

# *Magyar Tudomány*

A CSILLAGÁSZAT NEMZETKÖZI ÉVE

Vendégszerkesztő: Szabados László

HOMMAGE Á M. ZEMPLÉN JOLÁN

Halálzási viszonyok és életkilátások

Beszélgetés Ritoók Zsigmonddal

Éghajlatváltozás

---

*2009•10*

*Főszerkesztő:*

CSÁNYI VILMOS

*Vezető szerkesztő:*

ELEK LÁSZLÓ

*Olvasószerkesztő:*

MAJOROS KLÁRA

*Szerkesztőbizottság:*

ÁDÁM GYÖRGY, BENCZE GYULA, BOZÓ LÁSZLÓ, CSÁSZÁR ÁKOS, ENYEDI GYÖRGY,  
HAMZA GÁBOR, KOVÁCS FERENC, KÖPECZI BÉLA, LUDASSY MÁRIA,  
NIEDERHAUSER EMIL, SOLYOSI FRIGYES, SPÄT ANDRÁS, VAMOS TIBOR

*A lapot készítették:*

GAZDAG KÁLMÁNNÉ, HALMOS TAMÁS, HOLLÓ VIRÁG, MATSKÁSI ISTVÁN, PERECZ LÁSZLÓ,  
SIPOS JÚLIA, SPERLÁGH SÁNDOR, SZABADOS LÁSZLÓ, F. TÓTH TIBOR

*Lapterv, tipográfia:*

MAKOVECZ BENJAMIN

*Szerkesztőség:*

1051 Budapest, Nádor utca 7. • Telefon/fax: 3179-524  
matud@helka.iif.hu • www.matud.iif.hu  
Kiadja az Akaprint Kft. • 1115 Bp., Bártfai u. 65.  
Tel.: 2067-975 • akaprint@akaprint.axelero.net

Előfizethető a FOK-TA Bt. címen (1134 Budapest, Gidófalvy L. u. 21.);  
a Posta hírlapüzleteiben, az MP Rt. Hírlapelőfizetési és Elektronikus  
Posta Igazgatóságánál (HELP) 1846 Budapest, Pf. 863,  
valamint a folyóirat kiadójánál: Akaprint Kft. 1115 Bp., Bártfai u. 65.

Előfizetési díj egy évre: 8064 Ft  
Terjeszti a Magyar Posta és alternatív terjesztők  
Kapható az ország igényes könyvesboltjaiban

Nyomdai munkák: Akaprint Kft. 26567  
Felelős vezető: Freier László  
Megjelent: 11,4 (A/5) ív terjedelemben  
HU ISSN 0025 0325

## TARTALOM

### *A Csillagászat Nemzetközi Éve*

#### *Vendégszerkesztő: Szabados László*

Szabados László: Előszó .....	1154
Ábrahám Péter – Kiss Csaba: A hideg Világegyetem varázslatos világa – csillagászat a rádióin innen, a vöröson túl .....	1156
Kereszturi Ákos: Asztrobiológia – modern szintézis a természettudományok között .....	1168
Szabó M. Gyula: Égboltfelmérések a Világegyetem megismerésének szolgálatában .....	1184
Kiss L. László: Mire a Nap megvéniül .....	1196
Szabados László: A csillagászat az űrbe települ – vagy mégsem? .....	1205
Kolláth Zoltán: Lehet-e száz év múlva is Csillagászat Nemzetközi Éve? .....	1213

### *Hommage à M. Zemplén Jolán (1911–1974)*

#### *Vendégszerkesztő: Fehér Márta*

Fehér Márta: Bevezető Gazda István és Gheorghe Stratan írásához .....	1221
Gazda István: M. Zemplén Jolán fizikatörténeti kutatásairól .....	1223
Gheorghe Stratan: Észrevételek Galilei <i>Dialogo</i> -jának román és magyar változatáról .....	1227

### *Tanulmány*

Józan Péter: Halálzási viszonyok és életkilátások a 21. század kezdetén a világ, Európa és Magyarország népeességében .....	1231
--	------

### *Interjú*

Nem igazán ember, aki nem művelt Várkonyi Benedek beszélgetése Ritoók Zsigmonddal .....	1245
--	------

### *Tudós fórum*

Kitüntetések az augusztus 20-i nemzeti ünnep alkalmából .....	1252
Lovas Rezső: Szalay Sándor emlékezete .....	1255
Az MTA Környezettudományi Elnöki Bizottság állásfoglalása az éghajlatváltozásról és az ezzel összefüggő feladatokról .....	1258

### *Megemlékezés*

Kálmán Erika ( <i>Vértes Attila</i> ) .....	1267
Marosi Sándor ( <i>Kocsis Károly</i> ) .....	1270
Julius Moravcsik ( <i>Kiefer Ferenc – Kelemen János</i> ) .....	1272
Sáringer Gyula ( <i>Jermy Tibor</i> ) .....	1274

### *Kitekintés (Gimes Júlia)* .....

### *Könyvszemle (Sipos Júlia)*

Van-e Európának társadalomtörténete? ( <i>Valuch Tibor</i> ) .....	1281
Móczár József: Fejezetek a modern közgazdaságtudományból ( <i>Nováky Erzsébet</i> ) .....	1285

# A Csillagászat Nemzetközi Éve

## ELŐSZÓ

Szabados László

az MTA doktora, tudományos tanácsadó,  
MTA KTM Csillagászati Kutatóintézet  
szabados@konkoly.hu

Éppen négyszáz éve került be a távcső a csillagászati kutatásokat elősegítő műszerek közé, és Galileo Galilei kezdetleges teleszkópjával elért felfedezései azon nyomban át is alakították az Univerzumról addig alkotott képet. Megfigyelési bizonyíték született a heliocentrikus világkép alátámasztására, és megkezdődött a Naprendszeren kívüli világ feltárása is.

A csillagászati távcsövek tökéletesítése azóta is tart. Az átmérő növelésével a teleszkóp több fényt gyűjt össze, lehetővé téve a halványabb égitestek vizsgálatát is. Napjainkban a legnagyobb optikai távcsövek átmérője több mint százszorosa a Galilei által használt műszernek, így a távcső által összegyűjtött fotonok száma minden pillanatban több tízezerszeresen múlja felül a legelső teleszkópokra jellemző értéket – az optikai minőség javulását pedig nem is lehet számszerűsíteni.

Galilei után még legalább két és fél évszázadon át a csillagászok szemmel végezték a távcsöves észleléseket, majd a fényképezés feltalálása után a fotografikus megfigyelések

egy évszázadon át tartó korszaka következett a kozmosz vizsgálatában. A huszadik század végére pedig számítógéppel vezérelt elektronikus detektorok kerültek a távcsövek fókusz síkjába. A megfigyelési folyamat automatizálására is bőven akadnak példák, a csillagásznak már nem is kell a távcsőnél lennie, abba belenéznie az észlelési adatok gyűjtésekor. Annak viszont, aki nem jártas a csillagászatban, és tisztába kíván kerülni az Univerzum égitestei és az ott előforduló jelenségek sokféleségével, a Naprendszer és benne a Föld bolygó világegyetembeli helyével, legalább egyszer érdemes távcsövön át megnéznie néhány égitestet, például a maradandó élményt nyújtó Jupitert, Szaturnuszt, a Holdat vagy éppen az Orion-ködöt.

Az ENSZ és az UNESCO támogatásával 2009-re meghirdetett *Csillagászat Nemzetközi Éve* keretében éppen ez az egyik cél: minél több embert részesíteni a Galilei által is átélt élményben. A *Magyar Tudomány* ehhez a maga eszközeivel úgy tud hozzájárulni, hogy

olyan tanulmányokat közöl, amelyek még jobban felkeltik a kozmosz tudománya iránti érdeklődést, illetve eligazítanak az elképesztően gyorsan bővülő ismeretanyagban. A *Csillagászat Nemzetközi Éve* alkalmából összeállított cikkgyűjtemény ezért nem a távcsöves csillagászati észlelések és nem is a műszerezettség négy évszázados fejlődésével foglalkozik, hanem napjaink csillagászatával, illetve a jövőre vonatkozó kérdésekkel.

*Ábrahám Péter* és *Kiss Csaba* tanulmánya az infravörös sugárzás szerepét mutatja be a csillagászati kutatásokban. *Kereszturi Ákos* az asztrobiológia tudományközi területébe vezet be az olvasót. Napjaink csillagászata el-

képesztően nagy adatmennyiséggel dolgozik. A megfigyelési adatok jelentős része égbolt-felmérésekből származik. Az ilyen kutatásokba *Szabó M. Gyula* cikke nyújt betekintést. Az adattömegek mellett fontos az egyedi objektumok vizsgálata is. Mi lesz a Nappal? A csillagfejlődéssel kapcsolatos legújabb kutatások fényében erre a kérdésre ad választ *Kiss L. László* tanulmánya. Az ezt követő cikk azt mérlegeli, hogy milyen jövő vár a földfelszíni optikai csillagászatra az űrtávcsövek korszakában. Végül *Kolláth Zoltán* példákkal illusztrálja, hogy a fényszennyezés milyen mértékig foszt meg bennünket az egyik legszebb természeti csodától, a csillagos ég látványától.



# A HIDEG VILÁGEGYETEM VARÁZSLATOS VILÁGA CSILLAGÁSZAT A RÁDIÓN INNEN, A VÖRÖSÖN TÚL

Ábrahám Péter

az MTA doktora, tudományos tanácsadó,  
MTA KTM Csillagászati Kutatóintézete  
abraham@konkoly.hu

Kiss Csaba

PhD, tudományos főmunkatárs,  
MTA KTM Csillagászati Kutatóintézete  
pkisscs@konkoly.hu

## Bevezetés az infravörös csillagászatba

A kozmoszról szerzett tudásunk, információink legfőbb forrása az elektromágneses sugárzás. Hogy ez nem csak a szemünkkel érzékelhető látható fényt jelentheti, arra *William Herschel* mutatott rá 1800-ban. A Nap fényét prizmával színeire bontva Herschel észrevette, hogy az ismert szivárványszínek mellett a vörösön túl – ahol az emberi szem már nem lát fényt – az odahelyezett hőmérők melege-  
dést, elnyelt sugárzást jeleztek. Ennek az eseménynek, az infravörös („vörös alatti”, magyarul gyakran egyszerűen hő-) sugárzás felfedezésének emlékére nevezte el az Európai Űrügynökség a 2009 tavaszán felbocsátott infravörös-űrtávcsövével Herschel-űrobszervatóriumnak.

Az *infravörös sugárzás* csak hullámhosszában különbözik a látható fénytől. Míg az utóbbi a 0,3–0,8 mikrométeres színek tartományt fed le (a kisebb érték az ibolya, a nagyobb a vörösnek felel meg), addig az infravörös az 1–300 mikrométer közötti spektrális sávot jelenti. Ezen belül megkülönböztetünk közeli- (1–2,5  $\mu\text{m}$ ), közép- (3–25  $\mu\text{m}$ ) és távo-

li-infravörös (60–300  $\mu\text{m}$ ) tartományokat.

Az infravörös fénynek már a felfedezése is egy csillagászati objektum, a Nap megfigyelésével volt kapcsolatos. Várható ezek után, hogy minden más csillag is sugároz ebben a színek tartományban, hiszen a több ezer-tízezer fokos hőmérsékletnek megfelelő feketetest-sugárzásuknak jelentős járuléka van az optikainál hosszabb hullámhosszakon is. A hidegebb csillagok viszonylagosan még ennél is több hősugárzást bocsátanak ki, sőt a Napnál kisebb tömegű vörös törpecsillagok emissziója már nagyrészt a közeli-infravörösbe esik. A közelmúltban felfedezett *barna törpék* (a csillag és a bolygó közötti átmeneti objektumok) is már inkább csak itt figyelhető meg, alacsonyabb hőmérsékletük (<2000 K) okán. A még hidegebb exobolygók termikus sugárzásának csúcsa a közép-infravörös tartományba esik, míg a bolygórendszer külső területein található üstökösmagok és csillagközi porkorongok, valamint a csillagközi porfelhők, amelyek összesűrűsödése által a csillagok kialakultak, már a távoli-infravörösben sugároznak. (Ezen objektumok egy rész-

a látható fényben is vizsgálható, ám csak közvetett hatások révén: kitakarják a háttércsillagokat, vagy szórják a rájuk eső csillagfényt.) Még nagyobb, kozmológiai távolságokra tekintve az ún. *vöröseltolódás* jelensége miatt a távoli, és így az Univerzum ifjúkoráról hírt adó galaxisok és csillagok fénye szintén infravörös hullámhosszakon figyelhető meg.

Elektromágneses sugárzásról lévén szó, az infravörösben érzékeny műszereknek is a fotonok irányát, frekvenciáját (színét) és polarizációs állapotát kell megmérniük. A detektortechnológia azonban különbözik az optikaitól, hiszen az ott elterjedt CCD-kamerák helyett itt más, például germániumalapú félvezetőket használnak, de hosszabb hullámhosszakon megjelennek a bolométerek is (ezekben az elnyelt foton okozta melege-  
dést mérik egy hőre érzékeny ellenállás segítségével). A nagy különbség azonban az optikai csillagászatához képest az, hogy a földi légkör áteresztése nagyon korlátozott, ezért legjobb a műszereket a légkörön kívülre vinni. A 20  $\mu\text{m}$ -nél rövidebb hullámhosszakon a légkör még bizonyos sávokban átengedi a sugárzást, azonban már e sávokban is csak a Föld legszárazabb pontjairól lehet mérni, mivel a fő elnyelő a vízgőz. A földi infravörös-távcsövek tehát magas hegyeken (Hawaii), sivatagban (Atacama, Chile) illetve a tervek szerint később az Antarktiszon épülnek.

A földfelszíni infravörös-csillagászat (nem számítva Herschel 1800-as kísérletét) az 1960–70-es években kezdődött. Megjegyzendő, hogy ezekben a mérésekben nagy gondot okoz a környezet – a távcső, az épület, az észlelő csillagász – okozta háttérsugárzás. Az igazi infravörös-űrcsillagászat 1983-ban, az IRAS mesterséges holddal vette kezdetét, amelyet a környező hőhatások minimalizálására folyékony héliummal az abszolút 0 fok

közelébe hűtötték. Bár a várakozás az volt, hogy az infravörös ég nagyon hasonló az optikaihoz, hiszen ugyanazok a csillagok sugároznak, ez nem így történt. Mindjárt kezdetben kiderült, hogy az infravörös égbolt a közép-infravörös hullámhosszakon szinte nappali fényességű, mivel a belső-Naprendszer kitöltő, az állatövi fény jelenségét is okozó porszemcsék minden irányból nagy intenzitással sugároznak. Váratlan volt a kiterjedt, a földi cirruszokhoz hasonló csillagközi porfelhők megjelenése, és fontos felfedezés volt, hogy sok csillag nem a hőmérséklete alapján várt Planck-görbének megfelelően sugároz, hanem annál fényesebb az infravörösben. Ez a többletsugárzás általában csillagközi porkorong vagy burok jelenlétére utal. Az IRAS-t két újabb űrtávcső követte, az Infrared Space Observatory (ISO, 1995–98) és a Spitzer Space Telescope (2003-tól). 2009. május 14-én pedig felbocsátották a világ eddigi legnagyobb infravörös űrtávcsövével, a Herschel Space Observatoryt, amelynek 3,5 m átmérőjű távcsőtükre jelenleg a legnagyobb csillagászati fénygyűjtő felület a légkörön túl (tükörátmérője mintegy másfélszerese a Hubble-űrtávcső 2,4 m-es főtükrének).

Mi is valójában az infravörös sugárzás forrása? Bár van némi hozzájárulás a gázatomokból és molekulákból is, legnagyobb részt a porszemcsék termikus sugárzását látjuk. Ezek a szilikát- vagy grafit alapú porszemcsék megtalálhatók mind a csillagközi, mind a csillagközi térben, a gáztömeg kb. 1%-ának megfelelő mennyiségben, legalábbis ott, ahol a hőmérséklet 1600 K, a szilikátok párolgási hőmérséklete alatt van. Hidegebb helyeken a szemcsékre jégréteg is rakódhat.

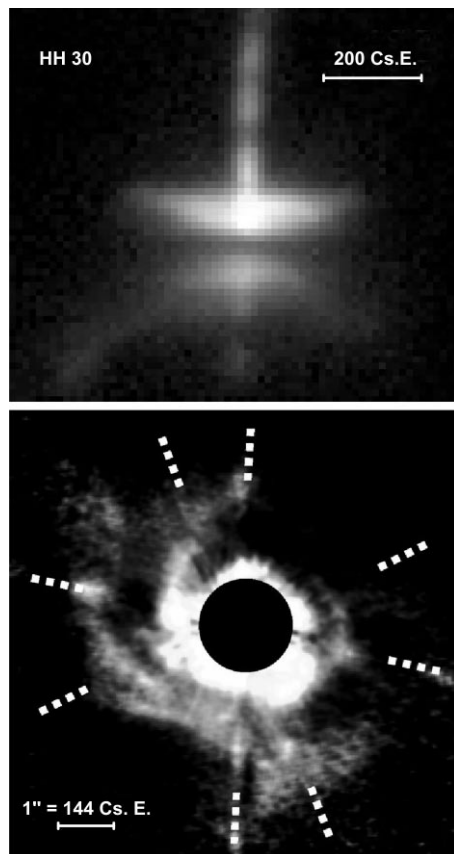
A termikus sugárzáson kívül (amely nem tökéletesen követi a feketetest-sugárzás Planck-görbéjét, mivel a kis porszemcsék

opacitása és így emisszivitása is hosszabb hullámhosszak felé csökken) megfigyelhető még színképi alakzatok, rezonanciák is. Ezek a nagyszámú atom jelenléte és kölcsönhatása miatt nem éles színképvonalak, hanem szélesebb sávok. Mivel a színképi sávok pontos profilja sok információt szolgáltat, az infravörös spektroszkópia is fejlődésnek indult. Például a szilikátszemcsék színképében 10  $\mu\text{m}$ -en megfigyelhető Si–O-kötés rezonanciájának alakjából megállapítható a porszemcsék jellemző mérete: az 1  $\mu\text{m}$ -nél kisebb részecskék jellegzetes magas színképi csúcsot mutatnak, mely nagyobb szemcsék esetén laposabbá válik. Mivel a csillagközi por inkább kisebb szemcsékből áll, a nagyobb porrészecskék jelenléte a csillagok körül a por összetapadásának a jele, amely az első lépés a bolygókeletkezés felé. A csillagköri korongokban gyakran látunk kristályos szerkezetű szilikátokat is (szemben a tipikus amorf szemcsékkel). Ezek a rendezettebb kristályszerkezetnek köszönhetően élesebb rezonanciákat, keskenyebb emissziós alakzatokat mutatnak az infravörös színképben. Ugyanezeket a kristályos jellegzetességeket mutatják a naprendszerbeli üstökösök is.

Azon túl, hogy a Világegyetem sok égitestje sugárzásának legnagyobb részét az infravörös tartományban bocsátja ki, ezeken a hullámhosszakon a kozmosz sokkal átlátszóbb is, mint az optikaiban. A csillagközi porfelhők részecskéi elnyelik és szórják a csillagfényt, ezáltal a távolabbi égitestek fénye gyengül és vörösödik, mire megérkezik hozzánk. Ez a hatás azonban lényegesen lecsökken az infravörös hullámhosszakon, mivel a mikrométernél kisebb porszemcsék elnyelési és szórási tulajdonságai erősen függenek a frekvenciától. Keresztülláthatunk tehát szinte az egész Tejútrendszeren, közvetlenül megfigyelhetjük

a Galaxis egyébként láthatatlan magját, és beeláthatunk a legfiatalabb csillagokat körülvevő sűrű porburkokba is (1. ábra).

A következőkben sorra veszünk néhány olyan területet, ahol az infravörös megfigyelések alapvetően megváltoztatták a korábbi elképzeléseinket, és ahol az MTA KTM Csillagászati Kutatóintézet munkatársai is aktívan hozzájárulnak a terület fejlődéséhez.



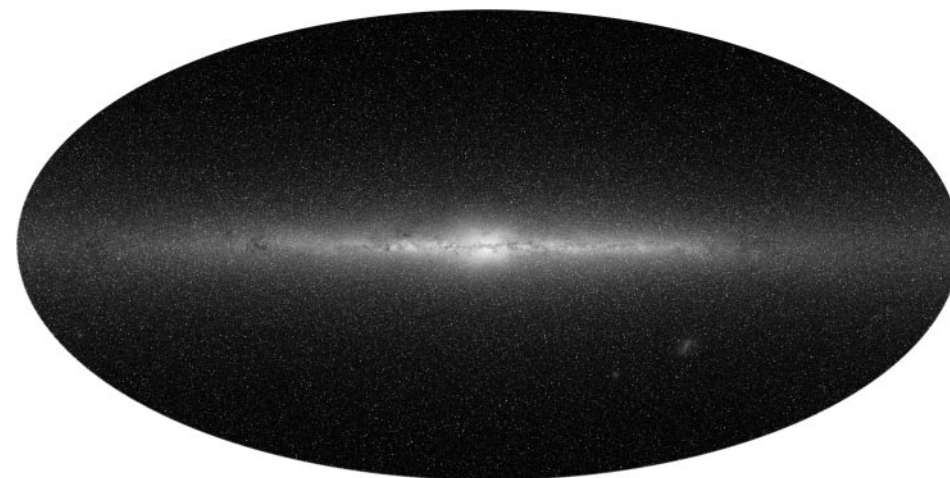
1. ábra • Korongok fiatal csillagok körül. Fent: a Taurus molekulafelhőben található, HH30 nevű fiatal csillag a Hubble-űrtávcső felvételén (Burrows et al., 1996 437); lent: Az AB Aur közepes tömegű csillag korongjáról közeli-infravörös hullámhosszakon készített felvétel (Fukagawa et al., 2004 L53.)

### Korongok fiatal csillagok körül

A születőfélben lévő csillagokat körülvevő por- és gázkorongok szerkezetének megismeréséhez az egyik legfontosabb eszköz a porszemcsék hőszugárzásának analízise. A csillagtól távolodva a korong hőmérséklete csökken, és egyre hosszabb hullámhosszakhoz kerül a hőszugárzás maximuma (lásd a Wien-féle eltolódási törvényt). A korong legbelső része a közeli-, míg a külső hideg területek a távoli-infravörösben adnak jelet (2. ábra). A mai infravörös-távcsövek viszonylag kis tükörméretük és az optikainál hosszabb hullámhosszak miatt általában nem bontják fel a korongokat, így azok integrált fényét mérjük. Azonban a közeli-, közép- és távoli-infravörös fluxusok erősségét összehasonlítva meghatározható a korong sugárirányú hőmérsékletfutása. Ez meghatározza, hogy hol kezdenek a gázmolekulák jég formájában kifagyni (az ún. jégvonal), és így megszabja, hol alakulhatnak ki gázbolygók. A fluxusok aránya utal

arra is, hogy milyen távolságra mennyi anyag található a korongban. Manapság külön figyelmet kapnak azok a rendszerek, ahol a korongsugárzás közeli-infravörös komponense hiányzik: talán a korong belülről kifelé haladó „feltisztulását” látjuk? Szintén izgalmasak azok a rendszerek, amelyeknél a távoli-infravörös hiányzik: valamiféle külső hatás, például kettős rendszerekben a kísérő gravitációs ereje leborotválhatta a korong külsejét? Mindezek a hatások megszabják, hogy mekkora lesz a csillag végső tömege, és milyen bolygórendszer alakulhat ki körülötte.

Az utóbbi évek egyik nagy előrelépése volt az infravörös interferometria megszületése. Az Európai Déli Observatórium (ESO) chilei négy óriástávcsövet összekötő optikai hálózat egyetlen 200 méter átmérőjű távcsövé formálja a rendszert, amely 10 mikrométeres hullámhosszon, a légkör egyik áteresztési sávjában üzemel. Bár a jelenleg működő MIDI csak két-két távcső képét interferáltatja, a második generációs Matisse-műszer már



2. ábra • A Tejútrendszer csillagainak eloszlása a 2MASS égboltfelmérés alapján. A térkép félmilliárd csillag alapján készült az 1,2, 1,6 és 2,2 mikrométeres fényességmérések figyelembe vételével (2MASS/J. Carpenter, T. H. Jarrett és R. Hunt)

képeket fog készíteni, amelyeken reményeink szerint a bolygók pályája mentén a korongban kialakuló üres sávokat és csomósodásokat, de akár magukat a bolygókat is látni fogjuk.

