionszatornákkal ellentétben, itt az anyagok nagyobb koncentrációjuk irányában haladnak, amihez energia kell. Ilyen transzporterrel vesz fel a sejt nukleozidokat, a nukleinsavak építőelemeit. Három azonos alegység alkot tengelyszimmetrikus homotrimert (4/A. ábra). Az alegységek háromféle konformációt, térszerkezetet vehetnek fel. Alternáló

transzportereknek egy másfajta, különleges szimmetria-átmenete is.

Az egyes alegységek ugyanis két hasonló láncszakaszt tartalmaznak, amelyek ellentétes irányban ágyazódnak a membránba (4/B. ábra). Kétfogású szimmetriájuk van: a szimmetria-operátor (4/B. ábra: transzmembrán hélix-6); 4/C. ábra: TM6 tengelye, fekete ellipszis) körül elforgatva a két háromszög fedésbe hozható.

Ilyen szerkezetű (4/A. ábra) transzportereknek tulajdonítható az is, hogy a rákos sejtek sokféle gyógyszer hatásának ellenállnak, szakszóval *multidrug*-rezisztensek. Szimmetrikus trimerjeik ellentétes irányban szállítanak, kirekesztik a sejtől az ellenséges ágenseket. Összegezve, a transzporterek energiabefektetéssel kifelé vagy befelé szállítanak, miközben váltakozó irányban megmegtérít egy háromdimenziós csiki-csuki szimmetriáját.



4. ábra. Transzporter membránfehérjék többrétű szimmetriája. 4/A: Tengelyszimmetrikus trimer felülnézetben. Egyik alegység a membrán felvevő oldalán nyitott, egy másik a túlóldalon kibocsátó állapotban, a két alegység pedig nukleozidot (narancsszínű) kötő, zárt állapotban van. 4/B: Egy alegység ismétlődő láncszakaszainak fordított beépülése a sejtmembránba, oldalnézetben. Henger: transzmembrán- (TM) spirál, háromszög: transzport-régió. 4/C: a szimmetria-operátor TM6 tengelye (fekete ellipszis) mentén a transzport-régiók kétfogású szimmetriája, a membrán síkjában (fekete csikok között). 4/D: A transzportséma oldalnézete. A transzport-kapuként működő hajtúkanyaros hélixpárosok (kék HP1-2) mint dugattyúk, a membránra merőlegesen elmozdulnak. Ezáltal a nukleozid (gyűrűspálcikás szerkezet) átkerül a membrán alul nyitott, éppen záruló oldaláról (bal ábra) a felül kinyitott oldalára (jobb ábra)

hozzáférréssel működnek, mint malomjátékban a csiki-csuki. Az alegységek vagy a sejt belseje, vagy külseje felé nyitottak. Van egy zárt, köztes állapotuk is (4/A. ábra: kék alegység), benne a nukleoziddal (narancsszín). A tengelyszimmetria ilyen alternáló torzulásán kívül azonban van a

Tengelyszimmetria csökkenése

Páratlan számú: három vagy öt alegység tengelyszimmetrikus szerkezetének a szimmetriáját könnyebb megzavarni, mint a páros számúak (négy vagy hat) alegységét. Utóbbiaknál ezért inkább szimmetria-

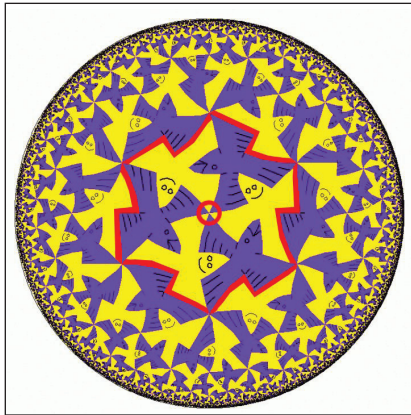
csökkenés következik be. Ennek megértését segíti az 5. ábra, amelyet M.C. Escher mozaikművészete (*tesszelláció*) ihlet. Piros vonal övezi a forgástengelyt és a hat egyforma alakzatot, amelyek tengelyszimmetrikus hexamert alkotnak. Mihelyst a rajzoló néhány vonással mozgást, élelet lehel az alakokba, azaz – a jelmolekulák kötődésének hatásával analóg módon – átalakítja az alakzatok belsejét: egyesekből madár, szomszédjaikból szellem bontakozik ki. Ezáltal a hat egyforma alakzat szimmetrikus hexamerjéből három pár madár+szellem lesz, azaz trimer, amelyet három dimer alkot. Vagyis a mozgás csökkenti a szimmetriát.

Lényegében ilyesmi történik a feszültségfüggő Na-ionszatornák kinyitlásánál is. Ezen létfontosságú jelátvivők láncolata továbbítja az elektromos jelet, akció potenciált az idegsejtek nyúlványai mentén. Tehát itt elektromos jel nyit ki ionszatornát. A jelátvivő fehérje négy alegységből álló tengelyszimmetrikus tetramer, amely zárt csatornát képez. A jel az elektromos töltéseket úgy rendezi át, hogy csatorna nyílik a Na-ionok számára, a tetramer fehérje pedig dimerek dimerjévé alakul. Tehát a receptor aktivációja, működése alatt a szimmetria csökken. Példák hosszú sorával lehetne illusztrálni, hogy a különféle jelfogó, de a más funkciójú, akár több tucat alegységből felépített szimmetrikus fehérjék is – például a gömbhéj-szimmetrikus vírusfehérjék – hasonló elvek szerint, szimmetriasértő szerkezetváltozásokon át aktiválódnak.

Foglaljuk össze, hogyan járul hozzá a szimmetriával stabilizált szerkezetek átmeneti szimmetriasértülése a működésükhöz? A fizikai vagy kémiai jel a szimmetrikus fehérje fogékony és képlékeny pontjain olyan lokális zavart hoz létre, amely könnyen és gyorsan átrendezi a gyenge kölcsönhatások hálózatát. A rendezettség csökkenése, a szerkezet szimmetriasértülése funkcionális változást indukál. A hatás tovagyűrűzése után a szimmetria villámgyorsan helyreáll.

Érdekes, hogy szubjektív kapcsolatunk a szimmetria fogalmával milyen mélyen gyökerezik. Korunkban derül fény ennek a kapcsolatnak az objektív tartalmára, amely így az élettani szabályozás molekulaszervezeti szintjéig behatóan értelmezhető. Továbbá, a jelátviteli szerkezetváltozások gyorsasága miatt különösen szembevetendő, hogy a szerkezet szimmetriája milyen szorosan összefügg a működés disszimmetriájával. A szimmetrikus szerkezet és a szimmetriasértő működés, mint *jin* és *jang*, egymást feltételező és egymásba átmenő oldalai a valóságnak.

Az írás több évfordulónak és aktualitásnak is igyekszik megfelelni. Az UNESCO a 2014. évet a kristálytannak szentelte. Ugyan-



5. ábra. Tengelyszimmetria csökkenését illusztráló tesszelláció. Váltakozó belsővel a hexamer átalakul madár+szelempárok triójává, dimerek trimerjévé

is száz éve fedezték fel, hogy a röntgensugarak útjába tett kristályok kémiai térszerkezete a sugáryaláb diffrakciója, elhajlási mintázata alapján feltárható. Az UNESCO indoklása kiemelte *Kepler* úttörő szerepét is, aki 400 éve figyelte meg a hópolyhek, jégkristályok szimmetriáját. Ezzel elkezdődött a szimmetria általános és anyagszerkezeti szerepének vizsgálata. *Max Perutz*, a szerkezeti biológia és fehérjekutatás úttörője pedig száz éve született. E tisztelő-jubiláló írást Kajtár Márton emlékének szentelem, aki az aszimmetria szerves kémiai kutatója, karizmatikus oktató, felejthetetlen ember és tudomány népszerűsítő volt. Márton nyolcvanöt éve született és harminc éve jelent meg műves és mindmáig alapvető kézikönyve, a *Változatok négy elemre*.

Irodalom

- Thompson D. (1952). *On Growth and Form*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Maksay G. (2011). Kémiai kommunikáció: négy úttörő, egy évszázad. *Kémiai Panoráma* 7, 9-11.
- Maksay G. (2012). József Attila és az aszimmetria. *Természet Világa* 143, 328.
- Maksay G. (2013). Kémiai kommunikáció az élővilágban. *Természet Világa* 144, 168-170.
- Maksay G. (2013). Kémiai Nobel-díj-2012, először a receptorok szerkezetéért. *Kémiai Panoráma* 10, 4-6.
- Maksay G. (2013). Asymmetric perturbations of pLIGCs: action! *Trends in Pharmacological Sciences* 34, 299-300.
- Maksay G., Tóke O. (2014). Asymmetric perturbations of signalling oligomers. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 114, 153-169.
- Maksay G. (2014). Max Perutz öröksége: évfordulók, hemoglobin, allosztéria, szimmetria. *Biokémia XXXVIII/4* (közlés alatt).

A vörös róka Címképünkhöz



A vörös róka (*Vulpes vulpes*) az északi féltekén széles körben elterjed faj. Hazánkban ma a leggyakoribb nagyragadozónak számít, amely hegyvidékektől a síkvidékekig mindenhol előfordul. Igazi generalista faj, amely jól alkalmazkodik az élőhelyek folyamatos változásaihoz. Nemcsak erdőn, mezőn és a vizes élőhelyeken, hanem monokultúras mezőgazdasági területeken, és újabban a városi környezetben is képes megtelepedni és megélni. Hogy mennyire közismert faj, az is mutatja, hogy igen gyakori szereplője a magyar állatmeséknek, amelyekben rendszerint a ravaszsgot képviseli, pedig a vörös róka nem más, mint egy igen sikeres

ragadozó, amelynek minden adottsága megvan a túléléshez. Alkalmazkodóképességét jól jelzi változatos táplálékspektruma. Nyáron és ősszel rengeteg kismeszt, pocokot, egeret zsákmányol, tavasszal a kisnyulak, a földön fészkelő madarak és azok fészekaljai sincsenek biztonságban tőle. Ízeltlábúak, tücskök, bogarak is szerepelnek étlapján, de emellett időszakonként jelentős mennyiségű növényi eredetű táplálékot, érő gyümölcsöket is fogyaszt. Télen eltakarítja az elhullott állatok tetemeit is. Urbánus környezetben a városi rágszálók és az ehető hulladék, szemét jelenti táplálékának zömét.

K. Zs.

Megjelent a Természet Világa új különszáma! Európával a világűrben

Az Európai Űrügynökség (ESA, European Space Agency) a világ nemzeti és nemzetközi űrszervezetei között a legszélesebb tevékenységi területet mondja magáénak. Az ötven év űrtapasztalatát felhalmozó szervezetnek 20 tagállama van, 2200 alkalmazottja évi 4 milliárd euró költségvetésből valósíthatja meg Európa űrprogramját. Különszámunkban ezt a sokoldalú tevékenységet mutatjuk be, különös tekintettel azokra a területekre, amelyeken az elmúlt évtizedekben magyar szakemberek is kivették a részüket a közös munkából. Ebben a 96 oldalas kiadványban 25 neves szakember közérthetően megírt cikkei adnak komplex áttekintést az ESA tevékenységéről, és a magyarok hozzájárulásáról az űrtevékenységben. Ára: 980 Ft.

Tartalom

- Európával a világűrben
- Fél évszázad az európai együttműködés és innováció szolgálatában
- Horvai Ferenc: Az Európai Űrügynökség tudományos programjai
- Kereszturi Ákos: Mars Express Európa az ősi marsi víz nyomában
- Kiss Csaba – Ábrahám Péter: Az ISO, a Herschel és a hideg Világegyetem
- Patkós András: Eredmények az ESA Planck-szondájával
- Szegő Károly: A Rosetta-küldetés és a Csurjumov-Geraszimenko-üstököshöz
- Marschalkó Gábor – Szabados László: Asztrometria – egy ősi tudomány újjászületése
- Both Előd: Európa hordozórakétái
- Horváth Gyula: Magyar műhold ESA-rakétával
- Gesztesi Albert: Európa űrhajózása
- Balázs László – Barkaszi Irén – Ehmann Bea – Takács Endre: Ember a világűrben
- Apáthy István – Hirm Attila: Dozimetriai vizsgálatok a Nemzetközi Űrállomáson
- Almár Iván: ESA-szolgáltatások és -alkalmazások áttekintése
- Kerényi Judit – Mika János: Az időjárás és az éghajlat vizsgálata EUMETSAT műholdakkal



A különszámunk sajtóbemutatóján megjelent szerzők csoportképe

- Frey Sándor: Galileo – az európai műholdas navigációs rendszer
- Bozó Pál: Távérzékelés európai űrszondákkal
- Pap László: Űrtávközlés és az ESA
- Zábori Balázs: Az Európai Űrügynökség oktatási tevékenysége és a magyar részvétel
- Tari Fruzsina: Az ESA nemzetközi kapcsolatai
- Az Európai Űrügynökséggel kapcsolatos fontos események időrendje
- E számunk szerzői

MÉSZÁROS ISTVÁN

Rejtőzködő gének

Az élőlények örökítő anyagának, a dezoxiribonukleinsavnak (DNS) fontos építő kövei a pirimidin és purin bázisok. Ezek a DNS-ben négyfélék lehetnek: adenin (A), guanin (G), citozin (C) és timin (T). Mikor egy DNS-en kódolt génről fehérje képződik, először a génről egy ribonukleinsav- (RNS) másolat készül. Ezt az RNS-típust messenger RNS-nek (mRNS) nevezzük. Jelenléte hírvívó, mivel a sejtmagban található genetikai információt – a bázisok egymás utáni sorrendjét (szekvenciáját) – eljuttatja a sejtplazmában található riboszómákhoz. Az RNS néhány tulajdonságában különbözik a DNS-től. Timin (T) bázis helyett uracil (U) bázist tartalmaz, a benne lévő cukor dezoxiribóz helyett ribóz és a kétszálú DNS-sel szemben egyszálú molekula. A riboszómák az mRNS-en lévő bázisszekvenciát „lefordítják” a fehérjék (proteinek) nyelvére, az aminosavakra (ezekből áll a fehérje). A fehérjeszintézis során a riboszóma megépíti a bázisszekvenciának megfelelő aminosavláncot. Ehhez az aminosavakat egy másik RNS-típus szállítja, amit ezért transfer – szállító – RNS-nek (tRNS) nevezünk.

A fehérjére fordítás során az mRNS-en lévő, három egymás utáni bázis (melyeket tripletnek vagy kodonnak nevezünk) kódol egy aminosavat. Mivel a triplet mindhárom pozíciójában négyféle bázis lehet, ezért hatvannégyféle (4×4×4) különböző triplet létezik, melyek viszont csak húszféle aminosavat kódolnak. Az ellentmondást azzal lehet feloldani, hogy ugyanazt az aminosavat több triplet is meghatározhatja, melyek legtöbbször az utolsó bázisban különböznek egymástól (1. ábra).

Van viszont négy olyan kodon, melynek kitüntetett szerepe van. Ebből három (UAA, UAG, UGA) ún. STOP-kodon. Ezek jelzik a riboszóma számára a fehérjék végét. A negyedik, a metionin nevű aminosavat kódoló AUG-triplet (START-kodon), amely legtöbbször a fehérjék kezdetét is jelenti. (Bizonyos esetekben más aminosav is betöltheti ezt a szerepet.) Egy START- és egy STOP-jel közötti szakaszt nyitott leolvasási keretnek – az angolszász irodalomban open reading frame-nek (ORF) – nevezünk.

Az ORF azonban nem azonos a génnel. A gén a DNS olyan szakasza, mely egy fehérje előállításához és szabályozásához szükséges információt kódolja. Tehát egy szabályozó régióból és egy ORF-ből áll, melyekből az utóbbi tartalmazza a fehérje felépítéséhez

szükséges információt. Másrésztől léteznek olyan ORF-ek, melyek nem egy génben helyezkednek el, így fehérjét sem kódolnak. A nyitott leolvasási keret tehát egyszerre szűkebb és tágabb fogalom is a génnél, ahol fennáll az elvi lehetősége egy fehérje kódolásának.

Mivel három bázis határoz meg egy aminosavat, elméletileg ugyanaz a DNS-szekvencia teljesen eltérő aminosav-szekvenciákat is kódolhat, attól függően, hogy hányadik bázist vesszük a tripletek kezdetének (2. ábra).

nek pedig eddig kevésbé ismert vagy akár ismeretlen életani folyamatokban is szerepet játszhatnak.

Hogyan csúszhat el a leolvasási keret?

Több mechanizmus is ismert, mely a leolvasási keret eltolódásához vezet. Mivel egy kódoló DNS-szakasról csak egyfajta mRNS-másolat készül, a keret elcsúszása az mRNS-

kodon	kódolt aminosav	kodon	kódolt aminosav	kodon	kódolt aminosav	kodon	kódolt aminosav
GGG	glicin	AGG	arginin	CGG	arginin	UGG	triptofán
GGA	glicin	AGA	arginin	CGA	arginin	UGA	STOP
GGC	glicin	AGC	szerin	CGC	arginin	UGC	cisztein
GGU	glicin	AGU	szerin	CGU	arginin	UGU	cisztein
GAG	glutaminsav	AAG	lizin	CAG	glutamin	UAG	STOP
GAA	glutaminsav	AAA	lizin	CAA	glutamin	UAA	STOP
GAC	aszparaginsav	AAC	aszparagin	CAC	hisztidin	UAC	tirozin
GAU	aszparaginsav	AAU	aszparagin	CAU	hisztidin	UAU	tirozin
GCG	alanin	ACG	treonin	CCG	prolin	UCG	szerin
GCA	alanin	ACA	treonin	CCA	prolin	UCA	szerin
GCC	alanin	ACC	treonin	CCC	prolin	UCC	szerin
GCU	alanin	ACU	treonin	CCU	prolin	UCU	szerin
GUG	valin	AUG	metionin/START	CUG	leucin	UUG	leucin
GUA	valin	AUA	izoleucin	CUA	leucin	UUA	leucin
GUC	valin	AUC	izoleucin	CUC	leucin	UUC	fenil-alanin
GUU	valin	AUU	izoleucin	CUU	leucin	UUU	fenil-alanin

1. ábra. Az élőlények genetikai kódja. Megjegyzendő, hogy a DNS-en az uracilbázisok (U-betű) helyén timinbázisok (T-betű) állnak

Amennyiben a leolvasási keret jobbra (pozitív irányba), egy bázissal eltolódik, akkor a +2-es alternatív keretről beszélünk, ha kettővel, akkor a +3-asról, míg ha hárommal, akkor az eredeti fehérjeszekvenciát kapjuk vissza, csak az egy aminosavval rövidebb lesz. Ráadásul a DNS ellenkező szálán is lehetnek fehérjekódoló szekvenciák, szintén három lehetséges leolvasási kerettel. Egy duplaszálú DNS-szakasz tehát potenciálisan hatféle aminosav-szekvenciát kódolhat. Ennek ellenére sokáig az volt az uralkodó paradigma, hogy egy DNS-szakaszon egyetlen érvényes leolvasási keret lehet, így ismert fehérjekódoló szakaszokon nem kerestek más kódoló szekvenciákat.

Ez a nézet azonban tarthatatlanná vált, ahogy sorra fedezték fel az átfedő ORF-eken kódolt fehérjéket. Mivel azonban annak a bizonyítása, hogy egy ORF-ről tényleg fehérje íródik át, gyakran több évet is igénybe vehet, sok olyan gén „rejtőzhet” még az élőlények genomjában, melyeket eddig még nem sikerült azonosítanunk. Ezek az ismeretlen gé-

en lévő szekvencia lefordításakor következnek be. Ez történhet már a leolvasás kezdetekor vagy a leolvasás közben (3. ábra).

Hagyományosan a riboszóma az mRNS-en lévő „sapka” (cap) mögé tud bekötődni és elkezdni leolvasni a bázisszekvenciát. Amikor elér az első START-kodonhoz, akkor azt felismeri kezdőhelyként, megköt egy metionint szállító tRNS-t, majd három bázisonként (egy tripletenként) tovább lépve hozzá építi a kódnak megfelelő aminosavakat. Mikor eléri az első STOP-kodont, a fehérjeszintézis leáll, és a kész fehérje lefüződik a riboszómáról.

A starthelyként funkcionáló tripletek olyan szekvenciák közelében helyezkednek el, melyek segítik a riboszómát a fehérje kezdőhelyének felismerésében. Általánosan az AUG-tripletet tekintjük a fehérjék kezdetét jelző kodonnak, ennek ellenére előfordulhat, hogy egy ORF nem a hagyományos START-kodonnal kezdődik. Esetenként a CUG, GUG, ACG, AUU, AUA, AUC és az UUG tripletek is betölthetik ezt a szerepet.

Ha egy nem hagyományos START-kodon a starthely felismerését segítő szekvenciák közelében és az első AUG-triplet előtt helyezkedik el, akkor már korábban elindulhat a fehérje szintézise. A nem tradicionális START-kodonok használata különösen jellemző a növényi vírusokra.

Ehhez hasonlóan, a fehérjeszintézis kezdetén csúszik el az ORF a leaky scanning során is. Az angol kifejezés nehezen fordítható magyarra, talán a lyukas, lötyögő letapogatás, beolvasás lenne a legtalálhatóbb. A folyamat lényege, hogy az mRNS-en lévő szekvencia leolvasásakor a riboszóma átsiklik az első START-kodonon (AUG). Ez akkor következik be, ha a starthely felismerését ún. „gyenge” szekvencia segíti. Ilyenkor (eltérő statisztikai valószínűséggel) előfordulhat, hogy a riboszóma átsiklik a START-kodonon és csak a következő AUG-triplettől kezd el a fehérje átírását. Ilyen esetekben a két fehérje eltérő arányban képződik, de általában a második START-kodontól induló kisebb mennyiségben. A leaky scanning akár kombinálódhat is a nem hagyományos starthely használatával.

Az RNS-en lehetnek egymással komplementer szakaszok, melyek a bázispárosodási szabályok alapján (adenin az uracillal, guanin a citozinnal) képesek egymással kötéseket kialakítani, így az alapvetően egyszálú RNS ezeken a részeken kétszálú hurkokat hoz létre. Ezek a hurkok belső riboszóma belépési helyekként (a szaknyelvben internal ribosome entry site – IRES) funkcionálnak és lehetővé tehetik, hogy a riboszóma rögtön az mRNS belsejébe kapcsolódjon, kihagyva ezzel az IRES előtti START-kodonokat.

A ribosomal frameshifting (riboszómális kereteltolódás) összetettebb folyamat, mely a leolvasás közben eredményezhet +1-es vagy -1-es kereteltolódást. Azt a szakaszt, ahol a kereteltolódás bekövetkezik, csúszós szekvenciának nevezzük. A +1-es eltolódás esetén a csúszós szekvenciában található egy ritka kodon, amely olyan aminosavat kódol, amelyhez kevés tRNS áll rendelkezésre. A megfelelő tRNS hiánya miatt itt a riboszóma hosszabb időre elakad a fordítással, amit úgy szüntet meg, hogy átugrik egy bázist és onnan folytatja az mRNS leolvasását. A -1-es kereteltolódás esetén a csúszós szekvencia hét bázisból áll, amit öt-kilenc bázissal később egymással komplementer RNS-szakaszok követnek. A komplementer szakaszok ebben az esetben is kétszálú hurkot, ún. álcsmót hoznak létre. Az álcsmó fizikailag akadályozza az mRNS további leolvasását. Ilyenkor, az

esetek nagyjából 10%-ában, a riboszóma viszály egy bázissal, ami szintén a keret eltolódásához vezet. Ekkor az álcsmó felbomlik és a riboszóma tovább halad.

Hogyan alakulhat ki olyan DNS-szakasz, mely két fehérjét is kódol?

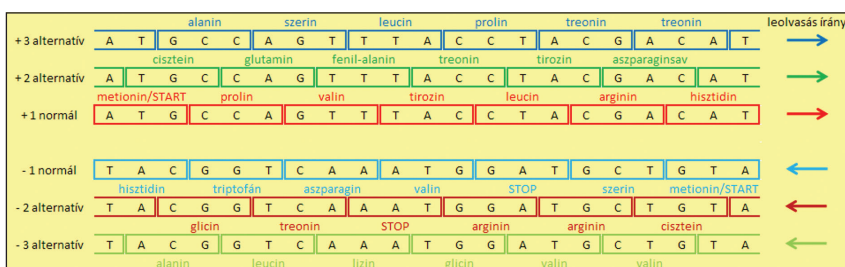
Feltételezhetően ezek a DNS-szakaszok eredetileg egyetlen kódoló ORF-et tartalmaztak. Ez azonban nem zárja ki, hogy egy másik leolvasási keretben is álljon egy START-kodon. Ha bármelyik említett mechanizmus miatt elcsúszik a leolvasási keret, akkor a START-kodon és a következő STOP-kodon közötti szakasz szekvenciája alapján a riboszóma felépít egy fehérjét. Ha a leírdott fehérje képes ellátni valamilyen funkciót (akármilyen alacsony hatékonysággal), ami előnyös az élőlénynek, akkor a szelekció abba az irányba fog hatni, hogy ez a funkció fennmaradjon és tökéletesedjen. Idővel kialakul egy olyan alternatív ORF-en kódolt fehérje, mely hatékonyan képes ellátni a feladatát.

Egy nem kódoló leolvasási keretben (ahol a tripletek teljesen véletlenszerűen követik egymást) egy ORF átlagos hossza elvi-

szúságú, míg az emberé nagyjából három milliárd.) A szelekciós nyomásra adott egyik válasz a kódoló kapacitás hatékonyabb kihasználása, vagyis az alternatív ORF-ek használata. Számos olyan fehérjét ismerünk, mely egy másik ORF-fel átfedő, alternatív leolvasási keretben kódolt. Ezek a proteinek gyakran fontos funkciót töltenek be a vírusokban, baktériumokban. Ebből fakad az a feltételezés is, hogy az új fajok gyors kialakulásában is lehet szerepük, megszilárdíthatják a már meglévő különbségeket. Ezt támasztja alá, hogy több alternatív ORF jelenléte csak egy, jól körülhatárolható rendszertani csoportra jellemző. Például a legkisebb DNS-vírusok közé tartozó *Parvoviridae* víruscsoportban több nemzet-specifikus, alternatív ORF is ismert. Baktériumoknál különösen jellemző, hogy a duplaszálú DNS mindkét szálán lévő leolvasási kereteknek kódoló funkciójuk van.

Mi a helyzet a magasabb rendű élőlényekben?

A sejtmagvas élőlényeknél (eukarióták) nem hat szelekciós nyomás a genom méret csökkentésének irányába, ezért az átfedő ORF használatának a hátrányai nagyobb súllyal esnek latba. Emlékezzünk vissza arra, hogy az aminosavakat meghatározó tripletek utolsó bázisa általában megváltozhat anélkül, hogy az a kódolt aminosav is megváltoztatná (1. ábra). Ez csökkenti a káros mutációk esélyét. Az egyik ORF-ben harmadik pozícióban lévő bázis viszont az átfedő ORF-ben



2. ábra. Egy duplaszálú DNS szekvenciája. Mind a két szál háromszor szerepel egymás alatt. Jól látható, hogy a teljesen egyező bázisszekvencia ellenére az aminosav-szekvencia a leolvasási keret elmozdításával megváltozik. (Az alsó szálon a leolvasás iránya ellentétes.)

leg 21–22 aminosav (statisztikailag ennyi tripletből egy biztosan STOP-kodon). Mivel az átfedő leolvasási kereteknek eredetileg nem volt funkciójuk (nem kódoltak fehérjét), a méretük is a nem kódoló ORF-ek méretéhez igazodott. Ez megmagyarázza azt a jelenséget, hogy az alternatív leolvasási keretben kódolt fehérjék átlagos hossza lényegesen rövidebb (57 aminosav), mint a „fő ORF-en” kódolt fehérjéé (344 aminosav).

Mennyire gyakori az alternatív ORF-ek használata?

Az alternatív ORF-eken kódolt fehérjék használata jól ismert jelenség a vírusoknál és baktériumoknál, melyekre erős szelekciós nyomás hat, hogy örökítő anyaguk minél rövidebb legyen. (A legkisebb vírusok teljes genomja két-három ezer, az *Escherichia coli* baktériumé négy és fél millió bázispár hosz-

már vagy az első vagy a második, így a mutációja nagy valószínűséggel aminosavcserét eredményez. Ez ugyan nem feltétlenül vezet a fehérje működésképtelenségéhez, de csökkenti a kódolás „rugalmasságát”. Abban az esetben viszont, ha a bázis megváltozásával egy STOP-kodon kerül a leolvasási keretbe, a protein nem lesz képes teljesen leírni, vagyis feladatát sem láthatja el. Emiatt a közös DNS-szakaszról leírdott fehérjék aminosav-összetétele eltér a megszokottól. Ha az átfedő ORF-ek a nukleinsav azonos szálán vannak, akkor minden leolvasási keretben visszaszorulnak az UA vagy UG kezdetű tripletek, ezekből ugyanis egyetlen mutációval kialakulhat STOP-kodon. Hasonlóan kiszekelődnek az UUA-, UCA- és a CUA-tripletek, ha az ORF-ek ellentétes szálon kódolnak fehérjét, mivel ezekkel szemben a komplementer DNS-szálon állnának STOP-kodonok.

További hátrány, hogy két gén jelenléte egy közös nukleinsav-szakaszon megakad-

lyozza, hogy azok képesek legyenek a saját funkciójukhoz optimálisan alkalmazkodni. Ennek oka, hogy a két fehérjére eltérő szelekciós nyomások hathatnak, így egy előnyös mutáció az egyik ORF-ben (amitől a protein jobban el tudja látni a funkcióját) könnyen hátrányos lehet a másik leolvasási keretben kódolt fehérje számára (amitől az kevésbé lesz hatékony). Ez elkerülhető, ha az adott gén duplikálódik. Ekkor két azonos DNS-szakasz jön létre, melyek evolúciója szétválhat és az egyik az egyik, a másikon a másik gén fog továbbfejlődni.

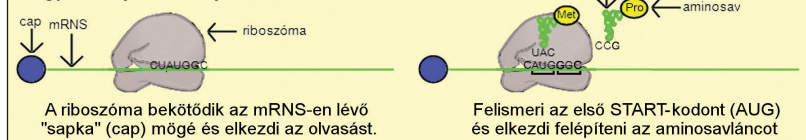
Mi az ORF-ek szerepe?

Jelenleg paradigmaváltás szemtanúi lehetünk, mely során a tudomány átértékeli az alternatív ORF-ek eukariótákban betöltött szerepét. A magasabb rendű élőlényekben is egyre több olyan fehérje funkcióját ismerjük meg, melyek átfedő leolvasási kereten kódoltak. Ma már létezik internetről elérhető, alternatív ORF-adatbázis is. Ez alapján a sörészőben nagyjából ötezer, egy fonálféregben több mint harmincötezer, a muslin-cában harmincvolcezer, a karmosbékában ötvenkétezer, az egérben nyolcvankétezer, a csimpánzban majdnem nyolcvanezer, míg az emberben majdnem százhuszonkétezer átfedő leolvasási keret található (csak a legalább százhusz bázishosszúságúakat számítva)¹. Figyelembe véve, hogy a jelenlegi becslések alapján egy embernek huszonöt-harmincezer génje van, ez döbbenetesen nagy szám. Utóbbi akkor is igaz, ha feltételezzük, hogy az alternatív ORF-eknek csak a töredéke rendelkezik ténylegesen fehérjekódoló funkcióval. Az elemzések alapján egy humán mRNS átlagosan három-négy alternatív leolvasási keretet tartalmaz. A potenciális alternatív ORF-ek ilyen magas száma azt sejteti, hogy a szerepük túlmutat a korábban feltételeztettek.

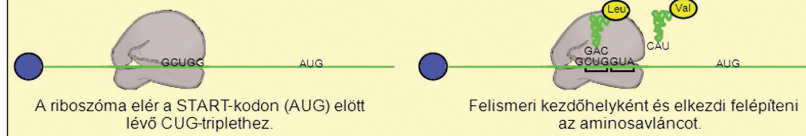
A GNAS1 gén a G-proteinek alfa alegységét kódolja. A G-proteinek képesek beépülni a sejtek membránjába és kapcsolatot teremteni a sejt külső környezetével, így az egyik legfontosabb jelátvivő molekulák. Többek között szerepük van a látásban, valamint a hormonokra adott válasz kialakításában. A génnel átfedő ORF egy viszonylag hosszú, 356 aminosav hosszúságú fehérjét kódol. A funkciója egyelőre nem ismert, de szintén képes a sejtmembránba beépülni és megkötni a G-protein alfa alegységét, ami alapján arra lehet következtetni, hogy feladata összefügg a G-proteinekével.

Az adenilát-cikláz a sejtek energiaraktárának számító adenosin-trifoszfátot képes ciklikus adenosin-monofoszfáttá alakítani. A fehérjét kódoló génnel átfedő ORF egy 176 aminosav hosszúságú proteint kódol, mely valószínűleg képes szabályozni az adenilát-cikláz működését.

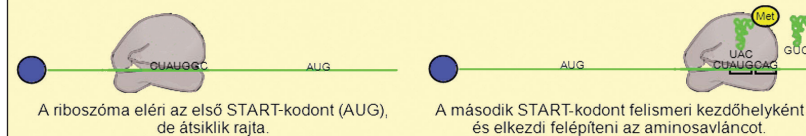
Hagyományos fehérjeszintézis



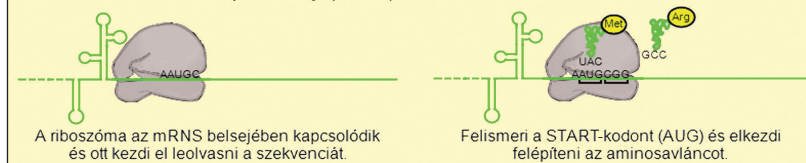
Nem hagyományos START-kodon használata



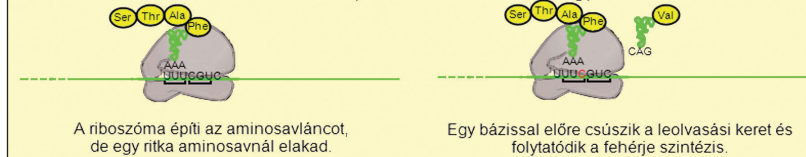
Leaky scanning



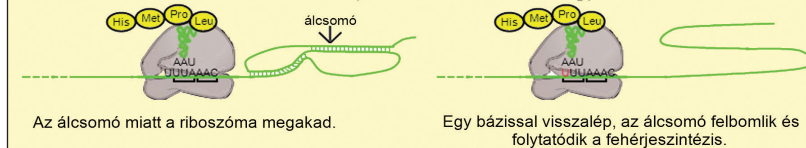
Belső riboszóma-belépési hely (IRES) használata



+1-es riboszomális kereteltolódás (ribosomal frameshifting)



-1-es riboszomális kereteltolódás (ribosomal frameshifting)



3. ábra. A leolvasási keret elcsúszásának módjai. Az mRNS elején lévő cap (sapka) véd a nukleinsavbontó enzimektől

A fentiekén kívül számos további példa van, ahol az átfedő leolvasási kereten kódolt fehérje funkciója kapcsolatban áll a fő ORF-en kódolt fehérje funkciójával. A két protein gyakran összekapcsolódni is képes egymással. Ezért egyre inkább úgy tűnik, hogy az átfedő leolvasási keretek szerepe nemcsak a DNS RNS-kódoló kapacitásának kihasználása, hanem az összefüggő funkciójú fehérjék közös kódolása, szintézise is. Ennek egy nagyon lényeges előnye biztosan van. Mivel a két fehérje lefordítása ilyenkor ugyanarról az mRNS-ről történik, ezért nincs szükség bonyolult mechanizmusokra, melyek szabályozzák, hogy a két gén egy időben fejeződjön ki.

Elmondhatjuk tehát, hogy egyre több olyan fehérjét azonosítanak, melyek más génekkel átfedő leolvasási keretekben vannak kódolva. Ma már sokuknak a funkcióját

is ismerjük. Az új felfedezések ahhoz vezetnek, hogy a tudomány kezdi átértékelné az alternatív ORF-ek szerepét. Évekkel ezelőtt még azt gondoltuk, hogy az eukariótákban nincsenek fehérjét kódoló, átfedő ORF-ek. Mikor az első párat megtalálták, csak szabályt erősítő kivételnek tartották őket. Ma már senki nem lepődik meg azon, ha rábukkannak egy egészen ideig egy másik gén „árnyékában” rejtőzött génre, akár az emberi genomban is.

Irodalom

1. Vandepierre B. et al. 2013. Direct detection of alternative open reading frames translation products in human significantly expands the proteome. PLoS One. 2013 Aug 12;8(8)

UTAZÁS A PLÚTÓN TÚLRA

A NASA 2006 elején indított New Horizons űrszondája (*Természet Világa*, 2006. február) 2015 júliusában eléri a Plútót és 10 ezer kilométer távolságban elrepül mellette. A küldetés igondolói azt tervezték, hogy ezután az űrszonda felkereshet egy vagy két Kuiper-övbeli jeges égitestet. (Ezek azért érdekesek, mert a nagyon távoli, jeges égitestek soha nem jártak a Nap közelében, így megőrizték a Naprendszer keletkezésekor volt, eredeti állapotukat.) A szonda már félúton járt, amikor keresni kezdték a Plútó utáni célpontot, 2014 közepéig azonban egyetlen alkalmasat sem találtak. Legújabbban azonban a Hubble-űrtávcsövet is bevetették a keresésbe, aminek köszönhetően három olyan égitestre is rábukkantak, amelyek elérhetőek lennének a New Horizons számára. Ésszerűnek tűnt volna, ha már a szonda indítása előtt kijelölik az úti célokat. A küldetés irányítói azonban azért vártak egészen 2011-ig a keresés megkezdésével, mert azt remélték, hogy a szonda indulásakor még csak épülő, új óriástávcsöveket is bevonhatják a munkába. A hat, 6,5–10 méter közötti tükörátmérőjű, földi óriástávcsövel három évig végzett észlelések során 50 új, Kuiper-övbeli égitestet fedeztek fel, azonban egyik sem volt elég közel ahhoz, hogy a New Horizons elérhesse. Ekkor kaptak két hét észlelési lehetőséget a Hubble-űrtávcsövel, ami figyelembe véve a HST iránti igényeket, rengeteg időnek számít. Megérte, mert a HST-vel végül három alkalmasnak látszó objektumot találtak.

Az 1. számú potenciális célpontot (PT1, Potential Target 1) június 27-én fedezték fel, azóta négyszer sikerült megfigyelni. Megállapították, hogy mérete 30 és 45 km között lehet. Kiszámították a pályáját, eszerint a New Horizons 2019 januárjában érheti el. A célpont előnyös, mert a rendelkezésre álló üzemanyag kétharmada elég a szükséges pályamódosításhoz, így további pályakorrekciókra is lenne lehetőség, amikor a szonda már látja a célpontot. A PT2 és a PT3 előnye ezzel szemben, hogy fényesebbek, ezért vélhetően nagyobbak, vagyis könnyebb célpontot jelentenek a New Horizons számára. A tipikus Kuiper-objektumok körülbelül 10-szer nagyobbak a Rosetta szonda célpontjával szolgáló Csurjumov–Geraszimenko-üstökösnél (*Természet Világa*, 2014. november), viszont 100-szor kisebbek a Plútónál, így érdekes átmenetet képezhetnek az apró, üstökösszerű testek és a törpebolygók, bolygók között.

(www.skyandtelescope.com, 2014. október 21.)

VULKÁNOSSÁG NYOMAI A HOLDON

Az Apollo-program eredményei nyomán egyöntetűvé vált a szakemberek véleménye, miszerint a holdkráterek többsége becsapódásos eredetű. Újabbban azonban a NASA Lunar Reconnaissance Orbiter űrszondájának felvételein több tucat, kis átmérőjű alakzatot találtak, amelyek az elmúlt 50–100 millió évben vagy még később bekövetkezett vulkánkitörések maradványai lehetnek. A geológusok gyanúja a szabálytalan mare foltoknak (IMP, irregular mare patches) nevezett alakzatok felé terelődött. Bár tényleges vulkáni működést nem sikerült megfigyelni, Sarah Braden (Arizona Állami Egyetem) és munkatársai szerint az egykori vulkánosság mellett bizonyítékok erősek. Az akár 5 km hosszúságot is elérő formációk jellemzője, hogy még a Lunar Reconnaissance Orbiter 0,5 méter felbontású kamerájával készült felvételeken sem láthatók rajtuk 20 méternél nagyobb becsapódásos kráterek. Az éles, nem lekoptott formák és spektrális jellemzőik is arra utalnak, hogy a területek nagyon fiatal képződmények, amelyeket még nem sötétített el évmilliárdok alatt a kozmikus sugárzás hatása. A legismertebb IMP területet már az Apollo–15 űrhajósai is lefényképezték, még 1971-ben. A geológusok már akkor is arra gyanakodtak, hogy egy nagy pajzsvulkán tetején elhelyezkedő, beomlott krátert látnak, a terület korát azonban akkor nem tudták meghatározni. Most viszont az LRO mérései szerint nemcsak az, hanem több más IMP is fiatal terület. Különös, de a 70 vizsgált IMP mindegyike a Hold felénk néző oldalán helyezkedik el.

A szakemberek általános vélekedése szerint a Hold vulkanizmusa 1–1,5 milliárd évvel ezelőtt leállt. Úgy tűnik azonban, hogy egyes területeken a Hold köpenyében egészen a közelmúltig olvadt kőzetből álló zárványok maradhattak meg, sőt talán még jelenleg is léteznek. Az LRO kamerájával dolgozó kutatócsoport vezetője, Mark Robinson szerint az új eredmények fényében talán a Hold egész termikus történetét újra kell gondolni, kiderülhet, hogy az eddig feltételezettnél több radioaktív elem lehet a Holdon (amelyek bomlásukkal hőt termelnek).

(www.skyandtelescope.com, 2014. október 14.)

ÉPÜL A VILÁG LEGNAGYOBB TÁVCSÖVE

Október 7-én a hawaii Mauna Kea vulkánon elkezdődött a világ legnagyobb távcsövének, az egyelőre csak „harminc méteres távcső” (TMT, Thirty Meter Telescope) néven emlegetett műszernek az építése. A mű-

szer 2022-re készülhet el, fénygyűjtő területe nyolcszorosa lesz a jelenlegi legnagyobb távcsőének. A 4205 méter magas hegycsúcson már eddig is több óriástávcső kapott helyet, s a helyiek tiltakozása nem maradt el az újabb építkezés ellen. A hegycsúcs csillagászati célokra történő hasznosítását koordináló Hawaii Egyetem és a helyi környezetvédelmi hatóságok megállapodása szerint a csúcson 13 kupola helyezhető el. A távcső majdani üzembe állítása nagy ugrást jelent majd, mert a mostani legnagyobb távcsövek átmérője 10 méter. A TMT vetélytársai a több amerikai egyetem közös vállalkozásaként megépítendő 27 méteres Óriás Magellán-távcső (GMT), illetve az Európai Déli Observatóriumok közel 40 méteres E-ELT (European Extremely Large Telescope) lehetnek.

A TMT főtükre nem kevesebb, mint 492 darab, egyenként 1,4 méter átmérőjű, hatszög alakú szegmensből fog összeállni. Ily módon az óriási tükörrendszer 114-szer akkora felületen és 10-szer nagyobb térbeli felbontással gyűjti majd a fényt, mint a Hubble-űrtávcső. A csillagászok remélik, hogy az óriástávcsővel többek közt megállapíthatják a Naprendszeren kívüli bolygók kémiai összetételét, feltérképezhetik a Világegyetem nagy léptékű szerkezetét, megvizsgálhatják a legősibb galaxisokat. A távcső a légköri turbulenciák minőségrontó hatását adaptív optikával küszöböli ki. Három legfontosabb észlelő műszere egy nagy látószögű, sok objektumot egyszerre vizsgáló spektrográf, egy a közeli infravörösben dolgozó képkalkító spektrométer és egy többrészes, ugyancsak közeli infravörös képkalkító spektrométer lesznek. A távcső építésének becsült költsége 1,4 milliárd dollár, a költségviselők a Kaliforniai Műszaki Egyetem (CalTech), a Kínai Tudományos Akadémia, a Japán Nemzeti Csillagászati Observatórium, a Kaliforniai Egyetem, de a hírek szerint India és Kanada is tervezi, hogy anyagiilag is beszáll a projektbe.

(www.skyandtelescope.com, 2014. október 10.)

PLEISZTOCÉN LELŐHELYEK A MAGASBAN

A legmagasabban fekvő pleisztocén korszaki régészeti lelőhelyen végzett kutatások azt tárták fel, hogy őseink nemcsak Európában, hanem másutt is igen jól alkalmazkodtak a szélsőséges körülményekhez. A Calgary Egyetem régésze, Sonia Zarrillo és munkatársai Peruban, az Andokban fekvő Pucuncho-medencében végeztek ásásokat. Az első lelőhely, mely a Cuncaicha nevet viseli, egy sziklamenedék, 4480 méteres tengerszint feletti magasságban, ahol kőszer-

szám-készítő „műhely” találtak. A másik, a Pucuncho nevű 4355 méter magasan van, szintén tele kőszerszámok maradványaival. Az éghajlati viszonyok mindkét helyen rendkívül zordak, nagyon hideg van, és persze alacsony a levegő oxigénszintje, erős a nap-sugárzás. Mindezen tényezők hatalmas kihívást jelentenek bármely emberre. A jelekből a kutatók arra következtetnek, hogy a pleisztocén végén, 11–12 ezer évvel ezelőtt a környékbeli emberek huzamosabb ideig éltek ilyen mostoha körülmények között. Talán nem az egész évet töltötték ott, de annyi bizonyos, hogy nem csupán egy-két napos vadászatra mentek fel erre a környékre. Alighanem egész családok éltek odafönn, legalábbis találtak olyan bizonyítékokat, amelyek többféle tevékenységre utalnak.

Találtak például emberi koponyatöredékeket, kőszerszámokat, állati maradványokat. Ha a vadászok csak átmenetileg tartózkodnak egy bizonyos helyen, a húst magukkal viszik az állandó táborhelyükre és csak a tetem maradványait hagyják ott, mondja Zarrillo. A Cuncaicha lelőhelyen azonban teljes állati maradványokat találtak, ami arra utal, hogy az emberek legalábbis közel éltek ahhoz a helyhez, ahol a zsákmányukat elejtették. Ezenkívül találtak a megölt állat feldolgozására alkalmas kőeszközöket és olyanokat is, amik ruhafélék, takarók készítéséhez alkalmasak.

Az általános tudományos feltevések szerint az emberek addig nem képesek nagy magasságban tartósan élni, amíg genetikailag nem alkalmazkodnak az ilyen környezethez. Ez az Andok mai lakóinál megtörtént, de vajon megtörtént-e mindez már bő 12 ezer évvel ezelőtt is? Erre még nem tudnak pontos választ adni, ám a két lelőhelyen talált maradványok erre utalnak. A kutatók további lelőhelyeket keresnek, ugyanis ez a magas régió régészeti szempontból kevésbé kutatott, részben a nehéz megközelíthetőség miatt, részben azért, mert maguknak a kutatóknak is igen zord körülmények között kell huzamosabb időn át ilyen terepen dolgozniuk.

(*Science Daily*, 2014. október 23.)

MÁSUTT, MÁSKOR HALTAK KI A MASZTODONOK

Az amerikai masztodonok, az elefántok kihalt rokonai az általánosan elfogadott vélemények szerint Észak-Amerika arktikus-szubarktikus vidékein éltek, míg ki nem haltak. Nemrégiben egy nemzetközi kutatócsoport tagjai újvizsgálták masztodonfosziliák korát és úgy vélik, hogy az északi térségek csak átmeneti élőhelyeik voltak, amikor a klíma melegebb volt. Ugyanakkor azt is bizonyították látják, hogy a masztodonok már több ezer évvel az első emberek megérkezése előtt lo-

kálisan kihaltak, amit csak betetézett a jégkorszak végi klímaváltozás, amikor velük együtt kerekén 70 emlősfaj tűnt el.

A pleisztocén korszak legvégén az amerikai masztodon általánosan elterjedt volt: Alaszka sarkvidéki területeitől egészen a trópusi Hondurasig előfordult. A legelés igazi specialistái voltak, fás növényeken



A masztodonok melegebb vidékeken is élhettek

éltek lombhullató erdőkben, vagy mocsaras, lápos vidékeken. A masztodonok fogazata kifejezetten az efféle táplálék rágására fejlődött ki (levelek, hajtások, ágak, fák), és ez alapján aligha valószínű, hogy huzamosabb ideig megéltek volna arktikus vidékeken, ahol ilyen növényzet nem, vagy alig fordul elő. Az Alaszkában és a Yukon vidékén gyűjtött masztodonfogak radio-karbonos kormeghatározásából az derült ki, hogy e fogak nem fiatalabbak 50 ezer évesnél, és amikor nagyjából 125 ezer éve fénykorukat élték ezeken a vidékeken, ott még lényegesen enyhébb éghajlat uralkodott, a számukra megfelelő táplálékul szolgáló növényzettel, tehát fákkal és mocsarakkal.

Ez a jólét azonban nem tartott sokáig. Mintegy 75 ezer éve a klíma zordabbá vált, és élőhelyük teljesen megváltozott. Olyannyira, hogy egy részük kipusztult, más részük egyre délebbre vándorolt, ahol végül kb. 10 ezer éve teljesen kihaltak. 75 ezer éve, amikor még létezett az Ázsiát Amerikával összekötő Beringia földhíd és a masztodonok kihalása elkezdődött, még egyáltalán nem járt arrafelé ember, így nem is lehetett a kihalásuk okozója.

Azt persze nem állítják a kutatók, hogy a megritkult és legyengült állomány pusztulásába nem szólhatott bele az ember, de ez csak sokkal később, nagyjából 10 ezer éve történhetett, jóval délebbre eredeti élőhelyüknél.

(*Science Daily*, 2014. december 1.)

MEGLEPETÉS A GOMBACSO MAGBAN

Aki ismeri a gombafajokat, az könnyen összegyűjthet néhány adag gombát az őszi erdőben. Az óvatosabbak a friss vagy szárított gombát inkább a boltban vásárolják

meg. Ám abban a csomagban is érhet minket meglepetés, ahogy azt most angol kutatók megállapították.

A gombák birodalma rendkívül sok fajtából áll, melyeknek eddig csupán töredékét ismerjük és vizsgálták. Kutatók becslése szerint akár 10 millió gombafaj is létezik, közülük 100 000 fajról készült leírás. A kalapos gombáknál, melyekhez a vargánya, a rókagomba és társai is tartoznak, hasonló a helyzet: minden évben tucatnyi új fajt azonosítanak, és még az Európában évszázadok óta ehető gombaként számon tartott fajtákról is kiderül, hogy változatosabbak, mint régóta gondolták. Ez érvényes a vargányákra is (*Boletus speciosus*). Mivel ezt a kedvelt gombafajt ter-

meszteni nem lehet, az Európában kereskedelmi forgalomban lévő szárított példányok kerekén fele Kína erdeiből származik.

Annak megállapítására, hogy a szárított gombacsomagban milyen vargányafaj található, a kutatók válogatás nélkül 15 darab mintát vettek ki a vásárolt gombacsomagból, melyeket DNS-elemzésnek vetettek alá, s az eredményt összehasonlították az ismert vargányafajok DNS-vizsgálati eredményeivel. Végeredményként megállapították, hogy a csomagban három, eddig ismeretlen vargányafaj található, melyeknek még Kinában sem volt saját elnevezésük. A kutatók azonban hangsúlyozzák, hogy ezek ugyanúgy fogyaszthatók, mint az ismert fajok. A vargányák között eddig még nem találtak mérgező fajt, ám létezik néhány olyan, ami allergiát válthat ki – éppen ezért rendkívül fontos tudni, mely fajok kerülnek kereskedelmi forgalomba.

A kutatás eredményei bizonyítják, hogy mennyire aktuális a gombák rejtett sokfélesége, hiszen mindenütt jelen van, szó szerint az orrunk előtt hever. A fent leírt vizsgálat egyértelműen bizonyítja, hogy az ismeretlen gombafajok nem csupán távoli, rejtett erdőrészekben találhatók, hanem ott is, ahol nem is számítunk rá: az üzletben és a saját tányérunkon. Ezeknek a gombafajoknak a beazonosítása a kutatók szerint nem csupán azért fontos, hogy az egészségre gyakorolt esetleges negatív hatásokat kizárjuk, hanem azért is, mert olyan új fajokat írhatnak le, amelyek hasznosak lehetnek például az orvostudomány, vagy az ökológia számára. A DNS-elemzés új módszere a jövőben lehetővé teheti, hogy az ilyen rejtett fajoknak könnyebben a nyomára bukkanhassunk – mind az erdőben, mind az üzletben.

(www.wissenschaft.de
2014. szeptember 16.)

MEG NEM SZÜLETETT KISCSIKÓ MESSELBŐL

A már eddig is számos világhírű ősmaradványt szolgáltatató messeli olajpala újabb szenzációs lelettel örvendeztette meg a paleontológusokat. A finoman rétegzett, fekete palás kőzet 47–48 millió évvel ezelőtt rakódott le az eocén korszakban. A jól ismert képződmény Frankfurt közelében, a messeli bányában bukkan a felszínre. Az eddigi rendkívüli ősmaradványok között is előkelő helyet foglal el a korai ló maradvány, amelyet Berlinben mutattak be a Society of Vertebrate Paleontology idei éves összejövetelén. A pici méretű, ám felnőtt állattól származó fosszília az Eurohippus nevű korai lovat képviseli, amely mindössze egy mai foxterrier méretét érte el. A kőzetlapon egy fiatal kancának és a meg nem született csikójának a maradványa (a képen bekarikázva) figyelhető meg rendkívüli részletességgel.



A meg nem született csikó maradványa az anya testében

A lelőhely korábbi leleteihez híven a csontok nagy része itt is eredeti helyzetben látható. A példánynak megvan a méhe, benne a méhlepénnyel, valamint az a széles inszalag, amely rögzítette a méhet a kanca ágyékcsigolyájához és segített alátámasztani a magzatot. Maga a légyszövet nem őrződött meg közvetlenül, de a körvonalak jól láthatóak azoknak a baktériumoknak a közötté válása révén, amelyek elfoglalták a lágy szövetek helyét az állat elpusztulása után. A Senckenberg Kutatóintézet munkatársai összehasonlították a maradványt a modern lovaknál ismert magzatfejlődési szakaszokkal. Megállapították, hogy a kanca nem szülés közben pusztult el, mivel a magzat még nem fordult be a szüléskor jellemző pozícióba. Haláluk pontos oka nem ismert, de feltehetően a többi messeli ősmaradványhoz hasonlóan megfulladhattak, amikor az egykori

Messeli-tóból mérgező széndioxid gáz-felhő szabadult fel a vulkáni működés eredményeképpen.

(*Scientific American*, 2014. november)

AZ ELSŐ KÉTÉLTŰ HALGYÍK

A Kínában felfedezett lelet egy eddigi jelentős ismerethiányt tölt ki a halgyíkok evolúciójában. Ez a felfedezés megmutatja az összeköttetést a delfinszerű halgyíkok és azok szárazföldi ősei között. A fontos lelet Kína Anhui tartományában került elő 248 millió éves, triász időszi kőzetekben. Az igazi halgyíkok már teljesen alkalmazkodtak a tengeri életmódhoz, ennek a 1,5 méter hosszú állatnak azonban szokatlanul nagy, mozgékony úszói voltak, amelyek lehetővé tették a főkaszerű mozgást a szárazföldön. A halgyíkok többségének hosszú, csőrszerű pófaja volt, a kétéltű fosszília orra azonban olyan rövid, mint általában a szárazföldi

hüllőké szokott lenni. A csontjai is jóval vastagabbak voltak, mint a korábban leírt halgyíkoké. Ez a tulajdonság megfelel azoknak az elközeléseknek, melyek szerint a legtöbb átmeneti hüllő, amely a szárazföldi életmódról tér át a tengerire, nehezebbé válik, hogy át tudjon úszni az erős partmenti hullámokon, és eljuthasson a mélyebb tengerekbe. A lelet másik különlegessége, hogy az állat a földtörténet 252 millió évvel ezelőtt bekövetkezett legnagyobb tömeges kihálása után alig 4 millió évvel élt. A különleges átmeneti állat a fauna újjáéledése során jelent meg. A kutatók egy része korábban azt feltételezte, hogy az állatoknak és növényeknek sokkal tovább tartott az újjáéledés a globális felmelegedés okozta kihálás után.

(*Nature*, 2014. november 5.)

ÖSSZTŰZ A SZUPERÉLŐLÉNYEKRE

Az elmúlt években a leghatékonyabb antibiotikumokkal szemben is ellenálló új baktériumtörzsek jelentek meg, pl. a tuberkulózis gyógyszerrezisztens formájának kórokozója. A szuperbaktériumok az USA-ban évente 2 millió embert fertőznek meg és legalább 23 000 ember halá-

láért felelősek. Ennek ellenére a közel-múltban a kutatók csak nagyon kevés új antibiotikumot fedeztek fel.

A MIT kutatói Timothy Lu vezetésével hatékony fegyvert találtak a szuperbaktériumok ellen. Egy bármilyen célgént megbenítő génszerkesztő rendszerrel szelektíven képesek elpusztítani az antibiotikum rezisztenciáért felelős géneket hordozó baktériumokat.

A legtöbb antibiotikum az életfontosságú működésekre hat, pl. a sejtosztódást vagy a fehérjeszintézist gátolja. Néhány baktérium azonban, például az MRSA (methicillin rezisztens *Staphylococcus aureus*) és a CRE (karbapenem rezisztens *Enterobacteriaceae*) látszólag kezelhetetlen a jelenleg használatos gyógyszerekkel.

A CRISPR génszerkesztő rendszer jelenti a tökéletes stratégiát ezen génekkel szemben.

Az eredetileg a baktériumok immunrendszerét tanulmányozó biológusok által felfedezett CRISPR egy sor fehérjét kódol, amellyel a baktériumok megvédik magukat a bakteriofágokkal, a baktériumokat megfertőző vírusokkal szemben. Az egyik fehérje, egy DNS-t hasító enzim, a Cas9, olyan rövid RNS vezető szálakhoz kötődik, melyek specifikus szekvenciákat céloznak meg, és megmutatják a Cas9-nek, hogy hol ejtse a vágást. Lu és munkatársai saját fegyvereiket fordították a baktériumok ellen. Saját vezető RNS-szálat terveztek, melyekkel az antibiotikum-rezisztenciáért felelős géneket vették célba, többek között az NDM-1-et kódoló gént. Az NDM-1 egy enzim, amely segítségével a baktérium egy seereg béta-laktám antibiotikummal, többek között a karbapenemekkel szemben is ellenállóvá válik. Az NDM-1-et kódoló gén, és egyéb antibiotikum rezisztencia faktorok általában plazmidokon találhatóak, így könnyen terjednek a populációban. Amikor a CRISPR-t a NDM-1 ellen fordították, sikerült specifikusan elpusztítani az NDM-1-et hordozó baktériumok több, mint 99%-át. A CRISPR összetevőit a baktériumba kétféle hordozóval juttatják be, mesterséges baktériummal mely a plazmidján CRISPR géneket hordoz, vagy bakteriofág részecskével, melyek a baktériumhoz kötődve beinjekciózzák a géneket. Ezután a CRISPR gének sikeresen szétterjednek a gyógyszerrezisztens baktérium populációban. A módszert az *E. colival* fertőzött viaszolyi lárvákon próbálták ki, jelentős sikerrel. Jelenleg az egérkísérletek folynak, majd kezdődhetnek az embereken végzett vizsgálatok.

(*sciencedaily.com*, 2014. szeptember 21.)

Ki fogja vissza a segítőket?

Szteroidot termelő immunsejtek

Az Európai Bioinformatikai Intézet (EMBL-EBI) és a Wellcome Trust Sanger Intézete kutatóinak egyesített gárdája felfedezte, hogy az immunrendszer 2-es típusú T-helpersejtjei szteroidot állítanak elő, mellyel képesek leállítani osztódásukat. A megfigyelést a Single-Cell Genomics Centre adatainak elemzése tette lehetővé.

Mint ismeretes, a T-sejt a fehérvérsejtek – limfociták – egyik fajtája, mely részben a szervezet kórokozók elleni védekezésben vesz részt, részben pedig a B-sejtek (B-limfociták, a fehérvérsejtek másik fő típusa) ellenanyagképzését szabályozza. A T-helper sejtek, amint arra nevük is utal (helper=segítő), más sejtek működését segítik elő az immunválasz során. Két típusuk ismert, az 1-es és a 2-s típusú T-helpersejt (Th1 és Th2), melyek az immunrendszert eltérő irányokba terelik.

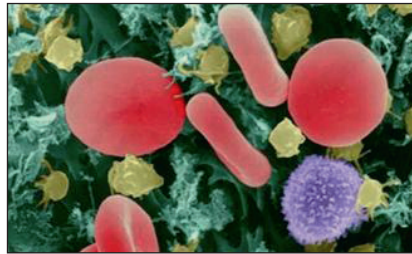
Rendes körülmények között, ha szervezünk úgy érzékeli, hogy az immunsejtek elvégezték feladatukat, szteroidokat kezd termelni –, de hogy pontosan mely sejtek termelik őket, az nem volt ismert. Legutóbbi vizsgálatukban a kutatók a Th2-sejtek működését vizsgálták mikrobiális fertőzés során, és azt figyelték meg, hogy a védekezési folyamat egy bizonyos pontján ugyanezek a sejtek egy szteroidot állítanak elő, név szerint a pregnenolon.

„Sejtkultúrában korábban már megfigyeltük, hogy a szteroidok a T-sejtek szaporodásának szabályozásában vesznek részt. De igazi meglepetésként ért bennünket, hogy éppen ezek a sejtek állítják elő a szteroidot” – mondta *Bidesh Mahata*, aki az EMBL-EBI és a Sanger Teichmann csoportjának tagja és a vizsgálat tervezője. „Korábban már tapasztaltuk, hogy a Th2-sejtek szteroidokat termelnek, de nem értettük, hogyan történik mindez”. „Statisztikai elemzés vezetett el bennünket azokhoz a génekhez, amelyek a Th2-sejtek pregnenolon-termelésében vesznek részt, és arra következtetésre jutottunk, hogy maguk a Th2-sejtek felelősek az immunszuppresszióért.”

A kutatók az eredmények alapján úgy gondolják, hogy a kísérletben megfigyelt immunválasz része annak a folyamatnak, amely az immunrendszer kiegyensúlyozott működéséért felelős.

„Kísérletileg igazoltuk, hogy a pregnenolon gátolja mind a Th-sejtek szaporodását, mind a B-sejtek immunoglobulin-termelésének bekapcsolását” – tette hozzá *Bidesh*.

Jelenleg úgyvéljük, hogy Th2-sejtek olyan szteroidot termelő sejtekké differenciálódnak, melyek egy nagyobb szabályozó mechanizmus részeként kiegyensúlyozzák az immunrendszer működését.



Fehérvérsejtek (sárga) és vörösvérsejtek (piros) emberi vérből. A fehérvérsejtek közül a CD8+ citotoxikus ölősejtek és a CD4+ T-helper-sejtek láthatók a felvételen. Az eltérő sejttípusokat utólagos színezéssel tettük jól láthatóvá

(Forrás: http://icawww1.epfl.ch/is/IS_IB/)

A kísérlet megállapításait és következtéseit azok a megfigyelések is alátámasztják, amelyekről nemrég számoltak be a Gelfand csoport kutatói a denveri National Jewish Health Klinikán.

A Genome Campus csoport célul tűzte ki, hogy megpróbál választ találni azokra a kérdésekre, amelyek tisztázhatják, hogyan indul be a folyamat, milyen más szövettípusok vesznek részt benne és milyen típusú fertőzések válhatnak ki ilyen immunválaszt.

A vizsgálatot a Molekuláris Biológiai Intézet MRC laboratóriuma kezdeményezte, melybe bekapcsolódott a Wellcome Trust Sanger Intézete és az EMBL-EBI. A szteroid-meghatározást a Birminghami Egyetem kutatói végezték kollaborációban. A kutatást az Európai Tudományos Tanács (ThSWITCH grant) és a Sarah Teichmannak adományozott Lister Research Prize támogatta.

A Cell Reportsban közreadott eredmények nagy jelentőségük a rákos megbetegedések, az autoimmun betegségek és a fertőzések kutatása terén.

HOLLÓSY FERENC

A cikk forrása

Mahata, B., et al. (2014) Single-cell RNA sequencing reveals T helper cells synthesizing steroids de novo to contribute to immune homeostasis. *Cell Reports* (2014), DOI: 10.1016/j.celrep.2014.04.011.

A cikk az alábbi híradás alapján készült:

http://www.embl.it/aboutus/communication_outreach/media_relations/2014/140509_Hinxton/index.html
http://icawww1.epfl.ch/is/IS_IB/

E számunk szerzői

DR. DUDA ERNŐ egyetemi tanár, Szegedi Tudományegyetem, ÁOK, Orvosi Biológiai Intézet, Szeged; DR. FÜSTÖSS LÁSZLÓ egyetemi docens, BME Fizika Tanszék, Budapest; GÁCS JÁNOS, Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala, Budapest; DR. HOLLÓSY FERENC klinikai kutatási munkatárs, Contract Research Organisation, Budapest; DR. KERÉNYI ATTILA geográfus, professor emeritus, az MTA doktora, Debreceni Egyetem, Debrecen; DR. KÉRI ANDRÁS főiskolai docens, Budapesti Gazdasági Főiskola, Budapest; LUKÁCSI BÉLA tudományos újságíró, Budapest; DR. MAKSAY GÁBOR, az MTA Természettudományi Kutatóközpont tudományos tanácsadója, Budapest; DR. MATOS LAJOS szívgyógyász, Szent János Kórház, Budapest; MÉSZÁROS ISTVÁN, Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Doktori Iskola, Budapest; MOLNÁR V. ATTILA botanikus, Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar Biológiai és Ökológiai Intézet, Növényntani Tanszék, Debrecen; DR. RADNAI GYULA fizikus, egyetemi docens, ELTE, Budapest; DR. TÁNCZER TIBOR meteorológus, a földtudományok kandidátusa, az Országos Meteorológiai Szolgálat nyugalmazott tudományos titkára, Budapest.

Februári számunkból

Pécz Béla: Legyen világosság! – mondta a Nobel-díj Bizottság
Sümei Pál: Szeged – Őthalom. Rekviem egy földtani és régészeti lelőhelyért

Kovács Gergely: Emberkísérletek
Kovács Gergely Károly: Észak-mezőföldi löszmaradványok

Farkas Csaba: A szorongás napjaink része? Beszélgetés Graef Anikó pszichiáterrel

Ladányi László: Sztracena - az elvesztett kanyon

Harangi Szabolcs: Tűzhányó-hírek

A Természet Világa digitális formában 2015-ben változatlan áron előfizethető!