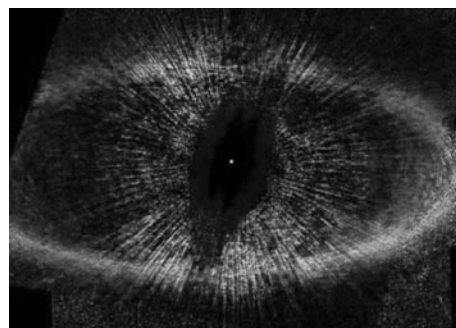
### Törmelékkorongok

Az infravörös csillagászat egyik legnagyobb felfedezése, hogy idősebb, a Naphoz hasonlóan csillagéletük hosszú, viszonylag eseménytelen „felőttkorát” töltő csillagok körül is gyakran megfigyelhetők porkorongok. Ezekből az öreg korongokból a gázkomponens már eltűnt, a porszemcséket közvetlenül bombázzák a csillagfény fotonjai, amelyek a kisebb részecskéket kifújják a rendszerből, a nagyobbakat pedig a Poynting–Robertson-hatás révén lefékezik, így azok rövid idő alatt bespiráloznak a csillagba. A por utánpótlását a bolygókeletkezés során keletkezett planetezimálok, bolygócsírák, üstökösök ütközésesei biztosítják. Ezeket az égitesteket kis sugárzó felületük miatt közvetlenül nem figyelhetjük meg, ám az általuk generált por egységnyi tömegre hatalmas felületet és így mérhető infravörös sugárzást biztosít (3. ábra). A törmelékkorongok szerkezete így információt nyújt arról, hol alakultak ki és maradtak fenn bolygócsíra-övezetek a rendszerben, és segít képet alkotni a bolygókeletkezés történetéről.

A törmelékkorongok nem a korai anyagbefogási korong maradványai, sokkal inkább egy harmadik generációs csillagkörüli struktúrának tekinthetők (a korai korongból összeálló planetezimálok tekinthetők a második generációnak). A Naprendszernek is ismerjük két porkorongját: a Mars-pályán belüli térséget kitöltő bolygóközi porfelhőt, amely a kisbolygóöv ütközéseiből és a Napot megközelítő üstökösök felbomlásából táplálkozik, és a Neptunusz-pályán túl elhelyezkedő Kuiper-övet, ahol akár a Plútóhoz hasonló mé-

retű égitestek is keringhetnek. A Kuiper-öv égitestjeiről még nagyon keveset tudunk, ez a helyzet azonban lényegesen javulhat a Herschel-űrtávcső tervezett megfigyelési programjai által, amelyekben az MTA Csillagászati Kutatóintézet is tevékenyen részt vesz.

A más csillagok körül eddig megfigyelt korongok többsége hideg, 100 K alatti hőmérsékletű, tehát a Kuiper-öv megfelelőinek tekinthetők. Van azonban néhány melegebb porgyűrű is, amelyek inkább a kisbolygóöv analógiái. Ilyen melegebb struktúrák megfigyelése fiatalabb csillagok körül nem meglepő, hiszen a bolygókeletkezés, a bolygócsírák kialakulása (és így az ütközéseik során fellépő portermelés) a rendszerben belülről kifelé halad. Vannak azonban olyan, egészen idős csillagok is, amelyek esetében a portermelés valamiféle időszakos eseményre, például két nagyobb test katasztrofális ütközésére vezethető vissza. Az így keletkezett pornak azonban hamarosan el kell tűnnie a rendszerből, így a törmelékkorong csak időszakos jelenség, amelynek időfejlődése nagyon érdekes információkat adhat a porpopuláció utánpótlásáról. Egy efféle, sok ütközéssel járó időszak lehetett a Naprendszer életében a késői nagy bombázás korszaka mintegy 400 millió évvel a Nap kialakulását követően.



3. ábra • A Fomalhaut körüli törmelékkorong a Hubble-űrtávcső felvételén

### A Naprendszer kis égitestjei

Az infravörös ég drámaian különbözik attól, amit az éjszakai égre felnézve megszoktunk. Ha „infravörös szemmel” néznénk az égre, a megszokott csillagokat alig látnánk, a Tejút amúgy halvány, derengő sávja pedig az infravörösben szemképrázatosán fényes lenne. A fényes állócsillagok helyett a viszonylag gyorsan mozgó kisbolygók jelentenek a legszembetűnőbb pontszerű égitesteket. A lapult bolygóközi porfelhő (amelynek belsejében kering a Föld is) részecskéinek hősugárzása, az „infravörös állatvi fény” beragyogja az egész eget, különösen az ekliptika környékét. Az állatvi fény rendkívül homogén fényességeloszlásában megfigyelhetőek fényesebb sávok, amelyek a közelmúlt porkeletkezési eseményeivel: kisbolygók ütközéseivel vagy üstökösök felbomlásával hozhatók kapcsolatba.

A közeli-infravörös hullámhosszakon a kisbolygók még a Nap fényét tükrözik vissza, de a kb. 5  $\mu\text{m}$ -nél hosszabb hullámhosszakon már a kisbolygók felszíni hőmérsékletének megfelelő hősugárzást látjuk. Az alacsony hőmérséklet miatt a közép- és távoli-infravörös hullámhosszakon a kisbolygók fényesebbek a csillagoknál.

A Mars és a Jupiter pályája között húzódo kisbolygóöv égitestjei, ahol az ismert kisbolygók túlnyomó része található, nagyjából 200 K hőmérsékletűek, így hősugárzásuk nagy része a közép-infravörös tartományba esik. A kisbolygók infravörös színeke alapján azonosíthatók a felszínüket borító bizonyos anyagok vagy éppen azok szemcsemérete.

A kisbolygók az infravörös üreszközök legfontosabb kalibrátorai, mivel elég fényesek, a közép- és távoli-infravörösben jóval fényesebbek, mint a legtöbb csillag, és fényességük általában könnyebben megjósolható, mint a

csillagok légkörének viselkedése ebben a hullámhossztartományban.

A kisbolygók azonban nem csak közvetlen célpontjai a csillagászati méréseknek: nagy számuk miatt zavaró forrásokként, jelentősen befolyásolni tudják az infravörösben végzett méréseket. A Spitzer-űrtávcső eddigi méréseiben mintegy 35 ezer, jórészt eddig ismeretlen kisbolygót találtak, elsősorban az ekliptika néhány fokos környezetében. Ehhez jön még számtalan annyira halvány és apró kisbolygó, amelyek közvetlenül nem figyelhetők meg, de jelenlétük hozzájárul az égi háttér egyenetlenségéhez.

A Naprendszer külső vidékén, nagyrészt a Neptunusz pályáján túl található a *Kuiper-öv* nevű tartomány. Az itt található objektumok annak a korongnak a maradványai, amelyből mintegy ötmilliárd évvel ezelőtt a Naprendszer bolygói keletkeztek. Az elmúlt években több mint ezer ilyen égitestet azonosítottak, s ennek köszönhetően a Kuiper-öv dinamikai felépítése (az égitestek pályájának összessége) jól ismert. Ugyanakkor a látható hullámhosszakon végzett mérések csak nagyon kevés adatot szolgáltatnak a Kuiper-öbéli objektumok fizikai tulajdonságairól: méretükről, tömegükről, sűrűségükről, felszíni hőmérsékletükről. Hőmérsékletük, minthogy nagyon távol vannak a Naptól, nagyon alacsony, jellemzően 100 K alatti, ezért hősugárzásuk nagy része a távoli-infravörösbe esik. Az infravörös és látható fényben végzett mérések együtt már sokkal többet tudnak mondani a fentebb felsorolt fizikai paramétereikről.

Bár a Spitzer-űrtávcsővel sikeresen mértek mintegy tucatnyi Kuiper-objektumot 24 és 70  $\mu\text{m}$ -en, ezekhez a detektorokhoz (elsősorban a 24  $\mu\text{m}$ -eshez) a Kuiper-objektumok „túl hidegek”. Várhatóan a Herschel-űrtávcső

hozza majd meg az áttörést a távoli-infravörös észlelésekben: a tervek szerint több mint száz Kuiper-objektumot fog megfigyelni, és a legfényesebbekről akár fénygörbét is kaphatunk, amiből következtetni lehet az égitest alakjára, vagy a felszíni albedó-, illetve hőmérséklet-eloszlás egyenetlenségeire.

Az egyedi objektumok megfigyelésén túl a Kuiper-öv szerepe azért is jelentős, mert ez az egyetlen olyan törmelékcorong, ahol a korongot felépítő égitesteket közvetlenül, egyenként is meg tudjuk figyelni. A Kuiper-objektumok megfigyelései jelentik az alapot minden korongfejlődési modell számára, és szolgálnak referenciaként minden más csillag körül megfigyelt törmelékcorong esetében.

#### *Felhőmagoktól a galaktikus habfürdőig*

A csillagközi anyag a Tejútrendszerben általában hideg; hogy mennyire, az attól függ, hogy éppen milyen fázisban találkozunk vele. A legsűrűbb, molekuláris hidrogéngázt tartalmazó felhők (molekulafelhők) nagyjából 10–20 K hőmérsékletűek; alapvetően igaz az, hogy a csillagközi anyag annál hidegebb, minél sűrűbb. Bármilyen legyen is, a felhők a gáz mellett mindig tartalmaznak port is, amelynek mennyisége ugyan nagyjából csak a felhő teljes tömegének 1 %-át teszi ki, de alapvető szerepe van a felhők termodinamikájában. Ennek a pornak a hőmérsékleti sugárzását látjuk az infravörös hullámhosszakon, és használhatjuk diagnosztikai eszközként a csillagközi felhők vizsgálatára. A legsűrűbb felhőmagok esetében néhány mm-es hullámhosszú rádióvonal mellett az infravörös mérések azok, amelyekkel a felhők belsejébe láthatunk. E mérésekkel a felhők szerkezete mellett azt is kideríthetjük, hogy például elkezdődött-e már a porszemcsék növekedése, ami megváltoztatná a felhő infravörös sugár-

zási tulajdonságait. Ezek a sűrű felhőmagok lesznek a csillag- és bolygókeletkezés első lépcsői.

A csillagközi anyag legnagyobb része a Galaktika síkjában összpontosul, ez a szerkezet azonban nagyobb skálákon sem teljesen véletlenszerű. A galaktikus sík közelében gyakoriak a szupernóva-robbanások és a fiatal, nagy tömegű csillagok halmazából eredő intenzív csillagszél, amely folyamatosan átformálja, hatalmas, akár háromszáz fényév átmérőjű buborékokkal fújja tele a Tejútrendszer síkjának környékét (4. ábra). A sok, egymásba kapcsolódó buborék miatt szokták ezt a szerkezetet *galaktikus habfürdőnek* is nevezni. E szerkezeteket teljes egészében csak a távoli-infravörösben lehet megfigyelni, mert az infravörös sugárzás még a galaktikus sík környékén is, ahol rengeteg a csillagközi anyag, optikailag vékony marad, így több egymás mögötti anyagréteg is látható, míg más hullámhosszakon, vagy például sötét felhők esetében az elnyelt csillagfényben mindig csak a hozzánk legközelebbi réteget láthatjuk.



4. ábra • A Cepheus csillagképben infravörösben kirajzolódó buborékot, egy egykori szupernóva maradványát magyar csillagászok (Kun Mária és munkatársai) fedezték fel az IRAS adataiból.

Az IRAS-műhold (1983) egyik legnagyobb felfedezése volt, hogy az addig ismert sűrű molekulafelhők és a hatalmas semleges hidrogénfelhők mellett létezik egy, a semleges hidrogénfelhőknél sűrűbb, a molekulafelhőknél ritkább fázisa a csillagközi anyagnak, amit a földi légkör fátyolfelhőivel való hasonlósága miatt *galaktikus cirrusznak* neveztek el. A cirrusz legfontosabb tulajdonsága, hogy mindenfelé megtalálható az égen, ott is, ahol egyébként semmilyen csillagközi anyag jelenlétét nem várjuk, így például a galaktikus pólusok irányában is. Az infravörösben természetesen a cirruszfelhőkben lévő por hőmérsékleti sugárzását látjuk, 70  $\mu\text{m}$ -nél hosszabb hullámhosszakon ez az infravörös ég legszembetűnőbb jellegzetessége magasabb galaktikus szélességeken. A galaktikus cirrusz jelenléte nagyon meglepetést okozhat a méréseket, ahol halvány, például a kozmikus infravörös hátteret felépítő nagyon távoli galaxisokat kellene megfigyelniük. Bár látszólag kusza szövetet alkotnak az égen, hosszú, jellegzetes filamentumokkal, a cirruszfelhők mégsem teljesen véletlenszerűek és rendezetlenek: akár kis, akár nagy skálákon nézünk rájuk, mindig ugyanazt az önazonos, fraktálszerű szerkezetet mutatják. A cirrusz szerkezetét eddig legjobban az ISO-űrtávcső távoli-infravörös méréseivel sikerült meghatározni.

Magas galaktikus szélességeken azonban nem a szupernóvák és a csillagszél határozza meg a csillagközi anyag nagy léptékű szerkezetét. Ugyancsak az IRAS-műhold 100  $\mu\text{m}$ -es térképein, magasan a galaktikus sík felett a cirruszmisszióban olyan hatalmas hurkokat és üregeket látunk, amelyek méreteloszlása nagyon hasonlít arra, amit egy ilyen ritka közegben a gyors, turbulens mozgások, az úgynevezett szuperszonikus turbulencia hozna létre.

#### *A porszemcsék szerkezete*

A csillagközi felhők porszemcséi nagyrészt mikrométernél kisebb, amorf szerkezetű szilikátszemcsék. Egyre nyilvánvalóbb azonban, hogy a por nem mindenhol ugyanolyan szerkezetű, hanem a helyi fizikai körülmények hatására szerkezete megváltozhat. Ezen változások megértése többek között azért is alapvető fontosságú, mivel a por infravörös sugárzását diagnosztikai eszköznek használjuk, és a belőle leszármaztatott hőmérséklet- és sűrűségértékekben jelentős hibát okozhat, ha például a porszemcsék emisszivitása változik. Márpedig éppen erre utaló jeleket lehet látni a csillagközi felhők leghidegebb pontjain. Összehasonlítva ezekben az irányokban a porszemcsék fényelnyelését az általuk kibocsátott távoli-infravörös sugárzás erősségével, a fajlagos emisszióról kiderült, hogy az a hőmérséklet függvénye. Ennek oka minden bizonnyal a porszemcsék szerkezeti változása, konkrétan az átlagos szemcseméret növekedése, valószínűleg jégköpeny képződése által.

Pornövekedési folyamatok, például a kisebb szemcséknek a bolygócsírák kialakulásához vezető összetapadása, minden bizonnyal végbemennek a fiatal csillagok körüli korongok sűrű középsíkjában, ahová leülepedik a por. Sok olyan infravörös megfigyelés van, amelyeket a legkönnyebben pornövekedéssel lehet megmagyarázni. Ilyen a csillagkeletkezési időszak végén a korongok addig kifelé vastagodó geometriájának összelapulása, amelynek oka lehet, hogy a legnagyobb opacitású szubmikrométeres porszemcsék leülepedésével a korong átlátszóbbá válik a csillagfény számára.

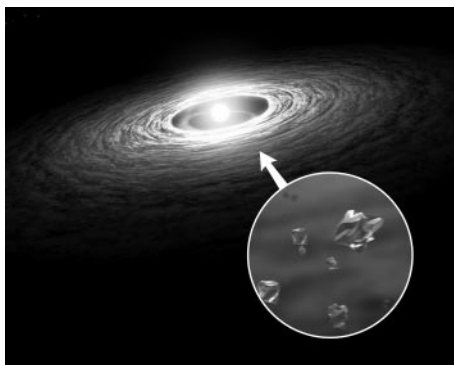
Válaszra váró érdekes kérdés az is, hogy a csillagközi felhők amorf, üveges szerkezetű szilikátszemcséiből hol és mikor alakulnak ki

azok a kristályos olivin- és piroxénszemcsék, amelyek a fiatal csillagok körüli korongokban, illetve a Naprendszer legősbibb égitestjeiben, az üstökösökben is megfigyelhetünk. Az 5. ábra mutatja, hogy az EX Lupi nevű fiatal csillagban és az üstökösökben a porszemcsék 10 mikrométeres rezonanciája más alakú, és ez a szemcsék kristályos szerkezetével magyarázható. Az, hogy a kristályokat az EX Lupi felfényesedése során figyelték meg, míg előtte amorf szerkezetűek voltak (5. ábra), mutatja, hogy a kristályosodás és általában a korong tulajdonságai rövid távon is változhatnak, teret adva a korongok változékonysági vizsgálatának.

#### A kozmikus infravörös háttér

A modern kozmológia számára az egyik legnagyobb kihívás annak magyarázata, hogy hogyan alakult ki a Világegyetem ma látható szerkezete. A kozmikus mikrohullámú háttér vizsgálata a Világegyetem nagyon korai időszakáról ad „pillanatfelvételt” mintegy 380 ezer évvel az Ősrobbanás után.

Azt már az 1950–1960-as években felismerték, hogy emellett léteznie kell egy olyan infravörös háttérsugárzásnak, amely tartalmazza az összes, különböző kozmikus távol-



5. ábra • Szilikátkristályok keletkezése az EX Lupi korongjában a kitorrés során.

ságoknál megfigyelhető, és így különböző fejlődési állapotban látható galaxisok összeadódó fényét. A korai modellekben még azt feltételezték, hogy a galaxisok régen is nagyjából olyanok voltak, mint ma, fényük csupán vöröseltolódást mutat távolságuknak megfelelően. Így összeadódó fényük színe is hasonló a környékbeli galaxisok csillagfényéhez, bár a vöröseltolódás miatt nem a látható tartományban, hanem a közeli infravörösben lesz a csúcsa. Ezekbe a korai modellekbe még nem számolták bele a csillagközi por hatását: ott, ahol nagy tömegben keletkeznek csillagok, nagy mennyiségű csillagközi anyagnak is lennie kell, az pedig elnyeli az éppen megszületett csillagok fényét. Márpedig a ma látható csillagok olyan sokan vannak, hogy azokat nem lehetne előállítani egy mai, átlagos galaxisban zajló csillagkeletkezési sebességgel az Univerzum életkora alatt. A múltban tehát lennie kellett egy olyan korszaknak, amikor a csillagkeletkezés a mainál sokkal intenzívebb volt. A por említett hatása és kisebb részben a vöröseltolódás miatt az aktív csillagképző galaxisok fényét az infravörösben fogjuk látni, és múltbeli szerepükről a kozmikus infravörös háttér fog információt szolgáltatni.

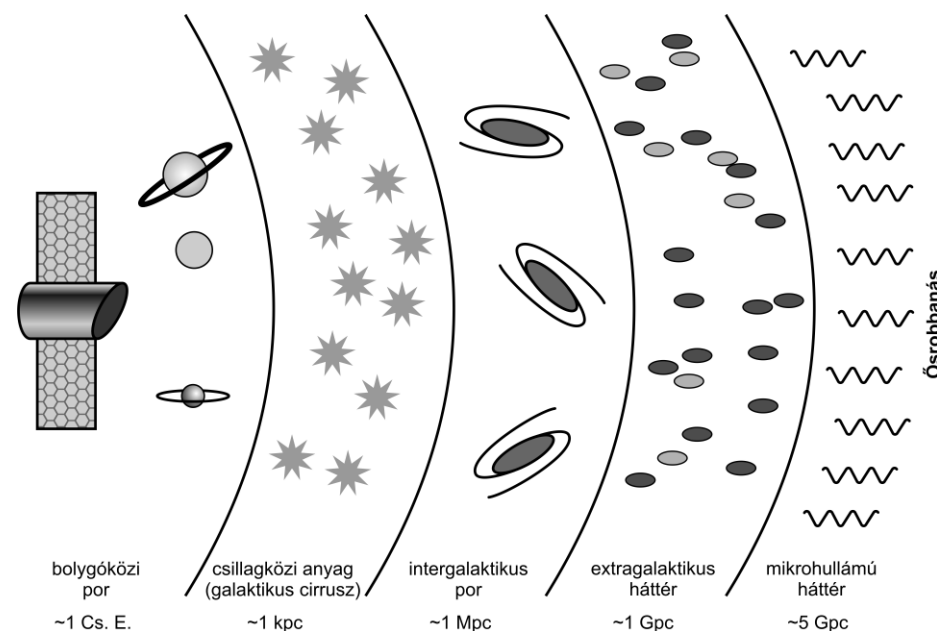
A kozmikus infravörös háttér mérésénél kezdetben az abszolút háttér fényességének megmérést tűzték ki célul. Ez mind tudományos, mind mérés technikai szempontból nagy kihívás: a kozmikus infravörös háttérrel el kell különíteni a fényes előtérkomponensektől: az állatövi emissziótól a Naprendszerben és a galaktikus cirrusz emissziótól (6. ábra); valamint a távcsövet az abszolút nulla fok közelébe kell hűteni, hogy saját hőszugárzása ne zavarja a mérést, továbbá ki kell küszöbölni a fényes égitestekből származó legkisebb szórt fényt is. Ez idáig a COBE-műhold DIRBE-műszerének mérései számítá-

nak az abszolút háttérfényesség legjobb méréseinek a távoli-infravörös hullámhosszakon. Már ezekből a mérésekből is kiderült, hogy a háttér domináns galaxisai jelentősen különböznek a Tejútrendszer környezetében ma megfigyelhető galaxisoktól. Az ISO- és a Spitzer-űrtávcsövek méréseiből pedig már tudjuk, hogyan történt a galaxisok fejlődése a Világegyetem első egymilliárd éve után.

A megfigyelések azt mutatják, hogy a kozmikus infravörös háttér teljes energiájának legnagyobb részét a  $z \approx 1$ -nél található galaxisok adják. Ebben az időben, az Univerzum mai életkorának felénél volt a legintenzívebb a csillagkeletkezés a Világegyetem akkori galaxisaiban. A csillagközi anyagfelhőkből keletkező csillagok beágyazódva maradtak még egy ideig a szülő felhőben, a fiatal csillagok fényének jelentős részét a felhőben található por elnyelte, és azt infravörös

hullámhosszakon sugározta vissza. Így ezek a galaxisok, amelyekben igen intenzív a csillagkeletkezés, nem a látható hullámhosszakon fényesek, hiszen ott a por miatt nem látjuk a csillagok fényének jelentős részét, hanem az infravörösben, ahol a por visszاسugározza az elnyelt csillagfény energiáját. Ezek neve fényes infravörös galaxis (Luminous Infrared Galaxy – LIRG), vagy rendkívül fényes infravörös galaxis (Ultra-Luminous Infrared Galaxy – ULIRG). Ezek létezése először az IRAS infravörös műhold méréseiből derült ki, az azt követő infravörös-űrtávcsövek (ISO, Spitzer) tömegesen azonosítottak ilyen galaxisokat, és ma már tudjuk, hogy egyáltalán nem különlegesek, volt olyan korszaka a Világegyetem történetének, amikor meghatározó szereplői voltak a kozmikus színjátéknak.

A fényes infravörös galaxisok mellett jelentős szerepet játszanak az aktív galaxisok is,



6. ábra • Az infravörösben sugárzó, egymás mögötti források a többi forrás szempontjából „háttérként” viselkednek.



amelyek a kozmikus infravörös háttér teljes energiájához mintegy 10 %-ban járulnak hozzá, de bizonyos hullámhosszakon ez az arány az 50 %-ot is elérheti. Ezekben a galaxisokban a központi, nagy tömegű fekete lyukba anyag áramlik be a környezetéből egy anyagbefogási korongon keresztül. A fekete lyuk környezetében az anyag magas hőmérséklete miatt röntgensugárzást bocsát ki, amit a környező anyaggyűrűben lévő por elnyel a csillagfényhez hasonlóan, és energiáját infravörösben sugározza vissza.

A kozmikus infravörös háttér, bár a mai napig így beszélünk róla, egyre kevésbé valódi háttér, elmosódott halvány fénylés az égen. Az egyre érzékenyebb és egyre jobb térbeli felbontású űrtávcsövekkel a háttér fényt adó objektumok egyre nagyobb részét tudjuk önálló galaxisokként is azonosítani. Például a Spitzer-űrtávcső a közép-infravörösben (24  $\mu\text{m}$ ) a távoli galaxisok 90 %-át tudta már egyedileg is megfigyelni, a Herschel-űrtávcső pedig várhatóan a hosszabb, 100 és 160  $\mu\text{m}$ -es hullámhosszakon is legalább a háttér fényének 50%-át fel tudja majd bontani egyedi galaxisokra.

A kozmikus infravörös háttér egyenetlenségeinek vizsgálatával a Spitzer-űrtávcső közeli-infravörös hullámhosszain (3 és 8  $\mu\text{m}$  között) sikerült megfigyelni az ún. III. populációs csillagok jeleit a legtávolabbi,  $z \approx 20$  galaxisok fényében. A III. populációs csillagok az első, nagy tömegű csillagok, amelyek a korai galaxisokban megjelentek, s rövid életüket valószínűleg mindannyian szupernóvaként fejezték be. Hogy létezniük kellett, azt a csillagászok már évtizedek óta feltételezték, mert ezen csillagokból kialakult szupernóvak szolgáltathatták a magasabb rendszámú elemeket (fémeket) a később keletkezett csillagok számára.