Miért lehet szeretni a *Brutális fizikát*?

FÜSTÖSS LÁSZLÓ

Ezernyi módja van a jó fizikához jutásnak. Ebből 990 akkor működik, ha valaki nekivág és elszántan utánajár, kiindulva abból, hogy a fizika csúcsaihoz sem vezet királyi út.

Akad néhány olyan lehetőség, amelyik nem akarja közép- vagy felsőfokon megtanítani, hanem néhány kísérlettel elmagyarázza a minden jelenség mögött megtalálható fizikai törvényszerűségeket. Ezek egyike a Spektrum tévé *Brutális fizika* filmsorozata. A maga műfajában a legjobbak közé tartozik. Megkísérlem ezt alátámasztani.

Mindenekelőtt azért, mert az előadók kiváló párost alkotnak. Az alapstábhöz tartozik egy segítő harmadik, aki feltűnés nélkül, tehát hibátlanul látja el feladatát. A fizikáról Karcsi – (Härtlein Károly, a Budapesti Műszaki Egyetem Fizika Tanszékének tanszéki mérnöke) – gondoskodik, aki általában maga szokta bemutatni kísérleteit, de most olyan a forgatókönyv, hogy Sherlock Holmes mellett Watson is szerepet kapott, Pista (Vályi István újságíró) személyében. Ez a két szereplőre kitalált játék kiválóan működik.

Egyszemélyes fizikára vannak sikeres példák a magyar televíziózásban is: Öveges József, Sas Elemér, Härtlein Károly vagy a Mindentudás Egyetemének fizikus előadói. Ezekből a monodrámákból sokat lehet tanulni, ha a néző végig feszülten figyel. Ha azonban akár egy kis rész kimarad, oda az egész tanulság. Nincs ez másképp a brutális fizikánál sem, csak itt látzólag valami szelíd huzakodásról van szó, aminek során látványos dolgok történnek: magányos autó bolyong az erdőben, miután néhány vízsugár tetején imbolygott, vadonatúj acélhordó roppan össze, holott csak szelíden locsolgatják. Van idő ismerkedni a jelenséggel, mielőtt a fizikai háttér összefoglalására kerülne sor. Figyeljük a szerencsétlen Ford kocsizását a fák között, kicsit aggódunk a kocsiért, de közben már tudjuk, hogy nem lehet nagyobb baj, hiszen ha más nem, az impulzus feltétlenül megmarad.

Ez a szelíd huzakodás a törésre-zúzásra áhító Pista és a jelenségeket előkészítő, bemutató, megmagyarázó Karcsi között zajlik. Pista nyugós gyerekként követeli a látványt, a csobbanást-lobbanást-robbanást, Karcsi pedig megértő felnőtt módjára igyekszik teljesíteni a kívánságokat. A sikerért mindenkinek dolgoznia kell – a gyerekeknek például boltba menni. A be-

vásárlások fontos részei a kísérleteknek, a kellékek bemutatására szolgálnak. Megtudhatjuk, hogy a mozgócsigáktól nem kell félni, hogy a spinglócot nem ismeri más, csak aki folyékony üveggel dolgozik. Mindez nem kíván összpontosítást a nézőtől, sőt, mintha elterelnék figyelmét a fizikáról. A kis sárga bevásárló autó nem szokásos darabja a pesti forgalomnak, de

zikaórákon látható összeállításról van szó: vízszintesen kifeszített damil pályára illesztett tartóba szifonpatront kell helyezni, majd azt kiszúrni, és a patron nagy sebességre gyorsulva száguld végig a pályán. Ezután számolós becslés következik: a tömegváltozások arányából következtetni lehet a gázhajtású bicikli és a szifonpatron sebességeinek arányára. Semmi kép-



Härtlein Károly és Vályi István

egyébként életszerű, ahogy összegyűjtik vele a Karcsi által összeírt bevásárlólistát a segítők.

Számok, képletek, mindig csak az elmélet, soha semmi gyakorlat. Ez olyan, mint a mogyorókrémes palacsinta mogyorókrém nélkül. Ezt a vádat az iskolai fizikatanítással szemben az első négy rész bevezetőjében lehet hallani Vályi Istvántól. Tehát a látványos kísérletek jelentik a mogyorókrémet, és ebből mind a nyolc ötven perces epizódban van bőven. A siker nemcsak a mogyorókrémen múlik, hanem az ügyes, vonzó tálaláson is. Ennek köszönhető, hogy még azok sem mind kapcsolják ki a készüléket, akik nem szeretik a mogyorókrémet, azonban értékelik a találékony felvételét.

Az első epizódban Karcsi különleges rakétahajtású bicikkel érkezik: a háttára erősített tüzelő készülékből kiáramló gáz segítségével. A következő kísérlet több nézőnek ismerős lehet, hiszen igényesebb fi-

let, csak következtetések az össztömeg és a kiáramlott hajtóanyag tömegének összehasonlításával.

Ennyi előkészítés után indokolt egy látogatás a Hadtörténeti Múzeumba, ahol tekintélyes puskákat látunk a XVII. századból, amelyek működése az eddigiek alapján megérthető. És mert nemrég számolással hasonlítottuk össze az elért sebességeket, úgy érezzük, hogy némi megfontolással meg tudnánk indokolni a kováspuska és a Kalasnyikov kilőtt lövedékeinek sebességarányát is.

Számolás helyett azonban bevásárlás következik, ahol a beszerzendők felsorolásánál a lufik mellett erős hangsúlyt kap a szilva és a jeges tea. Tűnődhetünk, vajon milyen kísérlethez lehet használni a jeges teát. A megoldás: a jeges teából a flakon összeszűkülő felső negyede használható. Erre kell ráhúzni a lufit, amiből azután a szilvamagot lehet kilőni. A lufi rugalmas ereje elég nagy, ezt tanúsítja a bevonalká-



A cseppfolyós nitrogénes rakéta indítása – menekülés

zott tábla előtt elsuhanó szilvamagról készített videofelvétel. A rendelkezésre álló adatokból a szilvماغ sebessége 144 km/h-nak adódott, amire (a Totalcar-os újságíró) Pista is elismerően csettintett.

Talán a számolás ellensúlyozására következett egy vendégszereplő, aki ugyan rokonszenves volt, de jelenlétét csak híre-neve és válogatott kézilabdás meze indokolta. Pingponglabdával ő sem tudta összeszétörni az üvegtáblát, kézilabdával meg bárki képes lett volna rá. A hosszú vákuumcső megtette a magáét, az általa felgyorsított kisebb, mint 3 g tömegű pingponglabda meggyőzően rombolt szét egy üveglapot. Az a megjegyzés, hogy erre egy kellő sebességgel rendelkező légy is képes, nem meggyőző állítás, tekintettel a légy szerkezetére.

Az első epizód befejező kísérlete a legmeglepőbbek közé tartozik: egy tűzoltó készülékből hosszú csövön keresztül átáramló gáz annyira felgyorsít egy jól kihegyezett ceruzát, hogy az két, 30 mm vastag deszkán áthaladva megőrzi tűhegyességét. Az egyszerű eszközzel végrehajtott kísérlet két tanulsággal szolgál: elegendő energiára ($mv^2/2$) és olyan gyors változásra van szükség, hogy a grafit acélossá alakulhasson. Hogy mit jelent ez a „megacélosodás”, az már messzire vezetne. A műfajnak megfelelően ezt a kérdést nem vizsgálják, hiszen akkor sok mindent el kellene magyarázni és sok néző riadtan kapcsolna más csatornára. Ehelyett Karcsi a megismert elv alkalmazásaként bemutat egy szögbelövő gépet és működése eredményét, Pista pedig, akinek szerepe szerint mindene a törés-zúzás, négy vízzel töltött lufit lő át egy ceruzával, majd az öncélú rombolás csúcsaként egy vízzel félig töltött akváriumot küld padlóra. Ez a látottak tanulságát nem feledtetni, de eléri, hogy az egészre mint egy jó bulira lehet visszagondolni, aminek a következő adását is érdemes megnézni.

2013-ban összesen négy alkalommal lehetett *Brutális fizikát* nézni a Spektrumon. A fizika törvényszerűségeinek tapintatos bevésése továbbra is sikerrel működött. A szándék nemes, a megvalósítás

eredményes, a bulváros elemek adagolását pedig valószínűleg piaci tapasztalat szabályozza. Ha még maradt pénz az epizód végén, akkor jött valami látványosság. Az egyébként is remek tempójú, magával ragadó harmadik rész a lökeshullámokat vizsgálta, és csupán az egyes hordókban lévő vizet kellett különböző színűre festeni, hogy színes vízi parádé alakuljon ki. Az utolsó percben megjelenő, hatalmas tollakkal ékesített hölgyek jó ütemben táncoltak, ám hogy miért itt, az nem derült ki. Lehet, hogy a fiatalabb nézők számára kellett a jó hangulathoz.

A jó hangulat a négy ideai epizódban is töretlen. A keretjátékot Pista uralja, a célt azonban Karcsi tűzi ki, a jelenségek fizikáját ő magyarázza el. Talán gyakorlatiasabb a program, gyakrabban fordulnak elő olyan helyzetek, amelyek a mindennapi életben is hasznosítható tanulsággal szolgálnak. A tűzoltók bizonyára egyetértenek a lángra lobbant olajos serpenyő vízzel történő kivételével. Hálából segítenek Karcsinak megfelelően felöltözni az átkeeléshez egy tűzfolyosón. Egy másik alkalommal pedig egy Skodára négy pár tömlőt szerelnek, amelyek mind egyiken percnként 2400 liter víz hagyja el függőlegesen lefelé irányítva az alvázat, felemelve ezzel a csaknem 1 tonnás gépkocsit. A tűzoltóknak láthatóan tetszik a kísérlet, szívesen vesznek részt a bemutatásban. Akárcsak a nagyfeszültségű tanszék munkatársai a nyolcadik epizódban, amikor a villámlással kapcsolatos gyakorlati tudnivalókra vezetnek rá a nézőket.

Ez az ideai utolsó epizód befejezése, ami az elektromágnesség jelenségeiben sejteni (reméli) a folytatást. De vajon miért lenne érdemes folytatni? – Mert sikerült kialakítania egy önálló és sokaktól elfogadott formát, a Galilei által megalapozott fizikáról szóló dialógus (már akkor is háromszereplős) műfajának eseményekben gazdag változatát.

– Mert ami egyszer használhatóra csiszolódott, azt meg kell becsülni.
– Mert ugyan nézőszámában sosem fogja utolérni a Való Világot, azonban minden porcikájában a valódi világról szól.
– Mert eredményesen képvisel egy szemléletet, a természettudományos – jelen esetben fizikai – világkép megbízhatóságában való meggyőződést.
– Mert nem azért áll több epizódból, mivel a nézettségi adatok alapján ennyi préselhető ki az adott történetből. Aki egy kicsit is ismeri, az jól tudja, hogy Hürtlein Károlynak számos kidolgozott, már sikerrel bemutatott, videóra vett kísérlete van, amit nem nehéz az eddigiek mintájára dramatizálni. Vályi István pedig elég találékony ahhoz, hogy kezében bármi elüljön, nemcsak a kapanyél. Az eddigi nyolc epizódban is akadnak felvillanott, de részleteiben nem tárgyalt történések. A hatodikban pl. a kilyukasztott pingponglabda megszívja magát folyékony nitrogénnel, forgásba jön, majd kecsesen magasba emelkedik. Kedvcsináló kísérlet a rakétaelv alkalmazásához, de több van benne, mint amire ott magyarázatot kaptunk.

A Spektrum műsorán a *Brutális fizikából* a *brutális* jelző él tovább – jelenleg kémiát, majd biológiát népszerűsítve. A brutalitás feltehetően továbbra is csak figyelemkeltésre szolgál. Nem úgy, mint a Spektrum most futó sorozatánál, a *Kinzó történelemnél*, ahol szó esik valóban brutális dolgokról.



A hajítógépnél (balról): Bányai István (a szerkezet egyik készítője), Hürtlein Károly és tanítványa, Kalocsai Gergely

A *brutális* jelző megtette a magáét, a Spektrum elé ültette a nézőket. A tájékozott nézők a műsor első jelentkezésének idején már hallottak Hürtlein kísérleteiről, a fiatalok számára pedig jó ajánlásnak számított Vályi cége, a Totalcar. Ennyi elég az induláshoz, de ez után újra és újra be kellett bizonyosodjon, hogy összejött egy jó csapat. Az egyes epizódok pörgősek és csattanósak voltak, a mondanivaló középpontjában ott állt a fizika, amivel és amire mindig lehetett számolni. Soha rosszabb címszereplő!

Tűzzel-vízzel fizika!

Beszélgetés Härtlein Károllyal



Härtlein Károly

– Kérlek, mondj néhány mondatot arról, hogy mit érdekes tudunk Härtlein Károlyról.

– A rövid válaszom: 25 éve dolgozom a Műegyetemen. Kedvenc tartózkodási helyem az F29-es nagyelőadó. Amit nem tudok megenni, az a fizika népszerűsítése. A tehetséggondozásban szívesen vállalok szerepet. Szkeptikusként, a csillagjegyemnek megfelelően, „bika” vagyok. Büszke vagyok arra, hogy mi a Műegyetemen kezdtük el és indítottuk útjára 2005-ben a Kutatók Éjszakáját. Kísérletezésben még soha sem fáradtam el. Végül, és ez nem tiszteletkőr: a feleségem olyan háttérrel nyújt a számomra, amit mindenkinek kívánok.

– Härtlein Károlyt már régóta úgy ismeri az ország, mint a látványos fizikai kísérletek bemutatásának mesterét. Szemmel láthatóan nagy kedvvel teszed mindezt, ráadásul a „szöveged” is közönségvonzó. Mikor, hogyan éreztél rá arra, hogy ez a Te világod?

– Édesapám tanár volt, láttam, hogyan tanít, láttam a kollégáit is. Nem volt kérdés, hogy én is szerettem volna azt csinálni, amit ők. Ma, amikor kísérletezem, néha azon kapom magam, hogy azt, amit mondok, ahogyan mondom, abban felismerni vélem egy-egy tanárom mondatát,

hanghordozását. Jóleső érzés, mert tudom, hogy rám ő miként hatott, és remélem, a hallgatóságomra hasonlóan hatok magam is.

– Kik voltak a mestereid, elődeid, akiket példaképeknek tartasz?

– Nagyon büszke vagyok arra, hogy Sas Elemér tanított! A diplomázás után sem szakadt meg a kapcsolatunk, a Műegyetemen készült filmjeiben segíthettem előkészíteni a kísérleteket, sőt az egyik kísérletében szerepeltem is! Gyermekkoromban Öveges József kísérleteit vasárnap délutánonként édesapámmal néztük. Középkoromban két zseniális fizikatanárnő, Edit néni (Nagy Sándorné) és Ida néni (Mészáros Ida) oltotta belém az érdeklődést a természet törvényei iránt.

– Szemmel láthatóan egyre bővíted a látványos kísérleteid tárházát. Honnan gyűjtösz egyre újabb és újabb ötleteket?

– Kísérletet egyaránt találhat az ember régi könyvekben, folyóiratokban, amelyeket azért érdemes felújítani, mert a technikai fejlődés új távlatokat nyit. Ilyenek például a mágneses kísérletek. Ma olyan szédületesen erős mágneseket lehet vásárolni, amelyenről a pályám elején még álmodni sem mertem. Az interneten is érdemes keresgélni, hogyan csinálják a világ más részein a kollégák.

Egy másik szempont, az elmúlt évek tapasztalata alapján, a nehezen érthető jelenségek bemutatása ösztönöz újabb kísérletek megalkotására.

– Egy jó és látványos fizikai kísérletnek milyennek kell lennie, mik a főbb jellemzői?

– Az ismeretterjesztő előadáson és egy egyetemi előadáson más a jó kísérlet. Az ismeretterjesztő előadáson szórakoztatónak és egyszerűnek is kell lennie. Ahogy a kabarétréfa akkor sikeres, ha a hallgatóságnak a szituációt nem kell elmagyarázni, egy kísérlet pedig akkor jó, ha az eszközt már abban a pillanatban felismerik, amikor a kísérletezés közben előkerül. Vagyis egyszerű eszközökkel bemutatott kísérlet, ami meghökkent. Képzeld el a következőt. Elöttem van egy fogó, egy olló és egy műanyag szívószál. Pár másodperc múlva a szívószál a fogóval és az ollóval egy hangkeltő eszközzé alakul, amivel mókás hangot lehet kelteni. Egyetemi előadáson már az ismeretközlés, a jelenség megértése a fő cél, nem a szórakoztatás. Itt, ha a téma megkívánja, az eszköz bonyolultsága magától értetődő. Egy kísérletben oszcilloszkóp, jelgenerátor, egy ezekhez kapcsolódó áramkör, és az oszcilloszkóp képernyőjén egy olyan rajzolat, aminek a látványa nem mindenkit hoz tűzbe. Mégis, aki figyel, megért egy bonyolult jelenséget, amit majd mérnökként ismernie kell.

– Sokszor kápráztattad már el közönségedet kísérleteiddel. Mit tapasztaltál, melyik az a három kísérleted, amelyekkel a legnagyobb sikereid vannak?

– Nagyon szeretik a Rubens-csővet, szeretnek diót törni a fejemen, imádják a cseppfolyós nitrogént. (<https://www.youtube.com/watch?v=fOth907WXq8>)

– A Spektrum csatorna miként talált rá Härtlein Károlyra? Kérlek, beszélj arról, hogyan kezdődött, és alakult ki a sorozat terve?

– Nem a Spektrumé az érdem, hanem Lovász Lászlóé. Őt ismerhetjük mint rádiós-tévé műsorvezetőt, de a Dumaszínházban is látható olykor, a szerkesztői feladatokon túl a gegek kitalálásában is részt vett. Látott kísérletezni még 2009-ben, négy évvel később megkerestem, hogy pályázni kellene a kísérleteim-

mel. Nem hittem, hogy bárki is szóba áll majd velem. Meggyőződésem volt, hogy a fizikát egyik csatorna sem tűzi műsorára, elképzelhetetlennek tűnt, hogy pénzt adjanak rá.

2013-ban a Spektrum pályázatot írt ki saját készítésű filmekre. Indultunk ezen, az eredmény látható.

– *Mennyi időt vesz igénybe egy-egy adás elkészítése, Neked milyen előkészítő munkáid vannak?*

– Lovász Laci eljön hozzám és kifacsar belőlem érdekes, látványos kísérleteket, sokkal többet annál, mint amit egy adásban be lehet mutatni. Persze, ezeket el is kell magyaráznom. Ezután ebből készül az adás. Vita arról, hogy mi kerüljön adásba és mi maradjon ki. Ebbe a munkába már a producer is beleszól, no meg a költségvetés... Forgatókönyvírás, helyszíneresés, és az eszközök beszerzése, építése. Ha mindent összeszámolunk, az előkészület ideje sokszorosa az adás hosszának. Általában a javasoltnál sokkal nagyobb méretű kísérletet kértek tőlem. Ez bizony nem mindig megvalósítható, esetleg nehezen filmezhető. Még a kész forgatókönyv sem szentírás, erre a youtube-on található kisfilmek a bizonyítékok, ezekből látszik, hogy sok mindennek nem jutott hely az adásban.

– *A téged segítő stábból kiket említenél meg név szerint is?*

– Nehéz kérés az egységes csapatunkból név szerint bárkit kiemelni. Ezúton is köszönöm a türelmüket, mert igazából két világ találkozott, úgy, ahogy itthon nem szokás. Ők egy önfejű fizikatanár-



A longitudinális állóhullámok bemutatása Rubens-csővel (Philip János felvétele)

– *Te pedig kikkel voltál megáldva?*

– A forgatás sokszereplős kamerák, világítás, hang – ezek összhangja csak akkor lesz jó, ha mindenki érti a kísérlet lényegét. Vagyis szakavatott stáb kell hozzá. Sokszor magyarázattal kezdtem, hogy mi fog történni és mit kéne megmutatni. A szakma ezt megtiltja, közvetlenül a felvétel előtt elmondani mindent, ugyanis – és ezt megerősíthetem – amikor forog a kamera, másodjára már nem olyan a magyarázat hangulata. A dilemmám az volt, hogy ha nem ismerik a kísérletet, akkor sikerül-e a felvétel.

– Sajnos a politikusok megérezték a sikerünk ízét... De félre a viccelődéssel, hogy lesz-e folytatás, az még nem látszik. Magam egy kicsit más irányt vennék, szívesen mutatnám meg a háziasszonyoknak a konyha, a háztartás és a sminkelés fizikáját. A fizika megismerésének kezdete egészen kicsi korban kívánatos, nekik is lenne néhány érdekes „mutatványom”. Mindenkit közelről érint az energia „előállítás” és gazdaságos felhasználása, fizikus szemmel, erről is lenne mondanivalóm. Ahogy látom, érzem, ezek kevésbé látványos, de annál tanulságosabb műsorok lennének. Az energia-előállítás és -felhasználás pedig oly mértékben átpolitizált, hogy azt egy tudományos csatorna nem vállalja.

– *Végül egy utolsó kérdés: hogyan lett „brutális”?*

– A Csodák Palotája, a Wonders 2007. European Science Festival keretén belül 2007. október 6–7. között kétnapos, 33 órás Fizika show-t rendezett. A Palota dolgozói és fizikatanárok kísérleteket mutattak be, én öt félórát vállaltam, az egyik címe *Brutális fizika* volt. A bemutatkozásom után ezek a mondatok hangoztak el: „Magyarázattal tartozom az előadásom címét illetően: a fizika nem brutális, hanem azt szerettem volna, hogy eljöjjenek... Nagyon egyszerű a dolog, tehát szó nincs arról, hogy a fizika brutális lenne.” Ezt a felvételt látta Lovász Laci és a producer, Wisinger János. Megtetszett nekik a cím, és a hozzá fűzött magyarázatom is... (http://videotorium.hu/hu/recordings/details/410,Brutalis_fizika)



Az égetnivaló fizikatanár

ral voltak megáldva, aki a szakmáját védelmezve nem szívesen kötött kompromisszumot.

– *Sorozatod sikerét jelzi az újabb évad az is, hogy már biológiából és kémiából is lesz „Brutális”. Meddig tovább?*

(Kérdések: S. GY.)

MOLNÁR V. ATTILA

Klímaváltozás és orchideák

Napjaink éghajlatváltozása drasztikus hatással van az élővilágra. A legközismertebb példa erre talán a jegesmedve, amely alól lassan „elfogy” a jég. De a botanikusok is dokumentálták már, hogy Alpok hegycsúcsainak csaknem háromnegyedén nőtt a növények fajgazdagsága és ugyanitt a hidegkedvelő mohák magasabbra „költöztek”; a boreális erdőzónában gyorsabban és magasabbra növekednek a fák. Számos esetben kiderült, hogy az élőlények évente ismétlődő életfázisainak (mint a virágzás, az imágók megjelenése vagy a vonulás) időzítésében többnapos vagy akár többhetes eltolódások alakultak ki.

A klímaváltozás közép- és hosszú távon jelentősen átrendezi a jelenlegi élő rendszerek fajösszetételét, produktivitását és stabilitását. Az egyes fajok elterjedésének változása az utóbbi évtizedekben már jelenleg is érzékelhető. 1700 növény- és állatfaj elterjedésének időbeli változását elemezve kimutatták, hogy a fajok elterjedési területe évtizedenként 6,1 km-rel tolódik a sarkok felé. Sorra készülnek a gazdasági szempontból fontos termesztett növények jövőbeli termesztési körzeteire vonatkozó előrejelzések és még e legoptimistább klímaforgatókönyv szerint is néhány évtizeden belül jelentősen észak felé tolódik például a szőlő termesztésére alkalmas terület határa.

Mindez a gyakorlatban és leegyszerűsítve az északi féltekére azt jelenti, hogy a fajok jó része elterjedési területe észak felé tolódik, vagyis az área déli peremén levő populációk felmorzsolódnak, kipusztulnak (hacsak hegyvidékeken nem tudnak magasabbra vándorolni), míg északon újabb állományok

telepednek meg. Természetesen az erősen korlátozott terjedőképességű, alacsony szaporodási rátájú és speciális élőhelyigényű fajok esetében az új populációk megtelepedése a korábbi elterjedési területtől északra akadályokba ütközhet, míg a nagy szaporodási potenciállal rendelkező és jó terjedőképességű élőlények esetében a folyamatok könnyebben észlelhetők lehetnek. Ilyen szempontból érzékeny klímaindikátorok lehetnek az

tetett növény. Talajlakó fajaik (ide tartozik a család összes európai képviselője) a trópusokon-szubtrópusokon elterjedt fán lakóknál (epifiton) is sérülékenyebbek. Európa legtöbb országában – elsősorban a tájhasználat megváltozása és az élőhelyek átalakítása miatt – a kosborfélék korábban ismert állományainak átlagosan negyede-kétharmada már kihalt. Egyes fajok visszaszorulásához természetesen a recens klímaváltozás is

A klímaváltozás feltételezhető „vesztesei”					
Magyar név	Tudományos név	Elterjedés	Megporzástípus	Visszaszorulás mértéke	Klímaálasz
kúszó avarvirág	Goodyera repens	cirkumboreális	Nektártermelő	88%	Nincs elég adat
erdei papucskosbor	Cypripedium calceolus	eurázsiai	Táplálékkal megtevesztő	56%	-7,6 nap
bodzaszagú ujjaskosbor	Dactylorhiza sambucina	közép-európai	Táplálékkal megtevesztő	50%	-4,8 nap
füles kosbor	O. mascula subsp. signifera	európai	Táplálékkal megtevesztő	49%	-6,3 nap
karcsú gömböskosbor	Traunsteinera globosa	közép-európai	Táplálékkal megtevesztő	44%	-3,5 nap
zöldike ujjaskosbor	Dactylorhiza viridis	cirkumboreális	Nektártermelő	42%	+2,4 nap
A klímaváltozás feltételezhető „nyertesei”					
Magyar név	Tudományos név	Elterjedés	Megporzástípus	Visszaszorulás mértéke	Klímaálasz
fehér madársisak	Cephalanthera damasonium	közép-európai	Önmegporzó	9%	-6,0 nap
majomkosbor	Orchis simia	atlanti-szubmediterrán	Táplálékkal megtevesztő	7%	-13,9 nap
szarvas bangó	Ophrys oestrifera	mediterrán	Szexuálisan megtevesztő	6%	-4,3 nap
méhbangó	Ophrys apifera	atlanti-szubmediterrán	Önmegporzó	5%	Nincs elég adat
Bertoloni-bangó	Ophrys bertolonii	mediterrán	Szexuálisan megtevesztő	-	Nincs elég adat

Táblázat. A klímaváltozás néhány feltételezhető „vesztese” és „nyertese” a hazai orchideafiórában. A klímaálasz oszlopban szereplő szám azt mutatja, hogy hány nappal változott meg a faj átlagos virágzási ideje összehasonlítva az 1960 előtti és utáni időszakot

orchideák, azaz kosborfélék. E fajknál találjuk a növényvilág legnagyobb számban képződő, legapróbb és legkönnyebb magvait, amelyek a szél segítségével könnyen tesznek meg több száz kilométeres utat, ezáltal „átugorva” a mai emberi tevékenység által szétszabdalt kultúrtájban a számukra kedvezőtlen adottságokat kínáló élőhelyfoltokat.

Az orchideák többsége ritka és veszélyez-

hőzjárulhat, hazánkban például az olyan fajokéhoz, amelyek elterjedésének súlypontja tőlünk északra esik és nálunk állományaik általában hegyvidékeken fordulnak elő. Ugyanakkor vannak fajok, amelyek populációinak egyrészt jóval nagyobb hányada maradt fenn (táblázat), másrészt ezeknek a fajoknak az utóbbi években-évtizedekben újabb állományaik bukkantak fel.



Az atlanti-mediterrán majomkosbor korábban hazánkban csak a Dél-Dunántúlon volt ismert

39 magyarországi orchideafaj esetében az 1837 és 2009 között gyűjtött herbáriumi példányok adatai révén vizsgáltuk a virágzási idő alakulását. A vizsgált fajok közül 31-nek (79%) átlagos virágzási dátuma előbbre tolódott, 9 esetben statisztikai értelemben jelentős mértékben. A fennmaradó 8 faj átlagos virágzási dátuma viszont későbbre tolódott, igaz, a változás nem volt jelentős. Az összes fajt tekintve 1960 előtt átlagosan 3 nappal korábban virágoztak hazánkban a kosborok, mint a legutóbbi 50 évben. (Emellett a vizsgált időszakban egyébként a január és május közötti hőösszeg kifejezett emelkedését tapasztaltuk.) A különböző fajok nem egyformán reagáltak a klímaváltozásra, és meglepő módon sem az élőhelyigény, sem a filogenetikai rokonság nem magyarázta megfelelően a fajok viselkedését. Az elemzések alapján a vizsgált életmenet-jellemzők közül a megporzástípus, az élettartam és az átlagos virágzási idő befolyásolja a leginkább a virágzási idő megváltozását. Eredményeink szerint Magyarországon az önmegporzó vagy megtévesztő rovarmegporzású, hosszú élettartamú, korai virágzású orchideák (például a majomkosbor vagy a tornyos sisakoskosbor) követik a változó éghajlatot a legjobban.

Ugyanakkor hazánkban (és Európában) több mediterrán jellegű (mediterrán, szubmediterrán vagy atlanti-szubmediterrán) elterjedést mutató faj terjedőben van, azaz észak felé való terjedésük tapasztalható.

A hazai orchideaflórában legjelentősebb mértékben – csaknem 14 nappal – a majomkosbor (*Orchis simia*) virágzási ideje tolódott előre 1960 óta. A fajt Soó Rezső 1973-ban még jégkorszak előtti maradványfajnak tartotta, amely hazánkban csak a Mecsekben és a Villányi-hegységben fordul elő. Azóta megje-

lent (és folyamatosan növekszik) egy állománya a szlovák határ közelében, a Karancson, megtalálták egy kicsiny, de stabil populációját a Balaton-felvidéken és egy magányos példányát a Sümeg–Tapolcai háton is. A hazai herbáriumok tüzetes átvizsgálása során pedig előkerült egy az 1970-es években a Szekszárdi-dombvidéken gyűjtött, de korábban nem azonosított példánya is. Ez a faj a közelmúltban telepedett meg Hollandiában: először egyetlen magányos példánya bukkant fel, amely utódai négy évtized alatt kis populációvá fejlődtek. A közeli rokon és hasonló elterjedést mutató bábukosbor (*Orchis anthropophora*) új állományára 2003-ban bukkantak Ausztriában. A szintén megtévesztő megporzású és atlanti-szubmediterrán elterjedésű bakbúzu sallangvirág (*Himantoglossum hircinum*) elterjedési határa, az ismert populációk száma és az állományok egyedszáma is növekedést mutat Angliában és Németországban. Nagy meglepetés volt, amikor Németország délnyugati részén (Baden-Württemberg tartományban) megtalálták a Robert-sallangvirág (*Himantoglossum robertianum*) két példányát 2007-ben. Hasonló esetre hazánkban is van példa: a közép-mediterrán elterjedésű Bertoloni-bangó (*Ophrys bertolonii*) bukkant fel a Duna–Tisza közén, ahonnan a korábban ismert legközelebbi állományai az Adriai-tenger partvidékén mintegy 450 km távolságra esnek. Az Adria partvidékén is ismertté váltak korábban onnan nem ismert bangófajok előfordulásai. A korábban csak az Appennini-félszigeten és Szicíliában ismert Lacaita-bangót



Szokatlan látvány: Bertoloni-bangó a Duna–Tisza közén

felé történő terjedésével lehet számolni. Az eddigi tapasztalatok alapján különösen a megtévesztő megporzású és az önmegporzó fajok közül kerülhetnek ki a klímaváltozás nyertesei.

A szerző munkáját a *Magyarország veszélyeztetett hajtásos növényeinek ritkasága, életmenet-jellemzői és klímaváltozása* című OTKA pályázat (K108992) támogatja.



A tükörbangót 2012-ben találták meg az Isztriai-félszigeten

(*Ophrys lacaitae*) 2001-ben találták meg Viszigitén, míg a Mediterráneumban széles körben elterjedt tükörbangót (*Ophrys speculum*) 2010-ben az Isztriai-félszigeten.

Úgy tűnik tehát, hogy Európában a mediterrán és szubmediterrán orchideák további észak

Irodalom

- Carey P. D. (1999): Changes in the distribution and abundance of *Himantoglossum hircinum* (L.): Sprengel (Orchidaceae): over the last 100 years. – *Watsonia* **22**: 353–364.
- Heinrich W. & Voelckel H. (2003): Mehr Individuen, mehr Fundorte – Ausbreitung der Bocks-Riemenzunge in Thüringen? – *Journal Europäischer Orchideen* **35**: 307–320.
- Kranjčev R. (2001): Orchids on the island of Vis (Croatia). *Acta Bot. Croat.* **60**: 69–74.
- Molnár V. A., Máté A. & Sramkó G. (2011): An unexpected new record of the Mediterranean orchid, *Ophrys bertolonii* (Orchidaceae) in Central Europe. – *Biologia* **66**: 778–782.
- Molnár V. A., Tökölyi J., Végvári Zs., Sramkó G., Sulyok J. & Barta Z. (2012): Pollination mode predicts phenological response to climate change in terrestrial orchids: a case study from central Europe. – *Journal of Ecology* **100**: 1141–1152.
- Parnesan C. & Yohe G. (2003): A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. – *Nature* **421**: 37–42.
- Vögtlin J. (2008): *Himantoglossum robertianum* (Loisel.): Delforge am Isteiner Klotz. – *Ber. Bot. Arb. Südwestdeutschland* **5**: 128–130.
- Vuković, N., Tommasoni, A., & D'Onofrio, T. (2013). The orchid *Ophrys speculum* Link (Orchidaceae) in Croatia. – *Acta Bot. Croat.*



2015 – A FÉNY
NEMZETKÖZI ÉVE



Lenyűgöz a Világegyetem

Beszélgetés Fényes Lóránd asztrofotóssal

– Szemmel láthatóan meghitt viszonyban van a csillagos éggel. Mióta?

– Ez messzebbre mutat, mint a gyakorlati csillagászat. Az a hangulat, attitűd, amelyet a csillagos ég kivált bennem, sokkal régebbi, mint az asztrofotózással eltöltött öt év. Ennek oka egyfelől a természetszeretet, másfelől az Univerzum lenyűgöző mérete.

– Mit jelent a „messzebb”? A gyerekkort?

– Igen, s aztán, ahogy kezdtem kinyílni, a hitéleti és egyéb élmények hatására egyszer csak eljött az a pont, az „aha” élmény, amikor az egész összeállt bennem.

– Tehát egy konkrét eseményhez köthető?

– Igen, időnként van az ember életében olyan esemény, ami beizzít egy folyamatot. Ilyen volt, amikor a balatoni ég alatt feküdtünk az akkor öt éves kislányommal. Ott indult el bennem valami, ami egy mélyebb gondolatíság irányába vitt. Mindig is lenyűgözött a Világegyetem már-már értelmezhetetlen nagysága. Akkor már „földi” fotós voltam, s bár közepesen sikeres, a vágy mindig is megvolt bennem, hogy képeimet másoknak is megmutassam. Miközben a kislányomnak magyaráztam a csillagos ég alatt, arra gondoltam, hogy a látványt meg kéne örökíteni. Hogy ne csak egy élmény legyen, ne csak lélekben éljük át, hanem rögzítsük is. Elkezdtem utána olvasgatni, és kiderült, hogy az asztrofotózásnak komoly kultúrája van, amibe érdemes lesz beleásni magam.

– Van egy-két olyan jelenség, aminek a szemlélése szinte módosult tudatállapotba hozza az embert, mélyebb gondolatai is támadhatnak tőle. Ezért képes órákon át nézni például a tüzet, a tengert. A csillagos ég is ilyen. És az ember könnyen kísértésbe esik tőle. Vagy úgy, hogy valamiféle teremett világra gondol, vagy éppen ellenkezőleg: a materiális igazságot látja benne. Ön vallástudományi tanulmányokat folytatott, az egyházában presbiter, tehát a kérdésre nyilván megvan a válasza.

– Azért ez nem ennyire egyszerű. Számomra ez a mélyre tekintés nem csupán hitéleti utazás. Amikor ezzel az egészszel szembeülsz, az nem feltétlen a hitemet erősíti, hanem kérdéseket vet fel. Nem nevezném kételynek, csak nincsenek meg bennem feltétlenül a válaszok. Inkább a mélységet érzékelem, azt, hogy ezek nem leírható dolgok. Nem fejthető meg minden, nem rendezhető össze sem a természettudományos ismeretekből, sem azokból a hitéleti ismeretekből, amelyekkel rendelkezem. Az ismeretlen azonosításáról van szó. Ezt nevezném én tűzbe nézésnek. Az, hogy nem tudom teljesen értelmezni ezt a világot, az engem nem elkészerít, hanem a helyemre tesz. Amikor viszont a fotóval foglalkozom, akkor nem támadnak nagy gondolatok bennem, akkor tényleg csak a képalkotásra koncentrálok. Így ez a kettő együtt nagyon jól megfér egymás mellett.

– Amúgy mivel keresi a kenyerét?

– Kereskedelmi igazgató voltam idáig, de most, hogy a cégnél nagy átalakítás történt, az üzleti controlling vezetője lettem.

– Az, hogy a csillagos éggel foglalkozásnak van világnézeti összetevője is, valami módon megjelenik a képekben?

– Szerintem igen, de ezt nagyon nehéz megfogalmazni. A fényképezés nagyon letisztult technikai dolog, de mégis minden alkotásban ott kell lenni valami másnak is. Még az ilyen esetekben is, amikor a témák nagyon statikusak. Nincs akkora szabadságom, mint a festőknek, csak annyi mozgásterem van, hogy a témát inkább a fotóművészet szempontjából közelítem meg, s nem csupán a csillagászati értékek felől, mint ahogy azt a legtöbb asztrofotós teszi. Tehát ilyen módon vonhatom be azt a világot, amelyről kérdezett.

– Tudnánk ezt egy példával szemléltetni?

– Amikor megpróbálok megragadni egy objektumot, akkor az esetek nagy többségében nem aszerint választom ki, hogy az a tudomány szempontjából mennyire érdekes. Ha például fölbukkan egy szupernóva, s ha mindenki azzal foglalkozik is, az engem nem feltétlenül érdekel. Azokat a témákat keresem, amelyekkel ez a mélység, ez a lenyűgöző világ, és amit erről érzek, visszaadható. Ezek a témák ezért monumentálisak. Fotóimon hömpölygő csillagködök, elkképesztően nagy, grandiózus objektumok szerepelnek. A legújabb képem, a Szív-köd is erről szól. Ezzel egyrészt az egyszerű halandó is azonosulni tud, mert éppen olyan, mint amikor egy felhőbe beelátunk bizonyos formákat, bárányt, rókát, bármit. Másrészt ebben elképesztő mélység van, az elhelyezkedése háromdimenziós hatást kelt. Belehelyezkedhetünk ebbe az óriási, több száz fényév nagyságú, gyönyörű objektumba. Amikor előhívtam a képet, ott volt bennem ez a mélység. De sok ember, s főleg a csillagászok, ezt nem feltétlen látják így. Miről beszélés? Nem teljesen mindegy, hogy így forogtok vagy úgy? Látszik a csillag vagy nem látszik? Időnként úgy érzem, épp abban a közösségben a legnehezebb átadni ezt az élményt, amelyikhez most tartozom.

– Ez is mutatja, hogy milyen különös műfaj ez. Ha valaki mardarat, tájat, erdőt fotóz, akkor a képek különbözhetnek aszerint, hogy a fotós hová teszi a gépet, milyen időszakot választ, milyen sajátosan látja a valóságot, mekkora szerencséje van stb. Az asztrofotózásnál viszont a tematika ugyanaz. Mert az a tőlünk száz fényévre levő köd az mindenkinek ugyanott van, nem olyan nagy a variációs lehetőség. De ebből kell művészetet csinálni.

– Így van, és ez mégis lehetséges. Nem fogja mindenki észrevenni, mert ehhez az kell, hogy a befogadó is érzékeny legyen a finomságokra. Egy adott objektummal, már csak azáltal is, hogy egy picit elforgatva fotózom, teljesen más hatást fogok kiváltani. Ha a Szív-ködöt nem éppen így forgattam volna el, hanem picit másképp, akkor már nem lett volna meg a szív-hatás. Azért néz ki szívnek, mert úgy forgattam el, hogy a térben kirajzolódjon a mindenki által jól ismert forma. Becsapós, mert egyébként a szívnek a két pitvara különböző formájú. De, ha nem így komponáltam volna a képet, akkor egy torz objektumnak látszana csupán. Azért látszik szívnek, mert úgy exponáltam, hogy a nagyobb pitvar „felém” álljon, a kisebb „hátnál”. Ettől lett sokkal, térbeli. Ezt nem nevezném trükknek, hanem inkább kompozíciós lehetőségnek. Évente 10–20 képet csinállok, tehát sok időm van kitalálni a kompozíciót. Ebben nagyon sok munkát fektetek. Szerintem azért vagyok viszonylag sikeres az asztrofotózásban, mert kicsit



Együttállás

más karaktert hozok bele, mint a hagyományos csillagászati megközelítés, az egyszerű reprodukció.

– *A művészetben az a szép, hogy nem az eszközöktől függ, hogy milyen esztétikai minőséget produkál valaki. Egy kőkorszaki szoborcsoha is tud esztétikai csoda lenni. Az asztrofotózás viszont nagyon eszközfüggő. Van valamilyen megfelelés a használt technika és a produktum minősége között?*

– Inkább azt mondanám, hogy van egy technikai szint, amit mindenképpen hozni kell, de ez nem annyira magas, mint ahogy azt az ember gondolná. Egy képhez sokáig, 15–20 órát is exponálni kell, a távcsőnek követnie kell az eget, nem mozdulhat be. Felszerelésem világszinten, tehát azokhoz képest, akikkel egy pályázaton indulok, semmi. Nyugaton általában óriástávcsövekkel dolgoznak. Az ő vezető-távcsövek akkora, mint az én fő eszközőm. Az enyém pár százezer forintból kijön, az övék sokmillióból, amit én nem tudok megfizetni. Nekem tehát nincs akkora nagyításom, ezzel szemben nagy látószögben, óriási területeket tudok lefotózni. Az eredmény azonban ettől nem lesz gyengébb. Ugyanúgy az Univerzumról szól, s ugyanolyan szép.

– *A képei közül nekem a legjobban egy Namíbiában készített „földi” fotója tetszik. Alkonyodik a szavannán, egy fán egy ember sötét körvonalai látszanak, miközben bolygóegyüttállás van. Ennek az embernek meddig kellett ebben a különleges pózban állnia? Hogy készült a fotó?*

– Tudtuk, hogy ez a bolygóegyüttállás éppen akkor lesz, amikor az expedícióval Namíbiában járunk. Elsősorban mélyég-fotós vagyok, az összes sikeremet ezzel értem el, de ez annyira szép természeti esemény volt, abban a gyönyörű környezetben, hogy mindenképpen szerettem

volna hazavinni emlékül. De nemcsak úgy, hogy lefotózom a három bolygót, hanem úgy, hogy ezeket valahogy bele is komponálom a tájba. A fa nem volt messze a táborunktól. A téma statikus, de mégis tele van mozgási energiával. A fa nyújtózik, kapaszkodik az ég felé. Arra gondoltam, hogy az ember összefonódhatna a kiszáradt fával, s mind a ketten a bolygók felé mutathatnának, ugyanabban az ívben. És az egyik útitársam volt olyan aranyos és vállalta, hogy a kígyóveszély ellenére felmászik a fára. Én pedig a távolból irányítottam, hogyan tartsa a kezét. Az együttállás nagyon rövid ideig volt ebben a formában megörökíthető, tíz percünk volt rá, hogy elkapjuk.

– *Mondjuk, előző nap felmérte, hogyan néz ki ez az egész, és előre megkomponálta a képet?*

– Számítógéppel modelleztem. Vannak olyan planetárium-programok, amikkel órára, percre pontosan meg lehet tervezni, hogy mikor lesz az a pillanat, amikor egy valódi fényképen a téma a legjobban mutat.

– *A naturArt az Év természetfotósa pályázatán ebben az évben az Antares vidék című felvételével Ön nyerte el a Természet Világa folyóirat különdíját. Lehet érzékelteni, hogy a nyers képből hogyan lett műalkotás?*

– Egy expozíció nem elegendő hozzá. A Hubble űrtávcső is sok felvételből, egy speciális szoftverrel állítja elő a képet. Tudok nyers kockát mutatni, hogy az hogyan néz ki, de ebből van 63 darab. Ezek vannak „összefűzve”, ezek adják ki a teljes képet. Minden kép esetében három sorozat készül. Először a nyers képek, amelyek magát az objektumot ábrázolják. Ezekből minél többet kell készíteni, mert

ezeket a rövid, 5–10–20–30 perces kockákat összeadva bonthatjuk ki a nagyon halvány objektumot a földi légkör mögül. A légkör sok mindent elnyom, de nagyon jó technikával, kiváló szoftverekkel ezek mégis előhívhatók. Aztán ezek mellé készül legalább ugyanennyi sötét kép is. Ez azt jelenti, hogy letakarjuk a távcsövet, s ugyanannyi expozícióval, ugyanazon a hőmérsékleten fényképezünk. Amikor összeadjuk a sötét képeket, akkor azokon egy csomó „zaj” jelenik meg, ami ugyanúgy ott volt a világos képeken is. De így a világos képekről le tudjuk szedni a képzajt, amivel eltűnnek a hibák, tiszta képeket kapunk. S csinálunk egy harmadik sorozatot is. Egy világos, homogén témát fotózunk, hogy az objektív hibái is eltűnjenek. Tehát ezzel a három sorozattal kaphatjuk meg a kész képet.

– *Ebben a fotóban, mindent beleszámítva, hány munkaóra van?*

– Ebben viszonylag kevés, kb. 15–20 óra, mert az objektum jó fényes volt.

– *Van valami illemhatár, hogy meddig lehet elmenni a képek utólagos alakításában?*

– Abszolúte van, ez etikai kérdés, s ebben a hazai asztrofotós társadalom nagyon szigorú mércével mér. Érdekes, hogy a nyugati asztrofotózásban elindult egy olyan tendencia, amiben már nem érezhető az igazi természetfotós attitűd, gyakran manipuláltak a képek. Ezzel éppen a lényeg vész el. Innen kezdve akár rajzolhatnák is egy képet, s azt mondhatnám, hogy asztrofotó. Mi ezt nem engedhetjük meg magunknak. Itthon nagyon komoly etikai határok vannak. Igaz, ezt a közösség maga dönti el, mert a nagyközönség erre nem képes. Nincs viszonyítási alapja. A természetfotónál viszonylag könnyen észreveszi, ha valami hamisság van, mert gyanús lesz, hogy az a holló miért kék, a fa miért piros. Mert a saját tapasztalatából van viszonyítási alapja. Az asztrofotók esetében viszont nincs. Ezért az asztrofotós közösségekben lennie kell olyan önkontrollnak, amelyik ezeket a dolgokat kiszűri. Számunkra ez főleg a nagy nemzetközi versenyeken jelent problémát, ott nagyon elszabadultak a photoshop-művészek...

– *Photoshop-művészek?!*

– Én már tényleg csak így hívom őket. Beleszíneznek mindenfélét a felvételekbe. Amikor előhívunk egy képet, nem tehetjük meg, hogy egyes részleteit durván „felhúzzuk”, mert akkor az már nem fotó. Mi nem rajzolgatunk bele semmit. Amit csinálunk, az a képek valódi tartalmának megjelenítése. Tehát, amit látunk, az tényleg ott van, a képek hitelesek. Az arányokat annyiban tudjuk megváltoztatni, hogy például a nagyon halvány kódösségeket megpróbáljuk kibontani a képből, ahogy az egyébként az előhívásnál is történni szokott. Ez a képem, ha nem lett volna hiteles, a versenyen el se indulhatott volna. Bekérték tőlem a nyers képeket, hogy meg tudjanak győződni róla, a kép tényleg az, ami. Gyakran megkérdezik tőlem, hogy ezek az objektumok így látszanak-e. Soha nem látszanak így, mert a szemünk ilyen halvány objektumokat nem tud érzékelni. Ezek csak az asztrofotókon láthatók. Erre a szemünk soha nem lesz képes.

– *Nehéz elképzelni, hogyan nézne ki az asztrofotózás digitális technika nélkül.*

– Asztrofotózás létezett a digitális képalkotás előtt is, az 1900-as évek elején már gyönyörű művészi fotókat készítettek, de csak kevesekhez jutott el. A jelenlegi asztrofotózás elsősorban nem művészeti szempontból fejlődött, hanem abban, hogy jobb a technikai háttér. Annak idején óriási csillagvizsgálókban, hatalmas munkával tudtak csak képeket készíteni. Ma már egy egyszerű srác is, azt kell mondanom, majdhogynem a Hubble űrtéleszkóp szintjén tud fotózni. És én ezt itthonról, a saját kertemből is megtehetem.

– *Tehát házhoz jönnek a csillagok?*

– Budapesttől negyven kilométerre lakunk, délelőtt füvet nyírunk, éjszaka asztrofotózunk. Ennyire „közel jöttek” a csillagok.

Az interjút készítette: LUKÁCSI BÉLA

Fényes Lóránd képei óriás felbontásban, kiváló minőségben megtekinthetők a digitális galériájában, a www.pleiades.hu oldalon.

A sziget első lakói valószínűleg karib indiánok voltak, akik az i.e. II. században érkeztek. A maják csak i.sz. a III. században vándoroltak be Petén vidékéről. A Közép-Amerikába vezető, tengeri kereskedelmi út mentén fekvő Cozumel fontos kikötő és raktár volt, melyet a VII. századtól a putun maják kereskedő eliteje tartott ellenőrzése alatt. A posztklasszikus időszak (X. sz.) egyik legfontosabb zarándokhelye volt San Gervasio, Ix Chel istennő elsőszámu szentélye, ahova az egész maja világból zarándokok jöttek. A Holdistennő a Napisten, Kinich Ahau felesége, a gyógyítás, a vízi élet, a szövönök, a szerelem, a termékenység, a szülőnők és a varázslók patrónusa. Ő felügyelte a 13 égi szintből a legalsó, 1-es szintet. Cozumelen telepedtek le átmenetileg az itzá törzsbeli is Chichén Itzá elfoglalása (519) előtt. Mayab, a maják országának legfontosabb szigete 490 km² (45x15 km) kiterjedésű, s 20 km széles csatorna választja el a Yucatán-félszigettől. A mexikói Quintana Roo államhoz tartozik. Ez az ország legrégebben – és a második legnagyobb – lakott szigete (85 ezer lakos), míg kiterjedését illetően csak harmadik. Különlegessége, hogy számtalan neve volt az idők során.

Juan de Grijalva 1518. május 3-án fedezte fel Cozumelt, ami a maják nyelvén Fecskek-szigetét jelent (eredetileg Cuzamil, *cuzam*=fecske, *humil*=föld). Ő Santa Cruz de la Puerta Latina névre keresztelte. Amikor a spanyol hajós megjelent, még működött a Holdistennő szentélye. Egy évvel később Hernán Cortés is partra száll és vele kezdődött a hódítás. San Gervasio és kis piramisa ekkoriban a sziget központja volt, a négy égtáj és a középviselőben, ahova *sachék*, épített maja utak vezettek. A kozmosz négy tartóoszlopa a sziget 4 kormányzó családját jelképezi. A spanyolok Cozumelen láttak először olyan piramist, melynek oszlopcsarnokába (3 méter magas) fehér mészkő keresztet állítottak, amely összetett jelentésű jelkép, bálványimádat tárgya.

1511-ben Pedro de Valdivia hajótörést szenvedett és csak két hajós, Gonzalo Guerrero és Jerónimo de Aguilar menekült meg. Az előbbi feleségül vette Uaymil Chetumal kacika lányát, Nicté Hát (Májusvirág



A karibi partvidék az ország legkedveltebb idegenforgalmi övezete

vagy Vízililiom), s gyermekeik lettek az első maja meszticek. Cortést a helyiek értesítették, hogy fehér bőrű, szakállas férfiak vannak egy nagy törzsfőnök falujában. Jerónimo de Aguilar a hódítók tolmácsa lett, míg Gonzalo, aki teljesen beilleszkedett a maja társadalomba, az új családjával maradt. Bőrét indián módra tetováltatta, földüst viselt. Őket azért nem áldozták fel az isteneknek, mint a többi túlélt spanyolt, mert észrevették, hogy bizonyos dolgokban nagyon ügyesek.

1527-ben Francisco de Montejo itt alapította meg a Salamanca de Xelhá nevű települést, melyet azonban az ellenséges indiánok miatt el kellett hagynia. Bár a sziget spanyol nevet is kapott – ezúttal Santa María de los Remedios –, ez is rövid életű volt.

Cozumel lapos korallmészkő sziget, legmagasabb pontja sem éri el a száz métert. Belül lagúnák és cenoték találhatók. A Chankanaab lagúna természetvédelmi terület, mely smaragd zöld vizét földalatti csatornákon kapja. A karsztos mészkőtáblában földalatti vízfolyások,

Cozumel, a Fecskék szigete

barlangok hálózata alakult ki, melyeken időnként és helyenként az alámosott térszínek berognak és mély, meredek falu, ovális alakú cenotékat hoznak létre. Számos esetben ez volt az egyetlen vízforrásuk. Három típusuk van: a nyitott vagy fedetlen, a félig fedett és a fedett, oldalsó bejáráttal. Számos legenda kapcsolódik hozzájuk. Azt hitték, hogy vizükben laknak a rossz szelek; hogy ez a vizek urának Yuumchacnak a birodalma; hogy a Xibalbába, azaz az alvilágba vezető út kapuja, de itt élt Xtabay misztikus lény, aki páratlan szépsé-



Maja romok

gével elcsábítja, majd megöli a férfiakat.

Az évi átlagos csapadék 1200 mm. Gyakorta fenyegetik hurrikánok. Gazdag élővilágában számos bennszülött fajt találunk: pl. pigmeus mosómedve (*Procyon pygmaeus*), szigeti coati (*Nasua narica nelsoni*) és cozumeli énekes rigó (*Toxostoma guttatum*).

A XVII–XVIII. században többek között Jean Lafitte és Henry Morgan kalózok búvóhelye volt, akik a kontinensről szereztek be indián és spanyol szolgálkat. A gyarmati időben elnéptelenedett az üldöztetések és a betegségek miatt. 1847-ben kirobbant a Kasztok háborúja, az utolsó, maják által megnyert csata. A mexikói túlerő azonban megfordította az eseményeket és sok indián 1852-ben a szigetre menekült, s ekkor újra megindult benépesítése. Ekkor alapították El Cedralt az egykori Oy Ib helyén és San Miguelt. Az elszigetelt Cozumel lakóit – a halászat mellett – a sziget erdei, mangróveerdei táplálták.

1944-ben az Egyesült Államok repülőbázist épített ki a szigeten, melyet XX. században a Karib térség Gyöngyszemének neveztek. 1952-ben a „Karib-tenger alvó szépségére” keresztelték el a – most már három nevű – felfedezetlen és kiaknázatlan Cozumelt.

Egyetlen jelentősebb települése egyben székhelye is, a 78 ezer lakosú San Miguel de Cozumel, ahol párhuzamos utcáin könnyű tájékozódni. Egy részük még számozott is. A többi település lakóinak száma nem éri el az ezer főt. A sziget a Riviera Mayán nyaralók közkedvelt kirándulóhelye, amely Yucatán karib-tengeri partvidékén húzódik egészen a belizei határig, s páratlan maja városokat, tengerparti ökoszisztémákat, csodálatos fürdőhelyeket érint. Az 1960-as években Jacques Cousteau a világ tíz legjobb búvárhelyének listájára vette fel a sziget körüli páratlan korallvilágot, s

ezzel indította el Cozumel fellendülését, s 1965-től az amerikai igényekre épülő turizmusát. Napjainkban több mint 3 millió turistájával és 4000 szállodai szobájával kiemelkedő idegenforgalmi központtá vált. Nyugati partvidékénél 25 merülőhely található, ahol csodálatos korallkterek húzódnak meredek falakkal, barlangokkal. A turisták közel fele bűvárkodni jön e paradicsomba. Cozumel déli partvidékénél korallhomokos öblöket találunk, pl. Palancar-öböl, melyet a 3 km hosszú, helyenként 40–45 méter

széles Palancar-zátony véd a tenger hullámaintól. E Tenger alatti Nemzeti Parkban tenyészik a ritka feketekorall.

Mélyvízű kikötőjét, Cozumelt napi tíz üdülőhajó keresi fel. Látványromboló vízi szörnyek, úszó luxuskonténerek szelik száz száma a Karib-tenger vizeit. A luxus eme tömegturizmusában bizonyos rétegek vissza-visszatérő vendégkörének különös társadalmja jelenik meg. Nemzetközi repülőterén egymás után landolnak a charterjáratok. Májig 34 régészeti lelőhely maradt fenn, köztük El Cedral, Junan, Nohná, Santa Pilar, Miramar, Buena Vista. El Caracolnál a Napistennek hódoltak, akit egy kagyló testesített meg, s ennek éle az első hajnali napsugarat képviselte. El Real, a sziget legnagyobb maja építménye, egy palota vagy

erőd maradványa. A legenda szerint, amikor nincsenek turisták, a szellemek lejárnak fürödni a tengerpartra. Köztük a legendás Xtabay kísértetasszony, aki sohasem hagy nyomot a homokban.

Cozumel a luxusturizmus monokultúrájából él. Anyyira az észak-amerikai turisták fogadására épült, hogy a sziget termékeit dollárért árusítják. (A második helyet a kanadaiak foglal-



Cancun, a legismertebb nyaralóhely, a Riviera Maya központja

ják el.) Ipar nincs, mezőgazdasága jelentéktelen (szizál, trópusi gyümölcsök), de minek is, ha minden szeglete – valamilyen látványosságával – lebilincsel.

KÉRI ANDRÁS

A csodák logikája

Akik egyszer rászoktak Mérő László könyveinek olvasására, különösen nyomós ok nélkül aligha fognak leszokni erről. Az ELTE professzora, aki matematikus és pszichológus végzettségén túlmenően a közgazdaságtanban is igen magas szintű jártasságot szerzett, élvezetes olvasmányként forgatható könyveiben a tudományos színvonalból mit sem engedve, de minden száraz „tudományoskodást” mellőzve tárja fel az érdeklődő olvasók előtt a mindennapi jelenségek mögött megbúvó mélyebb törvényszerűségeket.

S valóban, legyen szó akár a pénz evolúciójáról, az eszjárások különbözőségéről, vagy akár – mint e legutóbbi könyvében – a csodák logikájáról, ha az olvasóban megvan a kellő érdeklődés, akkor is meg fogja érteni a könyvekben tárgyalt jelenségek mélyebb okait és mozgatórugóit, ha még abban a csekély számú matematikai képletben sincs kedve vagy energiája elmélyedni, amelyeket a szerző a témában jártasabb olvasók kedvéért beilleszt műveibe. Könyveiből világosan megérthető, hogy a matematikai törvények és összefüggések nem működtetik a világot, hanem érvényes módon *modellezik* azt, azaz a működés lényegét mutatják be, ami számos egymástól gyökeresen különböző jelenség esetében is azonos lehet.

A csodák logikája című könyvének megírására az ismeretek terjesztésének nála mindig meglévő szándékán túl az is ösztönözte, hogy ki akarta fejteni ellenvéleményét a sikeres szerző, Nassim Nicholas Taleb *A fekete hattyú* című könyvével kapcsolatban, akit szülőhazájának, Libanonnak 1975-ös váratlan, katalizmaszerű összeomlása annyira megrázott, hogy az USA-ba menekülése után tőzsdei magatartásában, és az erről írott könyveiben is mindig mások (vagy akár egészen nagy rendszerek) összeomlására játszott. Stratégiája be is vált, az iktortomyok 2001-es összeomlása után milliomos, a 2008-as válság után pedig milliárdos lett. Fent említett könyvében pedig ideológiát is gyártott viselkedéséhez. Mérő sok egyéb mellett azt is bemutatja könyvében, hogy ez a stratégia egyesek esetében akár sikeres is lehet, az egész rendszer működése szempontjából azonban mérhetetlenül destruktív hatású, olyannyira, hogy az ehhez hasonló viselkedést már az 1660-as években is tiltották, többek között azért is, mert az ilyen stratégia önmegvalósító jóslatként működve szinte „bevonza”, majd-hogynem előidézi a tőzsdekrachot.

A könyv természetesen nem vitairat, Taleb csupán az inspirációt szolgáltatva a szerzőnek ahhoz, hogy bemutassa az előre kiszámíthatatlan, mégis meglehetősen gyakran előfor-

duló hétköznapi csodák létrejöttének lehetőségét, amelyeknek egyik, általa is idézett nagyszerű példája az idén 40 éves Rubik-kocka megalkotása, hiszen ilyen mechanizmus konstruálását még a tapasztalt gépészmérnökök is egyszerűen lehetetlennek tartották. (Olvasóinknak eláruljuk, hogy a titok nyitja részben abban van, hogy a kocka anyaga nem teljesen merev, van egy kis rugalmassága is. Célszerű, ha a bármilyen területen alkotók gondolkodásukban is erre törekednek...)

Számos egyéb érdekesség mellett Mérő László könyvéből megtudhatjuk, hogy mindennapi megszokott világunk (*Átlagisztán*), amelynek jelenségeit általában leírhatjuk a mindenki által jól ismert *Gauss-féle eloszlás* törvényeivel (ennek lényege, hogy mennél jobban eltér egy paraméter az átlagostól, annál ritkábban fordulnak elő az azzal jellemzett dolgok: nincsenek például három méter magas vagy ezer kg súlyú emberek, mint ahogy 200 évesek sem élnek körünkben), át meg át van szöve egy másfajta törvényszerűségekkel leírható világ (*Extremisztán*) megnyilvánulásaival. Ez utóbbi világban az úgynevezett *Cauchy-féle eloszlással* jellemezhetőek a viszonyok. Jó példát szolgáltatnak az ilyen eloszlásra az átlagjövedelmek: míg az OECD országokban a dolgozók legnagyobb részének 1000 – 2000 dollár között van a havi átlagkeresete, mindenki tud példát mondani több millió, sőt akár 1–2 milliárd dollárt kereső egyénekre is.

Ha elfogadjuk Extremisztán létezését, s megértjük Gödel tételének legalább az alapgondolatát, miszerint minden axiómarendszerben létezik olyan állítás, amelyet a *rendszeren belül* sem bizonyítani, sem megcáfolni nem lehet (a könyv részletesen foglalkozik ezzel az alapvető jelentőségű tétellel), Mérő László segítségével máris jóval közelebb kerülünk ahhoz, hogy a kiszámíthatatlan, váratlan eseményeket ne sorscapásnak vagy isteni ajándéknak, hanem életünk természetes részének tekintsük.

Ha ezzel a szemlélettel tekintünk életünk eseményeire, a váratlan változásokhoz is könnyebben tudunk majd alkalmazkodni, feltéve, hogy *konvertálható tudással* rendelkezünk. Ez nem egy-egy szakterület gyorsan avuló részismereteit jelenti, hanem jól megalapozott általános áttekintést és helyzetértékelést tesz lehetővé.

A szerzőnek e sorok írójával megegyező véleménye szerint ezért az oktatási folyamat különböző szintjein elsősorban az ilyen képességeket és készségeket kell fejleszteni, s nem a túlzottan szűk specializációra kell törekedni.

Mérő László több példán keresztül bizonyítja azt is, hogy a szinte csodaszám-



ba menő, kirobbanó üzleti sikert jelentő új megoldások is úgy születtek, hogy az ötletek kitaláló kiléptek az adott területen érvényes szokványos megoldások keretei közül.

Sorsunkat is alapvetően befolyásoló döntések meghozatalához segíthet a *komparatív előnyök* fogalmának ismerete, amit a közgazdaságtanban már *David Ricardo* bevezetett, de később kiderült, hogy a biológiai evolúció folyamataira is értelmezhető. Többek között az ilyen előnyök érvényesülésével magyarázható az élővilág végtelen változatossága, azaz, hogy mindenféle élőhelyen kifejlődhetett egy éppen ahhoz alkalmazkodó életforma. Az emberi élet pályákra vetítve ez azt jelenti, hogy ki-ki megtalálhatja azt a pályát, ahol képességeit a legjobban tudja kamatoztatni, s nem kell olyan terepen versenyeznie, ahol biztos bukásra lenne ítélve.

A számos egyéb téma közül, amelyeknek közös gyökereire ráismerhetünk a könyv olvasása során, feltétlenül ki kell emelnünk egyet, a mostanában egyre jobban „divatba jövő” fraktálokat. Ezek a különös képződmények, amelyek mindennapjainkban körülvesznek minket, például a felhők vagy a tengerek partvonalainak formájában, azzal hívják fel magukra a figyelmet, hogy érvényes rájuk az úgynevezett *skalafüggetlenség* elve, azaz tetszőlegesen kicsiny részletük alakja nem különbözik érdemben az egésztől.

Valamit már a „régiek” is sejthettek ebből, mivel a titokzatos Hermész Triszmegisztosznak, minden alkimisták atyjának tulajdonított „Smaragd táblán” a források szerint ez áll: „Ami fenn van, ugyanaz, mint ami lenn van, és ami lenn van, ugyanaz, mint ami fenn van, így érted meg az egy varázslatát.”

S valóban, ha elolvassuk Mérő László könyvét, számos gondolattal lehetünk gazdagabbak világunk végtelen változatosságáról, s a törvényeiben megmutatókozó egységtől.

(Mérő László: *A csodák logikája*. Tericum Kiadó, Budapest, 2014)

GÁCS JÁNOS

Discover

SCIENCE FOR THE CURIOUS

(2014. október 13.)

ÁLLATI ILLATOK

Az állati esszenciákat mindig is nagyra értékelték a történelem folyamán. Egzotikusak, mesésen drágák, és ezeket az illatokat még ma is sűrűn használja az illatszeripar. Az alapanyagok különféle állatok legváladatosabb testváladékából származnak. Tömény formában éremlyítőek, ám hígítva feltárul finomságuk. Gyógyszerként éppúgy használták őket, mint illatosításra – kicsit olyanok, mint a só az ételben. Ettől kapják igazi illatukat a különféle parfümök. Felhasználásuk az iparban elég elmentmondásos, mert némelyikhez csak az állat megölése után lehet hozzájutni, vagy úgy, hogy kínokat okoznak az élő állatnak. Íme, néhány illatanyag, illetve állat, melyet az illatszeripar alkalmaz.