### *Az infravörös csillagászat jövője*

A 21. századi asztrofizika két alapvető kérdése a „két születés” problematikája: hogyan keletkezett a Világegyetem, és hogyan a Föld? Ahogy korábban láttuk, a válasz mindkét területen nem kis részben jövődőlő infravörös észlelésekből várható. Hozzátevé ehhez, hogy a kozmosz mennyivel átláthatóbb az infravörös, mint az optikai hullámhosszakon, nem meglepő, hogy az infravörös-csillagászat jelentősége napjainkban egyre nő. Jól példázta ezt, hogy a Hubble-űrtávcső utóda, a NASA James Webb-űrtávcsőjének mindhárom főműszere a hősugárzást fogja megfigyelni.

A 2009-es esztendő fontos dátum ezen a területen: megkezdte működését a Herschel Space Observatory, amely az eddigi legnagyobb űrcsillagászati tükröt hordozza.

Az MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézetében már egy évtizede működik egy alapvetően infravörös profilú kutatócsoport. A csoport több tagja tevékenyen részt vett az ISO földi munkálataiban; rendszeresen sikeresen használták a NASA Spitzer-űrtávcsövet fiatal csillagok körüli, valamint törmelékkorongok vizsgálatára; és évek óta közreműködnek a Herschel PACS nevű műszerének fejlesztésében. Ezzel párhuzamosan rendszeresen megfigyeléseket végeznek földi bázisú infravörös távcsövekkel, és dolgoznak az Európai Déli Observatórium Matisse nevű új generációs interferométerén. Néhány fő tudományos cél: korongok dinamikája, eruptív csillagok kitörései, törmelékkorongok szerkezete, Kuiper-övbéli objektumok vizsgálata. Így bátran állíthatjuk, hogy bár hazánkban nincsenek megfelelően száraz, infravörösbéli észlelésekre alkalmas klímájú helyek, Magyarország rajta van Európa infravörös-csillagászati térképén.

Kulcsszavak: *infravörös-csillagászat, bolygókeletkezés, csillagkeletkezés, kozmológia, kozmikus háttér*

### IRODALOM

Burrows, Christopher J. – Stapelfeldt, Karl R. et al. (1996): Hubble Space Telescope Observations of the Disk and Jet of HH 30. *The Astrophysical Journal*. 473, 437. <http://www.iop.org/EJ/article/0004-637X/473/1/437/34479.pdf?request-id=7cd87a6e-1da3-4acd-b619-cf30326f1f04>

Fukagawa, Misato et al. (2004): Spiral Structure in the Circumstellar Disk around AB Aurigae. *The Astrophysical Journal*. 605, L53–L56. <http://www.iop.org/EJ/article/1538-4357/605/1/L53/18160.web.pdf?request-id=7f47187a-09a6-4705-8ad6-48d7e26cc1a2>



# ASZTROBIOLÓGIA – MODERN SZINTÉZIS A TERMÉSZETTUDOMÁNYOK KÖZÖTT

Kereszturi Ákos

PhD, Collegium Budapest, Mars Asztrobiológia Kutatócsoport,  
Magyar Csillagászati Egyesület, Nagy Károly Csillagászati Közhasznú Alapítvány  
akos@colbud.hu

Az asztrobiológia eredetileg a csillagászat és a biológia határterületén az elmúlt évtizedben született irányzat. Egyre népszerűbbé válva ma már a földtudományok, a fizika és a kémia több témakörét is tartalmazza, de a műszaki tudományokban is sokan dolgoznak ilyen kutatásokban.

Az asztrobiológia nem új tudományág, inkább olyan közös nyelv, amely lehetőséget és tartalmat ad a természettudományok eltérő területén dolgozó kutatók együttműködésére. A cél: a Földön kívüli élet lehetőségének vizsgálata és a világegyetemi élet helyének megértése. Ez mély szakértelmet kíván, amelynek egy-egy kutató csak valamely szűkebb területen van birtokában. A tudományágak közötti kapcsolódási pontok pedig új felfedezéseket eredményeznek.

A tanulmányban példák alapján igyekszem bemutatni, hogyan kapcsolódhatnak az egyes természettudományok egymáshoz az asztrobiológiai kutatások segítségével. Az anyagfejlődés szerint sorba rendezve azokat az eredményeket tekintjük át, amelyek az utóbbi két évben születtek. A korábbi eredményekről Kereszturi Ákos és Simon Tamás (2005) tanulmánya és a referenciákban felsorolt további irodalmak adnak áttekintést. Nem célunk a földönkívüli intelligencia le-

hetőségének és kutatásának bemutatása, amelyekről szintén részletesen olvashatunk magyar nyelven (Almár, 1999).

Az asztrobiológia témaköreit, azok kapcsolatát az asztrobiológiai mátrix (Mizser – Kereszturi, 2003) segítségével tekinthetjük át (*1. ábra*). A bal oszlopban főleg a planetológiához (bolygótudományhoz), jobbra tőle az asztrofizikához közeli témakörök szerepelnek. Függőlegesen lefelé a fizika, a kémia és a biológia területei következnek. Jobb oldalt pedig lefelé haladva az anyagszerveződés egyre magasabb szintjeit tüntettük fel az atomoktól kiindulva a molekulákon keresztül a sejtekig, majd ökoszisztémáig.

## Elemek és molekulák keletkezése

Az elemek kialakulásának fő színterei: az ősrobbanás utáni ősi nukleoszintézis (amikor 4-es tömegszámú héliumatommagok születtek), a csillagok belseje (ahol legfeljebb a vasig keletkeznek atommagok) és a szupernóva-robbanások (amikor a legnehezebb, instabil magok is kialakulnak), valamint a csillagközi anyagban a kozmikus sugárzás hatására zajló reakciók (itt főleg lítium, berillium és bór keletkezik). Elképzelhető, hogy a gammavillanások heves folyamatai közepette is keletkeznek nehézelemek (cink, titán, réz, nikkal).

Az elemek szétszóródását csillagszelek és szupernóva-robbanások biztosítják, amelyek eltérő arányban bocsátanak ki különböző elemeket. A csillagközi térbe került összetevők mozgását a galaxisok centrumában lévő szuper-nagy tömegű fekete lyukak is befolyásolják: a közelükbe jutó anyag kisebb hányada nagy sebességgel kilökődik, és a galaxis távoli vidékeire is eljuthat.

Az atomok molekulákká kombinálódása már a csillagok külső rétegeiben megkezdődhet, ahol a sűrűség- és hőmérsékletgradiens révén változatos a környezet. Itt a forróság és a lökéshullámok generálta reakciók zajlanak, illetve alacsony hőmérsékletű kiválás/fagyás is lejátszik. Egyes szénben gazdag csillagok külső rétegeiben közel ötven eltérő molekulát azonosítottak már. Itt a szénatomok mellett a szilícium és különböző fémek is gyakran

alkotnak molekulákat. A planetáris ködök táguló és hűlő gázburkaiban is épülnek molekulák.

A csillagközi tér ezeknél is változatosabb környezet, ahol a hőmérséklet 10 és több 100 K között is lehet – még magasabb hőmérsékleten már nem jellemzők molekulák. A reakciók történhetnek gázfázisban, gáz és a szilárd határfelületeken és a szilárd szemcsék belsejében. A szemcsék felületéről az anyag a melegebből elszublimál, a hidegebb tartományokban kiválhat, tovább növelve a változatosabb környezetet.

A porszemcsék felületén megtapadó molekulák egymással reakcióba léphetnek. A H<sub>2</sub>O molekulákat is tartalmazó szemcséket érő ultraibolya sugárzás és a kozmikus sugárak nyomán összetett szerves molekulák is képződhetnek a hideg porszemcsékben. A fo-

	planetológia	asztrofizika		fejlődés	szerveződés
fizika		atommagok keletkezése, anyagok kibocsátása	csillagtömeg	abiogén	atom
		csillagközi anyag kémiája	galaktikus környezet		
kémia + fizika	szoláris köd kémiája	csillag- és bolygókeletkezés	szomszédok sugárzása	prebiotikus	molekula
	bolygók összeállása, kémiai átalakulás	ősnap aktivitása, exobolygók			
biológia + kémia + fizika	felszín és légkör korai fejlődése	becsapódások, bolygók közötti anyagcsere	napaktivitás változása, szomszédos csillagok, galaktikus árapálymező	élet keletkezése	sejt
	belső felszín és légkör fejlődése				
	bioszféra visszahatása az anyagkörforgásra és az éghajlatra				

1. ábra • Az asztrobiológiai mátrix, a fontosabb témakörök és a köztük fennálló kapcsolatok szemléltetésére

lyamatot laboratóriumi körülmények között is reprodukáltak. Ma már több mint százton különféle molekulát azonosítottak a csillagközi térben (például: glikoaldehid, metil-formiát, acetilsav, különféle sokgyűrűs aromás szénhidrogének), még a glicin aminosavat is.

A hatnál több atomot tartalmazó csillagközi molekulák mind szénalapúak, az eddig azonosított egyik igen összetett képviselőjük a tizenhárom atomot tartalmazó  $\text{HC}_{11}\text{N}$ . Laboratóriumi vizsgálatok alapján nemcsak az ionok (főleg a kozmikus sugaraktól keletkezett reakcióképes  $\text{H}_3^+$ ), hanem akár 10–20 K-en a semleges atomok között is bekövetkezhetnek olyan reakciók, amelyek újabb molekulákat eredményeznek.

#### Bolygók a Naprendszeren kívül

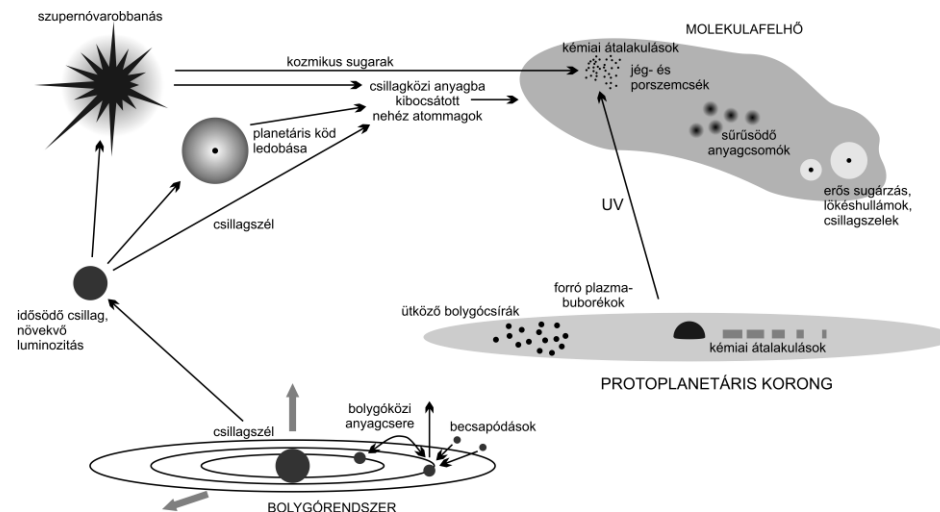
Az anyag további fejlődésére olyan környezetben nyílik lehetőség, ahol nagy a nehézelemek és a szerves molekulák koncentrációja (2. ábra). Energia van a molekulák kombinálásához, de nincs annyira meleg, hogy azok mind lebomljanak. Emellett hasznos valamilyen folyékony közeg is, amelyben a kérdéses molekulák könnyen mozoghatnak, egymással gyakran találkozhatnak. Minderre a bolygók az ideálisak, amelyek a csillagokkal együtt, a zsugorodó gázfelhőket övező, ún. protoplanetáris korongban születnek.

Ezekben a korongokban is zajlik kémiai átalakulás. A Spitzer-űrteleszkóppal például az egymillió évnél fiatalabb AA Tauri csillag körüli protoplanetáris korongban sok vízgőzt, hidrogén-cianidot, acetilént és szén-dioxidot azonosítottak. A megfigyelt koncentráció nagyobb volt, mint a környező csillagközi felhőben mértek alapján várható lett volna – eszerint a születő bolygórendszerekben is tovább folyik a molekulák felépülése. A korong-

ban összeálló nagyobb bolygócsírákban a radioaktív hőtermelés miatt sok molekula lebomlik. Az apró meteorikus testekben, kisbolygóknak és üstökösökben azonban fennmaradnak a molekulák, és a nagyobb planéták összeállásának végén azok felszínére hullva szállítanak oda sok szerves összetevőt. A születő Naprendszerben intenzíven keveredett az anyag, részben sugárirányban is mozgott az összetevők, talán az ősnapból kilövellt plazmabuborékok révén. A Deep Impact szonda megfigyelései alapján az üstökösök kialakulásának zónájába, az óriásbolygók térségébe is érkezett anyag például olivinkristályok formájában, a Naphoz közeli tartományból.

A bolygókeletkezés eredményét más csillagok körül megfigyelt exobolygók alapján tanulmányozhatjuk. Napjainkban több mint háromszázhetven, más csillaghoz tartozó bolygót ismerünk, amelyek többsége a csillagához igen közeli, ún. forró Jupiter típusú planéta. Ezek feltehetőleg a csillaguktól távolabb születtek, majd gravitációs zavarok nyomán jutottak mai helyükre. Ha az óriásbolygók gyakran vándorolnak csillagukhoz közel, eközben elpusztíthatják a Föld típusú bolygókat. Egyes modellek alapján elképzelhető, hogy ezért ritkák a Naprendszerben megfigyelthez hasonló felépítésű bolygórendszerek. Kiderült továbbá, hogy többszörös csillagok körül is keringhetnek exobolygók.

2009 elejéig négy olyan égitestet sikerült közvetlenül is megpillantani (Fomalhaut b, valamint a HR 8799 körül három exobolygó), amelyekről biztonsággal állítható, hogy tömegük alapján exobolygók. Az exobolygók felfedezése után részletes megismerésük a következő lépés. Az elmúlt időszakban sikerült kimutatni, hogy egyes kötött tengelyforgású exobolygókon az állandóan megvilágított és a folyamatos sötétségben lévő oldal között



2. ábra • Az anyagfejlődés asztrobiológiai szempontból fontos, egymással összekapcsolódó lépései

nagy, míg másokon csekély a hőmérsékletkülönbség. Utóbbi helyzetre erős szelek adnak magyarázatot. A távoli atmoszférákban szén-dioxidot, vízgőzt és metánt is azonosítottak.

Jelenleg egyetlen példát ismerünk az életre, a földit. Ez érthetően behatárolja a keresési stratégiánkat: víz és szén alapú életformákat, az ezeknek kedvező környezeteket, elsősorban Föld típusú exobolygókat keresünk. Ilyeneket feltehetőleg a műszereink korlátozott képességei miatt nem találtunk még – ugyanakkor néhány évtizeden belül a nyomokra akadhatunk.

Felmerült olyan egzotikus exobolygók lehetősége is, amelyek nem a Föld távoli megfelelői – de az élet szempontjából mégis érdekesek. Itt említhetők az ún. szuperföldek, a Jupiternél kisebb, de Földnél nagyobb tömegű objektumok, ám itt a tömeg alapján nem mindig lehet eldönteni, hogy az adott égitest az Uránuszhoz és Neptunuszhoz vagy inkább a Földhöz hasonló, azaz szilárd felszínű planéta. Emellett lehetnek „utólag szüle-

tett Földek”, amelyek egy óriásbolygó bevándorlását, és az eredetileg kialakult Föld típusú bolygók kiszórását követően, azok helyére lőkötött törmelékanyagból álltak össze. Fontosak lehetnek továbbá a csillagukhoz közeli pályára perturbálódott, az óriásbolygók körüli vagy azoktól elszabadult jégholdak.

#### Érdekes objektumok a Naprendszerben

A Naprendszerben asztrobiológiai szempontból a *Titan*, az *Europa* és a *Mars* érdekes a Földön kívül. A Szaturnusz legnagyobb holdja, a Titan sűrű nitrogénléggkörében akár aminosavakat is eredményező szervesanyag-szintézis zajlik. Az égitesten több a szénhidrogén, mint a Földön, és a légköri elektromos jelenségek, a Nap ultraibolya sugárzása, a kozmikus sugárzás, valamint a felvillanó meteorok révén összetett kémiai reakciók zajlanak. Emellett a felszín alatti víz–ammónia óceán is érdekes helyszín, amelynek létezésére a Cassini-szonda megfigyelései adtak bizonyítékokat. Sikerült megfigyelni a külső jégpáncél előfordulását a belső és mélyebben lévő, na-

gyobb sűrűségű jég- és kőzetrétegek felett, amelyet egy folyékony óceán tett lehetővé.

A Jupiter Europa nevű holdjának 10–20 km vastag jégpáncélja alatt szintén folyékony, 50–100 km vastag óceán van. Részben az árapályhatástól repedések képződnek a jégpáncélon, a felszínre pedig a szomszédos Io hold vulkánjai által kipöfékelt kén, kén-dioxid hullik. Utóbbi a jégbe jutva kénsavat alkot, amely a jégpáncél átalakulásai révén a földi globális lemeztektonika működéséhez mérhető időskálán az óceán vizébe jut. A Jupiter magnetoszférájából a holdat érő részecskebombázás a  $H_2O$  molekulákat részben lebontja. Az így felszabaduló hidrogén elszökik, illetve aktív gyökök keletkeznek, amelyek további kémiai átalakulásokat okoznak a jégben.

Az óceán fenekén lévő vulkáni központokból feláramló meleg víz néhol megolvasztja a jégpáncélt, és összetört ún. káoszterületeket és kisebb sötét foltokat hoz létre. Itt a jég az óceánban oldott anyagokban, különféle hidratált ásványokban gazdagodik, és vöröses-barnás színt ölt. Mindent összevetve a felszín felől oxidált összetevők juthatnak az óceánba, amelynek az alján a vulkáni központok redukált anyagokat bocsátanak a vízbe.

Cseppfolyós  $H_2O$ -t egyre több helyen feltételeznek a Naprendszerben. Felszín alatti vízréteg a Ganymedes és a Callisto belsejében is lehetséges. Az Enceladusnál a gejzír jellegű kitörések, a Tritonnál az elméleti modellek utalnak hasonlóra. Az Enceladus déli sarkvidéki, a környező területnél melegebb töréseiből nemcsak vízgőz- és vízjégzemcsék, de szén-dioxid, szén-monoxid, metán, ammónia, továbbá feltehetőleg nátrium tartalmú sók is kilökődnek az űrbe. A Deep Impact szonda megfigyelése alapján pedig az üstökösökben is lehetnek vizes mállással keletkezett agyagok, amelyek a kométák élete

elején a belsejükben cirkulált folyékony víztől keletkeztek. Sok helyen történhetek tehát vizes kémiai átalakulások.

#### *A Mars asztrobiológiai potenciálja*

A Mars asztrobiológiai szempontból a legérdekesebb és a legkönnyebben vizsgálható célpont. Az alábbiakban a marsi meteoritokban talált esetleges életnyomok, a bolygó ősi környezeti paraméterei és a mai állapotok témakörében foglaljuk össze az elmúlt évek újdonságait.

Az ALH 84001 meteoritban azonosított összetevők és alakzatok együttes jelenlétét egyesek életfolyamatokkal magyarázzák – a kérdésben nincs egyetértés. Még bizonytalanabb az 1,3 milliárd éves Nakhla meteorit, amely 1911-ben hullott le Egyiptomban. Légkörünkben szétarabolódott, közel 40 töredékének összömege kb. 10 kg. Mikrométeres törések mentén barnás-fekete, széntartalmú anyagot találtak benne. A repedéseknél iddingsitet ( $MgO \cdot Fe_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 4H_2O$ ) is azonosítottak, amely a Földön olivin vizes mállásával keletkezik.

A földi óceánfenéken keletkezett, üveges szerkezetű bazaltok repedésében hasonló anyag található, amelyekben DNS-t azonosítottak. A földi anyag tehát biogén tevékenységgel kapcsolatban keletkezett, de ez a Nakhla meteoritban talált, hasonló széntartalmú anyagról egyelőre nem állítható. Az viszont biztos, hogy repedéseit egykor folyékony víz járta át.

#### *A víz nyomában a Marson*

A Mars felszínének vizsgálata az egykori klímára és a víz előfordulására is utal (Gyenyisz, 2008). Ma úgy fest, hogy a korai noachi időszakból (3,5 milliárd évvel ezelőttig) fennmaradt folyásnyomok mellett az egykori vízre

utaló agyagos mállástermékek is visszamaradtak. Az elmúlt évek eredményei alapján a kezdeti időszakot követően is megjelent a víz a felszínen, igaz, csak alkalmanként.

Újabb vizsgálatok alapján mintegy 3,5 milliárd évvel ezelőtt is folyt víz a Marson. Utóbbi folyásnyomok kialakulásához alkalmanként 10–100 ezer éves nedves időszakok szükségesek – akárcsak például a földi sivatagos és félsivatagos területeken. A Valles Marineris-árokrendszerhez közeli (de nem a benne található) világos üledékes kőzetekhez idős folyásnyomok kapcsolódnak. Utóbbi megfigyelések és a számítógépes modellek alapján itt 3,0–3,7 milliárd évvel ezelőtt is folyt még víz a felszínen, ezekből váltak ki a kérdéses anyagok.

Az egykori vizes állapotokra opálok is utalnak, amelyek szintén vízfolyásnyomokhoz kapcsolódnak. Ezek szilikátos anyagában 1–20 % közötti a víztartalom. Még kétmilliárd évvel ezelőtt is keletkeztek a bolygón, tehát ekkor is lehetett alkalmanként víz a felszínen. Gyakran a hűvös és savas vizekből kivált vas-szulfátokkal együtt figyelhetők meg. Opálhoz hasonló ásványokat a Spirit marsjáró is talált a Gusev-kráterben, ahol az talán utóvulkáni oldatokból válhatott ki.

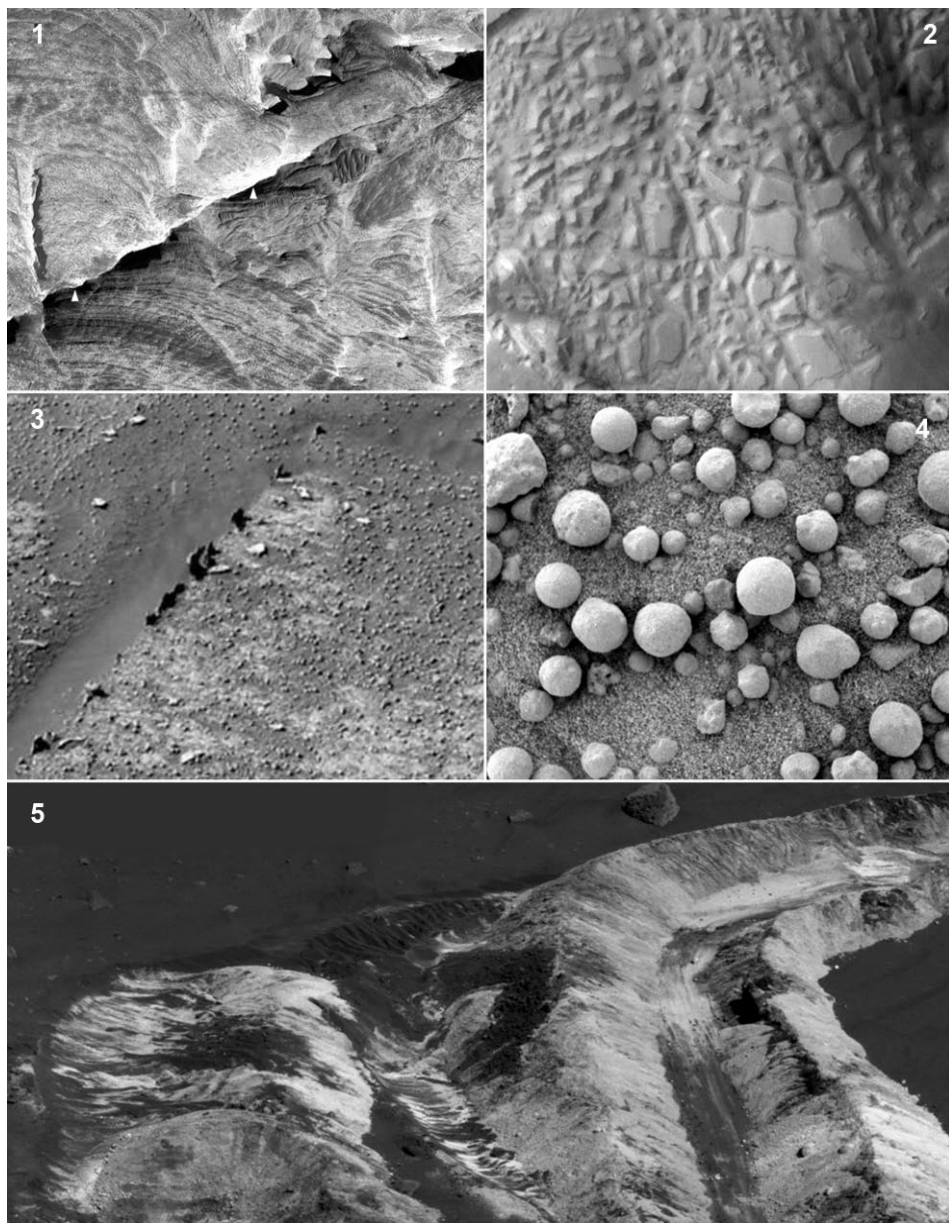
A Gusev-krátert az ősi tavi állapot után vulkáni lávafolyás borította be, amelyben egy ideig még forró vizes oldatok cirkuláltak, kialakítva a Spirit által véletlenül kiásott világos, szilícium-dioxidban gazdag anyagokat (3. ábra). A Meridiani-síkságot, az Opportunity szonda leszállóhelyét 200–800 m közötti vastagságban borítják szulfátos üledékek. A terület nem zárt medence, a rétegek talán az ősi északi óceán itt húzóódó partján képződtek, a feltételezett partvonal mentén máshol azonban nem találunk hasonló üledékeket. Számítógépes szimulációk alapján az ősi Marson

4,5 milliárdtól 3,7 milliárd évvel ezelőttig terjedő időszakban az esőből avagy olvadó jégből beszivárgó felszín alatti vizek észak felé áramlottak, és a modell alapján a Meridiani-síkság térségében egykor sok forrás bukkant ki vasban gazdag, savas kémhatású vízzel a felszínre, ahol a víz elpárolgott, az oldott anyagok pedig kiváltak belőle. A Meridiani-síkság ekkor sós-homokos dűnékből és kisebb tócsákból, tavakból állt.

A felszín alatti víz fontos az asztrobiológiai kutatásokban (3. ábra), a Marson az elméleti modellek mellett megfigyelések is utalnak egykori jelenlétére. A Földön az élet keletkezése elképzelhető, hogy vulkanikusan fűtött kőzetek repedéseiben, vízzel átjárt környezetben történt. A víz itt vulkáni gázokban gazdagodott, sok anyagot oldott ki a kőzetekből, amit a belső hő is elősegített. Hasonló környezetek a vörös bolygón is lehettek.

Régóta elterjedt nézet, hogy a Mars az ősi légkörét alkotó  $CO_2$  és  $H_2O$  molekulák többségét a világűr felé elvesztette. A bolygó viszonylag csekély tömege és gyenge gravitációs tere miatt nem tudta megtartani a sűrű atmoszférát. Ebben működött közre a mágneses dinamo korai leállása is, amely nem védte a légkört a napszél erodáló hatásától. Emellett egyéb folyamatok, például kisbolygók és üstökösök becsapódásai is csökkenthetik az atmoszféra mennyiségét. A gázvesztés elgondolását támogatták a Phobos-2 szonda megfigyelései 1989-ben, és sok modellt igazítottak e mérésekhez. Az európai Mars Express szonda ASPERA-3 detektorának mérései alapján a bolygó jelenleg kb. 20 g gázt veszít másodpercenként, amely azonban csak közel 1 %-a a Phobos-2 mérései alapján becsült értéknek.

Ha a légkör vesztésének utóbbi mértéke a Mars teljes fejlődésére érvényes, akkor globális egyenértékként mindössze néhány



3. ábra • Felszín alatti víz nyomai a Marson. Fentről lefelé és balról jobbra: 1. a Candor Chasma üledékeit harántoló törés, benne vízből kivált, ellenálló ásványokkal – 2. vízfeltöréstől keletkezett káoszterület – 3. szintén repedésekben vízből kivált ásványok alkotta telérek centiméteres darabjai (Opportunity marsjáró) – 4. felszín alatti folyadékkal kapcsolatban keletkezett hematitkiválások (Opportunity) – 5. szilícium-dioxidban gazdag, utóvulkáni hévforrásból kivált világos anyag (Spirit)

centiméternyi vízborítást veszíthetett. A megszokott szén-dioxid mennyisége pedig 0,2 és 4 millibar közötti nyomást adó gázéval egyenértékű – eszerint az eredeti légkörnek ugyancsak töredékét, nagyságrendileg ezredét veszíthette el. Ha mindez igaz, hatalmas fagyott, és ásványokban kémiaiilag kötött, felszín alatti  $H_2O$ - és  $CO_2$ -készletek lehetnek.  $CO_2$ -t kötő karbonátokra nem akadtak jelentős mennyiségben. Nemrég azonosították az első nagyobb karbonátos üledékes összletet, amely alapján szintén elképzelhető, hogy jelentős szén-dioxid-készlet tárolódik a felszín alatt.

Szerves anyagok annak ellenére nincsenek a felszínen, hogy a Marsra kb. évi száz tonna szerves anyag hullhat – a bolygóról származó meteoritokban ellenben előfordulnak. A Carnegie Intézet kutatói az észak-európai Spitzbergák területén vulkáni kőzeteket tanulmányoztak, amelyek kb. egymillió évvel ezelőtti kialakulásuk óta sarkvidéki hidegben voltak. Az itt talált szerves anyag a marsi ALH 84001 meteoritban megfigyelthez hasonló, mikroszkopikus gömbökben csoportosult, magnetit kristályokhoz kapcsolódva. A földi vulkáni kőzetek repedéseiben azok hűlésével párhuzamosan szén-dioxidot tartalmazó víz cirkulált. Ez a magnetit ásványokkal mint katalizátorokkal érintkezve részben egyszerű szerves anyagokká alakult. Ez kedvez annak az elgondolásnak, hogy a földi élet kialakulásához szükséges szerves építőkövekhez hasonló a Marson is megjelentek, de nem bizonyítja a marsi meteoritban talált szerves anyag biogén eredetét.

#### Kihívások az élet számára

A mai felszín alatti élet lehetőségét csak elméletileg vizsgálhatjuk. A vulkáni kalderák és lávafolyások kora alapján az elmúlt öt-ötvenmillió évben több helyen is lehetett vulkáni

tevékenység a bolygón. Elképzelhető, hogy a magmakamrák még adnak annyi meleget, hogy a környezetükben cseppfolyós maradjon a  $H_2O$ . Emellett a légköri metán is utalhat felszín alatti biogén tevékenységre – de biztos ismeretek itt még nincsenek.

A felszíni vagy ahhoz közeli élet lehetősége nehezen, de azért vizsgálható. Egy itt található élőlénynek az alábbi kihívásokkal kell szembenéznie napjainkban:

- **Erős ultraibolya sugárzás:** a hosszú hullámhosszú UV-komponens a földihez hasonló, de a rövidebb hullámhosszú (UVA- és UVB-) sugárzás sokkal intenzívebb. A légkör nem képes az élőlények által tolerálható szintre csökkenteni a sugárzást, bár porviharok idején lényegesen csökken a felszínre elérő fluxus. A felszíni szén-dioxid-jégből 2–4 méter, a vízjégből méter, a hó állapotú  $H_2O$ -ból centiméter vastag réteg ad elegendő védelmet. Kőzetanyagból pedig mindehhez 1–2 mm vékony réteg is elég, amely a fotoszintézishez szükséges fény mennyiségét még átengedi.
- **Agresszív kémiai környezet:** a felszínen az UV sugárzástól és a portölcsérékben (mini tornádókban) fellépő elektromos erőtől oxidánsok (például hiperoxid) keletkeznek, melyek lebontják a szerves anyagot.

#### Vízzel kapcsolatos problémák:

**Száraz légkör:** az átlagos légköri vízgőztartalom 10 mikrométer egyenértékű, amely alkalmanként 100 mikrométer közelébe is felmehet, de 1 mikrométer alá is süllyedhet. Esetenként, főleg magas szélességen és éjszaka, a relatív nedvességtartalom telített, ekkor csapadék válik ki a felszínen.

**Elérhető  $H_2O$ :** egy élőlény számára elérhető  $H_2O$  mennyiséget a relatív nedvességtartalommal (vízaktivással,  $a_w$ ) jellemzik,

amely legfeljebb 1 (tiszta víz) lehet, majd a hőmérséklet csökkenésével, a víz sótartalmanak és a jég arányának növekedésével csökken, jégben  $-40$  °C-on például 0,67. Az ellenálló földi élőlényeknek minimálisan kb. 0,6 körüli vízakktivitás szükséges, ekkor főleg légköri vízpárából fedezik igényüket. A Marson sajnos (főleg nagy hidegben) elég magas az értéke.

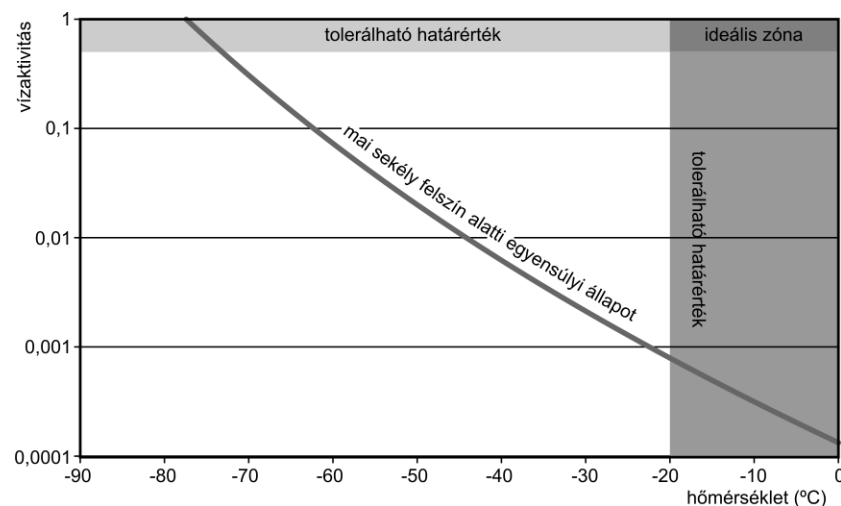
**$H_2O$  előfordulása:** a felszínen, illetve kis mélységben  $H_2O$ -t a jégsapkák kivül két alacsony szélességű foltban, az északi pólussapka körüli dűnemezőben, a sarkvidéken a jégsapka környezetében néhány cm-rel a felszín alatt, valamint néhány sziklagleccser belsejében sikerült eddig kimutatni.

**Kedvezőtlen viszonyok:** a fentiek együttesen nem kedveznek a víz megjelenésének. Bár a megolvadáshoz szükséges hőmérséklet előfordul a Marson, de a szárazság miatt a jég elszublimál az olvadáspont elérése

előtt. Kérdés, hogy vannak-e a Marson olyan helyszínek/viszonyok, amelyeknél elérhető  $H_2O$  és megfelelő hőmérséklet együttesen van jelen (4. ábra).

**Alacsony hőmérséklet** (Kuti, 2009): a földi élőlényeknek legalább  $-20$  °C kell a metabolizmushoz, amely alkalmanként előáll a Mars felszínén, de ennél alacsonyabb hőmérsékleten is már elszublimálhat a jég. Ezért a  $H_2O$  molekulákat erősen kötő anyagok szükségesek, amely akár egy képzeletbeli élőlény belseje is lehet. Ilyenek különböző erősen higroszkópos tulajdonságú anyagok, de a diffúziót lassító felszíni portakáró is korlátozhatja a vízmolekulák elszökését.

**Energiaforrások:** a felszínen a napsugárzás, a légköri fotokémiai termékek, a felszín alatt a kőzet-víz reakciók, főleg a felszabaduló hidrogén és a geotermikus hővel kapcsolatos reakciók jöhetnek szóba energiaforrásként.



4. ábra • A vízakktivitás és a hőmérséklet szempontjából ideális fázistér (jobbra fent) a Mars felszínén, az űrszondák által ma megfigyelhető méretskálán vizsgálva. A ferde vonaltól balra lefelé lévő viszonyok fordulnak elő ma a bolygón a jelenlegi mérések felbontásánál, a szürkével jelzett területek pedig az extrémofilek túróképességének határát jelzik

Elképzelhető, hogy az éghajlati változások (Kereszturi, 2007) nyomán átmenetileg a közelmúltban is megjelent a víz a felszínen. A tengelyferdeség változásával a sarki jégsapkák anyaga időnként alacsonyabb szélességre vándorol, majd visszatér a pólusokra. Eközben nemegyensúlyi állapotok lépnek fel, és a jég megolvadhat. Talán ezzel kapcsolatos, hogy a Phoenix szonda az északi sarkvidéken néhány centiméter mélyen karbonátokat, agyagásványokat és olyan sókat talált, amelyek folyékony vízből válhattak ki. Az elmúlt millió években több olyan időszak is lehetett, amikor itt vékony vízfilm boríthatta a regolit szemcséit, és kémiai változásokat generált. Egyes megfigyelések és elméleti modellek alapján az sem zárható ki, hogy mikroszkopikus méretskálán napjainkban is megjelenhet a víz (Möhlmann, 2004). A Mars tehát érdekes és a mai technológiával vizsgálható asztrobiológiai célpont.

#### Földi ősléves, kozmikus fűszerek

A földi élet keletkezését megelőző prebiotikus folyamatokat is befolyásolták kozmikus tényezők. Stanley Miller kísérlete óta tudjuk, hogy egyszerű szerves anyagok abiogén úton is keletkezhetnek villámoktól, ultraibolya sugárzástól. A fontos összetevők légköri keletkezésére a Titan mutat érdekes példát. A korai Földön is elképzelhető hasonló, az ultraibolya napsugárzástól képződött szmogréteg, ahol hosszú molekulaláncú, szén alapú anyagok keletkeztek. De szerves összetevők a kőzetek repedéseit átjáró forró vizes oldatoktól és a becsapódó testek keltette légköri lökeshullámok hatására is létrejönnek – mindezek felett pedig magukban a meteoritokban is érkeztek.

A kondrit meteoritok szülőégitestjeinek repedéseiben víz cirkulálhatott, kémiai reakciókat kiváltva. Ezek a meteoritok laza szerkezetük miatt a légkörben néha szétporladtak, és hamar lelassultak, aminosavakkal és építőkövekkel bombázva az ősi Földet. Az EET 92042 és GRA 095577 jelű meteoritban az aminosavak és a fehérjék koncentrációja a más meteoritoknál jellemző max. 15 ppm helyett 180, ill. 249 ppm volt. A szenes kondritok anyagának 1–3 %-a is lehet szén alapú összetevő, amelynek harmadát sokgyűrűs aromás szénhidrogének (PAH-ok) tehetik ki.

A Murchison-meteorit például közel hetvenféle aminosavat tartalmaz, közülük csak hatot használnak a földi élőlények – emellett az RNS egyik építőköve, egy nukleotidbázis is megtalálható az anyagában. A Tanzániában 1938-ban hullott Ivuna nevű, 705 grammos meteoritban pedig az aminosavak közül a prebiotikus fejlődésben fontos b-alanint és a glicint azonosították. Mindent összevetve, a becsapódások és a fent említett más folyamatok együttesen évente közel  $10^8$ – $10^{10}$  tonna szerves anyagot termeltek bolygónk első százmillió éve során. A becsapódó üstökösökben is jöhetett vízjég és szerves anyag, utóbbiak közül a glicint azonosították a Wild-2 üstökös magjában.

Ugyanakkor az ősi becsapódások kellemtelenek is lehetnek. A 300–400 km-es objektumok ütközései akár a teljes világtengert elpárologtatták. Ettől forró vízpáralégkör és erős üvegházhatás alakult ki, és maradt fent ezer évekig. Ilyen becsapódásokra legutóbb négy milliárd évvel ezelőtt kerülhetett sor.

**Extrém élőlények és földi analógiák**

Az extrém hidegben vagy melegben, sós, illetve savas, avagy lúgos környezetben, akár több km mélységig előforduló extrémofilek mint földi analógiák vizsgálata sok érdekes eredményt hozott. Tűrőhatáraikat többféle állá-

potban is vizsgálhatjuk: 1. amikor az élőlények szaporodni is képesek; 2. amikor csak anyagcserére képesek; 3. amikor tetszhalott állapotban inaktívak, de megfelelő viszonyok esetén még életképesek; és elkülöníthető, amikor már sosem lesznek életképesek (Gánti, 1971). A jelenleg ismert határokról és néhány példa taxonról az 1. táblázat nyújt áttekintést.

Fentiek alapján bolygónkon a forró vulkáni központokat és a leghidegebb területeket kivéve sok helyen megélnék egyes extrémofilek. A felszín alatt több km mélységig előfordulnak, amelyek kemoszintézissel, napfény nélkül élnek, és a kőzet-víz kölcsönhatásokkal keletkező hidrogént, hidrogénszulfidot, metánt és szénhidrogént használnak fel.

A tetszhalott állapot időtartamát az összetevők lebomlásának sebessége erősen befolyásolja. Az alacsony hőmérséklet a lassú kémiai reakciók miatt segít ebben, a felszín alatti helyzet pedig a kozmikus sugárzástól véd. Kiszáradt állapotban a sejt citoplazmájában lévő kevés vízmolekulából az ultraibolya sugárzástól kevesebb reakcióképes és roncsoló gyök keletkezik. A túléléshez ideális a sporá-

láció, amikor egy endospórát alkot a sejt, és ez extrém viszonyokat is túlél, majd megfelelő körülmények közé kerülve éled újra. A tetszhalott állapotban kibírt időszakra már sok éve elfogadják a két–négy milliárd éves megbízhatónak tekintik a huszonöt–harminc milliárd éves *Bacillus sphaericus* példányainak újraéledését is (Cano – Borucki, 1995). Vita tárgyát képezi az eddigi rekorder, a 250 millió éves 2-9-3 jelű baktériumfaj, amely perm korú sókristályokból került elő, és egyes szakemberek szerint életképesnek bizonyult.

Az extrémofilek és élőhelyeik (sivatag, permafroszt, jégtakaró, magashegy, vulkáni környezet) tanulmányozása támpontot adhat a Földön kívüli élet kutatásához. Népszerűek például a vastartalomtól vöröses felszínű antarktisi szárazvölgyek, ahol a talaj felső rétegében alkalmanként sós oldatok mozognak, illetve válnak ki. Ugyanitt a Marson megfigyelhető sárfolyásokhoz hasonló alakzatok is vizsgálhatók. Az antarktisi völgyekben ritka a vízfolyás, de a kierodált mélyedés alatt, a szemcsék között tartósan áramlik az olvadákvíz. A kis völgyben mint domborzati csapdá-

ban dér és hó rakódhat le, amely alkalmanként megoldható.

Sivatagokban nedvességcsapdaként szolgál a kőzetek málladéktakarójának szemcséi közötti tér. Sivatagi máznak általában a legkülső, vékonyabb bevonatot nevezik, míg ez alatt több mm mélységig szintén lehetnek élőlények a mállási kéregben, amelyet kriptobiotikus kéregnek neveznek (Pócs, 2009). Az Atacama-sivatagból származó mázakban ATP-molekulák alapján baktériumokat mutattak ki a legszárazabb vidékeken is. A máz alatt található 2–4 mm vastag mállási kéreg a hőingástól, a kiszáradástól, az erős sugárzástól védi az élőlényeket – de a fotoszintézishez elég fényt enged be. A fény mennyiség 2–4 mm mélységig is elegendő az egyszerű élőlényeknek. Bolygónkon mesterségesen is teremthetünk olyan viszonyokat, amelyek a marsbéliekhez hasonlítanak. Az ún. Mars-szimulációs kamrákban alkalmanként meglepően ellenállóknak mutatkoztak egyes élőlények (Horváth et al., 2006).

#### A pánszpóra elmélet

A pánszpóra és pánspermia elméletek szerint élőlények a világűrbe is kijuthatnak, és ha tetszhalott állapotban túlélnek az ott uralkodó körülményeket, megfelelő viszonyok közé kerülve ismét életre kelhetnek, étellel „fertőzve meg” egy másik égitestet. Egy nagy becsapódás a felszínközeli kőzeteket úgy lövi ki, hogy bennük az ellenálló mikroba kevésbé roncsolódnak. Svante Arrhenius 1908-ban vetette fel, hogy a földi globális mágneses tér segítségével is kerülhetnek baktériumok az űrbe. Az egysejtűeket a felszínről zivatarok elektromos jelenségei és szelek juttathatják fel 10–50 km magasba. Itt szaporodnak, és alkalmazkodhatnak az erősebb sugárzáshoz, kisebb légnyomáshoz és hideghez.

Az egysejtűek felületén megtapadó töltések a mágneses térrel kölcsönhatnak, és ha a felfelé mutató erő meghaladja a gravitációs erőt, akár több 100 kilométeres magasságba is emelkedhetnek a baktériumok. Innen aztán a magnetoszféra segítségével, például az ún. magnetoszférikus buborékok erővonalaihoz tapadva távolodhatnak el bolygónktól.

Az egyszerű élőlények tetszhalott állapotban, rövid idő alatt nem feltétlenül szenvednek el akkora sugárterhelést az űrben, hogy többé már ne legyenek életképesek. Hosszabb időt pedig megfelelő sugárvédő réteg segítségével, pl. egy kőzet belsejében vésszelhetnek át. Ekkor viszont már a kődarab saját radioaktivitása a korlátozó tényező. Végül a légköri belépést és felizzást kell „túlélnie” az inaktív élőlénynek, amelyre szerencsés esetben van esély: a meteorikus testnek csak a külső rétege melegszik át, belül hűvös marad. A nagy sebességű becsapódás pedig a légkörben bekövetkező szétDarabolódás esetén kerülhető el.

Egy adott bolygórendszeren belül sokkal nagyobb az esély az élet ilyen vándorlására, mint hogy a kirepült test egy másik csillag körüli planétán landoljon. A Chicxulub becsapódás alkalmával például kb.  $10^9$ – $10^{10}$  t anyag repült ki a Földről, amelyből a hozzánk száz fényévnél közelebbi csillagok környezetébe csak gramm nagyságrendű mennyiség juthatott el. Jelenleg évente tonnányi nagyságrendű anyag hagyhatja el a Naprendszert.

#### Kozmikus hatások bolygónkra

A bolygórendszeren belüli hatások közül legfontosabbak a becsapódások. Ezek a krátert kialakító és ásványokat átalakító hatásuk (Mihályi et al., 2008); elfújhatják a légkört, megváltoztathatják az éghajlatot (például egyes földi kihalások esetében), és átmenetileg lokálisan megemelhetik a hőmérsékletet.

hőmérsékleti határok

-15 °C (*Cryptotendolithotrophs* baktériumok)  
+113 °C (*Pyrococcus furiosus*)

vízaktivitás

>~0,6, és vízgőz formájában is elegendő

(vízgőz parciális nyomás) határa

lúgosság–savasság határai

pH=13 (*Plectonema nostocorum*)  
pH=-0 (*Cyanidium caldarium*)

sóoldat maximális kibírt koncentrációja

telített sóoldat (*Dunaliella salina*)

sugárzás határa

emberre halálos sugárdózis kétezerszerese  
(*Deinococcus radiodurans*)

inaktív állapot túlélése

2,5 év a Holdon a Surveyor-3 belsejében  
(*Streptococcus mitis*), földi körülmények között sok millió év

1. táblázat

Szerves anyagokat juttathatnak a felszínre, és akár élőlények égítetek közötti vándorlásában is közreműködhetnek. A Naprendszer korai időszakában a Jupiter és a Szaturnusz sok apró égítetet szórt ki, enélkül sokkal több becsapódás történt volna a Földön is. Az árapályhatástól pedig változhat a belsőben felszabaduló energiamegnyiség, ami jeget olvaszthat (például Europa) vagy vulkáni aktivitást okozhat (például Io).

A légkört érő kozmikus sugárzás (nagyenergiájú atommagok) elősegítik az aeroszolok és a felhők képződését. Erős napaktivitáskor pedig az intenzívebb napszél kevesebb töltött részecskét enged a Föld légkörébe, ami-

től gyengülnie kellene a felhőképződésnek. Az elméletileg várható kapcsolatot azonban mérésekkel egyelőre nem sikerült kimutatni. A bolygók fejlődésére ható külső tényezőket az 5. ábra foglalja össze.

#### A lakhatóság fogalma

Az asztrobiológiában régóta használt, gyakran definiált fogalom a lakhatóság. Szűkebb értelemben azt jelenti, hogy egy adott környezet biztosítja-e a földihez hasonló élet kialakulásának és fennmaradásának lehetőségét. Utóbbit numerikusan jellemezni ma még nem lehet, ezért egyszerűbb közelítésére a lakhatósági zónákat használják. Ezek azon

térségek egy csillag körül, ahol egy Földhöz hasonló bolygó felszínén stabilan létezhet folyékony víz. Belső határán a  $H_2O$  a tropopauzán keresztül a felsőlégkörbe, onnan pedig az űrbe szökhet. Külső határát nagyjából a légköri szén-dioxid kifagyása jelenti. A lakhatóság szempontjából fontos még, hogy a csillag sugárzása stabil legyen. A sok flett produkáló égítetek időnként lenyomják a bolygólégkörökben az ionopauzát, amitől gyorsul a légkörvesztés.