Az egyik legismertebb az ámbra. Nem véletlen, hogy ezeket a tengerpartra kisodródott „valamiket” sok rejtélyes történet lengi körül, ám valódi természetük, keletkezésük sokáig rejtve maradt. Az ámbra lényegében nem más, mint egy viaszzerű kóros kinövés az ámbraáscetek gyomrában, illetve bélrendszerében. Száz ámbraáscetből egyben fordul elő átlagosan. Keletkezésének pontos oka nem ismert, ám nagy valószínűséggel úgy jön létre, hogy az állat lenyel a táplálékával valamilyen emészthetetlen anyagot, ez irritációt okoz a gyomrában. Néha a bálna megbetegszik és elpusztul, mielőtt az anyag kifejlődne benne, de általában a „nyers” ámbra bűzös széklet formájában távozik a szervezetéből. Friss állapotából csodálatos átalakuláson megy át. A lágy, sűrű, kívül koromfekete, belül sötétbarna széklet idővel fehér, porózus és édes illatú árasztó darabká alakul. A vegyszerek számára az ámbra továbbra is titkokat rejt. Minél érettebb, annál illatosabb. Kis mennyiségben használva különös, kellemes illatot kölcsönöz a parfümöknek.

A pézsmaszarvasok alig 13-14 kilósak, állva is csak kb. 20 centi magasak. Magányosan élnek félének, nem növesztenek agancsot. A pézsmát csak az ivarérett hímek termelik, az anyagot a péniszük előtt egy kis, golflabdányi szőrös zacskóban „tárolják”. Ahhoz, hogy illatszerekhez használják, apró darabokra törlik, nagyon erős alkoholban áztatják hónapokon keresztül, de még jobb, ha éveken át. Édeskés, aromás illata nagyon sokáig megmarad. Azért is olyan népszerű, mert mind magában, mind fixálóként kiválóan használható. Már jóval az előtt kísérleteztek

szintetikus változatával, hogy az állatfaj vesélyeztetetté vált volna, ám laboratóriumban nem sikerült valóságos változatot előállítani. Századunk elején hiába tiltották a vadászatát, a populáció száma vésszen csökkent eredeti élőhelyén, a Himalájában. Az elmúlt fél évszázadban Kínában nagy erőfeszítéseket tettek az állomány mesterséges szaporítására, és nemrég kiderült, hogy fenntartható módon, megfelelő kezeléssel tenyészthető is.

A cibetmacskafélék különféle fajtái Afrikában és Ázsia egyes vidékein honosak. Mind a hím, mind a nőstény végbélmirigyé váladékot termel, mely töményen elég undorító szagú massa, ám megfelelő hígításban nagyon régóta keresett illat-alapanyag. A cibetet, mármint a váladékot Európába és az Egyesült Államokba is importálják, szinte teljes egészében Etiópiából, ahol fogságban tenyésztik őket, a hírek szerint embertelen körülmények között. Thaiföldön aránylag elfogadható módon zajlik a tenyésztésük. Ketreceik alján van egy lé, melyre rácsorog a váladékuk, amit naponta összegyűjtjenek. Ezt alkoholban áztatják, aminek során elveszíti „vad” szagát és kellemes illatúvá válik.

Ugyancsak kedvelt illatosítószer-alapanyag a kasztórium, vagyis a hódzsír, mely mind a hímeknél, mind a nőstényeknél a fark alatt található két mirigy váladéka. A hírhedten területvédő hódok ezzel az illatanyaggal jelölik ki territóriumuk határait. A sűrű masszához hasonlító szaganyagot tartalmazó zsákcocskákhoz való hozzájutás csak úgy lehetséges, ha az állatot megölik. A zsákcocskákat ez után napon szárítják, vagy füstölik, ennek során szabadul fel édeskés illata. Sokféle betegség, pl. a fejfájás vagy a hisztérikus rohamok kezelésére használták, jótékony hatását pedig annak tulajdonították, hogy a fűzfakéreg, ami a hódok egyik tápláléka, sok szalicilsavat tartalmaz. Az ókori rómaiak úgy vélték, hogy a kasztórium égetése közben keletkező füst elősegíti az abortuszt. Paracelsus az epilepszia kezelésére próbálta alkalmazni, míg a középkorban a méhészek a méztermelés serkentésére használták. Egyes amerikai indián népcsoportok vérzéscsillapító és fertőzésmegelőző hatást tulajdonítottak neki.

Hasonlóan nagy megbecsülésnek örvend a szirti borz megkövült ürüléke, a hyraceum. Az Afrikában és a Közel-Keleten élő állatok szokása, hogy mindig ugyanoda vizelnek, illetve ürítenek. Az így lerakódó üledék több száz, néha több ezer év alatt megkövül, és sokféle dél-afrikai gyógyászati anyag és illatszer forrása. A kő barna és törékeny., és ha feltörök, intenzív illatot bocsát ki. Ez legalább olyan anyag, amelyhez úgy lehet hozzájutni (manuálisan gyűjtik ma is), hogy általa nem ártanak az állatnak.

bild der wissenschaft

(2014. november 21.)

ROSSZ ZSÍR – JÓ ZSÍR

Aki egészségesen szeretne táplálkozni, az többnyire a zsírt spórolja ki étrendjéből, aminek magyarázata, hogy a tudományos vizsgálatok újra és újra bebizonyítják az összefüggést a magasabb vérzsírérték és a szívbetegség fokozott kockázata között. „Táplálkozásra” lefordítva ez azt jelenti, hogy a zsírszegény táplálkozás jót tesz a szívnek. Egy kísérleti tanulmányban kiderült, hogy mindez mégsem igaz. Az étrendi kísérlet meglepő eredménye szerint a táplálékkal felvett egészségtelennek tartott zsírok nem alakulnak szükségszerűen egészségtelen vérzsírrá. Gyakran a szénhidrátfelesleg az, ami feltölti testünk zsírraktárait – és a megbetegedéseket okozza.

Reggelente jó vastagon megkent vajás kenyér, uzsonnára tejszínhabos puding, vacsorára pedig egy jó darab hús – rosszabb nem is lehetne, vagy? A megállapítás, hogy a túl sok hús egészségtelen, mármár elfogadott közhellyé vált. A telített zsírsav, melyet elsősorban az állati eredetű termékek tartalmaznak, különösen károsnak minősül. Ezért nyúlnak a tudatos táplálkozók a jó helyett a margarinhoz, s vágják le a sült karaj széléről a zsírcsíkot. S éppen ezért olyan meglepő az Ohio Egyetem élettankutatója, Jeff Volek vezetete amerikai kutatócsoport felismerése.

Volek és kutatótársai kísérleti tanulmányukat 16, úgynevezett metabolikus szindrómában szenvedő felnőttel végezték el. A metabolikus szindróma elhízás okozta anyagcsere-zavar, amely a 2-es típusú cukorbetegség kezdeti stádiumának tekinthető. A vizsgálathoz a kísérleti személyek hat, egymást követő háromhetes, elsősorban szénhidrát-szegény és zsírban gazdag diétának vetették alá magukat. Az első három hét után diétáról diétára folyamatosan több szénhidrátot fogyasztottak, míg egyidejűleg a zsírbevitelüket csökkentették. A felvett kalória, valamint a fehérje mennyisége minden esetben azonos maradt. A kutatók minden diétaszakasz után elemezték a vizsgálati személyek vérértékeit, melynek során elképesztő eredményre jutottak: habár a telített zsírsav aránya a táplálékban a vizsgálat elején aránylag magas volt, a vér zsírértéke nem mutatott emelkedést – éppen ellenkezőleg: a legtöbb vizsgálati személynél a kutatók a vérzsírérték csökkenését dokumentálhatták, annak ellenére, hogy a vizsgált időszakban kétszer annyi te-

lített zsírsavat fogyasztottak, mint amennyit szoktak. A diéta során a szénhidrát arányának folyamatos emelése, a zsír mértékének pedig csökkentése ezzel szemben oda vezetett, hogy a palmitolajsav értéke fokozatosan emelkedett. A palmitolajsav egy telítetlen zsírsav, mely a szakemberek véleménye szerint felelőssé tehető többek között a diabétesz, mint következménybetegség kialakulásáért.

Ezek szerint tehát nem a sokat hibáztatott, táplálékkal felvett telített zsírok jelentik a döntő rizikófaktort a diabétesz vagy szívbetegség kialakulása során, sokkal inkább a túlzott szénhidrátfogyasztás. A vizsgálat eredményei is azt igazolták, hogy a zsíros táplálkozás nem vezet szükségszerűen a káros zsírsavak megemelkedéséhez a vérben. Más azonban a helyzet, ha a szénhidrátbevitel fokozódik. A zsírszegény, de szénhidrát gazdag diéta a vérben bizonyos zsírsavak folyamatos emelkedését idézheti elő. Annak ellenére, hogy a vizsgálati személyek száma nagyon alacsony, Jeff Volek meg van győződve róla, hogy egy klinikailag rendkívül jelentős hatásra sikerült fényt deríteniük. Meglepő, de valószínűsíthető, hogy a palmitolajsav értéke a vérben nagyon szoros kapcsolatban van a szénhidrátbevitellel. Ha emeljük a szénhidrátbevitelt, pontosan megjósolható, hogy ezzel párhuzamosan hogy fog emelkedni a vérben a fokozott szénhidrátbevitel markere.

De hogyan is működik ez? Nyilvánvaló, hogy bizonyos ponttól a bevitt szénhidrát nem közvetlen energiaforrásként használódik fel, hanem zsírként raktározódik. A szénhidrátszegény és zsírgazdag táplálkozás a helyes kombináció, amely azt eredményezi, hogy a szervezet a bevitt zsírt azonnal elégeti. A vérszírérték nem attól függ tehát, hogy mennyi zsírt fogyasztunk, hanem attól, hogy a szervezet a vérben, membránokban vagy a szövetekben mennyi zsírt raktároz el. Ehhez pedig sok köze van a szénhidrátbevitelnek.

A kutatók döntő kérdése tehát az, hogy mely az a pont, amelytől kezdve a szervezet fokozottan zsírként tárolja a szénhidrátot? A vizsgálat szerint a palmitolajsav mértékének emelkedése a vérben annak a jele lehet, hogy a szervezet a szénhidrátot fokozottan zsírként tárolja, ahelyett, hogy elégetné. Mi az a szénhidrátérték, amelytől mindez bekövetkezik, az – mint sok minden más – egyénileg rendkívül különböző. Nem lehet pontos határértéket megállapítani, amely mindenkire érvényes. Egyéni vizsgálatokkal lehetne meghatározni, hogyan használja fel az adott szervezet a szénhidrátot, s ettől az eredménytől függően lehetne egyéni diétát beállítani.

A vizsgálat arra nem terjedt ki, hogy hogyan változik a palmitolajsav-szint, ha mind szénhidrátban, mind zsírban gazdag a

táplálkozás. A kísérleti személyek mindenestre a vérszírérték negatív irányba történő alakulása ellenére nyertek a 18 hetes vizsgálattal: a diétának köszönhetően átlagosan kb. 11 kg súlytól szabadultak meg.

NewScientist

(2014. április 16.)

KAPPADÓKIA HALÁLOS FALVAI

Amikor Michele Carbone először látgatott el a törökországi Kappadókiába, mint mindenkit, őt is lenyűgözte a vulkáni kőzetekből felépült, erősen erodálódott vidék szépsége. Csakhogy e szépségnek van egy sötét oldala is; mintha némely falut átok sújtana. A lakosság széles körében terjed a ráknak egy különösen csúnya változata, az úgynevezett mesothelioma. Aki köhög, arra már úgy néznek, mint a következő áldozatra. Némely falubeli már elhagyta otthonát, a többség azonban nem tud hová menni, és különben is úgy gondolják, akkor sem kerül el a végzetet, ha távoznak. Carbone, a Hawaii Egyetem Rákközpontjának patológusa azért ment Kappadókiába, hogy kiderítse a falubeliek betegségének okát. A mesothelioma általában azoknál jelentkezik, akik aszbesttel kerültek kapcsolatba, ám itt nem ez a helyzet. A kutatók négy évtizede próbálják megfejteni az okát és az utóbbi években közelebb is jutottak a magyarázathoz. Az aszbesttermékeket a legtöbb fejlett országban már betiltották, de mivel a ráknak ez a formája évtizedek alatt fejlődik ki, még ezen országokban is emelkedik az ilyen esetek száma.

Ez a rákfajta az egyik leghalálosabb. Az áldozatok többsége a diagnózist követő egy éven belül meghal. Az aszbest hajdan általános építőanyag volt, így azok az emberek, akik az 1950-es évektől a 80-as évekig dolgoztak vele, mind a rizikócsoporthoz tartoznak. Az Egyesült Királyságban 2016-ra várják a csúcst, kereken 2500 halálessel. Mindeközben az aszbestet még mindig több országban bányásszák, így Oroszországban és Indiában is, ám ahol betiltották a használatát, úgy vélték, nyugodtan hátradőlhetnek. Így tűnt legalábbis egészen addig, amíg a kappadókiai felfedezés meg nem történt. Az 1970-es években egy ankarai orvost hívtak Kappadókiába, hogy vizsgálja ki a rejtélyes haláleseteket. Szegényes vidék ez, ahol az emberek jórészt földművelésből élnek és abból, hogy kerámiaedényeket gyártanak a turistáknak szuvenir gyanánt. Az orvos és csapata, amennyire tudott, segítette a rákos betegeken, továbbá kikérdezték a falvak vezetőit a halálesetek jellegéről. Megállapították, hogy három

faluban a halálesetek harmadéért-feléért a mesothelioma a felelős. Először persze azt gondolták, hogy az érintett betegek valahogy kapcsolatba kerültek az aszbesttel. Azonban se közel, se távol nem volt aszbestbánya, viszont a falak meszeléséhez használt anyagban ki tudták mutatni az aszbest jelenlétét. A további vizsgálat viszont azt mutatta, hogy semmivel sem volt benne több aszbest, mint más, közeli falvakban, ahol ez a betegség szinte elő sem fordult.

Az aszbest igen tartós anyag, és pont ezt teszi olyan hasznossá – és egyúttal halálossá is. Ha egyszer valaki belélegzi, a mikroszkopikus por leülepszik a tüdőben, a szervezet, normális öntisztító képessége révén sem tud megszabadulni tőle, s ez végül gyulladáshoz, majd rákhoz vezet. Nos, Kappadókiában valami egészen másról van szó és a rejtély kulcsa magának a szűrrealis tájnak a kőzetanyagában rejlik. Sokkal több aszbestszerű anyag van ugyanis, mint amennyi e nevet viseli: nátrium-, kalcium-, magnézium és vasszilikátok. A természetben kereken 390 olyan szilikátásvány van, ami az aszbesthez hasonló finom por formájában is előfordul és belélegezve hasonló tüneteket okoz. Itt Kappadókiában nagyon gyakori ásvány a zeolitesoporthoz tartozó erionit, mely a csodás kéményszerű sziklaalakzatok egyik fő anyaga. Mivel nagyon könnyen erodálódik, egyúttal könnyen is megmunkálható, és a helyi lakosok felhasználták építkezéshez éppúgy, mint ahhoz, hogy benne barlanglakásokat alakítsanak ki. Am még mindig maradt a kérdés: miért fordul elő annyi rákos megbetegedés némely faluban és miért nem másokban, miközben a kőzetanyag és az erionit ugyanúgy jelen van. Carbone végigkérdezte a lakosokat, hogy miket ettek, ittak, hol dolgoztak, milyen betegségek fordultak elő a családjukban. Végül ez utóbbi vitte közelebb a megoldáshoz. Valószínűvé vált, hogy egy bizonyos gén előfordulása növeli a mesothelioma előfordulásának valószínűségét, elsősorban ott, ahol több generáció élt ugyanabban a házban az idők folyamán. Ez a bizonyos gén nagyobb valószínűséggel fordul elő azokban az emberekben, akik helyben, egymás között házasodtak, nem pedig más falukban élőkkel. A nyomozás során találtak két olyan amerikai családot is, melyekben ez a rákfajta gyakran előfordult, pedig közvetlenül nem voltak kitéve aszbestszennyezésnek, vagy bármi hasonlóknak. A *BAP1* gén mutációja tette őket fogékonná arra, hogy daganatos betegségben szenvedjenek. Carbone úgy véli, több más gén is hajlamosítja az embereket arra, hogy a mesothelioma kialakuljon náluk. Hogyan valószínű, hogy a betegség kifejlődését csupán elősegíti az aszbestnek, illetve a hozzá hasonló hatású erionitnak való kitettség.

XXIII. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

Szülővárosom „tanúhegyei” Beszélő karcagi kunhalmok az egykori sóút mentén

KOVÁCS MIKLÓS

Karcagi Nagykun Református Gimnázium és Egészségügyi Szakközépiskola

Az Alföld rendkívül szegény makroformákban, de nagy számban találunk területén néhány méter magas halomszerű formákat, amelyeket a köznyelv és a földtudományi szakirodalom egyaránt *kunhalmoknak* nevez. Eredetükről a geográfusok és az archeológusok régóta vitatkoznak. A Nagykunságban Karcag közigazgatási területe a leggazdagabb kunhalmokban, szülővárosom a kunhalmok városa. A karcagi kunhalmokkal először *Cholnoky Jenő* foglalkozott, földrajzi szempontból vizsgálta őket, mint a régi Tisza-medrek irányjelölőit. Az általa kitaposott útra két évvel ezelőtt léptem és kezdtem el foglalkozni kunhalmok kutatásával, számomra ezek a térformák a város történelmi indexei és „tanúhegyei” is egyben.

Pályamunkámban négy karcagi kunhalom földrajzi és kultúrtörténeti kataszterezésének eredményeit mutatom be. Vizsgálataim módszereim: kutatómunka a Karcagi Csokonai Könyvtárban és az MTA Könyvtárában, a Györfly István Nagykun Múzeumban, többszöri terepbejárás, GPS-mérés, feltérképezés, állapotörzgetés, fényképek készítése. A Pest és Debrecen közötti régi országúton igyekszünk Karcagról kelet felé, Nádudvar irányába. Valamivel a Zádor-híd előtt elfogy a betonút, az egykori híres sóút karcagi szakaszán a kunhalmok fűzerként követik egymást...

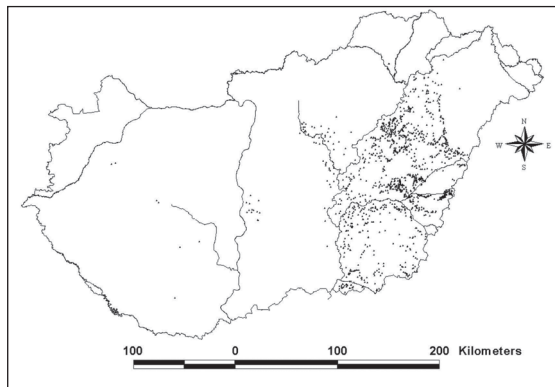
Zádor-halom

A földrajzi nevek közül a Zádor nevezetűek a legismertebbek a karcagi határszéleken, kunhalom, híd, kiszáradt ér, erdő, utca, iskola, de még panzió is viseli a nevet. A nevezetes Zádor név *Kimmach Ödön* lejegyzésében többször is előfor-

dul: „Zádor-híd: közel a Zádor-halomhoz van egy még ma is meglévő kőhíd, melyet Zádorról neveztek el. Zádor-erdő: nevét a hasonló nevű lovagtól nyerte. Zádor-halom: Zádor lovag tábora ezen halom körül szokott megtelepedni” [1]. *Mándoky Kongur István* kun törzs- vagy nemzetség-

tését, erre *Kovács Előd* tett elsőként kísérletet: ágat, elágazást, eret jelent. [4]

Az egykori debreceni országút déli oldalán, a Zádor-híd szomszédságában található a halom. EOVS térképlapszáma 68–433, tengerszint feletti magassága 93,4 m, koordinátái: x=796800, y=225250. Egyedülálló



A kunhalmok földrajzi elhelyezkedése hazánkban
(Tóth, 2006)

névi eredetűnek tartja a Nagykunságban fellelhető helynevek közül a karcagi Szálgor, ma Zádor határrészt. A Szalgor és Szalor vagy Szalor ugyanannak a névnek az egyes török nyelvjárások szerinti változata [2]. „Karcag határában levő Zádor neve ugyanis, amely korábban Zágornak, illetőleg Zálgor-nak hangzott, egy régi kun Szalgor névből keletkezett. A kun törzsszövetségben belül az Ulas és a Szalgor törzseket erős szálak fűzték egymáshoz, valószínűleg ezért is telepedtek le közel egymáshoz a mai Nagykunság területén.” [3] Mándoky nem adta meg a Zádor szó jelen-

halom, szabályos alakú, szimmetrikus. Állapota ép, a mezőgazdasági művelés, a talajerózió és a csapadék leöblítő hatásán kívül egyéb antropogén eredetű hatás nem változtatta meg alakját, a jellegüket még őrző, ép, de jelenleg részben szántott halmok kategóriájába sorolható. Felszíne erősen kultúrjellegű, a felszántásból a meredekebb, kb. 11 méter sugarú halomlejtő, a tetején lévő geodéziai magassági jegy, valamint a halom K-i oldalán álló villanyoszlop maradt ki, ami 6 méter távolságra található a halom csúcsától. Elgondolkodtató a villanyoszlop jelenléte, miért éppen ide állították fel? Logikátlan, ésszerűtlen, emberi butaságra vall, aligha állta útját az egykori sóutat övező villanyoszlopsornak a karcagi közvilágítás korszerűsítése idején. Sajnos ez is a szocialista éra szörnyesülménye. Tözsomszédságában csatorna, út, szántó, műtárgy, jelen esetben beton villanyoszlop található. Feltáratlan, felszínén minimális mennyiségű csontmaradványt találtam. Feltétlenül kikerülő, köralapú, kúp-szerű képződmény, KÖH azonosító száma 32789 [5]. Sirdomb, a rézkori alaptemetkezés után több népcsoport is beletemetkezett.



A Zádor-halom madártávlatból

A szántás a mélyebben lévő kultúrreteget nem sértette, teljes felszántás nem fenyegeti. Ősgyep-vegetációját teljesen elvesztette, botanikai értéket nem képvisel, tetejét gyomtársulás fedi. Nagyméretű, magas, környezeti zavarástól mentes kurgán, kedvező tájképi környezetben. Egyedül a rajta lévő villanyoszlop rontja tájképi értékét, de még így is a kiemelten értékes halmok közé sorolható. [6]

A Zádor-halom emlékét idézi a névetimológiát megörökítő hagyomány, amely prózai és verses formában egyaránt ismert Kunság-szerte, de kiváltképp Karcagon. Zádor és Ágota szerelmi történetének több feldolgozása született, a legtöbb kiadást azonban *Új Péter*, egykori karcagi nótárius epikus éneke érte meg, s talán az ő munkája áll annak háttérben, hogy a történet napjainkig benne él a köztudatban [7]. Sokan olvasták, könyv nélkül is idézték, szívesen hallgatták idősebb emberektől Zádor és Ágota történetét, amely aztán szájhagyomány útján terjedt [2]. A Nagykunság poétájának munkásságát kutató *H. Tóth Imre* professzor, karcagi öregdiák, a szöveg alapos elemzése után azt írja: „Új Péter tehát a történetét a vele egykorú határ-rész és helységnevek felhasználásával írta, amelyek valószínűleg birtokosaikról kapták a nevüket. Feltehető, hogy a határ-rész-elnevezésekhez bizonyos szóbeli helytörténeti hagyományok kapcsolódtak, azaz minden egyes határ-résznek megvan a maga eredetmondája, amit Új Péter ismerhetett és felhasználhatott.” [8]

Lőzér-halom

Sokáig tévesen Lótér-halomként is hívták, nevének eredete ismeretlen. A várostól ÉK-re, a Zádor-halom és az Ágota-halom között fekszik. EOV térképlap száma 68-433, tengerszint feletti magassága 87 m, bár minden hivatkozott dokumentumban hibás a magasságadat, a helyes érték 90,3 méter. Koordinátái

$x=797120$, $y=225870$, egyedülálló, szimmetrikus halom. Megállapítottam, hogy állapotát ép, a halomtetest a természetes erózió és a szántáson kívül semmi nem változtatta meg, a jellegüket még őrző, ép, de jelenleg is a teljesen szántott halmok kategóriájába sorolható. A talajroncsolás kismértékű, a mélyebben lévő kultúrreteg érintetlen. Erősen kultúrjellegű, tetején geodéziai magassági jegy van, amely még nem rontja a természetes képet. Az utóbbi időben egy fából készült madárülökét állítottak fel a tetején az ornitológusok. Környezetében csatorna, szántóföld, sziki legelő, kaszáló, helyenként intenzíven művelt gyep található, amelyek az egykori mocsár-fertők kiszáradt reliktumai.

Felszínén csont- és cseréptörmelék nem találtam. Feltétlenül kikerülendő lelőhely, KÖH azonosító száma 32773, kurgán, réz-



A Lőzér-halom

kori temetkezés helye [5]. Botanikai értéke nincs, csúcsát elgyomosodott gyep borítja, vízszint igen szép formájú halom, tájképi szempontból kiemelten értékes, viszonylag magas, környezeti zavarástól mentes halom, amely

távolról is jól látható, markáns eleme a tájnak. Tetejéről zavartalan kilátás nyílik Karcag keleti határrészeire [9]. Történelmi, hadtörténeti esemény egykori színtere. Érdekes a halomhoz fűződő népmonda, amelyet Györffy István színes írásban örökít meg egy török adószedő megölése kapcsán kirobbant határperben. A népmondát még gyermekkorában hallotta az öreg Bakó Bálint karcagi lakostól. Régebbi hagyományok azonban a Bengecsek halmához kapcsolják. Egy 1735-ben datált határjárás tanúvallomásban Kiss Győri, udvari lakos azt mondja: „Hallotta azt is az édes anyjától a tanú, hogy midőn egy alkalmazottal az nagyapja karczagi bíró lévén, ment volna Debreczenbe, az Bengecsek halmán túl, ahol járás volt az Hortubágyán, az török bétapadoz belé ölte és az testit nem engedték bevitetni Karczag-Újszállásra, hanem Ladányra vitték, mivel oda való határ volt s úgy szakattak aztán Ladányra, s ott laktak”. [10] A népmonda tárcaszerű feldolgozásban 1906-ban jelent meg a Nagy-Kunság című társadalmi, ismeretterjesztő és szépirodalmi hetilapban, a dokumentum fellelhető mikrofilmen a Karcagi Csokonai Könyvtárban.



A karcagi, kun nevű Bengecseg-halmot a rizsföldek kialakítása során vágták ketté

Bengecseg-halom

Neve feltehetően kun eredetű személynévből származik. A halom nevét Kimmach Ödön „törökösnek” vélte, s feltevéseit a nyelvészeti vizsgálatok igazolták is. Írására a MTA Könyvtárban találtam rá, a századunk elején lejegyzett variáns így őrizte meg a halom mondáját: „Zádornak egy Bengecseg nevű vezére volt, ki táborát rendszeren Zádorétól távolabb szokta felútni, s mindig ugyanazon a helyen, ezért nevezik ma is ezen környéket Bengecsegnek, Bengecseg-halmának. Tibucz, Kara János, Bengecseg, vagy Bengecsek helynevek előttem törökösnek tetszenek.” [1] A helynév más magyarázata szerint Bengecseg Zádor vitéz fegyvernöke volt, akit ura iránti hűtlensége miatt megmérgezték, s „azzon hely, ahol eltemetett máig is Bengecsegnek nevezeték”. [11]

A név jelentésének megfejtése *Németh Gyula* nevéhez köthető. Szerinte az őstörök szókezdő *b* hang egy figyelemre méltó képv-

selője mutatkozik a Bengecseg névben, amely egy halom és egy laponyag neve a karcagi határban, eredeti jelentése, 'Örököske'. A név alapszava egy kun *bāngü* vagy *bāngi* 'örök' szó, melynek a török nyelvjáráások jó részében *m* kezdetű alak felel meg: türk *bāngü*, *bāngkü*, *māngü* 'örök', ujjur *māngü*, *māngi*, csagatáj *māngi*, *mōngü*, kazáni *māngə*, altáji *mōngkü*, mongol *mōngke*. A *māngü* szó gyakorta előfordul személynévként a törökben. Kicsinyített alakja a *Māngüdzü(ü)k* szintén használatos mint személynév. Ez a neve például egy erzindzsáni dinasztianak, így hívnak egy kétségkívül személynévből keletkezett helynevet Anatóliában, s ennek *Māngüdzük*-nek a megfelelője *Bāngüdzük*>*Bengecseg* [12]. *Baski Imre* török és magyar névtani tanulmánya szerint a Bengecseg személynévi eredetű helynév, határrész és domb neve Karcag határában, jelentése 'kis hosszúéletű', szeldzsuk párhuzama a *Meñgüdzük* személynév [13].

Tóth Albert 1985-ös kéziratában, amelyben a Nagykunság keleti peremén lévő kunhalmok állapotrögzítő felmérését írja le, a Bengecseg-halom nem szerepel. Terepbejárásom során hosszasan keresgéltem, mire rátaláltam a halom eredeti helyére, a rizstelepek kialakítása során elhordták, a terepet meliorálták. Ma határrész és egy út őrzi a Bengecseg nevet. A halom Karcagtól ÉK-re, a hasonló nevű dűlőben a Kunlaposnál található. EOY térképlapszáma 68-434, tengerszint feletti magassága 89 m, koordinátái: x=798440, y=225470. Az elsődleges vizsgálati szempontom a halomtest antropogén geomorfológiai adottságának meghatározása volt: relatív magassága 2,8 m, alapkör sugara 26,6 m, alapterülete 167 m², térfogata 2073 m³ [14]. Egyedülálló halom, antropogén aszimmetriát mutat, állapotát tekintve a halomhely kategóriába sorolható. A felmérés során megtapasztaltam, hogy az emberi pusztítás végzetes lehet a halomtest szempontjából, helyén egy negatív forma, egy mesterségesen kialakított csatorna halad keresztül, s ma már alig utal valami is egykori meglétére.

A halom teljesen elhordott, közvetlen környékén szántó föld, legelő, csatorna és öntözést szolgáló műtárgyak találhatóak. Feltáratlan régészeti leletanyagot a helyszínen nem találtam, kevésbé informatív jellegű. Feltétlenül kikerülendő lelőhely, KÖH azonosító száma 32761 [5]. Egykori sírhalom, kurgán, nagy valószínűséggel őskori, rézkori temetkezés, a felső kultúrrétegek a halom elhordása következtében örökre eltűntek. Botanikai értéke nincs, tájképi értéke sincs. Néprajzi vonatkozásai viszont annál gazdagabbak. Először egy 1720 körüli asszonyzállási határperben említik, hogy Bengecseg egy halom és egy laponyag neve a Taskond halom közelében. Még a múlt században is náddal benőtt mocsár volt, a halom mellett folyt el a Hortobágy folyócska. A határ jó jelölőjéért és nádtermő rétejiért,

gulyák, ménesek számára jó gázlójáért hosszú pereskedés folyt a két szomszédos város, Karcag és Püspökladány között. A pásztrok és rétes emberek csak „Isten földjének” emlegették. Ha legeltetés közben találkoztak, kapták-fogták az ölmosbotot, és amelyik gyengébb volt, annak „sebét nyalta fel a kutyára” – ahogy mondani szokás [15]. A halomhoz fűződő történeti monda egyik változatát *Szilcs Sándor* jegyezte fel 1959-ben az akkor 76 éves *Demeter István* juhásztól a kéziratot, amelybe sikerült betekintnem, a Györfly István Nagykun Múzeum őrzi. *Körmendi Lajos*nak is van egy Bengecseg című irodalmi adaptációja, ebben folytonosan kíséreltezik, játszik a törtéikkel, s mivel azok sokfélék, szinte mindet másfajta köntösbe öltözteti. Az időben legmesszebről hagyományozódott török kori legendában a cselekmény helyszíneinek földrajzi, kultúrtörténeti leírását is megadja, tipográfiaileg különböztetve meg magától a mesétől. Hemzsegnek benne a kunsági tájszavak, olyannyira, hogy a szerző lapalji jegyzetekben kénytelen elmagyarázni jelentésüket, ám ezt látható élvezettel teszi, lubickol a szavak hangulatában, hangzásvilágában. [16]

Ágota-halom

A hagyomány szerint itt a középkorban Szent Ágota tiszteletére kápolnát emeltek, innen ered a halom elnevezése. A halomtól D-re, kb. 100 m-re áll a korábban roskatag, 1996-ban viszont felújított fahíd, ami ugyancsak az Ágota nevet viseli. Fontos átkelőhely volt a Hortobágy-folyón, itt vezetett át Nádudvar irányába a debreceni országot,



Az Ágota-halom tetején telepített akác-erdő található

amely ugyancsak a sóút része volt. Ezen az úton haladt *Kossuth Lajos* is, amikor a kormány 1849 tavaszán Debrecenbe költözött. *Kimnach Ödön* Kara Jánosról szóló feljegyzésében olvashatunk Ágotáról: „Egy ilyen nevű vitéz el akarta rabolni a Zádor-lovag szeretőjét, Ágotát. Éjnek idején lóra ült s csendesen megközelítette az Ágotai csárdát. Zádor ezt megtudta és meggátolta szándékában, de megfogni nem tudta. Úzóbe vette tehát s csak nagy fáradság árán, majd a kisújszállási határnál érte utol. Ekkor meg-



Holdbéli táj fogadott az Ágota-halmon

ölte, testét pedig egy közeli érbe tapostatta lovával.” Ugyanitt találunk utalást az egykori ágotai csárdára is: „Zádornak a kedvese, Ágota lakott itt. A Nádudvarra vezető úton mentén van éppen a határnál. Zádor lovag ide járt hozzá, míg a fegyveres népe távolabb a Zádor halma körül tanyázott.” [1]

A halom a Nagykunság legkeletibb részén fekszik, a Hortobágy–Berettyó főcsatorna jobb oldali töltésén kívül. A város közigazgatási határának ÉK-i csücskénél áll, csatornákkal közrezárt területen, nagyrészt Hajdú-Bihar megyébe nyúlva. Az 1985-ös állapot-rögzítő felmérés igen részletesen emlékezik meg róla, EOY térképlapszáma 68-434, tengerszint feletti magassága 92,4 m, koordinátái: x=798910, y=227970. A halmok geomorfológiai típusai közül egyes, egyedülálló halom, köralapú, csonkolt kúpszerű képződmény. Nagy kiterjedésű, de a többszöri földmunkák miatt eredeti formáját elveszítette, így antropogén aszimmetriát mutat. A halomtest állapota megbontott, bolygatott, de a jelentős botanikai és régészeti értékű halmok csoportjába tartozik. Anyagból az idők folyamán valamennyit elhordtak, a károsodás mértéke kb. 20%. K-i részét az árvízvédelmi töltés építése során levágták, ennek helyén út vezet keresztül, de sajnos több ad hoc jelleggel kialakított csapás is vezet át rajta, amely potenciálisan növelheti a degradáció mértékét.

Az általam vizsgált négy kunhalom közül ez szorul leginkább védelemre és megóvásra, jelenlegi állapota teljes mértékben ellentmond a kunhalmok védelméről szóló 1996. évi LIII. törvény (Tvt.) 23. § (2) bekezdésének, amely szerint a kunhalmokat a védett természeti területeken belül a természeti emlék kategóriába sorolja és „ex lege” védettséget élveznek. A halom állapota jelenleg nem a megóvás, hanem a pusztulás indexe. Siralmas látvány fogadott, amikor a terepi bejárás alkalmával kiértem az Ágota-halomhoz: felszíne tele van tájidegen elemmel, a mai valóság és a halomhoz kapcsolódó mesészp legenda már régés-rég messze járnak egymástól. A törvénybe foglalt elméleti és az általam tapasztalt gyakorlati kunhalom itt nem fedi egymást. A halom bolygatott, a talajroncsolás eredője az árkolás, a gátépítés és a

halmon átmenő út. Közvetlen szomszédságában szántó, sziki legelő, kaszáló, telepített erdő, csatorna, út és gátórház található. Ez utóbbi tartozékai az istálló, karám, széna- és szalmaboglyák, trágyadomb. A gátórház katonai objektumként működik, a gátórt, *Fazekas Istvánt* pedig bizonyos



Az Ágota-halom tetején a geodéziai magassággelgyel

területekre vonatkozólag titoktartás kötelezi. A vele készített interjú során annyit elmondhatott nekem, hogy 2010 óta feleségével, Eszterrel, valamint a nagymamával élnek a szórványban. Előtte *Toldi Antal* látta el a gátóri teendőket, aki ma a karcagi tanyavilágban él és gazdálkodik. Feladatai közé tartozik a vízmércék napi kétszeri leolvasása, a gát, a zsilipek és műtárgyak karbantartása, felügyelete, kezelése, alapvetően árvízvédelmi feladatokat lát el.

A halomnak kiemelt régészeti értéke van, kurgán, rézkori temetkezés, feltétlenül kikerülendő lelőhely. A középkorban kápolna állott rajta, ezt erősíti meg az a téglatöredék, amely innen a szolnoki Damjanich Múzeumba került [5]. A kápolnát a reformáció idején lebontták, tégláiból építették az 1950-es évekig működő csárdát. A halom felszínén cserép- és téglatörmelék, valamint emberi csontok maradványait találtam. Ez utóbbi a halom Ny-i oldalán a legjellemzőbb, megállapítottam, hogy a csontokat az állati tiprás és a csapadékerosztás hozta a felszínre. Erről egyértelműen tanúskodik a halomtesten fellelhető juhtrágya és a nyáj patáinak nyomai. Egy 1976-os feljegyzésben *Vasas Mihály* (Karcag, Lenin utca 36.) szavai igazolják az általam tapasztaltakat: „Az Ágota-halom ma is létezik. Rengeteg tatárt temettek el ezelőtt. Hét-nyolc esztendővel ezelőtt kezdtek földet hordani onnét. Annyi emberkoponyát hordtak ki onnét, hogy lett volna egy gumikocsi de rékkel is.” [17]

Felszíne kisebb folton ősgyep borítású, degradáló löszgyep található rajta (*Salvio-Festucetum rupicoale*, *Agropyro-Kochietum Prostratae*), nagyobb részben

viszont elgyomosodott gyep borítja [6]. Az É-i oldalon, a jelentős háborítás ellenére értékes löszgyep-maradványok találhatóak: ligeti zsálya (*Salvia nemarosa*), fehér pemetefű (*Marrubium peregrinum*), apácavirág (*Nonea pulla*), a legértékesebb pedig a macskahere (*Phlomis tuberosa*).

A halom fásított, erdősített, tetejét, K-i és D-i oldalát akácerdő fedi. A gyökérzet következtében a kultúrreteg erősen károsodott, a halom tulajdonképpen elvesztette jellegét, tájképileg is teljesen megváltozott. Megítélésem szerint a közepesen értékes halmok kategóriájába sorolható. A terepi bejárás során a halom felszínén 82 szál kisebb és nagyobb akácfa és 3 szilvafát számoltam össze. Erősen kultúrjellegű, a halomtesten két, funkcióját veszített villanyoszlop, számtalan kivágott farönk és csonk, csúcán pedig egy geodéziai magassági jegy található. Kiemelt néprajzi értéket hordoz, a halomhoz fűződő néphagyomány elválaszthatatlan a Zádor-halom legendájától. Láthatjuk, halmok őrzik a két szerelmes nevét mindörökre. Sőt egy harmadik halom is kapcsolódik e legendához, az Asszonyszállási-halom, néhány kilométerre található innen, földje középkori temetőt és XV. századi templom alapjait rejt. A legenda szerint az itteni faluban lakott Ágota, akibe beleszeretett a Kevibe való kun vitéz, Zádor [18].

Bízom abban, hogy az általam vizsgált kunhalmok esetében olyan természeti értékeket sikerült feltárnom és bemutatnom, amely felkelti mindenki érdeklődését a téma iránt. A halmok feltérképezése során részletes elemzést készítettem az egyes kataszterezési szempontok alapján, azok komplex elemzése jelentette önálló kutatásom célkitűzését. Azért végeztem el a kutatási munkálatokat, hogy a halmokra vonatkozó szegényes, állapotörögítő adatokat saját kutatási eredményeimmel kiegészítsem. A Bengecseg-halmot már elhordták, bár néprajzi értékei megkérdőjelezhetetlenek. Az Ágota-halom nagyobb védelemre szorul, mint gondolnánk, komolyabb odafigyelést igényel, hogy ne csak szomorú mementója maradjon az utókor számára. A Lőzér- és Zádor-halmokat teljes felszántás nem fenyegeti, a hozzájuk fűződő legendák örökre magukba zárják Karcag történelmét.

Szülővárosom kultúrtörténeti értékei a lábunk alatt hevernek, csak le kell hajolnunk értük. Karcag kun emlékhelyekben és földrajzi értékekben az ország egyik leggazdagabb része, jöjjenek el Önök is, legyenek részesei ennek a múltbéli élménynek és misztikus időutazásnak. ✂

Irodalom

- [1] Kimnach Ödön (1903): Helynevekhez fűződő mondák Karczag vidékén, MTA Könyvtára, Ethnographia XIV. évfolyam, Budapest, Magyar Néprajzi Társaság, 58–60.
- [2] Dr. Bartha Júlia (2002): A Kunság népi kultúrájának keleti elemei, Studia Folkloristica et Ethnographia 44, Debrecen, 35–48.
- [3] Mándoky Kongur István (2012): Kunok és Magyarok, Török-magyar Könyvtár, Molnár Kiadó, Budapest, 219–227.
- [4] Kovács Előd (2000): A Szálgor (Zádor) névről, Kézirat, Györffy István Nagykun Múzeum Orientalisztikai gyűjteménye, Karcag, No. 80–98.
- [5] Dr. Csányi Marietta (2005): Karcag város örökségvédelmi hatástanulmánya, Szolnok, 3–45.
- [6] Dr. Tóth Albert (1985): A Nagykunság vidék keleti peremének halmjai (állapotörögítés), Kézirat, Kisújszállás, 1–23.
- [7] Uy Péter (1870): Zádor vitéz és Ágota kisasszony története a tizenegyedik századból, Debrecen, 1–3.
- [8] Dr. H. Tóth Imre (1956): Új Péter, a Nagykunság poétája, In: Jászkunság, 1956. III. évf. Szolnok, 121–125.
- [9] Tóth Albert (1998): Szolnok megye tiszántúli területének kunhalmjai, Szolnok Megyei Levéltár évkönyve, Szerkesztette Botka János, Zounuk 3, 349–409.
- [10] Györffy István (1955): Nagykunsági Krónika, Szépirodalmi Könyvkiadó, Budapest, 177–178.
- [11] Pesty Frigyes (1978): Pesty Frigyes kéziratosa helynévtárból, I.: Jászkunság, Katona József Megyei Könyvtár és a Versegly Ferenc Megyei Könyvtár, Jász-Nagykun-Szolnok Megyei Levéltár, Kecskemét–Szolnok, 150–155.
- [12] Németh Gyula (1990): Törökök és magyarok I., Budapest, MTA Könyvtára, 438–455.
- [13] Baski Imre (2007): Csagircsa, Török és magyar névtani tanulmányok 1981–2006, Karcag, 250. o.
- [14] Tóth Albert (2004): A kunhalmokról – más szemmel, Kisújszállás–Debrecen, 129–166.
- [15] Szűcs Sándor (1959): Kézirat, A Bengecsekhalma mondája, Györffy István Nagykun Múzeum Adattára, Karcag, No. 330.
- [16] Jenei Gy. (s.a.): Az újratelemített múlt. Letöltés dátuma: 2013. október 08, forrás: <http://www.forrasfolyoirat.hu/0505/jenei.html>
- [17] Barna Gábor (1994): Hősök és hőstípusok a magyar történeti mondákban, Néprajzi Konferencia, Szeged, 73–82.
- [18] Körmendi Lajos (2006): Az álom fonákja, Válogatott írások, Barbaricum Könyvműhely, Karcag, 175–178.

Az írás diákpályázatunk Önálló kutatások, elméleti összefoglalók kategóriájában III. díjat kapott.

A soroksári zöld sziget

GARAMVÖLGYI GERGELY

Veres Péter Mezőgazdasági és Élelmiszeripari Szakképző Iskola, Győr

A fővárosban több zöld sziget szakítja meg a beton- és téglarengeteg egyhangúságát. A Népliget, a Fűvészkert vagy a Városliget közismert pihenő-, sétáló- vagy kirándulóhelye a budapestieknek. Vannak azonban olyan rejtett kertek, arborétumok, amelyekről szinte alig tudnak. Ilyen kevésbé ismert zöld sziget a Soroksári Botanikus Kert.

1962-ben a Kertészeti és Szőlészeti Főiskola tanácsa döntött úgy, hogy az ismeretterjesztés, oktatás, valamint a tudományos kutatás és fajmegőrzés céljából kertet alapít. Területét a dél-pesti síkságon, a XXIII. kerületi Péteri-majorban jelölték ki, alig 20 km-re a belvárostól. Itt korábban a Budapesti Állami Erdőgazdaság kevésbé értékes fenyő-, akác- és nyáras ültetvényei terültek el. Emellett kisebb kertek, szőlőültetvények, gyümölcsösök, valamint legelők húzódtak erre felé. Foltokban megtalálhatók voltak a Duna–Tisza közének jellemző társulásai is, például homokpuszta-gyepek, zombékosok, láprétek is. Kiterjedése a botanikus kertek között is tekintélyes, mintegy 60 hektár. 1963-ban nyitotta meg kapuját, s 1977-től vált védetté. 1968 óta a Kertészeti Egyetem gyakorlatainak a színhelye. Napjainkban a Corvinus Egyetem Kertészettudományi Karának hallgatói végzik itt a gyakorlati foglalkozásaikat. A kert szívesen fogad látogatókat, csoportokat az óvodásoktól a nyugdíjasokig.



A kert elhelyezkedése Soroksáron

A Botanikus Kert kialakítása során táltak kora bronzkorból származó leleteket is, tehát a terület már vagy négyezer éve lakott volt. A név etimológiája is érdekes: Anonymus XIII. századi leírásában Sursusar néven említi Soroksárt – valószínűleg a mocsaras-ingoványos terület után kapta a nevét.

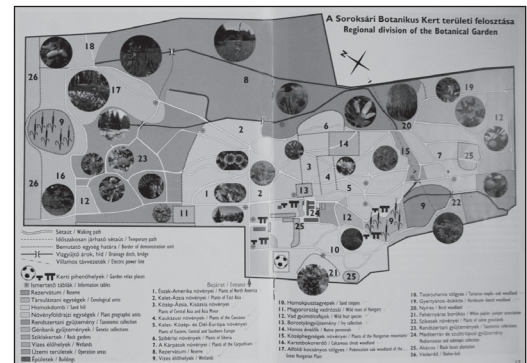
E létesítményt, aminek most szemtanúi lehetünk, gyakorlatilag teljesen az alaptól kezdve kellett kiépíteni, gyűjteményét összeállítani. Az egyetem Növénytani Tanszékének két vezetője, *Kárpáti Zoltán* és *Terpó András* fogta össze a tervezés-szervezés szerteágazó feladatait.

A terület felszíne nagyon változatos. A homokbuckák között vizenyős részek találhatók, amelyek jelzik, hogy egykor ezt a területet többször is elárasztotta a Duna, és hordaléka többféle talajtípust alakított ki. A kavicsos-agyagos talajok a mélyebben fekvő részekben, míg a fűtőhomok, a csernozjom jellegű, vagy barna erdőtalajok a magasabb térszíneken húzódnak. A korábbi fenyvesek alatt savanyú kémhatású talajokkal találkozunk. Jellemző erre a területre a hőmérséklet nagymértékű ingadozása, magas a napsütéses órák száma (2014 óra/év). A csapadék mennyisége az országos átlagnál kevesebb, a sokévi átlag 552 mm. A csapadék eloszlása egyenetlen. Ezen a területen szinte mindig fúj az északnyugati szél.

Mi zajlik egy arborétumban?

A zöld sziget a nagyváros peremén mindig vonzza a látogatókat, pihenni vágyókat. Itt remek sétákat tehetünk a természetben, s kis területen hazánk, illetve távoli tájak egzotikus növényeivel ismerkedhet meg a látogató. Minden évszak, minden hónap kínál valami érdekességet, amiért érdemes odalátogatni. Igény szerint szakmai kalauzolás is kérhető. Persze nemcsak a polgárok kapcsolódását, feltöltődését, pihenését szolgálja egy arborétum. Az óvodásoktól a középiskolásokig terjedő korosztály számára rendhagyó órákat, szabadtéri foglalkozásokat, vetélkedőket szerveznek rendszeresen. Amint már említettem, a kert az egyetemi hallgatók gyakorlati foglalkozásainak színhelye. Növénysszerveztani, növényrendszertani és növényökológiai vizsgálódásokat végeznek, talajtani és vízgazdálkodási ismeretekkel gyarapodnak,

az egyetemi képzés szerves részeként. A Botanikus Kert további munkája és feladata az oktatás mellett a génmegőrzés és a tudományos kutatás. A kertnek az intenzív magcsere- és szaporítóanyag-pro-



A kert térképe (A felhasznált irodalomban említett kiadvány 16–17. oldaláról)

ramja keretében van lehetősége hozzájutni egzotikák szaporítóanyagaihoz. Mintegy 450 intézménnyel létesítettek cserekapcsolatot. Először 1965-ben küldték szét intézeteknek azt a magcsere-katalógust (*Index Seminum*), amelyben eredeti élőhelyükről begyűjtött növénymagokat ajánlják cserére. Az ennek révén kialakított gazdag növénygyűjteménynek nemcsak a magcsereben, hanem a génmegőrzésben is szerepe van. A génmegőrzést illetően itt vigyázzák és szaporítják a védett vagy ritka növényeket, és ha azok kipusztulás szélére sodródnak, az itteni állományból vissza tudják telepíteni táj-rehabilitáció keretein belül a természetes élőhelyére. Ez különösen a rózsafélék (vadrózsa, berkenye, vadkörte) és borostyánfajok élő, féltve őrzött egyedeire érvényes.

A kert részét alkotja az emeletes főépület, amely egyben ellátja a tanterem, a műhely, a garázs és az iroda funkciót is.

„Hazai” tájakon

Az oktatást és a tájékozódást könnyebbé téve, a különböző hazai növénytársulásokat egy-egy parcellába gyűjtve, így egymással összehasonlíthatók. Sétánk első állomása a lápréti rezervátum. Ez a terület a Soroksári Botanikus Kert legértékesebb és legsérülékenyebb élőhelye. Itt a Duna–Tisza közére jellemző eredeti nö-



Szibériai nőszirmok

vénytársulással ismerkedhetünk meg. A 12 hektáros parcella természetes állapotában őrzi az egykori láprét ritka és védett növényfajait. A sokéves kutatómunka és a megfelelő időben végzett kaszálás, az inváziós gyomnövények visszaszorítása és a talajvíz megtartására tett kísérletek eredményeként ez a terület megmaradt természetközeli állapotában. Az év minden szakában más-más arcát mutatja, és minden évszakban gyönyörű. A lápréti társulás régen az egész soroksári régióra jellemző volt, de a folyószabályozások és a telkek feltöltése során ezek eltűntek. A környéken ez az egyedüli láprét, ehhez hasonló legközelebb csak Ócsán található. Tavasz végén (május végén – június elején) nyílik többek között a réti boglárka (*Ranunculus acris*), a réti kukkszegfű (*Lychnis flos-cuculi*) és kedvencem, a sok ezer egyeddel nyíló, dekoratív szibériai nőszirm (*Iris sibirica*). Ritkaságszámba megy gazdag populációja. Egyik sétám során a buglyos szegfű (*Dianthus superbus*) egyik példányán nyerges szöcskét (*Ephippiger ephippiger*) sikerült lencsevégre kapnom. A láprét különlegességei közé tartoznak az orchidák. Olyan fajokkal találkozhatunk, mint a vitézkosbor (*Orchis militaris*), a mocsári kosbor (*Orchis palustris*) és a szúnyoglá-bú bibircsvirág (*Gymnodenia caespitosa*). A nyári hónapokban szép színfolt a réti kardvirág (*Gladiolus imbricatus*) és a réti margaréta (*Laucenthaum vulgare*). A nyár végi kaszálás után újraéled a rét. Szeptemberben tömegesen virágzik például az őszi kikerics (*Colchicum autumnale*) és az őszi vérfű (*Sanguisorba officinalis*). Egyre több foltban terjednek a nehezen irtható és visszaszorítható amerikai eredetű aranyvessző-fajok (*Solidago* sp.). A csatornáknak a különböző sás- (*Carex* sp.) és szittyó- (*Juncus* sp.) fajok ágaskodnak. A

mocsári nőszirm (*Iris pseudacorus*) jelzi a magas talajvízszintet. Az alföldi képet teszik teljessé a rekettyefűzbokrok (*Salix cinerea*) és a kocsányos tölgyek (*Quercus robur*). A rét gazdag állatvilágának képviselői a szitakötők (*Odonata*), a színompás tarkalepkék (*Nymphalinae*) és a mocsári teknős (*Emys orbicularis*). A rét csak szakmai vezető mellett látogatható.

A lápréti rezervátum utáni következő állomásunk az alföldi pusztagyeppek 10-es számú parcellája. Ez az arborétum legjellegzetesebb területe. A növényzet itt részben az eredeti társulás maradványa, részben pedig helyreállító telepítések munkáinak az eredménye. A Botanikus Kert alapítása előtt ide az erdészek akácot ültettek, ami majdnem teljesen kipusztította a tájra jellemző csenkeszes homokpusztagyep élővilágát. Leggyakoribb fás szárú fajai a közönséges boróka (*Juniperus communis*), a homoktövis (*Hippophaë rhamnoides*), a csíkos kecskerágó (*Euonymus europaeus*), és a kocsányos tölgy. Jellemző lágyszárú a homoki árvalányhaj (*Stipa borysthena*), a homoki cickafark (*Achillea ochroleuca*) és Petőfi „Alföld” című verséből is ismert és jellemző kék szamárkönyér (*Echinops ruthenicus*) s a királydinnye (*Tribulus terrestris*). Az akác visszaszorítása után ezek a fajok nehezen, de fokozatosan visszatelepültek. Ezen a parcellán ma már tömeges és tájképileg meghatározó a buglyos fátyolvirág (*Gypsophila paniculata*), az erdélyi gyöngyperje (*Melica transsylvanica*) és a homoki pimpó (*Potentilla orenaria*). A nyílt futóhomok területén virágzik a ta-



Őszi kikerics

vaszi ködvirág (*Erophila verna*). Ez a rész a lápréti rezervátum területe után a legértékesebb és legszebb. A főbejárattól délre, a kert keleti oldalánál húzódik.

Sétánkat folytatva, a következő, a 9-es

parcellán a kert délkeleti, legalacsonyabb területén fekszik. Ez nem más, mint a tó, ahol a vízi, vízparti növényvilágot mutatják be. Ez eredetileg egy náddal és gyékénnyel benőtt mocsár volt. Kikotorták a medrét, így jött létre a mintegy 3000 négyzetméter vízfelületű tó. Ide természetes helyükről begyűjtött növények kerültek, mint például a fehér tündérrózsa (*Nymphaea alba*), a sulyom (*Trapa natans*), vagy a rucaöröm (*Salvinia natans*). Az aszályos időjárás, valamint a meder feltöltődése miatt a tó 2000–2001-ben kiszáradt, és újra a nád nőtte be.



Szúnyoglá-bú bibircsvirág

A nyílt víztükör mára eltűnt a nádas-zsombékos sűrűben. Ennek ellenére, vagy tán éppen ezért, a békák, gótek, mocsári teknősök és rengeteg madárfaj természetes búvóhelye, élettere lett. A parton pihenőhelyeket alakítottak ki a látogatók számára. Az eredeti társulás képviselői között megtalálható a rekettyefűz (*Salix cinerea*), a magyar kőris (*Fraxinus angustifolia* ssp. *pannonica*), a tőzgepáfrány (*Lastrea thelypteris*) és a békalilium (*Hottonia palustris*). Telepített növényfajok közül a tiszparti margitvirág (*Leucanthemella serotina*) érdemel említést.

A tatárjuharos tölgyesekből ma már csak Kerecsend mellett találunk egy húsz hektáros foltot, de a kert északi szegletében, a lápréttől északkeletre, a 18-as parcella hűen tárja elénk hazánk egykor talán leggyakoribbnak számító társulását. Tőle délre, a 17-es parcellában alföldi kocsányos tölgyessel találkozunk, az északkeleti sarokban, a 16-os parcellában pedig karsztbokorerődre bukkanunk. A kert ellenben lévő, a déli régióban fekvő 15-ös parcellája mutatja be középhegységeink növényeit. Ez a „Sziklakert”, ahová tudatos tervezés során ültették hegyvidékeink alacsonyabb fás szárú és lágyszárú növényeit. A felette húzódó magasfeszültségű

távvezeték nem teszi lehetővé magasabbra nővő fajok telepítését. A sziklakert egyik oldalán andezit, a másik oldalán pedig mészkő az alapkőzet. Így egymás mellett tanulmányozható a vulkanikus hegyvidékeink savanyú kémhatású talajain, valamint a mészkőhegységek bázikus talajain kialakult élővilág. Főképp a szilikátos és meszes sziklagyepek, lejtősztyepprétek, illetve a karsztbokorerdők vegetációját tanulmányozhatjuk. A legértékesebb ritkaság a Mecsekből származó bánáti bazsaróza (*Paonia officinalis* ssp. *banatica*). A nagyzezerjófű (*Dictamnus albus*), a tarka nőszírom (*Iris variegata*) és a törpemandula (*Prunus tenella*) sziklagyepeink lenyűgözően szép értékei.

A kert északkeleti, 23-as parcellája a rendszertani gyűjteményeket foglalja magába. Itt a fontosabb taxonómiai egységek elkülönült bemutatása történik.

„Távoli” tájakon

A Botanikus Kertet a távoli tájak növényeivel földrajzi egységenként telepítették be. Ilyenek például az észak-amerikai, kelet-ázsiai, közép-ázsiai, kaukázusi, mediterrán, európai, szibériai növénytársulások.

Ezt a sétát az 1-es, az Észak-Amerika növényeit bemutató parcellánál kezdjük. Ez közvetlenül a bejáratnál, bal oldalt terül el. Itt bóklászva megtaláljuk az Észak-Amerikából származó fajok közül a nálunk már közismertté vált ezüstfenyőt (*Picea pungens* f. *glauca*), a duglászfenyőt (*Pseudotsuga menziesii*) és a colorado fenyőt (*Abies concolor*).

A nyitvatermők többsége ma már kertjeink, parkjaink közönséges dísznövényei, mint például a nyugati tuja (*Thuja occidentalis*), az oregoni álciprus (*Chamaecyparis lawsoniana*) és a virginiai boróka (*Juniperus virginiana*). Nem is gondolnánk, hogy milyen sok, hazainak vélt fafajunk, illetve cserjénk származik az Újvilágból. Ilyen az ezüstjuhar (*Acer saccharinum*), a lepényfa (*Gleditsia triacanthos*), az ecetfa (*Rhus typhina*), a repkényszőlő (*Parthenocissus quinquefolia*), a vörös tölgy (*Quercus ruba*) és a lombhullató mocsárciprusok (*Taxodium distichum*) is.

Túránk során az ettől dél felé húzódó 2-es, 3-as és 4-es parcella Kelet-Ázsia, Közép-Ázsia és a Kaukázus növényvilágát foglalja össze. A dísznövényként elterjedt cserje- és fajok közül megtalálható a nálunk is ismert japán akác (*Sophora japonica*), a selyemhernyók által kedvelt fehér eperfa (*Morus alba*), a papíreperfa (*Brossneta papyrifera*), a japánbirs (*Chaenomeles japonica*) és a nyári orgona (*Buddleja alternifolia*). Az igazi, távolkeleti ritkaságokra szomjas érdeklődők gyönyörködhetnek a kaukázusi jegenye-

fenyő (*Abies nordmanniana*), a vörösödő levelű perzsa varázsfa (*Parrotia persica*) vagy a kínai mamutfenyő (*Metasequoia glyptostroboides*) példányaiban. Gyönyörű virágos növényekkel találkozhatunk tavasszal, amikor virágzik a halvány rózsaszínű kínai lonc (*Kolkwitzia amabilis*) vagy a hófehér virágszálfa (*Exochorda racemosa*).

Már eddig is szinte elveszünk a sok-sok látnivalóban, de a következő célpont sem maradhat ki: az Európa növényvilágát bemutató parcella. Ez a gyűjtemény 3 részből áll (Kelet-, Közép- és Dél-Európa). Itt inkább csak a ritkaságokat említem, például a Keszthelyi-hegységben is fellelhető szúrós csodabogyót (*Ruscus aculeatus*), a babér boroszlánt (*Daphne laureola*), vagy a Soproni-hegység címernövényét, az erdei cikláment (*Cyclamen europaeum*).

Az élő géngyűjtemények

Külön említést érdemelnek azok a növények, amelyek kifejezetten az élő állapotban történő génmegőrzést szolgálják. A 11-es parcella vadrózsagyűjteménye egyedülálló. A legkülönbözőbb vizsgálatokra, taxonómiai alaputatásokra is kiváló. A parlagi rózsza (*Rosa gallica*), a hibridként



Útbaigazító tábla

számon tartott fehér rózsza (*Rosa x alba*), a százelevelű rózsza (*Rosa centifolia*) a legszembek közül valók.

Hasonló célokkal született a folyamatosan bővülő vad gyümölcsfajok gyűjteménye (12-es parcella). Az erdészek által korábban telepített, illetve tudatos és rendszeres kutató- és gyűjtőmunka során ide került fajták egyaránt megtalálhatók. Még felsorolni is nehéz lenne, így csak néhány érdekesebb fajt ragadjunk ki: a vadkörtefajok (*Pyrus* sp.), a vadszőlőfa-



Tarka nőszírom

jok (*Vitis* sp.), a berkenyék (*Sorbus* sp.), a vadalma (*Malus sylvestris*) érdemelnek említést.

A 13-as parcellában a borostyángyűjteményt találjuk. Mintegy 140 fajtájukat gyűjtötték itt egybe a szakemberek az ismert 800 fajtából. Több új fajtát is nemesítettek a kertészek, amelyek jól türik hazánk kontinentális éghajlatát.

Lábatlanok, kétlábúak, négy-lábúak, hatlábúak

Az arborétum változatos élőhelyeinek, társulásainak köszönhetően az állatvilága is legalább ennyire sokszínű. Főképp az ízeltlábúak, a madarak és a kisemlősök diverzitása szembetűnő. A nyerges szöcske (*Ephippiger ephippiger*), a sisakos sáska (*Acrida hungarica*) és a ragadozó imádkozó sáska (*Matis religiosa*) gyakorta élénk kerülnek.

A hazánkban előforduló madárfajok közül 113 fajt figyeltek meg az utóbbi tíz évben. Tavasszal igen kellemes őket hallani. Az erdők az énekesmadarak jelenlétével megtelnek étellel. Az énekesek közül gyakoriak a cinege- és harkályfélék. Az emlősök között közönséges a kertben a mókus (*Sciurus vulgaris*), a menyét (*Mustela nivalis*), a nyest (*Martes foina*), a mezei nyúl (*Lepus europaeus*). Hihetetlennek tűnik, de a róka (*Vulpes vulpes*) mellett még a borz (*Meles meles*) is tanyát ütött, és ne csodálkozzunk, ha az egyik sűrűből őzek (*Capreolus capreolus*) ugranak elének.

A gombák mintegy háromszáz fajtát azonosították már a mikológusok. Hazánk talán legismertebb gombászakértője, több népszerű gombászakönyv írója, Rimóczi Imre professzor kedvelt kutatási területe a kert.

Véget ért a kirándulás

Amint tapasztaltuk, nem lehet betelni a látnivalókkal. Röpke sétánk során megszámlálhatatlan élménnyel gazdagodtunk, s még nem is tettünk említést sok, nem kevésbé fontos értékről: a szikes parcelláról, a mediterrán parcelláról, vagy éppen a Kárpátok növényeiről.

A Botanikus Kerthez több külső egység is tartozik, amelyek az arborétum

szomszédságában találhatóak. Itt működik a gyógynövényágazat, a faiskola, a zöldség- és zöldségmag-termesztés központja. Bebizonyosodott, hogy egy botanikus kert óriási feladatot vállal a „park” funkció mellett a tudományos kutatásban, a fajok, a biológiai sokféleség megőrzésében, ami egy kívülálló számára talán nem nyilvánvaló. Remélem, hogy egy arborétumi látogatás során ezután már más szemmel tekintünk ezekre a nagyváros zöld szigetekre! ♀

Irodalom

Soroksári Botanikus Kert – BCE KeTK
Növénytani Tanszék, 2008

Szóbeli közlés:

Böttlik Gábor, tanszéki mérnök

Az írás diák pályázatunk Önálló kutatások, elméleti összefoglalók kategóriájába beérkezett dolgozat.

Copfos kislány székely kapuról álmodik, avagy a székely népi építészet

POPESCU ANDREA

Székely Mikó Kollégium, Sepsiszentgyörgy, Románia

Vasárnap reggel a fagyos sárban szaladgál két lány: fekete-piros mintás mellényke rajtuk, két réteg fehér alsószojka, csipkés aljú, piros-fekete csíkos posztó. A derekukat fehér varrottas kötény öleli át, pipaszár lábukon alig látszik a harisnya, fekete, magas szárú puha csizmát hordanak. Kacagnak. Ahogyan egymást kergetik a templomig a köves falusi utcán, copfjaikon a pántlika életre kel – hosszú barna hajukat anyukájuk fonta be. Kérdés, hogy napjainkban történik-e mindez?

A székely ruhás lányok (és fiúk) hiányát lehet érezni, hiszen nem mindennapi látvány ez. Úgy vélem, csupán akarat kérdése az, hogy ezen változtatunk-e. Ugyanakkor félttem a székely kapuinkat, s megkérdőjelezem, hogy mondják-e majd: „Makacs ez a magyar, nem akar közösködni a hagyományával, népi kultúrájával, s irodalmával”? A helyzet a következő: a világ hadjáratot indított ellenünk, nemzetek ellen. Az egészben az abszurd az, hogy mi is a Világhoz tartozunk. Akkor magunk ellen indítottunk hadjáratot?

Ha hallgatunk azokra, akik vallják, hogy egyszerűbb lesz a világ az egységgel, akkor meg kell enni a mindenizű süteményt. Ha meg válogatunk, mert nem szeretjük a mazsolát a süteményben, akkor védeni kell. Védeni nemzetet, kultúrát, hagyományt, különlegességet, székely ruhás kislányt...