Dinamikai szempontból elkülöníthetők a Naprendszerünkben megfigyelt, óriásbolygókon belüli lakhatósági zóna, a forró Jupiter típusú exobolygóknál az óriásbolygóknál távolabb lévő zóna, és amikor maga az óriásbolygó van a zónában – itt az égítetek holdjai lehetnek érdekesek. A lakhatósági zónákkal kapcsolatban probléma, hogy modelljeik kevés tényezőt vesznek figyelembe. Emellett nem ismert eléggé a szén-dioxid-felhők üvegházhatása, és a vulkáni aktivitás fűtőhatásával sem számolnak. Az élet kialakulásához nem biztos, hogy felszíni víz kell – a felszín alatt pedig a belső hő vagy árapályhatás sok helyen olvaszthatja meg a jeget a csillagtól távol is.

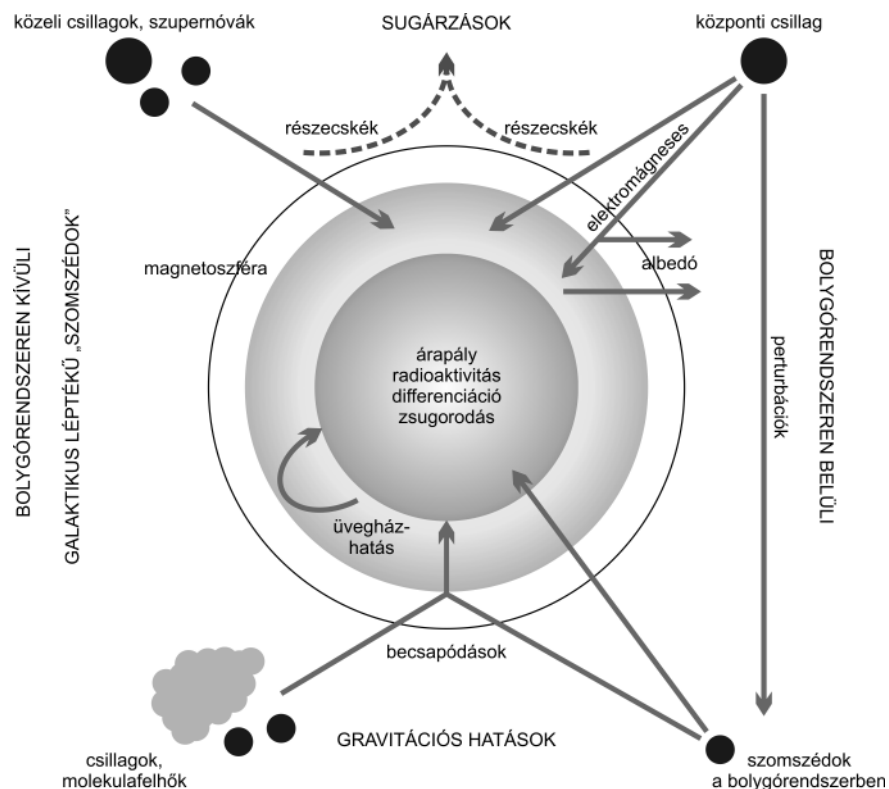
Elméletileg egy csillag galaktikus környezete is hat bolygóján az élet fejlődésére, de itt még bizonytalanabb a helyzet. A porban szegény csillagközi zónákban kevesebb szemcse juthat egy bolygórendszer belsejébe és a bolygók légkörébe, ami elméletileg csökkentheti a kondenzációs magvak számát és a felhőborítottságot.

A galaxisok központi fekete lyukainak környéke vagy a csillagkeletkezési régiókban bekövetkező gyakori szupernóva-robbanások sugárzásai is kellemedenek. A feltételezések alapján extrém nagy tömegű csillagok életének végén bekövetkező hipernóva-robbanások vagy összeolvadó neutroncsillagok kiváltotta

gammavillanások hatása is jelentős, amelyek fotokémiai szmogréteget hozhatnak létre. Megnövelik a légköri nitrogén-oxidok és csökkentik az ózon arányát. Az ezzel kapcsolatban fellépő savas esők a talajban növelik a nitrátok mennyiségét, aminek kedvező hatása is lehet. Mivel a csillagkeletkezés a spirálkarokban jellemző, ezért merült fel a korotációs zóna mint ideális térség lehetősége, ahol a Nap is megtalálható. Itt az égítetek keringési sebessége a spirálkarok körbefordulási sebességéhez közeli, azaz ritkán keresztezik azokat és az ott található csillagkeletkezési tartományokat.

#### Hazai kutatások

Az exobolygókkal kapcsolatos hazai kutatások közül kiemelkedik a Hungarian Automated Telescope (HATNet) amerikai–magyar távcsőhálózat (Bakos et al., 2004), amely 2009 februárjáig tizenegy fedési exobolygót talált. A magyar ötlet alapján készült távirányítású robotteleszkóp-rendszert itthon tervezte és építette Sári Pál, Papp István és Lázár József (Magyar Csillagászati Egyesület) Bakos Gáspár (korábban MTA KTM CSKI, ma Harvard-Smithsonian Asztrofizikai Központ) vezetésével. A bolygókeresés szoftveres oldalára Kovács Géza (MTA KTM CSKI) dolgozott ki hatékony módszereket. Exobolygókkal is kapcsolatos a Magyar Asztroszeizmológiai Csoport munkája, amelynek eredményeit a V391 Pegasi b jelű exobolygó felfedezéséhez használták fel. A Szegedi Tudományegyetem és a Szegedi Csillagvizsgáló munkatársai (Simon et al. 2007) az exobolygókkal és holdjaikkal kapcsolatos modellezésen dolgoznak. Az ELTE Csillagászati Tanszékén pedig a távoli planéták pályaelemeinek stabilitásával kapcsolatos számításokat végeznek Érdi Bálint vezetésével (Érdi – Sándor, 2005).



5. ábra • Egy bolygóra ható, asztrobiológiailag érdekes tényezők: fent a sugárzásos, lent a gravitációs hatások, jobbra a bolygórendszeren belüli, balra az azon kívüli hatások láthatók



A Collegium Budapest Institute for Advanced Study intézetben az Európai Űrügynökség és a Magyar Űrkutatási Iroda támogatásával működő Mars Asztrobiológia Kutatócsoport a Mars felszíni viszonyait, a víz időszakos megjelenési lehetőségét és potenciális földi analógiákat, extremofil szervezeteket vizsgál (Szathmáry et al., 2007). A szerves anyagok ultraibolya sugárzásra adott reakcióját tanulmányozzák az MTA–SE Biofizikai Kutatólaboratóriumában. *Rontó Györgyi* és *Bércs Attila* vezetésével hazánk is részt vesz a világűrre kiterjedő vizsgálatokban, ahol a kozmikus sugárzás hatását tanulmányozzák, részben a pánszpóra-elmélet szempontjából.

Az asztrobiológiai ismeretek és módszerek az egyetemi oktatásban is hasznosak a téma érdekessége és az eltérő tudományterületek közötti kapcsolódási pontok miatt. Asztrobiológiai kurzusok hangzottak el az ELTE Csillagászati Tanszéke szervezésében *Almár Iván* és *Illés Erzsébet* vezetésével 1997-ben, később a Szegei Tudományegyetemen, és az ELTE Természetföldrajzi Tanszékén. A nagyközönséget célozza meg az Origo online *Origo asztro-*

*biológia kurzus* című cikksorozata, amelynek részeit alkalmanként 10–15 ezer olvasó böngészte (Simon – Kereszturi 2009).

Az eltérő tudományterületek és a műszaki szakemberek kooperációjára ideális keretet nyújt az asztrobiológia. A fejlesztés alatt álló űrteleszkópok tervezésénél geológusok, biológusok, meteorológusok és vegyészek mérnökökkel együtt dolgoznak, hogy a berendezések képesek legyenek a légköri összetétel meghatározásán túl felhőket, víztükroket, éghajlati jellemzőket kimutatni az exobolygókon. A színeképekben talán a szárazföldeket sokáig borító, baktériumokból álló bevonathoz hasonlót, esetleg klorofilt is azonosíthatnak. Eközben a Mars-szimulációs kamrából nyert eredményeket az antarktiszi McMurdo-szárazvölgyek megfigyeléseivel szintetizálva tervezik a következő Mars-szondákat, amelyek életnyomokat kereső műszereit az Atacama-sivatagban is tesztelik, szintén asztrobiológiai projektek keretében.

Kulcsszavak: *asztrobiológia, Földön kívüli élet, Mars, Europa, Titan*

#### IRODALOM

- Almár Iván (1999): *A SETI szépsége*. Vince, Budapest
- Bakos Gáspár Á. – Noyes, R. W. – Kovács G. – Stanek, K. Z. – Sasselov, D. D. – Domsa I. (2004): Wide-field Millimagnitude Photometry with HAT: A Tool for Extra-Solar Planet Detection. Publications of the Astronomical Society of the Pacific –PASP. 116, 266–277. <http://www.journals.uchicago.edu/doi/pdf/10.1086/382735>
- Cano, Raul J. – Borucki, Monica K. (1995): Revival and Identification of Bacterial Spores in 25- to 40-million-year-old Dominican Amber. *Science*. 268, 5213, 1060–1064.
- Érdi Bálint – Sándor Zsolt (2005): Stability of Co-Orbital Motion in Exoplanetary Systems. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*. 92, 1–3, 113–121.
- Gánti Tibor (1971): *Az élet princípiuma*, Gondolat, Budapest

- Mihályi Krisztián – Gucsik A. – Szabó J. (2008): *Drainage Patterns of Terrestrial Complex Meteorite Craters: A Hydrogeological Overview*. 39<sup>th</sup> Lunar and Planetary Science Conference #1200.
- Gyénizse Péter (2008): Planetomorfológia. In: Lóczy Dénes (szerk.): *Geomorfológia II*. Dialóg Campus, Budapest–Pécs, 305–362.
- Horváth András – Gánti T. – Bérczi Sz. – Pócs T. – Kereszturi Á. – Sik A. (2006): Marsi dűnefoltok: az élet lehetősége a Marson? *Magyar Tudomány*. 11, 1357–1375.
- Kereszturi Ákos (2007): Éghajlatváltozás a Marson I–II. *Légkör*. 52, 2, 12–17., 52, 3, 6–9.
- Kereszturi Ákos – Simon Tamás (2005): *Asztrobiológia*. In: Mizser Attila – Taracsák G. – Szabados L. (szerk.): *Meteor csillagászati évkönyv*. Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest, 190–218.

- Kuti Adrienn (2009): *Thermal Behavior of Dokka Crater and Its Surroundings in the North Polar Region of Mars*. 40<sup>th</sup> Lunar and Planetary Science Conference #1006.
- Mizser Attila – Kereszturi Ákos (2003): *The Astrobiology Matrix and the “Drake Matrix” in Education*. 34<sup>th</sup> Lunar and Planetary Science Conference Abstract 1114.
- Möhlmann, Dietrich T. F. (2004): Water in the Upper Martian Surface at Mid- and Low-latitudes: Presence, State, and Consequences. *Icarus*. 168, 318–323.
- Pócs Tamás (2009): Cyanobacterial crust types, as strategies for survival in extreme habitats. *Acta Botanica Hungarica*. 51, 1–2, 147–178. [http://www.colbud.hu/esa/publications/Cyanobacterial\\_crust\\_types.pdf](http://www.colbud.hu/esa/publications/Cyanobacterial_crust_types.pdf)

- colbud.hu/esa/publications/Cyanobacterial\_crust\_types.pdf
- Simon Tamás – Kereszturi Ákos. (2009): *Online Astrobiology Course in Hungary*. 40<sup>th</sup> Lunar and Planetary Science Conference abstract 1048.
- Simon Attila – Szatmáry K. – Szabó Gy. M. (2007): Determination of the Size, Mass, and Density of “Exomoons” from Photometric Transit Timing Variations. *Astronomy & Astrophysics*. 470, 727–731.
- Szathmáry Eörs – Gánti T. – Pócs T. – Horváth A. – Kereszturi Á. – Bérczi Sz. – Sik A. (2007): Life in the Dark Dune Spots of Mars: A Testable Hypothesis. In: Pudritz, Ralph – Higgs, P. – Stone, J. (eds.): *Planetary Systems and the Origin of Life. Cambridge Astrobiology Series III.*, Cambridge University Press



# ÉGBOLTFELMÉRÉSEK A VILÁGEGYETEM MEGISMERÉSÉNEK SZOLGÁLATÁBAN

Szabó M. Gyula

PhD, egyetemi tanársegéd, tudományos munkatárs,  
SZTE Kísérleti Fizikai Tanszék, MTA KTM CSKI  
szgy@titan.physx.u-szeged.hu

Az utóbbi időben egyre többet hallani a csillagászat olyan újdonságairól, amelyeket nem egyedi észlelések, hanem mindent megfigyelő égboltfelmérések, automatizált műszerek folyamatos észlelési programjai alapján fedeztek fel. A megfigyelési módszerek és a számítástechnika fejlődése megsokszorozta az égboltfelmérési technika erejét. Mi ennek a titka? Erre a kérdésre vállalkozom indirekt választ adni az égboltfelmérések legjelentősebb eredményeinek áttekintésével.

## Történelmi megfigyelések

A csillagászat klasszikus vizsgálati módszere az egyedi objektumok minden részletre kiterjedő vizsgálata. Égboltfelméréskor viszont nagyon sok adat egyidejű vizsgálatával megsokszorozzuk a kiértékelhető mérések számát, emiatt pontosabb átlagokat kaphatunk; másrészt az adatok egymással való összevetése minőségileg új lehetőségeket nyit meg, és korábban nem megfigyelhető jelenségek felfedezését teszi lehetővé.

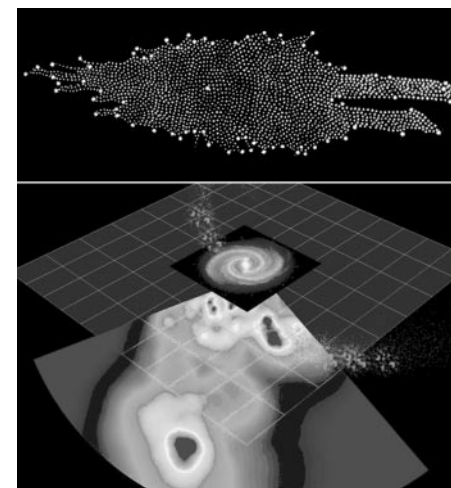
Ezt csillagásztörténeti példákkal lehet illusztrálni. Már a legkorábbi csillagászati megfigyelésekből is készült olyan katalógus, amely valamilyen szempont alapján kiválasztott

égi objektumok teljeskörű összefoglalására vállalkozott. Az első jelentős, még szabad szemel „égboltfölmérés” *Hipparkhosz* görög csillagász (Kr. e. 190–125) nevéhez köthető, aki az Alexandriából látszó égbolton 850 csillag fényességét és pozícióját gyűjtötte össze. Katalógusát majdnem kétezer éven keresztül használták. *Hipparkhosz* a csillagok pozícióját korábbi mérésekkel összevetve azt tapasztalta, hogy hosszú idő alatt a tavaszpont – az Egyenlítő valamint a Föld pályasíkja égi vetületeinek egyik metszéspontja – kelet felé mozgott az ekliptikán. Ez a megfigyelés helyes, a Föld precessziójából adódóan a forgástengely lassan elfordul, amit *Hipparkhosz* ezzel a felméréssel kísérletileg fölfedezett.

A távcső feltalálásával kiderült, hogy a Tejút számtalan csillagból áll. A Galaxis méretének és alakjának eldöntése céljából *William Herschel* 684 égterületen számlálta meg a csillagokat. Majd föltételezve, hogy minden csillag egyforma fényességű (és eltekintve az akkor még nem ismert csillagközi fényelnyeléstől) elkészítette a Galaxis térképét. Természetesen ez a térkép a Nap kis környezetéből vett adatokra épül, ám a rajzolt alakzaton jól azonosítható a Galaxis korong alakja (1. ábra).

A Napot *Herschel* hibásan majdnem a Galaxis centrumába helyezte, de az a megfigyelése alapján véve helyes, hogy a Nap nem a Tejútrendszer közepén foglal helyet.

A 18–19. században egyre több vizuális technikával összeállított csillagkatalógus született. Ezek közül kiemelkedő a fotográfia elterjedése előtti utolsó nagy katalógus, a *Friedrich G. W. Argelander* által 1859–1862 között összeállított *Bonner Durchmusterung*, amely az északi égbolt 324 188 csillagát tartalmazta 9 magnitúdó határfényességig. E katalógus alapján született meg az első jelentős fotografikus égboltfelmérés, a csillagokról színképi információt is tartalmazó *Henry Draper*-katalógus. E felmérésben több mint 225 ezer csillag spektrumát vették föl több műszerrel. A teljes katalógus 1924-ben jelent meg, 1949-ig két újabb kiegészítéssel. A fölmérés legfontosabb eredménye a csillagok színképosztályozásának megalkotása volt, ami egyenesen vezetett a csillagok modern asztrofizikai elméletéhez. A 20. század első



1. ábra • A Tejútrendszer legelső (*William Herschel*, 1785) – fent, és legújabb modellje (SDSS, 2009) – lent.

felét tekintve meg kell még emlékezni a *Hubble*-törvény felfedezéséről, amely szerint a galaxisok színképében észlelt vöröseltolódás („félklasszikus” értelmezésben a galaxisok tőlünk való távolodási sebessége) arányos a távolságukkal; vagyis az Univerzum tágul. Ez az eredmény *Vesto Slipher* vöröseltolódás-katalógusának és *Edwin Hubble* saját méréseinek összevetésével, vagyis részben égboltfelmérési technikával született meg.

## Napjaink égboltfelmérései

A 20. század második felének első kiemelkedő jelentőségű felmérése a *Palomar Observatorium Égboltfelmérés (POSS)*. 1950–1957 között végezték az első fotografikus felmérést, amely a nyolcvanas évek közepén kiegészült egy jobb (változó, jellemzően 20,5 magnitúdó körüli) határfényességű, kétféle fotóemulzió által meghatározott kék és vörös hullámhossztartományt lefedő felméréssel. A felvételek digitalizálva szabadon elérhetőek; számos égterületen máig ez a felmérés a legjobb határfényességű referencia.

2000-ben indult a *Sloan Digitális Égboltfelmérés (SDSS)*. Az elsősorban kozmológiai célú felmérés 2,5 méteres távcsővel dolgozott; az Arizonából látható teljes égbolt mintegy harmadrészét számos alkalommal végigmérte, 120 megapixeles kamerája 22 magnitúdós határfényességig mindent megörökített. Öt-szín-fotometriai (*u*: 354 nm, *g*: 475 nm, *r*: 622 nm, *i*: 763 nm, *z*: 905 nm központi hullámhosszú) katalógusában mintegy félmilliárd forrás szerepel, amihez százezer csillag, száz-ezer kvazár és egymillió galaxis spektroszkópiai vizsgálata is társul. 2006 óta az SDSS II felmérés a Galaxis szerkezetét tanulmányozza, és távoli szupernóvákat keres. Az SDSS-sel nagyjából egy időben váltak publikussá a Két Mikronos Égboltfelmérés (2MASS) 1997 és

2003 között gyűjtött adatai. A megfigyelések a közeli-infravörös hullámhossztartományon az 1000–2500 nm közötti tartományt fedik le, a felmérés az egész eget tartalmazza. Határ-fényessége megközelíti az SDSS-ét, ami jelentős teljesítmény, hiszen az éjszakai égbolt természetes, rekombinációs eredetű fénylése e hullámhossztartományban egy nagyváros fényszennyezésével vetekszik.

A milliméteres-centiméteres hullámhossztartományban figyelhető meg a mikrohullámú háttérsugárzás, illetve a kozmikus háttérben a mai világegyetem ujjlenyomatai. Az ezt megfigyelő COBE-műhold 1989-ben állt pályára, a WMAP pedig 2001-ben, mindkét adatgyűjtés hosszú éveken keresztül zajlott. A rádióégbolt-felmérések a 6 cm és 1 m közötti hullámhossztartományt fedik le földi megfigyelésekkel (GB6 6 cm, 1986–1987; FIRST 20 cm, 1993–2004; NVSS, 1997-ben publikáltak a 20–90 cm tartományt). Az NVSS utódaként éppen napjainkban zajlik a 4 méteres hullámhosszon a VLSS-felmérés. Az optikai tartománytól a rövidebb hullámhosszak felé haladva a GALEX-műhold (Galaxy Evolution Explorer, 2003-tól) távoli és közeli ultraibolya, 153 és 231 nm-es hullámhosszon végzett megfigyelési következtetnek. Az extrém rövid hullámhosszak kategóriájában két űrtávcsöves programot, a ROSAT (1990–1999) röntgenhullámhosszú égboltfelmérést és a Compton Gammasugár-obszervatórium egyik műszerével végzett EGRET- (1991–2000) gamma-égbolt-felmérést kell megemlítenünk.

A spektroszkópiai technikát használó égboltfelmérések segítségével csillagok és galaxisok fontos fizikai paraméterein túl ezek radiális sebességét is megmérhetjük. A legfontosabb források a 2dF Galaxisspektroszkópiai Felmérés (205 ezer galaxis és kvazár radiális sebessége, 1997–2002) adatai, az Angol–Auszt-

rál Távcső (AAT) adataira épülve, és az SDSS spektroszkópiai adatbázisa hasonló mennyiségű objektummal. Folyamatban van a Radiális Sebesség Kísérlet (RAVE) földi bázisú felmérés, amely a galaktikus fősík kivételével lefedi a déli égboltot, és 50 millió csillagról szolgáltat majd radiálissebesség-adatokat. Az ESA Gaia szondája (várható felbocsátása 2012) nagyfelbontású spektrumokat és ezekből származtatott nagyon pontos asztrometriát és fotometriát végez majd kb. a RAVE határ-fényességével az egész égboltról. A belátható jövőben több földi bázisú, nagy- vagy óriástávcsöves kategóriába sorolható optikai program is indul: ezek közül a legígéretesebbek a Pan-STARRS és a Nagy Szinoptikus Égboltfelmérés (LSST), amelyek az elkövetkező tízenöt év csillagászatában meghatározó szerepet tölthetnek be.

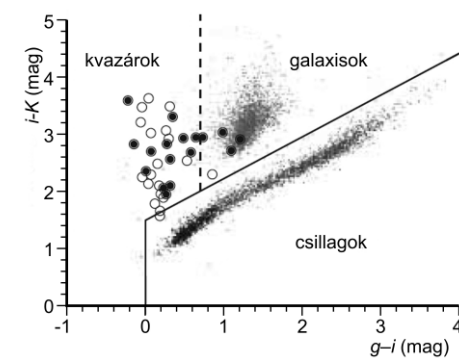
#### Virtuális obszervatórium

Az égboltfelmérések által termelt adatok az elérhető legjobb technikával készülnek. Ha a méréseket közzéteszik az interneten, a hozzáférés rendkívül egyszerűvé válik, és a költséges, időigényes és az adatminőség szempontjából kockázatos egyedi megfigyelési programok helyébe az adatbányászat léphet. Így virtuálissá válik az adatgyűjtés, amely tény megalapozza a *virtuális obszervatórium* fogalmát. Az adatkezelés azonban további ígéretes perspektívákat is kínál.

Nagy jelentőségű, hogy egy-egy objektum különböző hullámhosszakon kapott összes mérési adatát egyben szemlélhetjük, hiszen így ábrázolhatjuk a spektrális energiaeloszlást, ami egy kis felbontású spektrumnak tekinthető. Az adatok ábrázolása apró trükköket igényel, hiszen sok információt egyszerű, áttekinthető módon, síkban ábrázolva kell bemutatni (2. ábra). Ezzel a technikával példá-

ul összehasonlíthatóvá válnak az optikai és rádiótartománybeli fluxusok arányai, a színindexek a megfelelő kétszíndiagramon (így egyszerre négy adat ábrázolható). A rádiótartománybeli kétszíndiagram alapján lehet színezni az adatpontokat, amelyeket például optikai kétszíndiagramon lehet elhelyezni (egyszerre nyolc adat ábrázolható).

A keresésekhez jól használhatók egyes robotok, pl. a Gator keresőrendszer, amely a különböző helyről származó adatokat koordináták alapján azonosítja a 2MASS adataiban. A Virtuális Obszervatórium (VO) projekt mintegy öt éve folyamatosan épülő rendszer: a kiválasztott objektumok adatai már előre kigyűjtve szerepelnek, a különféle égboltfelmérésekben szereplő adatait táblázatszerűen vizsgálhatjuk, szűrhetjük, kereshetjük, és vehetjük össze. A felhasználó szempontjából jelentős, hogy egyre több forrás legyen elérhető a VO-n keresztül. A VO fejlesztésében magyar kutatók (Szalay A. Sándor, az MTA tagja, a Johns Hopkins Egyetem professzora, és munkatársai) közreműködése meghatározó.



2. ábra • Az optikai fotometriából származó  $g$  és  $i$  sávbeli, és a közeli-infravörös  $K$  sávbeli fényességekből számított  $g-i$  és  $i-K$  színindex alapján készített kétszíndiagramon jól elválnak egymástól a csillagok, a közönséges galaxisok és a kvazárok

#### A Naprendszer az égboltfelmérések szemével

A Naprendszerhez tartozó nagy objektumok, a bolygók és azok holdjainak vizsgálatában az égboltfelmérések szerepe csekély. Ennek igazi erőssége a kis égitestek, kisbolygók és üstökösök vizsgálata. Mivel ezek az égitestek szinte mindenhol megtalálhatók a Naprendszerben, megfigyelésük az égi mechanika, valamint a Naprendszer és általában a bolygórendszerek fejlődésével kapcsolatos vizsgálatok elengedhetetlen megfigyelési alapja.

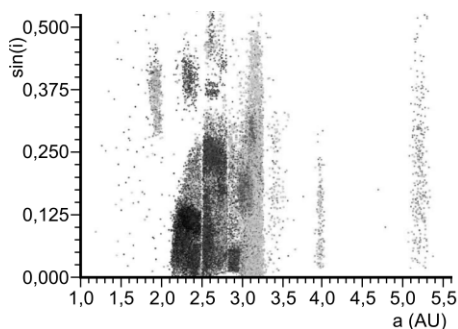
A nagyon pontosan ismert pályájú, így katalógusszámmal ellátott kisbolygók száma az 1980-as években enyhén növekvő, ezer körüli értékről a LINEAR- (1998-tól) és NEAT- (2001-től) programok hatására ugrásszerű növekedésbe kezdett, és mára meghaladta a kétszázet (3. ábra). E programok célja, hogy fölfedezzük a Földre is veszélyt jelentő égitestek legnagyobb képviselőit. Mára már több mint ezer potenciálisan veszélyes kisbolygót tartanak számon, és a fővön 2–4 km-nél nagyobb méretű égitestjeinek túlnyomó többségét ismerjük.

Az SDSS eredményei szerint a pályaelemek terében elkülönülő, ismert kisbolygócsaládok színe is különböző az egyes csomókban. Ez erősen alátámasztani látszik azt az elképzelést, hogy a kisbolygók több, jellegzetes (bazaltos, szilikátos, kondritos) anyagú égitest katasztrofális ütközésével és hierarchikus szétDarabolódásával jöttek létre. Jól megfigyelhető, hogy a mikrobecsapódások és a Nap ultraibolya sugárzásának hatására az idős kisbolygók felszíne egyre vörösebb és sötétebb lesz: tehát egy kisbolygó színárnyalata jó korindikátor. Magyar kutatások alapján mintegy 20 %-uk esetében van jelen a felszínen jól detektálható, a környezettől eltérő színű folt, amelyek különböző folyamatok (pl. kráter-

képződés) eredményei lehetnek, de biztosan nem jellemző, hogy eltérő színű égitestek összetapadásos ütközéséből származnak.

A Naprendszer története során az eredetileg kialakult, néhány száz vagy ezer kilométer méretű kisbolygók óriási ütközésekben kisebb-nagyobb darabokra törtek, és azóta is számtalan kisebb becsapódás érte a felszínüket. Kiderült, hogy a kisbolygók alakja a becsapódások hatására fejlődik: a fiatal családokban inkább elnyúltabb, az idősebb családokban a gömb alakhoz közelebb álló égitesteket találunk. Ennek oka minden bizonnyal az, hogy a kis becsapódások két-hárommilliárd év alatt „legömbölyítik” a kisbolygókat. A kis becsapódások rengéseket okoznak, amelyek hatására az anyag a csúcsokból a völgyekbe vándorol.

Az utóbbi években a Naprendszer távolabbi tartományaiban is egyre több kis égitestet fedeznek fel. Kétezer körül jár az ismert pályájú trójai kisbolygók száma. Ezek a fővonalú kisbolygóknál távolabb, a Jupiter pályá-



3. ábra • A kisbolygók pályahajlásának eloszlása ( $a$  a Naptól való távolság csillagászati egységben,  $i$  a pályasíknak az ekliptika síkjával bezárt szöge). A kisbolygók nagy számán kívül jól látszik a különböző kisbolygócsaládok léte, és a bizonyos naptávolságokban fellépő rezonanciaútrök is.

ján, az égi mechanikai szempontból stabil Lagrange-pontok körül keringenek. A két trójai Lagrange-pont egyformán stabil, ennek fényében meglepő, hogy a vezető pont körül mintegy 1,6-szer több égitestet találunk. Ez valószínűleg a Naprendszer kialakulása körüli állapotokat és a bolygók korábbi vándorlásának hatását tükrözi. A jelenség kimutatása szintén magyar kutatócsoportokhoz köthető. A fővövhöz hasonlóan már a trójai öv alcsaládjait is kimutatták.

#### A Tejútrendszer szerkezete

Galaxisunk spirálgalaxis: a központi vidéket nagy kiterjedésű korong övezi, amelynek leglátványosabb sajátossága, hogy ebben tekerednek a spirálkarok. A korong vertikális szerkezete a Galaxis történetével kapcsolatos ismereteink egyik legfontosabb forrása. Ezt csillagszámlálással, elsősorban az SDSS és a 2MASS adataival lehet föltérképezni (1. ábra). Az eredmények megerősítették, hogy a Galaxis három fő korongkomponenst tartalmaz, a csillagkeletkezési területek által kijelölt (kb. 200 fényév skálamagasságú) vékony korongot, a csillagok nagy részét adó vastag korongot (kb. 1000 fényév), illetve a csillagok környezetünkben mintegy 4%-át adó öreg korongot (kb. 5000 fényév skálamagassággal). A korong lapos, a Galaxis centruma tőlünk mintegy 25 ezer fényévre van.

A csillagközi anyag különböző formáinak eloszlását jellemző skálamagasságokat meghatározva kiderült, hogy a csillagkeletkezési területek, illetve a hideg felhőmagok rajzolják ki a vékony korongot. Ezzel beigazolódott, hogy a csillagok a Galaxisban (és minden bizonnyal a spirálgalaxisokban általában) a fősíkhöz közel jönnek létre, és csak később, különféle dinamikai hatások (csillag-csillag kölcsönhatás, csillag-spirálkar kölcsönhatás,

galaxisütközések stb.) következtében szóródnak ki a csillagok alkotta vastag korongba.

Az infravörös tartományt vizsgáló űrobservatóriumok (lásd *Ábrahám Péter és Kiss Csaba* tanulmányát e számunkban – a szerk.) megfigyelték, hogy a csillagok hogyan keletkeznek a csillagközi anyag összehúzódásából. Ugyanilyen fontos kérdés a csillagkeletkezés üteme, illetve a különböző tömegű csillagok térbeli sűrűsége a Nap környezetében. A legkisebb tömegű (ultrahideg) vörös törpecsillagokat és a barna törpéket, a késői M-, az L- (lítium törpe) és T- (metán törpe) spektrálosztályt a DENIS, az SDSS és a 2MASS mérte föl. A három mérés megháromszorozta az ismert ultrahideg csillagok számát.

A közeli-infravörös tartományban, a 2 mikrométer körüli hullámhosszakon a csillagközi por már majdnem teljesen átlátszó. Így a 2MASS felmérés megmutathatta a Galaxis legfiatalabb csillaghalmozait, amelyek a keletkezésükben közrejátszó csillagközi anyag fényelnyelésétől még nem látszanak az optikai hullámhosszakon. A 2MASS a Tejútrendszer középső vidékén megmutatta az egyedi csillagokat, lehetővé téve vizsgálatukat az optikaihoz közeli hullámhosszon, ám az optikai megfigyelést ellehetetlenítő, 40 magnitúdós fényelnyelés kedvezőtlen hatásai nélkül. Természetesen már korábban is megfigyelték a Galaxis centrumát infravörös hullámhosszakon, a 2MASS adatai azonban a központot az egész Galaxisba illeszkedve is megmutatták. Kiderült, hogy a Galaxis központjában a csillagok nagyjából hengersizmetrikus eloszlást követnek, azaz a Galaxis magja elnyúlt – ez a szerkezet a küllős spirálgalaxisokra jellemző. A Galaxis középpontjában több fiatal, nagy tömegű csillaghalmozatot fedeztek fel, ami mutatja, hogy a csillagkeletkezés a középpont környékén is jelentős.

A Galaxis külső tartományait, halóját az öreg, vagyis a Hertzsprung–Russell-diagram horizontális ágán levő óriáscsillagok segítségével lehet a legkönnyebben vizsgálni. Szerencsés, hogy e csillagok szerkezete, így színindexei kissé eltérnek a fiatalabb, I. populációs óriáscsillagok színétől (az SDSS  $u-g$  szín a felszíni gravitációra érzékeny, a  $g-r$  a hőmérsékletre), így egyszeri fotometriai vizsgálattal is nagy hatékonysággal azonosíthatók. Ha horizontális ági változócsillagot találnak, az nyilvánvalóan RR Lyrae típusú változócsillag, amelynek abszolút fényessége, ebből következően távolsága elég pontosan ismert. Már az SDSS első adataiban sikerrel alkalmazták ezt az eljárást, több mint 3500 RR Lyrae jelöltet azonosítva az 500 négyzetfokos területen. Ezzel a technikával 250 ezer fényévig feltérképezhető a Tejútrendszer halója, ideértve a kísérőgalaxisokhoz vezető hidak szerkezetét is. Az eddigi eredmények alapján a halóban a csillagsűrűség a távolság harmadik hatványával fordított arányban változik, ám a lokális szubstrukturák hatása igen nagy. Valószínű, hogy a nagymértékű inhomogenitások korábban elnyelt törpegalaxisok szétszórt csillagaiból származnak: azaz a Tejútrendszer halója nagyrészt akkréciós eredetű. Valójában a Galaxis számos tartományában vannak olyan lokális inhomogenitások, amelyeket az elnyelt törpegalaxisok szétszórt csillagai okoznak. Úgy tűnik, a galaktikus kannibalizmus, galaxisok ütközése és összeolvadása nem egzotikus folyamat, hanem éppenséggel kulcsfontosságú a nagy tömegű galaxisok kialakulásában.

#### A Lokális csoport

Tejútrendszerünk egy kisebb galaxistársulás, a Lokális csoport része. A Galaxis nagy tömege miatt számos törpegalaxis kering körülöt-

tünk: a Tejútrendszer a környezetével a Lokális csoporton belül saját alrendszert alkot. A mai napig húsz kísérőgalaxist ismerünk, melyek közül a legkorábban felfedezett kettő a két Magellán-felhő, a két legutóbbi pedig 2007-es felfedezés. Figyelemreméltó, hogy ezek majdnem mindegyikét égboltfelmérésekkel találták meg. A már említett Magellán-felhőkön kívül a Sculptor és a Fornax törpegalaxisok a kivételek: ezeket *Harlow Shapley* 1938-ban egy dél-afrikai expedíció során fedezte föl.

1950-ben és 1954-ben a Palomar Observatóriumban fedezték föl a Leo I, Leo II, Draco és Ursa Minor törpegalaxisokat, melyek abszolút fényessége  $-9$  és  $-12$  magnitúdó közötti. A második Palomar-felmérés segítségével találták meg a Carina törpegalaxist 1977-ben. Az UK Schmidt-távcsővel végzett égboltfelmérés az 1990-es évek elején két kísérőgalaxis felfedezéséhez vezetett. A Sextans törpegalaxist tőlünk 320 ezer fényévre 1990-ben találták meg, ez már az előzőeknél halványabb,  $-8$  magnitúdó abszolút fényességű. 1994-ben került sor aztán a harmadik legfényesebb kísérőgalaxis, a Sagittarius törpe felfedezésére. Vörös törpe csillagok radiálissebesség-mérését végezték az Angol-Ausztrál távcsővel, amikor nyilvánvalóvá vált, hogy a Tejút korongjába fűrődő alakzatban a csillagok jellegzetesen együtt mozognak. A területet a csillagközi fényelnyelés és a Tejút korongja miatt nehéz tanulmányozni; pedig kár, hiszen egy  $-15$  magnitúdó abszolút fényességű galaxist láthatnánk arrafelé, a Galaxis korongjának túlsó peremén.

Egy évtized szünet után, 2003-ban kapott új lendületet a kísérőgalaxisok felfedezése. Ekkor a 2MASS adataiban találtak egy jellegzetes csillagpopulációt, amely egy kisebb, a Canis Major területén található csomóból és

az ebből kinyúló nagyon hosszú csápokból áll. Itt egy, a korong körül keringő galaxisroncs szétszóródásának lehetünk szemtanúi; az árapálysavok valójában több rotációra lemaradva is követhetőek a Canis Major irreguláris törpegalaxis mögött. 2005-ben újabb galaxist fedeztek föl: a tőlünk 360 ezer fényévre keringő, mindössze  $-6,8$  magnitúdó abszolút fényességű Ursa Major törpegalaxist. Ez a felfedezés egyben az SDSS első törpegalaxisát jelenti, amelyet két újabb galaxis követett: az egyik esetben a legtávolabbi, a másikban viszont a legközelebbi kísérőgalaxissal van szó. A Canes Venatici törpe tőlünk 720 ezer fényévre kering, abszolút fényessége  $-7,9$  magnitúdó. A legközelebbi galaxis, a Bootes törpe mindössze  $-5,8$  magnitúdóval, azaz egy szerény gömbhalmaz fénytelsítménnyel ragyog, tőlünk nem egészen 200 ezer fényévre. 2007-ben az SDSS II a Lokális csoporthoz tartozó újabb öt galaxis felfedezését jelentette be, és a program végére több tucat további fölfedezést várnak.

#### *A távoli Univerzum és kozmológiai vizsgálatok*

**Galaxisok típusai, tulajdonságai:** A galaxisokat gyakran osztályozzák a Hubble-féle rendszer szerint (E0–E7 elliptikus, Sa, Sb, Sc spirális), amelynek számos, további morfológiai szempontokat (átmeneti formák, küllő, különböző gyűrűk stb.) figyelembe vevő kiterjesztése is létezik. Kozmológiai távolságok esetén azonban a legtöbb objektum csillagszerű vagy igen kis szögátmérőjű, ebből következően a Hubble-osztályok földi megfigyelések alapján kozmológiai távolságban nem értelmezhetőek. A spektrális energiaszétválás alapján alkotott fotometriai osztályozás a galaxisok SDSS-színindexein alapul. A galaxis spektroszkópiái típusát egy törtszám jellemzi, ez lényegében

azt méri, hogy mennyire kék vagy vörös az adott galaxis. A meglepő tulajdonsága ennek az osztályozásnak a bimodalitás, vagyis az, hogy a galaxisok nagy többsége két fő fotometriai típus egyikébe teljes biztonsággal besorolható: így beszélhetünk kék és vörös galaxisokról. A két osztály morfológiai paramétere (központi koncentrációja) szintén különböző. Ez az osztályozás részben megfeleltethető a Hubble-típusoknak: a kék galaxisok nagy része spirális, a vörös galaxisok nagy része elliptikus ugyan, de bizonyítható, hogy a megfelelés nem tökéletes: vannak kék elliptikus és vörös spirális galaxisok is, mintegy 10 % arányban. Az átmeneti vagy bizonytalan besorolású objektumok csoportja nem nagy, illetve az átfedés mértéke fotometriai hibákkal magyarázható. Tekintetbe véve a Hubble-osztályok keveredését a fotometriai csoportokban, jogosan vetődik föl a kérdés, hogy miért nem figyelünk meg átmeneti fotometriai típusú objektumokat – erre ma még nem tudjuk a pontos választ.

A kék és a vörös galaxisok egy galaxis-halmazban belül másként is rendeződnek, a kék galaxisok jobban csomósodnak. Ez nem meglepő, tekintetbe véve, hogy a vörös galaxisok közé számos kisebb elliptikus, sferoidális és egyéb törpegalaxis tartozik, amelyek a galaxis-halmazok halójában és a halmazok közti mezőben is gyakran fordulnak elő.

**Csillagkeletkezés, barionos és sötét anyag extragalaxisokban:** A galaxisok építőelemeinek mennyiségét jól tudjuk becsülni égboltfelmérési technikákkal. Egy galaxis tömeg/fényesség aránya modellszámítások alapján jól becsülhető a 400 nm-es fényesség és a hidrogén Balmer-sorozatából a H $\delta$  vonal erősségének arányával. Az SDSS-fotometria és a galaxis vöröseltolódása alapján kiszámítható a galaxis távolsága és abszolút fényessége;

ez a már ismert tömeg/fényesség arányon keresztül a tömeg meghatározásához vezet. A látható tömeg közvetlenül becsülhető a fényesség alapján. A csillagközi anyag aránya becsülhető a  $g-r$  és  $r-i$  fényességek vörösedéséből; ugyanez lehetséges az emissziós galaxisok esetében a H $\alpha$ /H $\beta$  arányból. A GALEX fluxusaival kiegészítve a spektrumokat a nagy tömegű csillagok és a por hatását még pontosabban figyelembe lehetett venni. Ha egy jól választott infravörös színindex alapján a portartalom becsülhető, a galaxis csillagkeletkezési rátáját a GALEX-SDSS-színindexek segítségével, tisztán fotometriai módszerrel szintén meg lehet mérni.

E módszerekkel lehetővé vált az egymilliárd SDSS-galaxis látható, csillagközi és sötét anyagának vizsgálata. Az eredmények szerint a nagy tömegű galaxisokban már jórészt lezajlott a csillagkeletkezés: az egymilliárd naptömegű galaxisok 10 %-a még csillagontó (tömegének 5 %-a az elmúlt százmillió évben keletkezett), ám a százmilliárd naptömegű objektumok között már egy ilyen sem találgunk. Figyelemreméltó, hogy 10 % elliptikus galaxis is van a nagy csillagkeletkezési rátájú csoportban. A galaxis csillagainak összömege függ a galaxis nehézelem-tartalmától (a csillagászatban a héliumnál nagyobb rendszámú elemekre összefoglaló néven fémekként hivatkoznak): nincsenek kis tömegű, kiemelkedően nagy fémességű galaxisok. Fontos eredmény, hogy a sötét anyag legalább 40 %-a is a galaxisokban van jelen.

A Hubble-úrtávcső mélyvizsgálati területeit (Deep Field) a GALEX segítségével is megfigyelték. Ezek további földi megfigyelésekkel kiegészítve több mint 8000,  $z \approx 0,7$  vöröseltolódásnak megfelelő távolságban lévő galaxis fotometriai és morfológiai vizsgálataira is lehetőséget adtak. Látszik a morfológiai

és fotometriai paraméterek együttes fejlődése: a galaxisok megjelenését elsősorban a csillagkeletkezés határozza meg. A  $z \approx 0,7$  távolságú galaxisok tulajdonságai hasonlóak a környezetünkhöz, de a csillagkeletkezési ráták átlagosan még magasabbak, mint napjainkban. Megfigyelhető, hogy a  $z \approx 0,7$  kor és a mi korunk között még növekszik a vörös galaxisok darabszáma is.

**Csillagontó és aktív galaxisok:** A galaxisok két nagy csoportjában figyelhetünk meg jelentős emissziós vonalakat, amelyek azonban teljesen eltérő folyamatok miatt alakulnak ki. Az aktív galaxisok közepén egy sűrű tóruszba ágyazott, nagy tömegű aktív fekete lyuk helyezkedik el, amely folyamatosan nyeli el az anyagot az akkréciós korongon keresztül, erre merőlegesen pedig nagy energiájú plazmasugár tör elő, amely a rádiótartományban látványos. Az aktivitás emisszióra készíti a rendszer körüli diffúz csillagközi anyagot, amely az optikai spektrumban is megjelenik. A csillagontó galaxisokban valamilyen folyamat (például gravitációs kölcsönhatás) heves csillagkeletkezést indukál, és a fiatal csillagok ultraibolya sugárzása miatt figyelhetjük meg a csillagközi anyag optikai emisszióját. A kétféle folyamatot a csillagközi anyagra jellemző spektrumvonalak intenzitásaránya (például: NII/H $\alpha$ , OIII/H $\beta$ ) alapján lehet megkülönböztetni. A csillagontó galaxisok a megfigyelések szerint kékek és kis koncentrációs indexűek. A GALEX képein főleg a csillagontó galaxisok látszanak, de az aktív galaxisok 10 %-a is megjelenik, a ROSAT viszont leginkább az utóbbiakat látta.

A csillagontó galaxisok 60 mikrométeren 1 magnitúdóval fényesebbek az átlagos galaxisoknál. Ennek három lehetséges oka van: a csillagontó galaxisokban a por melegebb az átlagosnál; a por több az átlagosnál; a beeső

ultraibolya sugárzás erősebb az átlagos galaxisra jellemző értéknél. A helyes magyarázatra a GALEX által detektált ultraibolya sugárzás vezetett: a 60 mikrométeres sugárzás növekedésének elsődleges oka a csillagontó galaxis nagyobb ultraibolya fluxusa.

**Kvazárok:** A kvazárok a korai Univerzum fiatal, aktív galaxismagjai: a centrális fekete lyukba behulló, nagy mennyiségű anyag sugárzását látjuk. A fényforrás kis méretű, és a kvazárok messze vannak tőlünk, ezért kiterjedésük ezred ívmásodpercben mérhető: emiatt a legtöbb égbolttelkép pontforrásként detektálja őket. Az energiatermelés nagyon nagy mértékű, a kvazárok abszolút fényessége általában -25 magnitúdó körüli, ám ismerünk -30 magnitúdó abszolút fényességű kvazárokat is! A színekben jellegzetes, általában többször ionizált elemektől (MgII, CIII, CIV, SiIV, OIV, különféle ionizációs fokú Fe stb.) származó, a gyors mozgások miatt rendkívül kiszélesedett emissziós vonalak jelennek meg. Ezek az elemek arra utalnak, hogy ebben az anyagban már a kvazárok korszaka előtt lezajlott egy csillagkeletkezés (III. populációs csillagok), és a csillagok robbanása már a korai univerzumot „beszennyezte” nehézelemekkel. Az SDSS fedezte föl a távoli kvazárok színekében a Gunn–Peterson-vályút: a  $z=6$  körüli kvazárok színekében a hidrogén Lyman-alfa vonalától rövidebb hullámhosszakon folyamatosan jelen lévő jelentős abszorpció figyelhető meg. Ez arra utal, hogy a sugárzás kezdetben semleges hidrogénben haladt, amely a sugárzás elnyelésével ionizálódott. A közelebbi kvazárok színekében nem folytonos, hanem eseti jellegű Lyman-alfa abszorpciókat láthatunk (Lyman-alfa erdő), jól mutatva, hogy a korai csillagok sugárzásától a semleges hidrogén elkezdett ionizálódni, és semleges állapotban csak el-

szórt felhőkben maradt meg. Azon túl, hogy így megismerhettük a galaxisok közötti anyag állapotának fejlődését, az abszorpciók szerkezetek alapján ismét olyan megfigyelhető jelenséghez jutottunk, amelyből közvetlenül következtethetünk az anyag, sötét anyag, sötét energia arányára a Világegyetemben.

A kvazárok színe a részben szinkrotron eredetű kontinuum sugárzás miatt optikai hullámhosszakon kékes, ezért spektroszkópia hiányában fotometriailag is jól fölismerhetők. A behulló anyag mennyiségének időbeli fluktuációja miatt a kvazárok rövid időskálán (10–500 nap) jelentős fényváltozásokat mutatnak. A Palomar-égbolttelkép és az SDSS közös katalógusa azokat a változó fényességű, csillagszerű forrásokat tartalmazza, amelyek a két felmérés között legalább 0,5 magnitúdós fényváltozást mutattak; ezek nagy része fél-szabályos változócsillag vagy kvazár.

**Mikrohullámú háttérsugárzás:** A Világegyetem minden irányából érkezik hozzánk a mikrohullámú háttérsugárzás, amelynek jelenléte az ősrobbanás legfontosabb bizonyítéka. E sugárzás fotonjai akkor szabadultak ki, amikor a fiatal, mintegy 300 ezer éves Világegyetem tágulása és fokozatos hűlése során a plazma rekombináldott, az atommagok befogták az elektronokat. Így a sugárzás számára nem átlátszó plazma átlátszó anyagokká, semleges hidrogénné és részben héliummá vált. A kozmikus háttérsugárzás majdnem homogén eloszlású. Tökéletesen homogén anyagból viszont nem alakult volna ki a mai inhomogén Univerzum: ennek megfelelően a COBE- és WMAP-műholdak megtalálták az 1/10 000 nagyságrendnyi eltéréseket mutató lokális csomósodásokat, foltokat, azaz anizotrópiát is. Ezek közül leggyakoribb a mintegy egy foknyi látszó területű foltok csoportja.