Mit védenék meg én, mint copfos székely kislány? Az örökség nagy szó erre, igaz? Ó, legyen örökség – pontosabban építészeti örökség. Legyen az, hogy miként építettünk régebb, mit használtunk, egyáltalán, hogy nézett ki egy beleváló székely legény háza. Ha körülné-

zek, találok akár a múltban, vagy épp az értékhiányosnak tekintett jelenben olyan egyéniségeket, akik igenis fontosnak tartották az örökségünket: *Kós Károlyt*,



1. ábra. Kálnoki székely ház (Sepsiszentgyörgy mellett, Kovászna megye)

Makovecz Imrét, Zakariás Attilát vagy az *Országépítő Kós Károly Egyesület* tagjait.

Sok hasonló felfogású embernek köszönhetően, a székelység büszkén állított, s reméljük, még ma is állít fel értékrendet, teremt kultúrát. Erről szólnak a következő oldalak: a kicsit divatjamúlt elnevezésű *Székelyország* építészetét bemutató válaszok: miért látjuk annyira szépnek például ezt a székely házat Kálnok határában (1. ábra)? Jogosan vetődik fel bennem a kérdés: mitől különleges vagy éppen mi- ben tér el a megszokott keleti háztípustól ez a ház? Ez több lesz, mint egy kétszavas válasz.

Kezdjük az elején

A székely ház egyszerű felépítésű – ha egyáltalán van ilyen, hogy egyszerű. Székely furfang vagy sem, de olyan nyersanyagokat törekedtek felhasználni hozzá, amelyek karnyújtásnyira voltak tőlük. Így lett a fa a székely ház fő eleme: történeti kutatók szerint a favázás házak voltak kezdetben az uralkodóak. S mivel később rájöttek, hogy a faanyag fogyóban van, a fa szerepét fokozatosan átvette a föld. Ilyen volt például a legősibbnak tartott forma is, a *paticsna* is nevezett *tapasztott sövényfal*, ami olyan favázás szerkezet, amelynek lényege, hogy a faváz mezőit karókra font gallyakkal bevonják, majd mindkét oldalán sárral betapasztják (2. ábra).

Ilyent ma már keveset lehet látni Erdélyben, azonban megtalálható a nálunk is jellegzetesnek mondható *lécfal* (3. ábra, fent). Ez olyan falépítési forma, ami a faoszlopok két oldalára szögezett lécek közé csapott sárból készült. A közismertebb *boronafal* (3. ábra, lent) csak magas hegyek közt terjedt el, így használták a románok és a székelyek is, Székelyföldön „még napjainkban is építenek hasonlókat.” [1]

„Ahol még napjainkban is építenek hasonlókat” – ó, bárcsak ennyire igaz lenne: látok én itt, aki élék és mozogok Székelyföldön, vadonatúj székely háza-



2. ábra. Tapasztott sövényfal, Szabéd (fent), favázás, sövényfalas ház, Szék (lent)

kat? Majdnem semennyit, de látok cserébe mást: a régi falusi ház kékes oldala még látszik egy-egy falrészén, bár a rikitó metál-ciklámen vakolat eltakarja a nagyját. A kapu nincs rendbeszedve, elhagyatott az egész ház világa. Romlásnak indul, s majd így döntenek: ezt le kell bontani, rojtja a falu arculatát... Ide jutottunk, hogy ami egy kicsit más, már nem tetszik a szemnek? Vállalom: nekem igenis szép! Nekem igenis kell – kell az a régi ház, az ő több generációt megélt gerendáival, alig álló kapujával, meleg estével –, kell a más, a különleges.

A kapu

Ezeknek a házaknak az egyedisége régebben is felkapott téma volt. Kutatások után rájöttek, hogy rosszfélre indultak el... „A székely ház íves kapuzatával, oszlopos tornácával, sátorforma tetőzetével, füstlyukával, ereszével s a főbejáratot fedő rácszatával az eresz előtt és szigorú szimmetriájával semmiképp sem illik bele Nyugot építészeti típusai közé” – írja Huszka József Kós Károly kérésére *A szé-*

kely ház című könyvében – „tipikus székely háznak nincs testvére máshol, miért is, ha már nem tudjuk Nyugot szülőttének tartani, nincs előttünk más út, mint eredetét Keleten keresni, honnan [...] hozván magával [...] a sajátos háztípust.” [1]

A magyar néprajzkutatók négy háztípust különböztetnek meg a ház tüzelőberendezése és az alaprajza alapján – s éppen ezért történik az, hogy azok a házak, amelyeket laikus szemmel ugyanabba a csoportba sorolnánk, a díszítések és a külsőjük alapján más csoportba tartoznak.

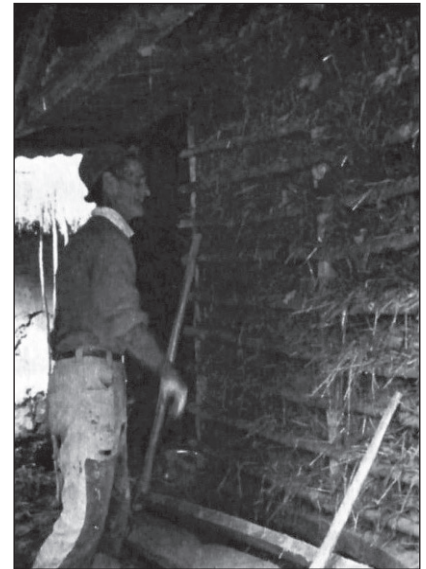
Ha szerencsénk volt már hasonló házban járni, akkor észrevehettük, hogy a konyha szembetűnően kicsi, s nem mindegyik házban lelhető fel mint külön egység – ez későbbi fejlesztésű. A ház legrégibb (értsd: legszebb) része a szoba. Itt főztek, aludtak, dolgoztak, ünnepeltek, sirtak – pontosabban a kandalló körül forgott az élet. Amint már említettem, a ház tüzelőberendezése fontos szerepet játszott: ezekben a házakban a kandalló vesszőből, téglából vagy cserépből készült lángfogó volt a szabadon égő tűz fölött. Az ehhez kapcsolódó kürtő, amely kivezette a füstöt a padlásra, s később a konyhába, majd onnan a szabadba, szintén fontos szerepet játszott. A székely házakban a kályhán kívül nem volt más tüzelőberendezés, így a kemence hiánya miatt a külön épült ún. sütőházban készült a ropogós kenyér.

A válasz igazi része most következik. Ha a legfőbb különbséget kellene kiemelni az erdélyi és nyugati háztípusok között, mindenképpen a belső tagolás lenne az. A XVII–XVIII. században a Királyhágón túli terület házai picit másképp alakultak, mint annak a másik oldalán. A ház kissé kiszélesedett, s hosszában nem növekedett, mert nem csatlakozott hozzá semmilyen új helység. Gyakori volt, hogy az ereszt osztották két részre, hátul egy kisházat vagy ehhez hasonló alakítottak ki. Szintén elterjedt volt az a módszer is, hogy a nagyobbik szobából is leválasztottak egy keskenyebb részt, az ún. alvóházat, amelyet alvóhelyül használtak, vagy a kamrát. Megfigyelhető volt, hogy a XVIII–XIX. században a közép-magyar ház hatására kelet felé elterjedt a szoba + konyha + kamra tagolás, egészen Székelyföldre benyúlóan (**4. ábra**).

A tagolás miatt az épületet néha rendkívül hosszúra tervezték: 20–30 métert is meghaladó házak keletkeztek, ami bárhol nézzük is, nem tekinthető kedvező megoldásnak a munkamenet szempontjából.

Ezek kényszerűségből jöttek létre a szalagtelkek esetén.

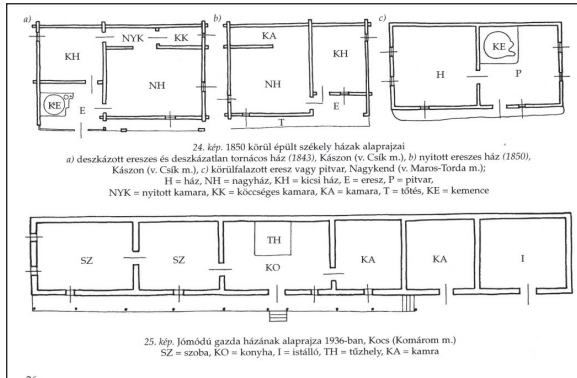
A hosszú ház a maga egysorosán helyezkedő 3–5 helyiségével, jellegzetesen Kárpát-medencei építmény. Pályázatom személyes jellege miatt most kevésbé tudományos kitérőt teszünk, mert felvillan emlékezetemben Illyefalva, Sepsiszentgyörgy szomszédságában, születésemtől a kétezres évek elejéig, a meleg nyarak és a többszobás lakás képével. S nem is akármilyen többszobás – az ember, ha belépett a kony-



3. ábra. Készülő lécfal, Felsőboldád (fent), Boronafal, Sajónagyfalu (lent)

hába, balra nappali, hálószoba, gyerekszoba, jobbra pedig fürdő, illetve kamra. Mindez egyetlen sorban (**5. ábra**).

Azonkívül, hogy a szívemhez (szívünk-höz) nőtt már az a bizonyos illyefalvi ház, meg a csodás székely kapu kifejezés is, együtt teszik különlegessé az összképet. Amint már tudjuk, a fedeles kapuk általában Erdéllyel, nem csak *Székelyországgal* asszociálhatók. A legújabb kutatások szerint a fedeles nagykapuk elődeit a XVI–XVII. századi udvarházak kapuiban kell keresnünk. Fedeles vagy székely kapu né-



4. ábra. 1850 körül épült székely házak alaprajzai

ven járta be a világot, és vált nyugaton is ismert szerkezetű (6. ábra).

Ahogy nyugat felé elterjedtek szokásaink, mi is hoztunk magunkkal olyan elképesztő gazdagságot onnan, amelyről Entz Géza az *Erdély építészete a 11–13. században* című könyvében így ír: „meglepően gazdag [...] a székely székek 13. századi építészete”. [2]

Gazdagnak mondható, sőt az is a székelyek építészete, hiszen ha csak Háromszéket nézzük, építészeti műemlékekben nem szenved hiányt: egyhajós, félköríves apszisú templom áll Rétyen, Gidófalván, s ilyen volt az 1830-ban lebontott árkosai, valamint a miklósvári is. A sokat emlegetett gelencei templom freskóival hasonló alapokra épült – állítja *Köpeczi Sebastyén József* (heraldikus), s ha a sort folytatnom kellene, ott van még a kőröspataki római katolikus templom szabálytalan ívből összetett szentélye, a zaláni református templom bimbós és levéldíszes déli kapuja, Kézdiszentlélek templomerődje és végül az ikalfalvi romtemplom egyenesen záródó szentélye.

Rajzaim és fogadalmam

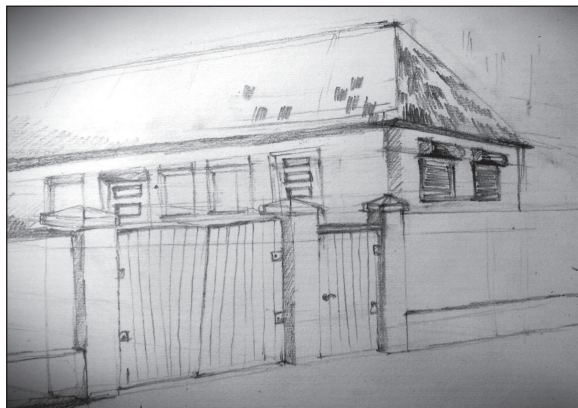
Szerencsésnek érzem magam, hiszen van mit védeni, legyen az akár templom, ház, kapu vagy éppen a piros pántlika. A piros pántlikákkal együtt mindezek karnyújtásnyira vannak tőlem.

Városunkban van még néhány székely kapu, a környező falvakban a csodás parasztházak, sőt Kós több épülete is itt „él” velünk. Szerencse az is, hogy lehetőségem nyílik arra, hogy a Székely Nemzeti Múzeum udvarán töltsöm szabadidőm egy részét. S miután a múzeum összes folyosóját bejárva olvasom Kós Károly szavait, kezdek értékelni és felfogni valami egyebet is. A falakon nem csupán a muzeális értékük miatt láthatók Kós Károly kisebb-nagyobb rajzai – céljuk, hogy a befogadó

is megértse Kós látásmódját, amely, valljuk be, elég különleges.

Az első kálnoki fényképhez kapcsolódva idézek egy részt Kós Károly alig ismert, *A székely népi építészet* című művéből: „a magam tapasztalatából megállapíthatom, hogy [...] a fényképanyag, akármilyen értékes, sőt nélkülözhetetlen a tudomány számára [...] önmagában jórészt használhatatlan, sőt sokszor megtévesztő és rossz útra vezető. Meglepően állapítottam meg sokszor, hogy a barangolásaim alkalmával a meglátott és jól megnézett építészeti tárgy általában felvett képe később, amikor otthon elővettem, nem azt adta vissza, amit én

tű. Meglepően állapítottam meg sokszor, hogy a barangolásaim alkalmával a meglátott és jól megnézett építészeti tárgy általában felvett képe később, amikor otthon elővettem, nem azt adta vissza, amit én



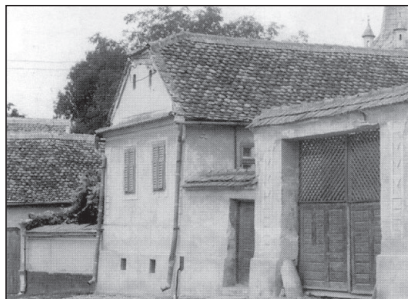
5. ábra. Rendkívül hosszú lakóház, Illyefalva, Sepsiszentgyörgy mellett

megláttam ott, a maga valóságában, de egészen más valamit, amely lehetett igen érdekes, de számomra idegen volt, sőt értelmetlen. Viszont, ha a látott objektumról

za meg Kós Károly mesterségét, hogy annak értékhozó jellegét emeli ki: „az [Építészet]-nek oly formákkal kell az érzelemre és lélekre hatnia, melyeket [...] magának kell teremtenie és ezen formákat és szerkezeteket természetes szervezetté gyúrnia, ha velök az emberekre hatni akar.” [5] Az építészet technikája szócikkben tanácsokkal látja el az akkori olvasót minden témáról, az épület alapozásától kezdve az építéshez megfelelő időszakoktól át az ideális falvastagságig.

Ebből a szempontból hasonlít a Magyar könyv-ház sorozatra, hiszen az részletekbe menően mutatja be egyrészt magát az építőmestert s annak tulajdonságait, másrészt gyakorlati kézikönyvként is olvasható: megemlíti azt, hogy a téglának két teljes évtizedig kell száradnia, hogy figyelni kell az árnyékra, és végül, hogy a jégveremnek legalkalmasabb a hegy töve vagy éppen a domb. [6] Az ötven évvel későbbi Közhasznú Esmeretek Tára szintén taglal hasonló, ma már gyakorlati jellegűnek nevezhető, építészettel kapcsolatos ismereteket: például ott van a geometrikus formák elhelyezésének szépsége vagy éppen az *építésművészet* – ahogyan ő nevezi – két egymással szembenálló oldala – az esztétikája és a technikája is. [6]

Az épületet, ahogyan az előbb említett két lexikonban is szerepel, az építésznek a rajz segítségével kell megalkotnia. Kós Károly ennek az egésznek a lényegét fogalmazta meg: az ember alkotta rajz több értéket hordoz – bármennyire kezdetleges is. Hogy őszinte legyek, eddig is láttam valamilyen varázslatot a rajzokban – tudatosan törekedtem az utóbbi évben, hogy a rajzaim saját meglátást tükrözzenek (persze volt, amikor ez a kísérlet kudarcba fulladt...).



6. ábra. Fedeles nagy székely kapu, Márafalva (jobb), Falazott fedeles nagykapu, Oltszakadát (bal)

a legprimitívebb vázlatot készítettem magamnak, az a meglátás így mindig, évtizedek múlva is az enyém maradt.” [3,4]

A Pallas nagy lexikona úgy fogalmaz-

Kós Károly a maga helyenként fehér vakolatával, kőburkolataival és színes cserépeivel nagyot és világmóditót alkotott. S ez a világmóditó szándék túlélte százado-

kat, de még nem eleget ahhoz, hogy teljesen elfogyjon. Még mindig ott állnak, mint őrző bástyáink, a székely kapuk, ott áll a ház Kálnok határában vagy éppen Illyefalván. Egyre kevesebb épül, sőt ami megőrződött, azt is hagyjuk, hogy elveszen.

Tanúsíthatom, hogy bennem igenis van még abból a világmegváltó szándékból pár szikra, s copfokkal vagy anélkül én nekilátok: fogadom, hogy védeni fogom minden székely kislány copfját, házat, s kapuját. ☺

Irodalom

- [1] Huszka József: A székely ház. Kráter Mihály Egyesület, 2003.
- [2] Entz Géza: Erdély építészete a 11-13. században, Erdélyi Múzeum Egyesület, Kolozsvár, 1994.
- [3] Gilyén Nándor – Imre Lajos: Erdély népi építészete Kölcsönhatások, Kairosz Kiadó, 2006.
- [4] Kós Károly: A székely népi építészet. Mérnöki továbbképző Intézet, 1944.
- [5] Bokor József szerk. (1998): Pallas Nagy

- Lexikona. Arcanum, Budapest. Sepsiszentgyörgy
- [6] Molnár János: Magyar könyv-ház, II. szakasz, Buda, 1782.
 2013. október 28-i megtekintés, <http://mek.oszk.hu/00000/00060/html/032/pc003234.html>
 - [7] Wigand Ottó: Közhasznú esmeretek tára, Pest, 1832.

Az írás diákpályázatunk Önálló kutatások, elméleti összegzések kategóriájába beérkezett dolgozat.

Nagyanyám famulusa voltam

(Növényi szövetek *in vitro* környezetbe vezetése és a mikroszaporítás alkalmazása a növénytermesztésben)

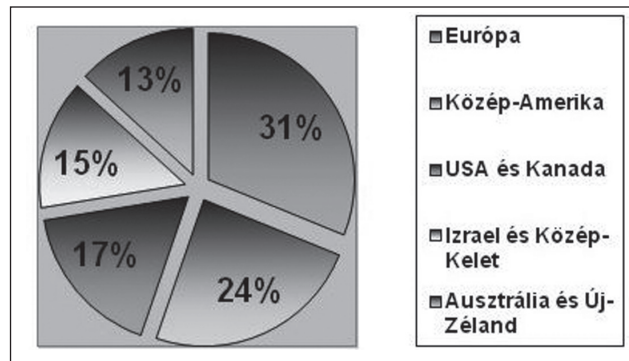
CHRZANOWSKA JANKA
Szentendrei Református Gimnázium

Kicsi korom óta a nyarat és az iskolai szüneteket nagyszüleimnél töltöm Lengyelországban. Nagyanyám, Mirosława Chrzanowska, növényvirologus professzor-ként a burgonya vírusait kutatja a lakásától csupán méterekre lévő Növénytermesztési és Akklimatizációs Kutatóintézetben, a Varsóhoz közeli Młochówban. Mindig szívesen vitt magával, hogy végignézhessenek egy-egy folyamatot, vagy akár részt is vehessenek a kutatómunkában. Nagyanyám 77 éves korára még ma is dolgozik, bár ritkábban jár már be, de amikor nála vagyok, mindig talál időt arra, hogy körbevezessen és beszervezzon az intézetben éppen zajló valamilyen aktuális munkafolyamatba. Így ismerkedtem meg a mikroszaporítással 2012 nyarán, amelyet magam nemcsak végignézttem, de részt is vettem benne. Az eljárás lényege és nagyanyám által mesélt történetek annyira megfogtak, hogy úgy döntöttem, jobban beleásom magam a növényzaporítás ezen egészen fiatal ágába.

A mikroszaporítás a növényzaporítás egyik leggyorsabb és leghatékonyabb módja. Az 1930–40-es években kidolgozott eljárás (White 1934, Gautheret 1934, 1939) az ivartalan növényzaporítási módok egyike. A mikroszaporítás a biotechnológia és gén-technológia fejlődésének köszönhetően jött létre, lehetővé téve az egyes növényi sejtek és szervek szaporítását mesterséges (*in vitro*) körülmények között. Általános meggyőződés, hogy a biotechnológia ezen ága

gyors előrelépést jelent olyan növények termesztésének tökéletesítésében, amelyek jobban képesek kielégíteni az emberiség egyre növekedő igényeit.

A mikroszaporítást napjainkban egyre szélesebb körben alkalmazzák, ugyanis nemcsak szokatlanul gyors szaporítást jelent (6 hónap alatt akár 1 000 000 dugvány), de 100%-ban vírusmentes dugványokat biztosít, amennyiben a technikát megfelelően végzik el. A világon évi kb. 800 millió növényt hoznak létre mikroszaporítással, amelyből az öt legkiemelkedőbb régió:



Az öt legnagyobb mikroszaporító régió termelési megoszlás

Európa (200 millió új növény/év), Közép-Amerika (155 millió/év), USA és Kanada (110 millió/év), Izrael és Közép-Kelet (92 millió/év), Ausztrália és Új-Zéland (85 millió/év).

Európa egyik legjelentősebb mikroszaporító országa Lengyelország. 20 laboratóriumban végeznek mikroszaporítást. Ezekben együttvéve évi kb. 70–100 millió új növényt hoznak létre. Ezek jelen-

tős részét exportálják: Hollandia, Anglia, Spanyolország, Izrael, Csehország, Fehéroroszország, Bulgária, Törökország, USA, Litvánia, Lettország és többek közt Magyarország a felvevőpiac legfontosabb országai.

Belgiumban a mikroszaporító laboratóriumok elsősorban fás szárú növényekre specializálódtak, ezek közt leginkább havasszépét (Rhododendron), míg Olaszországban leginkább gyümölcstermő növényeket (pl. borszőlő, őszibarack, sárgabarack, alma, körte, szilva) szaporítanak ezzel a technikával.

A mikroszaporítás ilyen nagymértékű elterjedése nem meglepő, ugyanis rengeteg előnye van a hagyományos növényzaporítással szemben.

A szaporítás sebessége. A mikroszaporítás egyik legnagyobb előnye, hogy rövid idő alatt nagyon nagy mennyiségű új növény hozható létre. Ez a szám természetesen függ az explantátum fajtájától, típusától, a kultúra fizikai körülményeitől, a tápközeg összetételétől és a lefolytatott szubkulturák számától. Például az aranyliliom (*Lilium auratum*), a pompásliliom (*L. speciosum*) és a húsvétliliom (*L. longiflorum*) esetében ez a szám átlagosan 2000 mikrobagyba 45 nap alatt. Ez a szám a szaporítás ciklusának 75 napos megismétlésével 200-szorosára növelhető az aranyliliomnál, 50-szeresére pedig a pompásliliomnál.

Az anyanövény és az utódnövények kapcsolata. Nagyon fontos előnye a techniká-

nak (amely általánosan jellemző a vegetatív módon szaporított fajtákra), hogy a szaporítás gyorsaságának köszönhetően a szaporított növények geno- és fenotípusai összehangoltak, normál esetben megegyeznek, ezáltal teljesen hasonló növények jönnek létre. Ez a tulajdonság nagyon fontos az új növények későbbi felhasználásának szempontjából.

Vírusmentes, környezetüktől 100%-ban független növények. A mikroszaporítással nyert növények fölénye az egyéb technikákkal szaporított növényekkel szemben, hogy a pontosan ellenőrzött laboratóriumi, steril körülményeknek és a szigorú elkülönítésnek köszönhetően kórokozótól és kártevőtől mentesek, emellett teljesen függetlenek a helyi földrajzi, éghajlati stb. körülményektől, így egész évben szaporíthatóak. A vírusmentesség annak köszönhető, hogy a hajtáscsúcs osztódó szövetek, gyakran az első pár levélkezdeménnyel együtt vírusmentesek, ennek köszönhetően az osztódó szövet 0,5–1 vagy akár 3 milliméterének elkülönítése (a növény és vírus fajtájától függően) kórokozótól mentes anyagot ad. A vírusmentesség biztosításának fokozása érdekében termoterápiát vagy kemoterápiát is alkalmaznak. A termoterápia lényege a megemelt hőmérséklet 35–40 °C-ra három héttől akár több hónapig is. A kemoterápia során a vírus szaporodását gátló anyagot adnak a tápközegbe. Az *in vitro* körülményekben fejlődött növényeket 2–3 hónappal talajba kerülésük után egészségügyi ellenőrzésnek vetik alá: ez lehet biológiai, szerológiai, vagy immunológiai természetű.

A regenerált növények tárolási lehetőségei: *csökkentett hőmérsékleten a növények több hónapon át is tárolhatóak*, ez lehetőséget biztosít a növény optimális időpontban való kiültetésére. Lehetséges azonban a hosszú távú tárolás is, amely 2–5 évig tarthat (génbank). Ez a tárolási mód általában nagyon alacsony hőmérsékleten (cseppfolyós nitrogén) vagy ásványolajba való merítésen alapszik.

A szaporított anyag könnyen szállítható. Egy 15 kg-os csomagban körülbelül 40 ezer növénykét lehet fuvarozni, ez megkönnyíti a szállítást és a nemzetközi cserét.

A szaporítás intenzitásának növelése. Mikroszaporítással gyorsan lehet szaporítani olyan növényeket, amelyek ritkán adnak magot, vagy magjaik gyengén csíráznak.

A mikroszaporítás pozitívan hat a növényekre. *A laboratóriumból kikerült növények általában fiatalosabbak* (ez valószínűleg a kevesebb baktériummal való együttélés következménye a növény szál-

lítónyalábjában), és erősebben gyökereznek (hormonok alkalmazása következtében a mikroszaporítás közben).

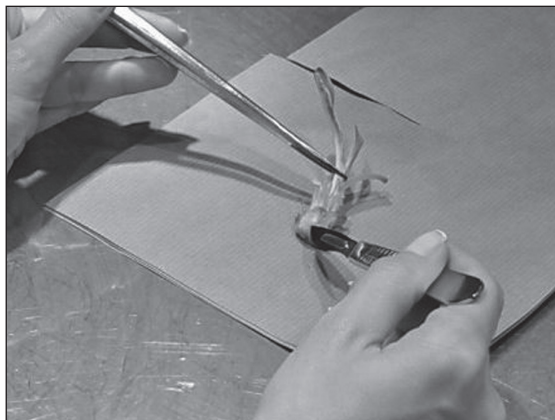
A mikroszaporításnak azonban *nem elhanyagolható hátrányai* is vannak.

A mikroszaporítás *költséges technika*, ugyanis elkülönített laboratórium, állandó



In vitro kultúra, a. variáns: a továbbszaporításra szánt növények tárolópolca

steril körülmények és képzett szakemberek szükségesegek hozzá. Egy mikroszaporítással nyert növény átlag ára 0,30 €, de ez lehet akár 1 € is a banán és a lepkeorchidea (*Phalaenopsis sp.*) esetében. A termelés költsége főként a természetett növény fajtától és a munkaköltségektől függ.



Szaporításra szánt növényi szerv elkülönítése

http://encyklopediahost.info/rozmnazanie_in_vitro.html, 2013.10.24.

A mikroszaporítás otthon nem végezhető, mivel rengeteg eszközt, nagy teret és szakképzettséget igényel.

Helyiségigény. A laboratórium méretétől függetlenül 7 helyiség kell hozzá.

1. Tápközeg készítésére kialakított helyiség,
2. Mosóhelyiség,
3. Autokláv számára fenntartott helyiség,
4. Oltási szoba: lamináris kamrával ellátott szoba vízszintes légáramlással (elengedhetetlen a szövetek és növényi szervek izolálásához, azok steril üvegen való elhelyezéséhez és tápközegbe juttatásához),

5. Fitotron jellegű helyiség.

6. *In vitro* növényeszaporítás számára fenntartott helyiség. A szobában az ott szaporított növény fajához alkalmazkodó fénynek és hőmérsékletnek kell lennie (ez a burgonya esetében – amely viszonylag sok fényt igényel – a világítás szempontjából minimum 5–8 ezer lumen, a hőmérséklet pedig 18–22 °C között mozog). Amennyiben a fény mennyisége túl alacsony, a növények megnyúlnak. A beépített lámpáknak minimum 20 centiméter távolságra kell lenniük a növénytől. A kevesebb lámpa használata érdekében érdemes a falakat fehérre festeni, és alufóliával lefedni az egyes polcokat, amelyeken a szaporított növények elhelyezkednek. A nedvességtartalomnak nem szabad 55% alá esnie, különben a tápközeg túl gyorsan kiszáradhat. A páratartalom azonban nem lehet sokkal magasabb, mivel az könnyebben vezethet fertőzésekhez.

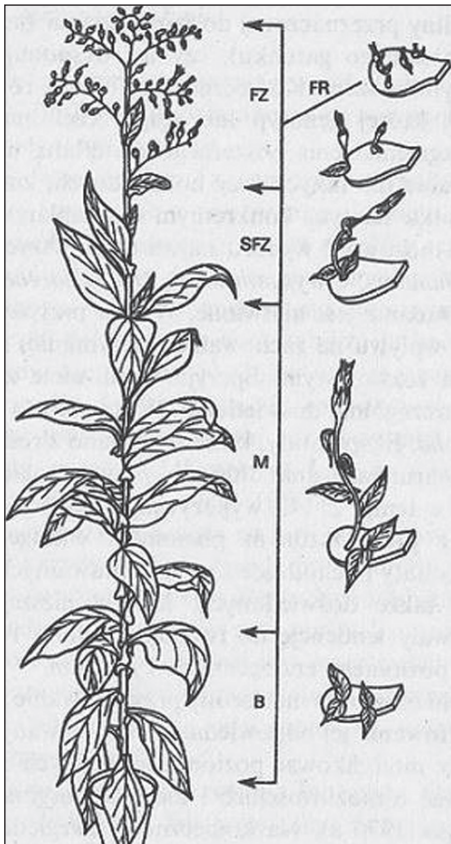
7. Génbank számára fenntartott helyiség. A szobában a hőmérsékletet 6–10°C között kell fenntartani, a megvilágításnak pedig 500–1000 lumennek kell lennie. A csökkentett hőmérséklet és fény a növények hosszabb tárolását teszik lehetővé.

Felszereltség. Ezeket a helyiségeket természetesen céljuknak megfelelően kell felszerelni. Így szükség van: üvegedényekre (laboratóriumi üvegedények a kultúrák új környezetbe vezetéséhez), vegyszerekre (tápközeg létrehozásához szükséges vegyszerek, fertőtlenítőszer, tisztítószer), hűtőre (reagens oldatok tárolása, tápközeg tárolása), pH-mérőre, mérlegre (legalább milligramm pontosságú), vízdesztillálóra, mágneses keverőre, autoklávra a tápközeg, az üveg, és az eszközök fertőtlenítéséhez, lamináris kamrára, boncolótűre, szikére, pengére, csipeszre, szárító kamrára és légkondicionálókra.

A mikroszaporítás folyamata

A mikroszaporítást alapvetően három fázisra lehet osztani, amelyeket természetesen folyamatosan tökéletesíteni kell még ma is, a szaporítás lehető legeredményesebbé tételéhez.

Az első szakasz az anyanövény kiválasztásából és annak szaporításra szánt szervének elkülönítéséből áll. Az anyanövény általában a rendelkezésre álló példányok közül a biológiai tulajdonságok szempontjából legjobb egyed (legellenállóbb/legjobbban alkalmazkodó). Fontos, hogy az anyanövény kiválasztott szervének olyan korban és fejlődési szakaszban kell lennie, ami a szaporítás szempontjá-



Sematikus ábra a *Nicotiana tabacum* L. Wisconsin 38. különböző bőrszöveti explantátumainak szintjeiről. Jobb oldalon az egyes explantátumok hajtás- és virágszúcs-regenerálódási képességei

ból a legkedvezőbb. A lamináris kamrában elkülönített növényi szervet először feltétlenül sterilizálni kell, majd el kell helyezni a szaporítás helyeként szolgáló tápközegben. Ebben a szakaszban történik a tápközeg kiválasztása és összeállítása is. A tápközeg szervesetlen sókból (mikroelemekből és makroelemekből), energia- és szénforrásból (glükóz vagy szacharóz), komplex vasból, vitaminokból és hormonokból áll, amelyeket együttesen leggyakrabban az agar-agar szilárdít meg. A hormonok közül kiemelkedő szerepe van az auxinnak és a citokininnek, ugyanis auxin nélkül a növény nem lenne képes növekedni, a citokinin pedig elengedhetetlen a sejtdifferenciálódás, a sejtosztódás és a sejtmegegyezés szempontjából. A tápközegben lévő vitaminok közül a legnagyobb jelentőségűek a B₁- B₆- és a B₈-vitaminok. Fontos, hogy a tápközeg pH-értéke a mikroszaporítás alatt végig 5–6 között legyen. Napjainkban rengetegféle tápközeg létezik, ugyanis minden faj számára az összetevők optimális aránya eltérő, és egy fajon belül is létezhetnek variációk.

A második szakasz az elkülönített növényi szerv növekedését, fejlődését foglalja magába, amelyet a különböző növényi

hormonok (fitohormonok) idéznek elő. Ez lényegében gyökeresedési időszak – amely fajtól függően 6–8 hétig tart. A tápközegben ilyenkor általában valamilyen vírusölő szer is megtalálható, ezzel csökkentve az esetleges fertőzés kialakulását, amely a gondos sterilizációs folyamatok ellenére is bekövetkezhet. A második szakasz után az egész folyamat megismételhető, vagy folytatható a növény további fejlődésével.