A Világegyetem fejlődése, a távoli galaxis-halmazok és a közeli galaxisok is módosítják a háttérsugárzás szerkezetét. A legfontosabb zavaró komponens maga a Tejútrendszer: a WMAP adataiból megállapítható a Tejútrendszer sugárzási teljesítménye a 2,83–3,65 mm hullámhossztartományon (W sáv;  $3 \times 10^{30}$  watt), és az Androméda-galaxisé is (az előző érték 1,8-szerese). E zavaró hatások azonban az anizotrópiához képest is kicsik, így annak vizsgálatát nem befolyásolják jelentősen.

Az anizotrópia szerkezetéből ki lehet olvasni, hogy mekkora mértékű csomósodások vezettek a mai nagy léptékű szerkezet kialakulásához, és ennek fényében megvizsgálhatjuk a kozmológiai modelleket. Az eredmények szerint az anyag lassabban csomósodott annál, mintha csak a gravitáció játszott volna szerepet, amiből következtethetünk arra, hogy a csomósodás ellen ható valamely folyamat (a sötét energia) fontos szerepet játszott a struktúra alakulásában, az Univerzum fejlődésében. Ugyanígy azt is megfigyelhetjük, hogy mekkora volt a mai Világegyetem egy pontból belátható része (az eseményhorizont) a lecsatlódás, azaz a háttérsugárzás keletkezésének idején. A háttérsugárzás közös horizont alá tartozó celláiban az anyag ugyanis rendezett mintázatba tudott alakulni, itt az anyag mintegy összehangolódtott, ami a foltok jellegzetes, egy fok körüli méretét okozta. A mikrohullámú háttérsugárzás vizsgálatáért és a csúcsok értelmezéséért ítélték oda a 2006-os fizikai Nobel-díjat *John C. Mathernek* és *George F. Smootnak*. Láthatjuk-e ennek a szerkezetnek a nyomát a mai Világegyetem szerkezetében? A kozmológiai modellek szerint a mai galaxisok eloszlásában nagyon nagy méretű csomókat kell keresni, annál is jóval nagyobbakat, mint egy óriás galaxis-halmaz.

*A nagy léptékű szerkezet és a háttérsugárzás összevetése:* A nagy léptékű szerkezet vizsgálata az irány- és távolságinformációk közvetlen téri ábrázolása az egyik lehetőség. A 2dF és az SDSS alapján az ég különböző szeleteit vizsgálva mindenütt egy jellegzetes, szivacsos szerkezetet látunk: a galaxisok szálakban és falakban csoportosulnak, és az ezekből összeálló szövet alkotja ezt a nagy léptékű szerkezetet. Ennél egyszerűbben is vizsgálhatjuk azonban a galaxisok eloszlását kétpont-korrelációs függvényekkel: azt figyeljük meg, hogy egy adott galaxistól adott távolságra milyen valószínűséggel találunk további galaxisokat. Kiderült, hogy a galaxisok eloszlása nem véletlenszerű: egy adott galaxistól távolodva egyre kisebb valószínűséggel találunk egy másikat, míg kb. 300 millió fényévet meghaladó távolságban ez a valószínűség „beáll” egy konstans értékre. Ez azonban még nem a korai Univerzum csomósodásaiból származó szerkezet.

Az SDSS majdnem ötvézezer távoli vörös galaxis alapján végezte el a főnti vizsgálatot, a kiválasztott galaxisok átlagos vörösetlódása 0,32 volt, az elért térfogat 90 milliárd köbfényév. Eredményeik szerint a galaxisok eloszlásának csomósodása (kétpont-korrelációs függvénye) 450–550 millió fényév között kis növekedést mutat (barioncsúcs), ami arra utal, hogy a galaxisok szerkezetében ilyen méretű „óriáscsomók” is megjelennek – igaz, ezekben a sűrűsödés a környezetükhöz képest szinte elenyészően csekély. Ez a szerkezet az akusztikus hullámok rég keresett maradványa! Látva a háttérsugárzásban az első csúcs szög méretét és ismerve a most talált barioncsúcs skálahosszát, végül egy „abszolút méterrudat” kaphatunk, amely a kozmikus háttérsugárzás keletkezéséig ér. Ennek a méterrúdnak a hossza szintén fontos kozmológiai paraméter,

amit a különböző modelleknek reprodukálniuk kell.

#### *A közeljövőben várható eredmények*

A jövőben több nagytávcsöves földi és űrtávcsöves égboltfelismerés indul. A Pan-STARRS optikai felmérés a Hawaii Egyetem négy darab 1,8 méteres távcsövére épül. A 2007–2010 közöttre tervezett projekt adatai egyelőre nem nyilvánosak. A Large Synoptic Survey Telescope (LSST) egy 8,4 méteres, egytűkrű távcső lesz, amely 15 másodperc expozícióval 24,5 magnitúdóig örökíti meg az eget a következő évtized közepétől. A kamerafej ember méretű, 3500 megapixeles CCD-elrendezés lesz, a műszer látómezeje 10 négyzetfok. Ilyen módon az egész eget nagyjából háromnaponta végigméri majd a műszer! A várakozások szerint az LSST föl fogja fedezni a Földre veszélyes összes kisbolygót, a fővben lévő kisbolygókat 500 méter átmérőig, az összes RR Lyrae változócsillagot 250 ezer fényéven belül, a mira típusú változócsillagokat 2,5 millió fényéven belül; évente fölfedez és kimér 3500 szupernóvát. A program töredékidejében 10–20 perces expozíciókkal galaxishalmazokról végeznek megfigyeléseket (öt látómező, 50 négyzetfok), s ezek eredményeképpen még tízezer szupernóva fölfedezése várható évente, azaz évente egy nagyságrenddel több, mint a történelem előtti időktől máig összesen!

Az űrcsillagászatban továbbra is helye lesz az égboltfelismeréseknek. Az ESA 2009-ben indított Planck-műholdja a háttérsugárzást vizsgálja majd a WMAP-nél kétszer jobb felbontással. Várható, hogy a későbbi Világegyetem hatásait is ezzel a felméréssel lehet majd először részletesen megvizsgálni. A leg egzotikusabb vállalkozás kétségtelenül az ESA–NASA már működő LIGO–VIRGO interferométere, és ennek továbbteleként a

LISA-műholdak pályára bocsátása, aminek célja a gravitációs hullámok fölfedezése és a gravitációs megfigyelő csillagászat megalapozása lesz. E területnek az a különleges jelentősége, hogy gravitációs hullámok segítségével beláthatunk a háttérsugárzás mögé, a Világegyetem korai állapotába. Az úttörőnek nevezhető LISA már akkor is sikeres lesz, ha egyáltalán talál gravitációs hullámot. A rendszer három műholdból fog állni, amelyek egymástól ötmillió kilométerre keringenek, a gravitációs hullámok a közöttük lévő távolságokat változtatják majd. A műholdak távolságát lézeres módszerrel kell majd megmérni, hiszen a szokványos gravitációs hullámok még ilyen nagy kartávolságok mellett is csak atomi méretű változásokat okoznak.

Összefoglalásul megállapíthatjuk, hogy a számítástechnika (adatbányászat, képfeldolgozás), a műszertechnika és az űrtechnika fejlődése egyszerre tette lehetővé az összes hullámhossz elérését és az egyes adatok ösz-

szekapcsolását. Az internet és a kutatói mobilitás szintén napjainkra eső gyors fejlődése lehetővé tette, hogy ezekbe a kutatásokba nagyon sok kutató kapcsolódhasson a világ bármely tájáról, és létrejöttek az égboltfelismerések sajátos, nagy szellemi potenciált felhalmozó, interkontinentális asztrofizikai műhelyei. Az égboltfelismerési módszer máris sok izgalmas megfigyeléshez és meglepő válaszokhoz vezetett, de ezek alapján is csak sejteni lehet a benne rejlő jövőbeni lehetőségeket.

A szerző köszöni az MTA Bolyai János Posztdoktori Ösztöndíj, az OTKA K 76816 és az MTA Lendület Fiala Kutatói Programja támogatását.

*Kulcsszavak: égboltfelismerés, csillagászati megfigyelési technikák, műholdak, virtuális obszervatórium, Naprendszer, kisbolygók, a Tejútrendszer szerkezete, Lokális csoport, galaxisok, galaxishalmazok, a Világegyetem nagy léptékű szerkezete*

#### IRODALOM

- Csabai I. (2004): A Világegyetem térképe. Természet Világa. 135, 7.  
 Kiss László (2005): Vörös óriás változócsillagok. In: Holl András – Mizser A. – Taracsák G. (szerk.): *Meteor csillagászati évkönyv 2006*. MCSE, Bp., 228–244.  
 Szabados László (2000): A mikrováltozó-csillagászat és a mega-változócsillagászat felé. In: Mizser Attila – Szabados L. – Taracsák G. (szerk.): *Meteor csillagászati évkönyv 2001*. MCSE, Budapest, 237–248.

- Szabó M. Gyula (2006): Nagy égboltfelismerések a csillagászatban. Fizikai Szemle. 56, 12, 403–407.  
 Szabó M. Gyula (2006): Szupernóvák megfigyelése – hogyan tovább? Meteor. 12, 37–42.  
 Szabó M. Gyula (2007): Égboltfelismerések kozmológiája. In: Benkő József – Mizser Attila (szerk.): *Meteor csillagászati évkönyv 2008*. Magyar Csillagászati Egyesület, Budapest, 266–285. o.  
 Szabó M. Gyula (2007): Galaxisunk felmérése. Meteor. 37, 7–8, 33–37.

# MIRE A NAP MEGVÉNÜL

Kiss L. László<sup>†</sup>

az MTA doktora, tudományos tanácsadó,  
MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézet  
laszlo@physics.usyd.edu.au

Napunk csillagászati értelemben kis tömegű törpecsillag, amely önszabályzó termonukleáris erőműként megteremti életünk fizikai alapjait. Cikkünkben áttekintjük a Naphoz hasonló csillagok fejlődését, a kapcsolódó jelenségek hátterét és következményeit, illetve megpróbáljuk elképzelni, milyen lesz a mai Naprendszer kb. 7,6 milliárd év múlva, amikor központi csillagunk vörös óriássá felfúvódva a Föld jelenlegi pályaméretét meghaladóan kitágul.

## Pillantás a Nap belsejébe

Napunk a csillagászat egyik legfontosabb etalonja, hiszen tömegét, sugarát, kisugárzott fényteljesítményét (luminozitását) általában ezen mennyiségek egységként használjuk: így beszélünk tizenöt naptömegű ( $M_{\text{Nap}}$ ) fekete lyukakról, ezer napsugarú ( $R_{\text{Nap}}$ ) vörös szuperóriásokról vagy éppen százezer napluminozitású ( $L_{\text{Nap}}$ ) hiperóriás csillagokról. Legközelebbi csillagként az asztrofizikai elméletek legfontosabb kalibrációs tesztobjektuma, melynek fizikai jellemzői igen pontosan ismertek. A közelség miatt felszíni részletei nagy szögfelbontással tanulmányozhatók, a Nap által kibocsátott fotontenger színképi elemzése igen érzékeny vizsgálatokat tesz le-

hetővé. Mindezek együttesen a *csillagfejlődési elméletek* nagyon pontos kidolgozását is eredményezték, így általában véve a csillagok evolúciójában is egyfajta etalon a Nap, melynek jelenlegi állapotából nagy pontossággal rekonstruálhatjuk a Nap típusú csillagok múltját, illetve előre jelezhetjük jövőjüket.

A csillagok kezdeti tömegfüggvénye, azaz a különböző tömegű csillagok gyakorisága egy egyszeri csillagkeletkezési esemény során, széles tömegtartományon keresztül jól közelíthető egy hatványfüggvénnyel, melynek a kitevője -2 közelébe esik (Salpeter, 1955; Kroupa, 2002). Ez azt jelenti, hogy a csillagkeletkezés folyamatai a kis tömegű égitestek kialakulását részesítik előnyben, aminek következménye, hogy Tejútrendszerünk legtöbb csillaga a Naphoz hasonló vagy még kisebb tömegű törpecsillag. Ugyanakkor az is következik ebből, hogy ha Napunk szerkezetét és fejlődését megértjük, akkor a csillagok többségének sorsáról meglepően pontos információkat tudunk leszűrni az asztrofizika törvényeire alapozva. Mindez többek között azért is jelentős, mert a más csillagok körül keringő bolygókra vonatkozó forradalmi felfedezések az elmúlt tizenöt évben megmutatták, hogy a bolygórendszerek igen gyakoriak, például a csillagukhoz igen közel keringő, ún. forró Jupiter típusú óriásbolygók a Nap típusú csillagok legalább 3–4 %-ára jellemzők

(Butler et al., 2006). Azaz, Napunk jövője az idegen naprendszerek lehetséges sorsáról is sokat elárul.

Napunkra pillantva a különböző hullámhosszakon készült képek más és más tartományokat mutatnak be, melyek a forró naplégkör hőmérsékleti, ionizációs, mágneses stb. tulajdonságait teszik meghatározhatóvá. A színképelemzés rendkívül hatékony módszere segítségével nagyon pontosan megállapíthatjuk a látható fényt kibocsátó tartományában mintegy 5800 K hőmérsékletű gázanyag pontos összetételét. A felszíni hőmérsékletből, csillaglégköri paraméterekből viszonylag egyszerű feltevésekkel megbecsülhetjük a Nap belsejében uralkodó viszonyokat. Az asztrofizika korai eredménye, hogy Napunk magjában sok millió fokos hőmérséklet és hatalmas nyomás uralkodik, amely megteremti a fúziós reakciók stabil fennmaradását igen hosszú időn keresztül. Napunk anyagának kb. 73 %-a hidrogén, majdnem 25 %-a hélium, és a nehezebb elemek (csillagászati szóhasználatban ez utóbbiakat együtt fémeknek hívjuk) aránya valamivel kevesebb, mint 2 %. Jelenleg központi csillagunk magjának anyaga mintegy 15 millió fokos hőmérsékletű és 150 ezer kg/m<sup>3</sup> sűrűségű hidrogén és hélium keveréke, melyben a hidrogén folyamatosan héliummá alakul. Ebből a tényből két fontos következtetés vonható le: (i) Napunk jelenlegi állapotának élettartamát a fúzióra képes hidrogén mennyisége határozza meg; (ii) egy adott csillag magjának héliumtartalma igen érzékeny az égitest korára, tehát ha meg tudjuk becsülni a magbéli hélium arányát, hatékony korbecslési módszer hullhat ölünkbe.

Feltehető a kérdés: hogyan lehet következtetni Napunk vagy más csillagok magjának héliumtartalmára? A választ az *asztroszeizmológia* (a Nap speciális esetében helioszeizmo-

lógia) szolgáltatja, melynek módszerei nagymértékben hasonlítanak a geofizikusok szeizmikus vizsgálataiéhoz. Miként a földrendéshullámok terjedése bolygónk belsejében elárulja a mechanikai tulajdonságok változását egészen a Föld magjának határáig, ugyanúgy a csillagokban kialakuló állóhullámok frekvenciáinak megmérése, majd elméleti modellekkel való összehasonlítása is lehetővé teszi a csillagbelső szerkezetének feltérképezését. A pulzáló változócsillagok oszcillációi különösen akkor hasznosak részletes szeizmológiára, ha nagyon nagyszámú független rezgési állapot, ún. módus gerjesztődik egyszerre, ebben az esetben ugyanis a különböző hullámhosszú módusok eltérő mélységű rétegeket mintavételeznek (*1. ábra*).

A Naphoz hasonló csillagok szoláris oszcillációi kínálják mindeddig a legpontosabb módszert asztroszeizmológiára. A Napunktól nem túlzottan eltérő tömegű és hőmérsékletű égitestekben kb. a csillagsugar külső negyedét a *konvektív zóna* teszi ki, ahol a forrásban lévő vízhez hasonlóan forró buborékok emelkednek fel, majd lehülve, süllyednek vissza. A buborékok véletlenszerű mozgása által keltett nyomásváltozások (a csillag gázanyagának „bugyogása”) az egész csillagra kiterjedő olyan rezgéseket váltanak ki, melyek a konvektív gerjesztés nélkül erősen csillapított módusokhoz tartoznak. A Nap esetében ezek jellemzően ötperces periódusú oszcillációk, melyek valójában sok-sok ezer egyedi módus folyamatosan változó gerjesztése és csillapítása eredményeként figyelhetők meg.

Az asztroszeizmológia legmagasabb szintjét a szeizmikus inverzió jelenti, amelynek során a mért rezgési frekvenciákból meghatározuk a csillag belsejében érvényes lokális hangsebesség értékét a központtól mért távolság függvényében. Mivel ez az érték a sűrűség,

<sup>†</sup> A Lendület Fiatal Kutatói Program egyik nyertes pályázója (a szerk.)



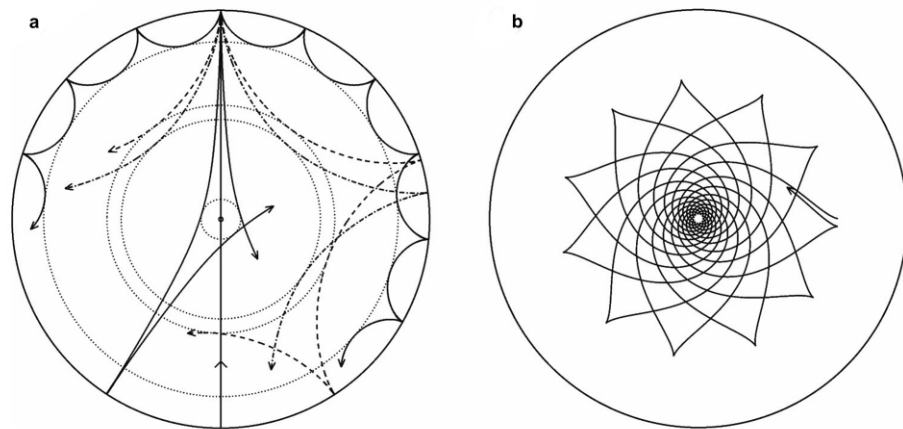
a hőmérséklet és a plazma átlagos molekuláris tömegével jellemzett kémiai összetétel függvénye, a teljes inverzióból olyan paraméterek is levezethetők, mint a csillagmag pontos mérete, az ionizációs állapotokban bekövetkező hirtelen változások pontos elhelyezkedése, a konvektív zóna és az alatta levő sugárzási zóna mérete, de még az egész csillag forgási állapotának változása is a mélység függvényében (a terület friss áttekintését lásd például Aerts et al., 2008).

A leg részletesebb vizsgálatokra mindeddig csak a Nap esetében kerülhetett sor, mivel még a legfényesebb közeli, Nap típusú csillagok szoláris oszcillációit is egészen a legutóbbi évekig szinte lehetetlen volt detektálni. Mára a helyzet alapvetően megváltozott, a nagyon érzékeny sebességmérések mellett az ultraprecíz *fotometriai űrtávcsövek* (CoRoT, Kepler) is beszálltak a Nap típusú csillagok mérésekkel nagy kihívást jelentő oszcillációinak tanulmányozásába. A Kepler-űrtávcső-

re vonatkozó részletes szimulációk alapján az asztroszeizmikus vizsgálatokkal valódi *precíziós asztrofizika* válik lehetségessé, hiszen a Nap típusú csillagok tömegét, sugarát és korát rendre 5 %, 3 % és 10 % relatív hibával meg lehet határozni (Kjeldsen et al., 2009). Mindezzel a csillagok belső szerkezetére és fejlődésére vonatkozóan forradalmian új eredményekre fog vezetni a következő évtized elején. Érdeemes megemlíteni, hogy a kutatásokban az MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézetből is sokan részt vesznek a CoRoT és a Kepler asztroszeizmológiai tudományos konzorciumaiban.

#### A fejlődés útjai

Amennyiben kellő részletességgel ismerjük egy csillag pillanatnyi belső szerkezetét, a magjában zajló energiatermelés magfizikai folyamatai determinálják a későbbi állapotok alakulását. Érthető, hogy a különböző magátalakulási reakciók hatáskeresztmetszetei –

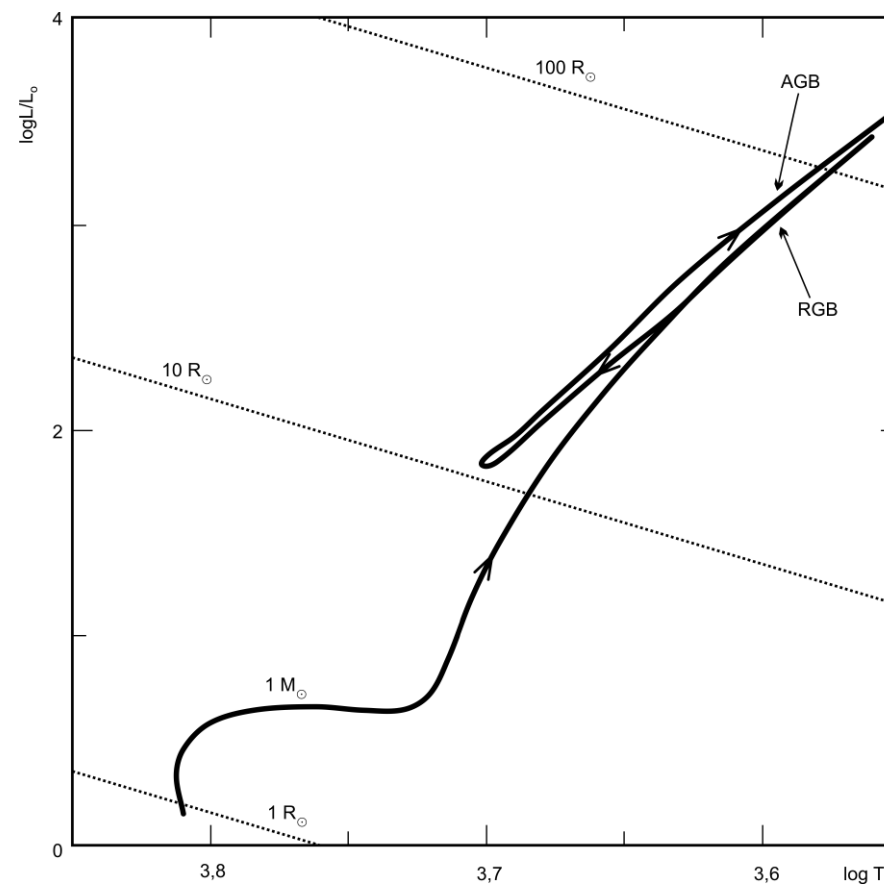


1. ábra • Hullámterjedés a Nap belsejében • a – a felszín közelében gerjedő nyomási hullámok (p-módusok) behatolási mélysége erősen függ a frekvenciától: minél nagyobb a frekvencia, azaz rövidebb a hullámhossz, annál inkább a felszín közelében marad az adott hullám. b – a mag közelében gerjedő g-módusok (amelyeknél a visszatérítő erő a gravitáció) nem képesek kijutni a csillag felszínéig (Kiss 2008).

melyeket a nukleáris asztrofizika mindmáig nagyenergiás kísérletekkel, illetve nagyon pontos számításokkal igyekszik pontosítani – kulcsfontosságú szerepet játszanak a fejlődési modellek technikai részleteiben. Nagy vonalakban azonban már bő fél évszázada ismerjük a csillagok fejlődését, aminek pontos lefutása elsősorban az égitestek kezdeti tömegétől függ. A Napunkhoz hasonló csillagok élettartama néhány milliárdtól néhány tízmilliárd évig terjed, végállapotuk pedig lassan hűlő elfajult törpecsillag, egy fehér törpe. Ezzel szemben például a 10–15 nap-

tömegű objektumok alig néhány millió év alatt elhasználják a fúziós reakciókra képes nukleáris üzemanyagukat, aminek bekövetkeztével roppant nagy energiafel szabadulással járó szupernóva-robbanás zárja fejlődésüket.