A harmadik szakasz a külső körülményekhez (*ex vitro*) való akklimatizációt szolgálja, ez a növény számára a legjelentősebb szakasz, ugyanis „meg kell tanulnia” fotoszintetizálni, létre kell hoznia és használnia kell a gázcsereanyagokat. Az előbbi abból adódik, hogy laboratóriumi körülmények között a növény nem különösebben végez fotoszintézist, mivel a számára egyik legfontosabb cukrot tápközeg tartalmazza. A folyamat maga 4–6 hétig tart, ez alatt megsokszorozódik az elágazások és a hajtások száma. 4–6 hét elteltével az alkalmazkodott növények kiültethetők.

A lengyelországi mikroszaporítás egyik kiemelkedő alakja *Maciej Zenkeler* biológus professzor, aki tanulmányait Lengyelországban és az Amerikai Egyesült Államokban végezte, majd Delhiben, Melbourne-ben, Kölnben és Berlinben végzett szakmai gyakorlatot. Ezután 25 éven keresztül dolgozott az Adam Mickiewicz nevet viselő egyetem biológia karának általános botanika tanszékén. A Lengyel Tudományos Akadémia több tudományos bizottságának tagja, Növénygenetikai Intézetének konzultánsa Poznanban és a Lengyel Botanikai Társaság tagja. Hetven publikáció szerzője, a két legjelentősebb ezek közül az „In vitro kultúrák” és „A növények biotechnológiája”. Hazánk két jeles képviselője a mikroszaporításban *Jámborné Benczúr*

Az új növényke első gyökere (saját felvétel)



Erzsébet dendrológus és *Dobránszki Judit* növénygenetikus, akik többek közt leírták az orchideák mikroszaporításának jelentőségét, és könyvet írtak a kertészeti növények mikroszaporításáról, minden kertészeti ágazatra kiterjedő, speciális szaporítástechnológiai módszerekről. Így a gyümölcsök, a zöldségfélék, a lágy szárú és fás szárú dísznövények, a szőlő és a gyógynövények *in vitro* szaporításának lépéseit, a szövettanészeti indítását, a megfelelő táptalaj kiválasztását, a kiültetést, az akklimatizálódást is leírják. A szerzőknek nemcsak a viszonylag fiatal szakterület megismertetésében van nagy szerepük az első magyar nyelven megírt könyvvel, hanem az új szakkifejezések meghonosításában is.

Manapság a növénynevelés e módszerek nélkül lehetetlenné válna. Ugyanakkor a génmanipulált növények termesztésbe vételével szemben az egyetlen versenyképes alternatívának tűnik. A XXI. század nagyüzemi növénytermesztésének alfája és omegája a mikroszaporítás. ❁

Irodalom

- Jámborné Benczúr E., 1993: Dísznövények mikroszaporítása. Egyetemi jegyzet, Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Budapest.
- Jámborné Benczúr E. – Szántó M. – Retkes J. 1999: A dísznövényágazat minőségi fejlesztésének stratégiája. In: Glatz F., „Minőség és Agrárstratégia” Magyarország az ezredfordulón. Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián 175-184.
- Jámborné Benczúr E. – Dobránszki J., 2005: Kertészeti növények mikroszaporítása. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Nadolska-Orczyk, 1990: Wprowadzenie do biotechnologii w genetyce i hodowli roślin – 2. Mikroozmnażanie, (Bevezetés a biotechnológiába a növények genetikájában és termesztésében – 2. fejezet: Mikroszaporítás), Varsó, Wydawnictwo SGGW-AR
- Zaklukiewicz, Katarzyna – Sekrecka, Danuta, 1988: Mikroozmnażanie roślin ziemniaka i kolekcja *in vitro*, (Burgonya mikroszaporítása és *in vitro* kollekción), Bonin, Instytut ziemniaka – (Nagyanyám ennek a munkának társszerzője.)
- Zenkeler, Maciej, 1984: Hodowla komórek i tkanek roślinnych, (Növényi sejt- és szövettan), Varsó, Państwowe Wydawnictwo Naukowe
- http://encyklopediahost.info/rozmnażanie_in_vitro.html - Jerzy Foszczka, 2013.10.24.
- http://www.vitrogen.pl/artikul-11-ROZMNAZANIE_KLONOWANIE_ROSLIN_IN_VITRO.html, 2013.10.24.

Az írás diákpályázatunk Önálló kutatások, elméleti összefoglalók kategóriájába beérkezett pályázat.

Rátz Tanár Úr Életműdíj – 2014

Az Ericsson Magyarország, a Graphisoft és a Richter Gedeon Nyrt. képviselői 2000. december 1-jén ünnepélyes keretek között jelentették be, hogy a három cég közös alapítványt hozott létre a magyar természettudományos oktatás támogatására.

A Rátz Tanár Úr Életműdíjat az alapítvány kuratóriuma 2001-től évente ítéli oda kezdetben hat, 2005 óta nyolc kiemelkedő eredményt elérő pedagógusnak. Az alapítvány díjazottai olyan középiskolai és általános iskolai tanárok, akik az alapítók tevékenységi köréhez szorosan kapcsolódó magyarországi matematika-, fizika-, kémia- vagy biológiaoktatás területén kimagasló szerepet töltenek be a tantárgyak népszerűsítésében és a tehetséggondozásban.

A hagyományoknak megfelelően a díjátadót a Magyar Tudomány Akadémia dísztermében rendezték meg 2014. november 27-én.

A matematikaoktatásban elért eredményeikért életműdíjat ez alkalommal *Békefi Zsuzsanna* és *Kubatov Antal* kapott.

Békefi Zsuzsanna 1967-ben kezdte középiskolai tanári pályáját matematika-fizika szakos tanárként. Két évig a keszthelyi Vajda János Gimnáziumban, majd az MTA Matematikai Kutatóintézet Didaktikai Csoport vezetőjének hívására és biztatására a veszprémi Lovassy László Gimnázium ekkor induló speciális matematika tagozatos osztályainak lett alapító, a további évtizedek során pedig nélkülözhetetlen tanára.

Tanítványai számos, a legkülönfélébb országos és nemzetközi matematikaversenyen magas helyezéseikkel igazolták tehetségüket és tanáruk állhatatos, eredményes munkáját. Az iskola matematika-munkaközössége mai napig is tanácsait, iránymutatásait figyelembe véve munkálkodik a jövő generációjának oktatásában, nevelésében.

A Kis Matematikusok Baráti Körének ünnepelt előadója, és a Kör diákoknak és tanáraiknak, a 6., 7. és 8. évfolyamok számára kiadott Feladatlapok, Munkafüzetek és Tanári Segédletek szerzője.

Nyugdíjba vonulása után sem szakadt el a tanári pályától, érrettség elnökként, emelt szintű vizsgáztatóként továbbra is aktív maradt. 2013-ban felkérésre ismét elmélyedt a gráfelméletben, és a nevéhez fűződő már meglévő Gráfelméleti feladatgyűjteményt kiegészítette, megújította.

Kubatov Antal tanári diplomájának megszerzését követően, 1980-tól, két év kihagyással a kaposvári Táncsics Mihály Gimnázium tanára. Egyik kezdeményezője és meghatározó tanára azoknak a tehetséggondozó hétvégeknek, amelyekből mára az Erdős Pál Tehetséggondozó Iskola kialakult.

Nem csupán szaktanárként, osztályfőnökként és pedagógusként is az elhivatottság, a diákok tisztelete és szeretete, valamint kivételes szakmai igényesség jellemzi munkáját. A matematikai közéletben aktív szerepet vállal és alakítja azt. Iskolájának meghatározó szerepe volt a speciális matematika tagozat alapításában és működtetésében. 1997-ben az iskolai matematika-

kos tanárként végzett az Eötvös Loránd Tudományegyetemen, majd 1976-ban doktori fokozatot szerzett.

Életét a tanítás, kutatás iránti szeretet vezérli mind a mai napig. Elsőrendű feladatának tekinti a természettudományos szemlélet kialakítását. Tanítási tevékenységét a precizitás és elhivatottság jellemzi. A sok kísérletezéssel egybekötött fizikatanítás híve. S ezt nemcsak saját iskolájában, a váci Boronkay György Műszaki Középiskola és Gimnáziumban végzi, hanem „utazó nagykövetként” (főleg általános iskolákban) máshol is bemutatja, népszerűsítve ezzel a fizikát, a felfedezés örömeit.

Tanításába rendszeresen bevonja a napi aktualitásokat, egyike volt kutatásainak, mikor tanítványaival számtalan mérést és növényfejlődési tesztet végeztek a vizsgált vörös iszappból.

Írányítása alatt évente tucatnyi közép- és általános iskolás végez egyéni kutató munkát. Eredményeit a TUDOK és az innovációs versenyeken elért helyezések bizonyítják.

A fizika népszerűsítése iránti tevékenységét dicséri, hogy egykori tanítványai közül ma többen fizikusként tevékenykednek. A fizika tanításával kapcsolatos ismereteit nagy számban publikálta, mind hazai, mind nemzetközi fórumokon. Középiskolások számára több könyvet írt.

Több mint 20 éven keresztül rendszeres résztvevője volt az Országos Fizikatanári Anketóknak, ahol több előadást és műhelyfoglalkozást tartott saját kutatásairól. A nyári szünetekben is fizikatanárokat szervez, amelyekre diákjai örömmel mennek. Rendszeresen részt vett nukleáris témájú konferenciák, szakmai kirándulások szervezésében.

Zátanyi Sándor matematika-fizika szakos tanári diplomáját 1977-ben szerezte a szegedi József Attila Tudományegyetemen. 2005-től nyugdíjba vonulásáig tanított a békéscsabai Szent-Györgyi Albert Gimnázium, Szakközépiskola és Kollégiumban.

Már pályája kezdetén a fizikatanári munkaközösség vezetőjévé választották, és a fizikaszertár felelőse lett. Számos kísérleti eszközt tervezett és készített. Az iskolai számítógépes program megindulásakor került kapcsolatba a számítástechnika iskolai alkalmazásával. 1988-ban számítástechnika-szakos tanári oklevelet szerzett.



Rátz Tanár Úr Életműdíjasok: (balról jobbra) Tóth Eszter, Zátanyi Sándor, Böddiné dr. Schróth Ágnes, Kánitz József, Békefi Zsuzsanna, Kubatov Antal, Szalainé Tóth Tünde, Endréusz Gyöngyi

oktatás támogatására szülőkkel összefogva létrehozta a Táncsics Mihály Gimnázium Matematikai Tehetségeiért Alapítványt. A szervezet számos feladata mellett kiemelt figyelmet fordít a hátrányos helyzetben élő tehetséges diákok képességeinek kibontakoztatására és versenyeken való szereplésükre.

Kezdetektől részt vett az új emelt szintű érettségi szerinti vizsgáztatásban, továbbképzésekben, évek óta javításvezetőként és szóbeli bizottságok elnökeként is vállal feladatot. Hosszú évek óta tagja a Bolyai Társulat Oktatási Bizottságának.

A fizikaoktatás területén elért eredményiért kapott életműdíjat *Tóth Eszter* és *Zátanyi Sándor*.

Tóth Eszter 1971-ben matematika-fizika-ábrázoló geometria sza-

Szakmai tevékenysége mellett társadalmi feladatokat is végez. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulatnak 1977-óta tagja, a Békés Megyei csoport elnöke. Egyik szervezője a Békéscsabán megrendezett, nagyszerű „Játsszunk fizikát!” interaktív kiállításnak.

A fizikatanári ankétok eszközkészítésain és műhelyfoglalkozásain rendszeresen szerepel, eszközeit, előadásait nagy siker övezi. A számítástechnika és a fizika tanításához kapcsolódóan számos továbbképzést, tanfolyamot vezetett, számítógépes programokat írt a fizika tanításának elősegítésére.

Internetes honlapjai jelentős módszertani segítséget nyújtanak a fizikatanároknak. Tanácsaival, módszertani tapasztalatával szívesen segíti kollégái munkáját, és számos versennyel és vetélkedővel lepte már meg a megye és a város általános és középiskolás diákjait is.

Számos cikke jelent meg megyei és országos folyóiratokban. Tankönyveit az ország számos oktatási intézményében használják nagy melegezéssel.

A kémia tantárgy népszerűsítésében és a tehetséggondozásban elért eredményekért életműdíjban részesült *Böddiné dr. Schróth Agnes* és *Endrész Gyöngyi*.

Böddiné dr. Schróth Agnes a Budakeszi Általános Iskola és Gimnáziumban kezdte biológia-kémia szakos tanári pályáját, majd 1981-től az ELTE Trefort Ágoston Gyakorlóiskola kémia szakvezető tanára és igazgatóhelyettese. 2001-től megbízott előadóként részt vállal az ELTE TTK Környezettudományi Intézetében a környezettan szakmódszertan oktatásában.

Szakmai tevékenysége igen sokrétű. Tehetséggondozó munkája kiemelkedő. Eredményes szakmai munkáját dicséri tanítványainak előkelő helyezése a legkülönbözőbb tanulmányi versenyeken. Szívügyének érzi a természettudományi tehetséggondozó pályázati projektek vezetőjeként a tehetséges tanulók felkarolását. A kémia tárgy iránti elhivatottságát sikerült átadnia diákjainak is, akik közül többen orvosi, gyógyszerészi, vegyész, kémia tanári pályát választottak élethivatásuknak.

Rendszeresen publikál, nagyszámú írása jelent meg környezetvédelemmel, környezetvédelmi neveléssel kapcsolatban. Készített kémia kerettantervet, módszertani segédanyagokat pedagógusok számára.

Több évtizede magas színvonalon fejleszt, koordinálja a tanár szakos hallgatók gyakorlóiskolai munkáját. Rendszeresen részt vesz a közoktatás kémia tantárgyi tartalmainak fejlesztésében. Emelt szintű érettségi bizottságok tagjait készíti fel vizsgáztatói feladatokra, miközben maga is aktívan részt vesz e bizottságok munkájában javítóként, javításvezetőként, bizottsági tagként és elnökként.

Emellett pedagógus továbbképzések rendszeres előadója, szervezője. Aktív tagja a Magyar Környezeti Nevelők Egyesületének és a Magyar Kémikusok Egyesülete Kémia tanári Szakosztályának. Az ELTE Közoktatási Bizottságának elnöke.

Endrész Gyöngyi 1985 óta tanít kémiát a miskolci Földes Ferenc Gimnáziumban. Munkaközösség-vezetőként a kémiatagozat legmeghatározóbb tanáregyénisége.

Meghatározó szerepe van abban, hogy iskolájában magas színvonalú kémia tehetséggondozó műhely működik. Egyike az ország versenyezettetésben legeredményesebb kémiatanárainak, nagyszámú hazai szakági versenyen elért eredményei mellett négy olimpikon tanítványa összesen öt érmet szerzett eddig a Nemzetközi Kémia Diákolimpiákon.

Tesztgyűjtemények, érettségi feladatgyűjteménynek társszerzője, valamint két kémia tankönyv lektora. Szakértőként dolgozik több országos testületben és bizottságban a kémia tantárggyal kapcsolatos fejlesztő munkák során. A kétszintű érettségi bevezetését megelőzően részt vett az Országos Közoktatási Intézet e témájú kutatási projektjében. Gyakran vállal bemutató órákat, előadásokat a továbbképzéseken. Együttműködik a Miskolci Egyetemmel, ahol bemutatókon, kísérleteken, méréseken és előadásokon vehetnek részt a diákok.

Önzetlenül, hihetetlen odaadással és lelkesedéssel végzi iskolateremtő, tehetséggondozó munkáját. Valódi tanáregyéniség, osztályfőnökként is nagyszerű nevelőmunkát végez. A város és a régió tehetséges diákjainak egész sora tanulta meg tőle a kémia szépségét, a feladatok megoldásának trükkjeit, a kísérletek és mérések elvégzésének következetes és pontos módszereit. Tevékenysége nem korlátozódik a saját iskolája diákjaira. Emelt szintű érettségire felkészítő tanfolyamaira több tíz kilométerről is eljárnak, tanítványai országos összehasonlításban is kiemelkedően teljesítenek.

A *biológiaoktatásban* elért eredményekért életműdíjban részesült *Szalainé Tóth Tünde* és *Kánitz József*.

Szalainé Tóth Tünde 1986 óta a veszprémi Lovassy László Gimnázium tanára, biológia-kémia szakmai munkaközösségének vezetője és a Semmelweis Egyetemmel és a Pannon Egyetem Mémöki Karával kötött partneriskolai program iskolai koordinátora.

Nagy szaktudású, munkájára mindig igényes, precíz pedagógus, aki mindazon tehetségnek birtokában van, ami a szaktanárt igazi pedagógussá teszi. Átütő erejű szakmai tudása, gyerek- és munkaszeretete példamutató. A színvonalas és eredményes tanórai munka mellett nagy gondot fordít a tehetséggondozásra.

Folyamatosan vesz részt továbbképzéseken, követi a biológia tudományterületén elért eredményeket. A versenyek szervezésében való kiemelt szerepe az iskolán kívül is ismertté tette. Szakmai munkáját elismerik, tanácsait szívesen fogadják. A kétszintű érettségi vizsga bevezetése óta az Oktatási Hivatal megbízásából tudását az emelt szintű biológialaborok javításában multiplikátorként kamatoztatja. 2010-től az érettségi tételkészítő bizottság tagja biológia tantárgyból. Öt éven keresztül szervezte és bonyolította le a 4 megyét érintő területi Curie Környezetvédelmi Emlékversenyt. Kitalálója és országos koordinátora az Arany János Tehetséggondozó Programban résztvevő iskolák számára kiírt komplex természettudományos Mentovich Ferenc Természettudományi Versenynek.

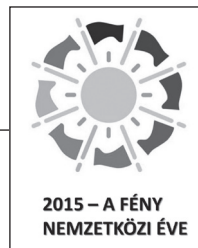
Kánitz József közel 50 éves földrajz-biológia szakos tanári pályájából 1977-től nyugdíjállományba vonulásáig volt a SZTE Ságvári Endre Gyakorló Gimnázium biológia szakvezető tanára, egy évtizeden keresztül igazgatója. 1985-ben szerezte meg doktori címét.

Az elmúlt több mint három évtizedben rendkívül oadaó, eredményes munkát végzett tanári munkája, iskolaszervező tevékenysége során. Nemcsak a biológia tudományát népszerűsítette, hanem az iskolai munkából is kivette a részét. Munkája kiemelkedő eredménye iskolájában a természettudományos osztály megszervezése.

Kiemelt figyelmet fordított a tehetséges diákok támogatására, tudásuk gyarapítására. Mindig fontosnak tartotta a tehetséggondozást, ennek szellemében úgy készítette fel diákjait a különböző országos versenyekre, hogy kiemelkedő eredmények születhessenek. Tanítványaira komoly hatással volt személyisége, szakmai tudása, lényeglátásra, tudatosságra nevelte őket. Rendkívül eredményes volt az a törekvése, hogy tanítványaiban kialakítsa a tantárgy iránti érdeklődést, szeretetet. A tanítás mellett szakmai, pedagógiai, vezetői továbbképzések szervezője, előadója, résztvevője volt.

A tanítás mellett szakmai, pedagógiai, vezetői továbbképzések szervezője, előadója, résztvevője volt. A szakma mellett természetszeretetre és annak védelmére nevelte diákjait. Elhivatottsága és hihetetlen munkabírása miatt nemcsak a diákság, hanem a szülők és kollégák elismerését is magának tudhatja. Az iskolai közéletnek jelenleg is aktív tagja.

Több feladatgyűjtemény, szakcikk írója. 1980–1992 között a SZOTE Általános Orvostudományi Kar, Gyógyszerésztudományi Kar felvételi előkészítők biológia-tanára, a felvételi bizottságok tagja. Több mint három évtizede – jelenleg is – érettségi elnök. Szakvezető tanárként messzemenőkig segítette, támogatta a tanári pályára készülő tanárjelölt hallgatókat. ◆

2015 – A FÉNY
NEMZETKÖZI ÉVE

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat tavaszi FÉNY-es rendezvényei

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat (ELFT) 2015 tavaszán két nagyszabású rendezvénnyel is készül a fény megünneplésére, amelyeket számos változatos program követ országshoz a 2015 – A Fény Nemzetközi Éve jegyében. A két rendezvényről szeretnénk hírt adni és felhívni minden kedves olvasó figyelmét a programokra, amelyekre várunk minden fizika iránt érdeklődő olvasót. Az immár nagy hagyományú *Országos Fizikatanári Ankétot* márciusban, míg *A fizika mindenkié* országos programot áprilisban rendezik meg.

58. Országos Fizikatanári Ankét és Eszközbemutató a Fény Éve jegyében

A fizikatanárok a Matematikai és Fizikai Társulat (jogutódja az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, röviden ELFT) 1891. november 5-én megtartott alakuló közgyűlése óta képviseltek magukat a szervezetben. Tagjai között azóta is sok a fizikatanár, munkájuk se-

gítését a Társulat mindig is fontosnak tartotta és tartja. E célból is, 1957 decemberében a Társulat vezetősége kezdeményezte a Fizikatanári Ankét megrendezését, amelyet azóta is minden évben megszerveznek. A rendezvények témái mindig aktuális eseményhez vagy évfordulóhoz kapcsolódnak. Ezt a hagyomány továbbra is folytatjuk, így az immár 58. Országos Fizikatanári Ankét és Eszközbemutató *2015. március 26–29.* között lesz Hévízen, amelynek témája: *a Fény és az Oktatás.*

A Fény Nemzetközi Évéhez kapcsolódó előadások mellett műhelyfoglalkozások, kísérleti bemutatók és szakmai kirándulások is lesznek. A program véglegesítése folyamatban van, az eddig egyeztetett előadások között az alábbi közismert előadók szerepelnek: *Kroó Norbert* (Fényes új világ), *Cserti József* (Csodálatos szivárvány), *Faigel Gyula* (Orvosi képalkotó eljárások – A röntgenkészülék), *Tichy Géza* (Hogyan árnyékolható le a mobiltelefon?). További érdekes témákat is

érintünk: Edisontól a mai világítóeszközökig, LED: alapoktól az alkalmazásokig, kurzus oktatási kérdések megvitatása.

Az előző évi ankétéhoz hasonlóan, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat, a Fizikai Szemle, a Magyar Nukleáris Társaság pedig a Nukleon című folyóiratának, a tanárok munkáját segítő, tematikus számával készül a rendezvényre.

Hagyományossá vált, hogy az ankétan adják át a Mikola-díjakat és a Vándorplakettet. A 2015. évi ankét is ünnepi keretet biztosít a díjátadásra.

Az ankét programja, valamint a fontosabb részletek a folyamatosan frissülő rendezvény-honlapon érhetőek el: <http://www.kfki.hu/elftkik/>, illetve az elft.hu weboldalon. A rendezvény 30 óras akkreditált továbbképzésnek minősül, amelyet minden érdeklődő kolléga szíves figyelmébe ajánlunk.

Várunk minden érdeklődő tanárkollégát a szakterület egyik legfontosabb fórumán.

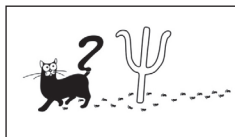
Mester András
az ELFT Középiskolai Oktatási
Szakcsoportjának elnöke

A fizika mindenkié – fókuszban a Fény

A természettudományok fejlődésének és a modern technikában való alkalmazásának nap mint nap tanúi és használói vagyunk. A tudományos kutató- és mérnöki munka eredményei egyre inkább meghatározzák mindennapi életünket, amelyek alapjai jelentős mértékben a fizikához köthetők.

A mindennapjainkban jelen levő fizikára való rácsodálkozás és megértés jegyében az Eötvös Loránd Fizikai Társulat 2015. április 18-ára meghirdeti *A fizika mindenkié* című országos rendezvényt, amikor terveink szerint minden a fizikáról szól majd. *2015 A Fény Nemzetközi Éve*, amelyet számos rendezvénnyel teszünk láthatóvá és fényessé. A fizika mindenkié nap fókuszában is a FÉNY ünnepe áll.

A fizika mindenkié rendezvényünkkel szeretnénk megmutatni mindenki számára, hogy a fizika sokszínű, a világról fontos és alapvető információkat nyújtó, ugyanakkor mindennapi életünket is befolyásoló, kézzelfogható és nélkülözhetetlen tudományág. Alkalmazásai átszövik mindennapjainkat; a világítás, a mobiltelefon, a GPS, az orvosi diagnosztika, az űrkutatás, az energiaforrások, a közlekedésbiztonság, hogy csak néhány fontos területet említsünk. Jövünk fontos kérdéseiben (pl. atom- vagy alternatív energia, klímaváltozás) felelősen csak akkor dönthetünk, ha a felvetődő kérdések fizikai hátterét ismerjük.

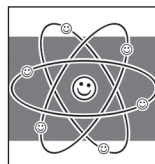


Célunk, hogy minél többen közel kerüljenek a fizikához, megismerjék a természettudományos gondolkodás módszertanát, megmutassuk a fizika ismeretéből adódó széleskörű alkalmazhatóságot. Célunk, hogy rámutassunk a fizikai ismeretek nélkülözhetlenségére, illetve arra is, hogy a fizika mint tantárgy is lehet vonzó és rendkívül érdekes.

Felkérjük az ország fizikatanárait, hogy tanítványainkkal legyenek szószerű a fizika tudományának, segítsenek minél közelebb hozni a fizika szépségét az ország közvéleményéhez.

Elképzeléseink szerint az országos rendezvény számos, ugyanazon a napon – *2015. április 18.* – megvalósuló helyi kezdeményezésű program sokszínű együttese lenne – határt csak a fantázia szabhat.

Néhány ötlet, példa: kísérleti mérések, csoportos versenyek, vetélkedők, túrák, akadályversenyek, szakmai és/vagy fizikatanári előadások, új tudományos felfedezésekhez, szenciációkhoz vagy napjaink fontos tudományos kérdéseire kapcsolódó előadások, játékok, fizikai képrejtvények – további számos „fényes” kísérlet, fotópályázat, fényjelenségek megfigyeléséhez köthető tevékenység.



Várunk minden egyéni program-elképzelést, ötletet. Kérjük, hogy aki helyi esemény szervezésével csatlakozni kíván országos rendezvényünkhöz, jelentkezzen be a rendezvényünk weboldalán található Programajánlat menüpontban kért adatok kitöltésével.

Az így rögzített program nyilvános adatbázisba kerül, ahonnan minden érdeklődő szemezgethet és kiválaszthatja a számára érdekes programot, vagy csak tájékozódhat, hogy hová érdemes elmenni, a tevékenységbe bekapcsolódni.

A rendezvény után beszámolót, fotót, videót várunk a helyi eseményekről. Ezeket szintén közzétesszük a weboldalunkon. Így az első (és reméljük, nem utolsó) országos rendezvény adatbázisa hasznos ötletekkel, tapasztalatokkal járulhat hozzá más későbbi helyi események szervezéséhez is.

Kérjük, hogy látogasson el: fizikamindenki.kfki.hu weboldalt, ahol további információ áll az érdeklődők rendelkezésére.

A fizika mindenkié rendezvényegyüttes teljes egészében nonprofit és politikamentes.

A tervezett program sikere mindannyiunkon múlik; tervezz, válósítsd meg, mutasd meg Nekünk, hogy Mi is meg tudjuk mutatni Téged! *Hiszen a fizika közös ügy, mindenkié!*

**Cserti József– Fábán Margit–
Dávid Gyula**

A fizika mindenkié eseménysorozat
koordinátorai

Kappadókia sziklacsodái



Kappadokiában hatalmas területet borítanak be nagy vastagságban vulkáni tufák



Az évezredek során az erózió erősen kikezdte a kőzettakarót



A könnyen faragható sziklába az emberek lakásokat vájtak



A falvak jó részét ma is lakják, hozzáépítkeztek kőzetekhez



Kőtűk kősapkával



„Kemencék”



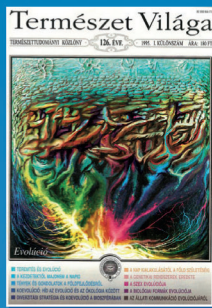
Némelyik sziklában ókeresztény templomok láthatók

(Németh Géza felvételei)

A Természet Világa különszámai

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

A **■**-tel megjelölt számaink már csak könyvtárakban hozzáférhetők.



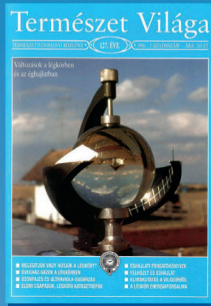
Evolúció (1995) ■



Természetvédelem (1995) ■



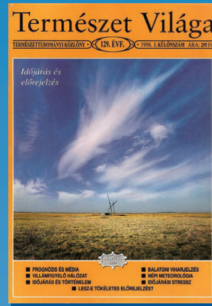
World of Nature (1995)



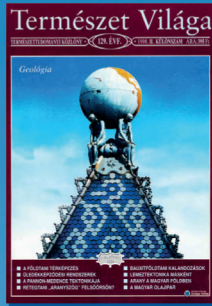
Változások a légkörben és az éghajlatban (1996) ■



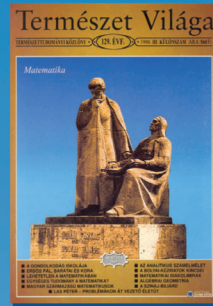
A biológiai sokféleség (1996) ■



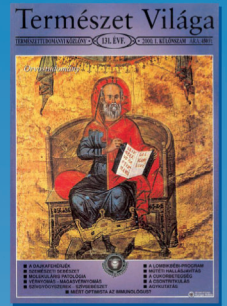
Időjárás és előrejelzés (1998) ■



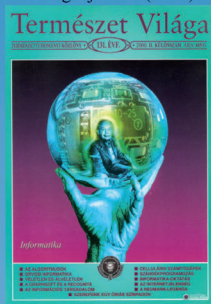
Geológia (1998)



Matematika (1998) ■



Orvostudomány (2000)



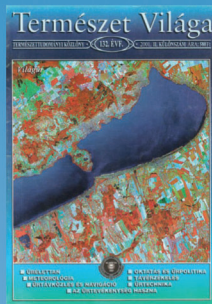
Informatika (2000)



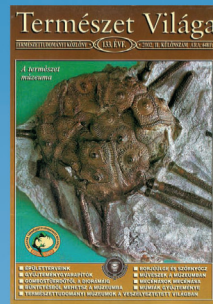
Mikrovilág (2000) ■



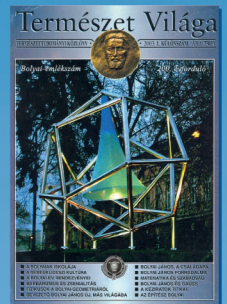
A magyarországi fizika kultúrtörténete (2001, 2002)



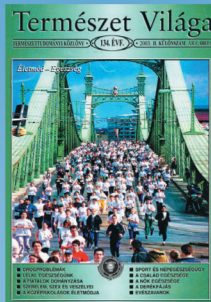
Világűr (2001) ■



A természet múzeuma (1998)



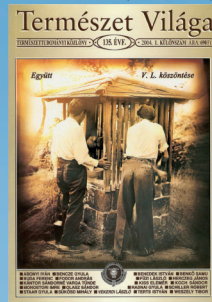
Bolyai-émlékszám (2003)



Életmód-Egészség (1996)



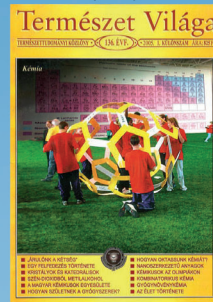
Neumann-émlékszám (2003)



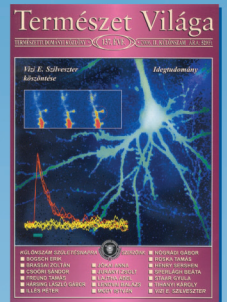
Együtt (2004)



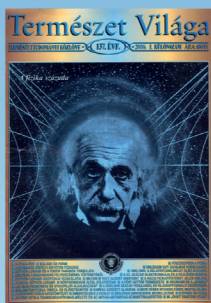
Klimaváltozás, (2004) ■



Kémia (2005)



Idegtudomány (2006)



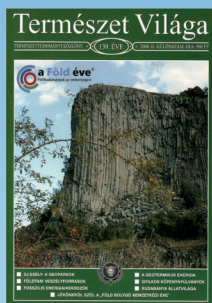
A fizika százada (2006)



Napjaink kémiája (2007)



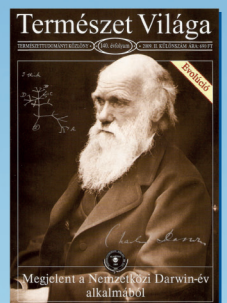
Földközben a világűr (2008)



A Föld éve (2008)



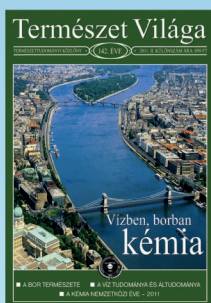
Feltárul a Világegyetem (2009)



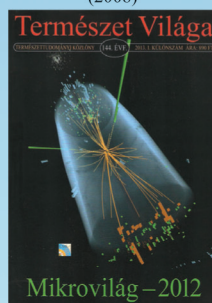
A Darwin-év (2009)



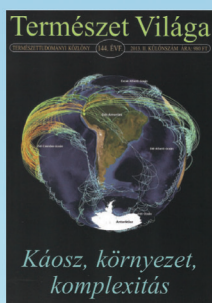
Emberközben a fizika (2011)



Vízben, borban kémia (2011)



Mikrovilág - 2012
Ára: 890 Ft



Káosz, környezet, komplexitás (2013)
Ára: 980 Ft



A Kalmár-verseny feladatai (2014) Ára: 980 Ft



A Kalmár-verseny feladatai (2014) Ára: 980 Ft



NKA Nemzeti Kulturális Alap
91770040371316 15007