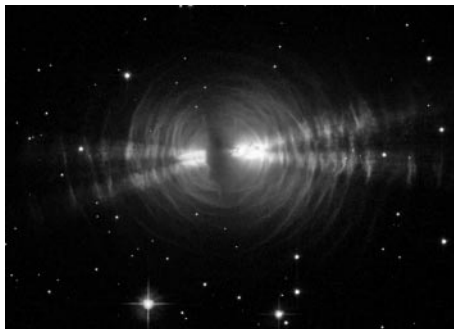
Az evolúcióra vonatkozó részletes modellszámítások alapján tudjuk, hogy minden csillag a luminozitást a hőmérséklet függvényében ábrázoló Hertzsprung–Russell-diagram (HRD) fősorozatán kezdi életét, amikor a magbéli hidrogén–hélium fúzió felelős az energiatermelésért. A kis és közepes tömegű csillagokban (kb. fél és öt naptömeg között)



2. ábra • Egy 1 naptömegű fémszegény csillag evolúciós útvonala a Hertzsprung–Russell-diagramon (Castellani et al., 2003 modelljei alapján).

a magbéli hidrogén elfogytával az energiatermelés kikerül a magból az azt övező hidrogén-égető héjba. Mindeközben a csillag megkezdí vándorlását a HRD jobb felső sarka felé, azaz luminozitása megnő, felfúvódik, hőmérséklete pedig lecsökken (2. ábra). Ekkor beszélünk (első) *vörös óriáságról* (Red Giant Branch – RGB), amihez jól meghatározott maximális luminozitás tartozik. A számítások szerint a csillagok tömegétől szinte teljesen független az RGB tetejének (tip of the Red Giant Branch – TRGB) luminozitása, ami így jól használható távolságindikátor is egyben. A TRGB-t a csillagok akkor érik el, amikor a héliummá átalakult magban beindul a hélium szénné való átalakulása; ehhez a csillag tömegének legalább 0,5–0,6 naptömegűnek kell lennie. A hélium fúziója szénné hirtelen kezdődik, ami érdekes módon a csillag összehúzódásával és felmelegedésével jár.

Amikor a magbéli hélium nagy része átalakul szénné, hasonló folyamat játszódik le, mint az első vörös óriáságra kerülés előtt: az

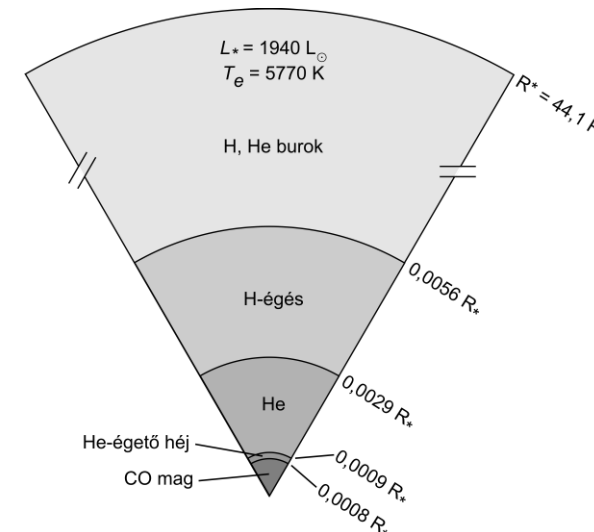


3. ábra • A Tojás-köd. A fák égvgyűriúhez hasonló koncentrikus gyűriú az aszimptotikus óriáságon jelentkező, időszakosan erősebb tömegvesztési folyamatokra utalnak. A két átlós „fény sugar” a központi csillag fénye, ami a csillag körüli porburokból a sugarak irányában tud csak kijutni (NASA/HST/STScI).

energiatermelés újra kikerül a csillag magjából az azt övező, héliumban és hidrogénben gazdag héjakba. Ekkor a luminozitás újra megnő, emiatt a csillag újból felfúvódik vörös óriássá, hőmérséklete pedig ismét lecsökken 3000–4000 K közé. Ezt a második vörös óriáságot hívjuk *aszimptotikus óriáságnak* (Asymptotic Giant Branch – AGB), ahol a csillagok fejlődése markáns fordulóponthoz érkezik: a több száz napsugárra való kitágulás miatt a csillag anyagának külső részei igen távol kerülnek a tömegközépponttól, azaz a szökési sebesség néhány km/s-ra csökken le. Ilyenkor a legkisebb instabilitások is erős tömegvesztési folyamatokat indítanak el, amelyek végén a csillag tömegének jelentős része (akár 80–90 %-a is!) ledobódik, létrehozva egy lassan táguló gázfelhőt, amit a csupaszá váló, forró csillagmag intenzív sugárzása fénylére gerjeszt. Ekkor születik meg egy új *planetáris köd* (3. ábra), közepén a lassan hűlő, akkorra már általában szénből és oxigénből álló csillaggal, ami csillagászati léptéken rövid idő múlva a fehér törpék közé kerül, mindenféle további energiatermelés nélkül.

A 2. ábrán ezt az útvonalat láthatjuk egy naptömegű fémszegény csillagra, elméleti számítások alapján (Castellani et al., 2003). Az átlós vonalak jelzik az 1, 10 és 100  $R_{\text{Nap}}$  sugarú csillagok helyét. Jól látszik, hogy a Napunkhoz hasonló csillagok kb. 200  $R_{\text{Nap}}$  méretig fúvódnak fel, miközben hőmérsékletük 3500 K-re csökken. A modellek egyelőre bizonytalanok mind az RGB, mind az AGB tetején, ahol a tömegvesztés figyelembe vétele az elméleti számításokban rendkívül nehéz.

Napunk fejlődése jelenleg nagyjából félúton jár a fősorozati állapot kezdete és az aszimptotikus óriáság között. Az utóbbi állapotban lévő csillagok belső szerkezete nagyon



4. ábra • Egy  $5 M_{\text{Nap}}$  tömegű AGB-csillag belső szerkezete. A magot övező héjak méretét meg kellett százszorozni az ábrázolhatóságához (Carroll – Ostlie, 1996 nyomán).

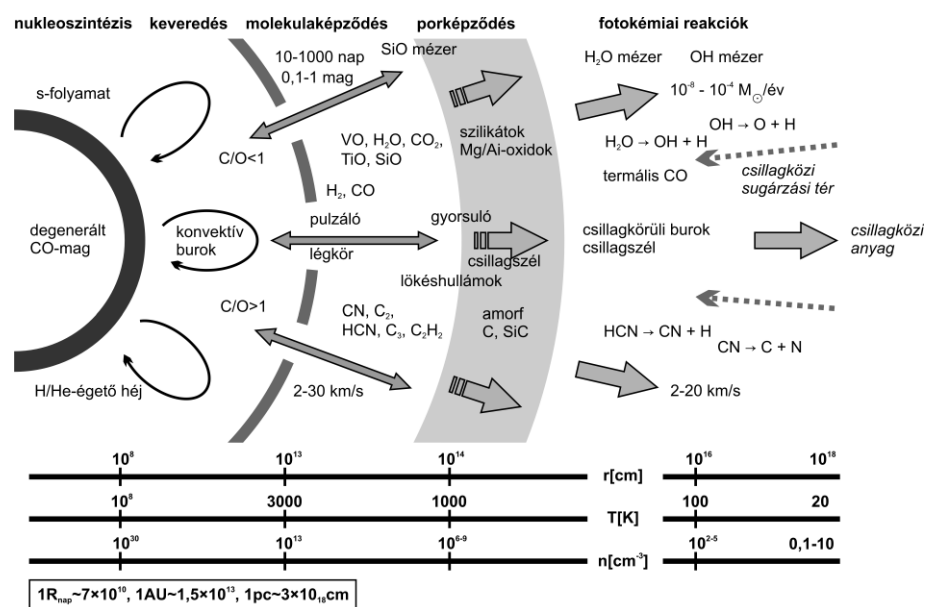
jellegzetes (4. ábra). Legfelül az energiát nem termelő, szénből és oxigénből álló mag van, amelynek mérete a csillag sugarának egy ezrelékét sem éri el. Körülötte hélium- és hidrogén-égető héjak találhatók, melyeket egy héliumból álló réteg választ el. A csillag méretének több mint 99 %-át a hidrogénből és héliumból álló felfúvódott burok teszi ki, amelynek nagy részében a konvektív energia-terjedés dominál. Utóbbi jelenti az egyik legnagyobb nehézséget a csillagok modellezésében, mivel a turbulens konvektív zóna viselkedésének kiszámítása a legnehezebb hidrodinamikai feladatok közé tartozik.

A jelenleg is válaszra váró sok kérdés oka a vörös óriáscsillagok rendkívül összetett viselkedése. A konvekció által dominált burok folytonosan megy át a csillagközi térbe, miközben a fotoszféra a Nap fotoszférájánál nagyságrendekkel vastagabb zóna. Eközben a csökkenő hőmérséklettel először molekula-, majd porképződés indul be, ami egyaránt

kíhat a pulzáció és a tömegvesztés dinamikájára. A csillag és burka sokszorosan csatolt rendszerként fogható fel, amelyben a pulzáció csak egy a sok ismeretlen között (5. ábra).

Érdemes megjegyezni, hogy a vázolt csillagfejlődés fontos kísérőjelenségei a csillagok különböző instabilitásai. A vörös óriások tekintetében két alapvető instabilitás említhető meg: a pulzációs és az energiatermelési instabilitás.

A *pulzációs instabilitás* a csillagok periodikus kitágulásával és összehúzódásával kapcsolatos, amelyet hasonló folyamatok gerjesztenek, mint a többi klasszikus (pl. RR Lyrae és cefeida típusú) pulzáló változócsillagban. A nagy luminozitás és sugár, valamint a viszonylag kis tömeg következménye, hogy a pulzáció időskálája sokkal hosszabb, mint az említett klasszikus pulzáló változócsillagban. Míg egy száz napsugarú és nyolc naptömegű cefeida 15–20 napos periódussal tágul ki és húzódik össze, addig egy kétszáz napsugarú és egy



5. ábra • Az AGB-csillagok rendkívül összetett rendszerek. Ez a sematikus ábra kísérletet tesz a csillagmagtól a csillagközi térig terjedő tartományok elkülönítésére, a bennük lejátszódó fizikai és kémiai folyamatok alapján (Josef Hron [Bécsi Egyetem] nyomán)

naptömegű vörös óriás 200–300 napos periódusokkal jellemezhető.

Ezzel szemben az *energiatermelési instabilitás* (héliumhéj-villanásként, illetve termális pulzusként is szokás emlegetni) a hidrogén- és héliumégető héjak időben változó viselkedéséhez köthető, jellemző időskálái néhány száz évtől százezer évig terjednek. Közvetlenül és emberi időskálán megfigyelhető hatásuk a pulzációs periódus változása, amely effektust mindeddig néhány vörös óriás változócsillagban sikerült kimutatni (például Gál – Szatmáry, 1995).

#### A Nap és a bolygórendszer távoli jövője

Noha emberi léptékkal a klímaváltozás és globális felmelegedés sokkal sürgetőbb probléma, nem érdektelen azt sem megvizsgálni, hogy mi fog történni Földünkkel, illetve a

Naprendszerrel ama távoli jövőbe eső állapotban, amikor a Napunk vörös óriássá fúvódik fel. Mintegy 4,6 milliárd évvel ezelőtt a Nap luminozitása a jelenleginek mintegy 70 %-a volt, azóta pedig a kisugárzott fényteljesítmény egyenesen növekedett a csillagfejlődés eredményeként. Meddig fog ez tartani, és milyen következmények várhatók?

Érdekes felismerés, hogy a válasz bizonytalanságát dominálótényező Napunk tömegvesztése, melynek becsült legnagyobb értéke viszonylag jól meghatározott. A tömegvesztés eredményeként a bolygópályák tágulni fognak, de például Földünk Nap általi elnyelésével kapcsolatban meglehetősen sok az elmentmondás a szakirodalomban. Egy nemrégiben megjelent tanulmány (Schröder – Connon Smith, 2008) szerint a jelenleg legpontosabbnak tekintett tömegvesztési modellek

az első vörös óriási (RGB) Napra 0,332 naptömeg elvesztését jóslják, mintegy 7,59 milliárd év múlva. Ekkor Napunk sugara a jelenleginek 256-szorosa lesz, ami jelentősen nagyobb, mint most a Föld  $215 R_{\text{Nap}}$  értékű pályasugara. Viszont csillagunk tömege szinte pontosan kétharmad részére csökken, aminek következtében a földpálya mérete mintegy másfélszeresére nő. (Érdemes megjegyezni: Napunk később, az aszimptotikus óriásiágon sem lesz ettől nagyobb, ugyanis addigra jelenlegi tömegének 45 %-át elveszti, maximális sugara az AGB-n alig  $180 R_{\text{Nap}}$  körül várható.)

Noha ennek alapján azt gondolhatnánk, hogy Földünk meg fog menekülni, Klaus-Peter Schröder és Robert Connon Smith számításai szerint a hatalmasra nőtt Nap árpályhatásai, illetve a kiterjedt, jelenleginél sokkal sűrűbb alsó légkörének fékező hatása együttesen azt fogják eredményezni, hogy Földünk bespirálozik a vörös óriás Nap belsőjébe, ahol a fékezés megugrásával bolygónkra a teljes megsemmisülés vár. Viszont a jelenleg 1,15 csillagászati egységnél (1 csillagászati egység [CSE] a Föld átlagos távolsága a Naptól, kb. 149,6 millió km) távolabbi bolygók, azaz már a Mars is túl fogja élni a Nap maximális felfúvódását. Érdekes, hogy a tizenkét milliárd évnél lassú fejlődés után Napunk bolygóelnyelő fejlődési fázisa mindössze ötmillió évet vesz igénybe: ennyi idő alatt jut keresztül az egyre hidegebb, kései Nap fotoszférája a belső bolygórendszeren. Az RGB tetejét elérve begyullad a magbéli hélium, ami kb. százharminc millió évig fog ki-

tartani. Ezután csillagunk elfejlődik az AGB-re, majd ennek tetejét elérve az utolsó nagy tömegvesztési hullám végén egy nagyjából fél naptömegnyi fehér törpét hagy maga után, egy rövid életű planetáris köd gerjesztésének látványos epizódjával.

Szintén izgalmas kérdés, hogy mi történik a Nap *lakhatósági zónájával*. Ez az a távolságtartomány csillagunk körül, melyen belül a földi típusú élet számára kedvezőek a körülmények (lásd Kereszturi Ákos tanulmányát e cikkgyűjteményben). Jelenleg a Naprendszerben kb. 0,9 és 1,4 csillagászati egység között húzódik a lakhatósági zóna, amit Földünk kb. egymilliárd év múlva a forró oldalra elhagy a Nap fejlődése miatt. Mintegy ötmilliárd év múlva a lakhatósági zóna 1,3 és 1,9 CSE között lesz, ami a kitágult földpályát nem fogja magában foglalni. Az RGB tetejét elérve a majdnem háromezerszeres luminozitás-növekedés eredményeként a lakhatósági zóna kikerül 50 és 70 csillagászati egység közé, azaz a Kuiper-öv jelenleg fagyott üstökös-magjai várhatóan mind elpárolognak az óriási Nap sugárözönében. A Jupiter és Szaturnusz jég-holdjai rövid időre óceánholdakká válnak, majd várhatóan azok is elpárolognak, csak szilárd kőzetmagjuk éli túl a megvéniült Nap néhány millió évig tartó fellángolását. Mire 130 millió évvel később újra vörös óriássá lesz csillagunk, addigra már csak egy kiégett és elpárologott bolygórendszer maradványai kísérik végig a csillagfejlődés utolsó stációját.

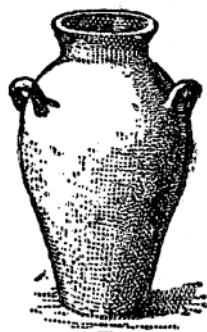
Kulcsszavak: *asztrofizika, csillagfejlődés, Nap, vörös óriás, a Föld jövője*

## IRODALOM

- Aerts, Conny et al. (2008): The Current Status of Asteroseismology. *Solar Physics*. 251, 3–20.
- Butler, R. Paul et al. (2006): Catalog of Nearby Exoplanets. *Astrophysical Journal*. 646, 1, 505–522.
- Carroll, Bradley W. – Ostlie, Dale A. (1996): *An Introduction to Modern Astrophysics*. Addison-Wesley, Castelli, Vittorio et al. (2003): Stellar Evolutionary Models for Magellanic Clouds. *Astronomy and Astrophysics*. 404, 645.
- Gál János – Szatmáry Károly (1995): T Ursae Minoris: A Mira Star with Rapidly Decreasing Period. *Astronomy and Astrophysics*. 297, 461–464. <http://adsabs.harvard.edu/full/1995A&A...297..461G>
- Kiss László (2008): Válogatás a változócsillagászat új eredményeiből. In: Benkő József – Mizser Attila

(szerk.): *Meteor Csillagászati Évkönyv 2009*. MCSE, Budapest, 184–198.

- Kjeldsen, Hans et al. (2009): Measurements of Stellar Properties through Asteroseismology: A Tool for Planet Transit Studies. In: *Proceedings IAU Symposium No. 253*. Cambridge University Press, 309.
- Kroupa, Pavel (2002): The Initial Mass Function of Stars: Evidence for Uniformity in Variable Systems. *Science*. 295, 82–91.
- Salpeter, Edwin E. (1955): The Luminosity Function and Stellar Evolution. *Astrophysical Journal*. 121, 161–167. [http://adsbit.harvard.edu/cgi-bin/nph-article\\_query?bibcode=1955ApJ...121..161S](http://adsbit.harvard.edu/cgi-bin/nph-article_query?bibcode=1955ApJ...121..161S)
- Schröder, Klaus-Peter – Connon Smith, Robert (2008): Distant Future of the Sun and Earth Revisited. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 386, 1, 155–163.



## A CSILLAGÁSZAT AZ ŰRBE TELEPÜL – VAGY MÉGSEM?

Szabados László

az MTA doktora, tudományos tanácsadó,  
MTA KTM Csillagászati Kutatóintézet  
[szabados@konkoly.hu](mailto:szabados@konkoly.hu)

A csillagászati megismerés elsősorban a távcsöves megfigyeléseken és az azok során kapott adatok megfelelő értelmezésén alapul. Az Univerzumot hatalmas és kimeríthetetlen laboratóriumként is felfoghatjuk. Csakhogy ebben a laboratóriumban a jelenségek adott körülmények között zajlanak le, amelyeket a megfigyelőnek nem áll módjában megváltoztatnia – ellentétben más tudományágak, például a fizika, kémia, biológia laboratóriumi kísérleteivel. Az Univerzum mint különleges laboratórium sajátosságai közé tartozik az is, hogy az anyag szélsőséges, földi laboratóriumokban esetleg nem is reprodukálható körülmények között vizsgálható. A csillagközi anyag sűrűsége például nagyságrendekkel kisebb, mint a Földön előállítható legritkább vákuumban. A csillagok belsejében uralkodó nyomást és hőmérsékletet sem tudjuk földi anyaggal tartósan megvalósítani.

Az égitestek és az Univerzumban előforduló jelenségek vizsgálatát az is nehezíti, hogy a nagy távolság miatt egészen gyenge a tőlük hozzánk érkező jel. A csillagászoknak ezért természetes igénye az, hogy a megfigyeléshez használt távcső minél nagyobb átmérőjű legyen, az égbolt háttérfényessége pedig a lehető legalacsonyabb. Ez utóbbi szempont a civilizációs eredetű fényszennyezés elterjedé-

sével került előtérbe. A 19–20. században alapított csillagászati obszervatóriumok közül sokra (köztük a budapestire és a bécsire is) jellemző, hogy létesítésük idején még a város szélén vagy azon kívül voltak, de napjainkra belterületre esik a helyük, és a világvárosi fények erősen korlátozzák az ottani észlelési lehetőségeket.

*A világtól távol, az Univerzumhoz közel*

Egy-egy új obszervatórium helyének megválasztásánál ezért nemcsak a derült vagy felhőtlen éjszakák várható száma alapján döntenek, hanem az is lényeges szempont, hogy nagyvárosoktól és iparvidékektől minél távolabbra kerüljenek az érzékeny megfigyelőműszerek. Európában ma már nincs is megfelelő hely a kis felületi fényességű, ezért halvány galaxisok megfigyelésére. A 20. század utolsó évtizedeitől egyre gyakoribb, hogy az egyes országok nem saját területükön létesítenek csillagászati obszervatóriumot, hanem másutt – esetleg más kontinensen –, ahol a költséges távcsövek és az azokra szerelt detektorok hatékony működtetéséhez legkedvezőbb az asztroklíma.

Egy másik lényeges körülmény is amellel szól, hogy a távcsövek messzebbre kerüljenek. A csillagászat ugyanis a távcső feltalálását kö-

vető évszázadokban Európára és Észak-Amerikára koncentrált. Márpedig e kontinensekről a csillagos égnél egy tekintélyes része sohasem látható. Olyan fontos csillagászati objektumok vannak az égbolt déli félgömbjén, mint a két Magellán-felhő, a Tejútrendszer legfontosabb kísérőgalaxisai, magának a Tejútrendszernek a centruma, amelybe optikai hullámhosszakon nem lehet ugyan belátni (lásd *Ábrahám Péter és Kiss Csaba* tanulmányát e cikkgyűjteményben), de a centrum felé koncentrálnak a gömbhalmazok, galaxisunk lényeges alkotóelemei, egyben fejlődéstörténetének fontos információhordozói. Az egyedi objektumok közül csupán egyet, az Éta Carinae különleges csillagot, illetve az azt burkoló ködöt említtem: ez a nagy tömegű csillag (a közelmúltban bebizonyosodott, hogy kettőscsillag) az 1840-es évek elején bekövetkezett hirtelen kifényesedésével hívta fel magára a figyelmet.

Az égbolt déli felének alapos vizsgálata csakis az Egyenlítőnél délre telepített nagy távcsövekkel lehetséges. Elsőként a Harvard College Observatory létesített délen (Peruban) fiókállomást, a 19. század utolsó évtizedében. A 20. század végére pedig már nemcsak az vált természetessé, hogy a távcső más kontinensen van, mint az azt működtető anyaintézmény, hanem az is egyre gyakoribb, hogy több ország közösen létesít megfigyelőállomást, vagy új távcsövet helyez el már meglévő obszervatóriumban az Egyenlítőnél délre. Napjainkban már a világ vezető obszervatóriumának tekintik az Európai Déli Obszervatóriumot (ESO), amelyet 1962-ben kormányközi szervezetként alapított Belgium, Franciaország, Hollandia, az NSZK és Svédország, mára pedig tizennégy tagország (köztük Ausztria és a Cseh Köztársaság) csillagászai használhatják alanyi jogon a müncheni

központú ESO óriástávcsöveit, amelyek Chile több ezer méter magas fennsíkain található obszervatóriumokban működnek.

#### *Az űrcsillagászat kialakulása és kiteljesedése*

Az Univerzum megismerését, a csillagászat eredményességét hosszú ideig korlátozta az, hogy a megfigyelések csak a Föld felszínéről történhettek. A földi légkör ugyanis csak egy töredékét engedi át a kívülről érkező elektromágneses sugárzásnak: a nagyjából 19 nagyságrendet átfogó hullámhossztartományból a fél nagyságrendet sem kitevő (kb. 300–800 nm közötti hullámhosszú) látható fényt, valamint a milliméteres–méteres rádiósugárzást. Korlátozottan vizsgálható az infravörös tartomány egy része is, de csak olyan helyekről, amelyek felett a földi légkör vízgőztartalma elhanyagolható. E feltétel teljesüléséhez több ezer méter magas hegyekre kell telepíteni a mérőberendezéseket. Hasonlóképpen nagyon száraz az Antarktisz feletti levegőoszlop. A tengerszint feletti 4000–5000 m magasság és a tartós hideg egyaránt olyan egészségi kockázatot jelent az észlelők számára, amely szükségessé teszi az oda telepített csillagászati megfigyelőeszközök minél nagyobb fokú távirányíthatóságát, automatizálását vagy éppenséggel autonóm működését.

Az ember mint biológiai lény, és az egész élővilág számára kedvező körülmény, hogy a Föld légköre elnyeli a kozmikus eredetű röntgen- és gammasugárzást. A csillagászat szemszögéből nézve viszont ez azt jelenti, hogy az égitestek által kibocsátott, vagy a kozmikus jelenségek során létrejövő nagy energiájú sugárzás csakis az atmoszféra fölé juttatott műszerekkel vizsgálható.

Már a legelső mesterséges holdakon is voltak a csillagászok számára hasznos információkat szolgáltató mérőeszközök. Kifejezet-

ten csillagászati célú űrszondákat az 1960-as évektől kezdtek felbocsátani.

Mivel a detektálás az elektromágneses színek egy-egy tartományaiban egymástól eltérő módon történik, a csillagászati kutatószondák műszerezettségüktől függően meghatározott hullámhossztartomány(ok) vizsgálatára képesek. Az optikainál kissé rövidebb hullámhosszú ibolyántúli sugarak hagyományos távcsövekkel is leképezhetők, de a legnagyobb energiájú (azaz legrövidebb hullámhosszú) ultraibolya fotonokat már nem lehet az optikai teleszkópoknál bevált módon fókuszálni. Az extrém UV-tartományba eső sugárzást, miként a röntgensugarakat is, sűrű beeséssel (ún. Wolter-távcsövekkel) lehet visszaverődésre kényszeríteni (Patkós, 1995), és a távcső fókuszikájában keletkező képet is az optikaitól eltérő detektorokkal vizsgálják. A gammasugárzás fotonjai pedig olyan nagy energiájúak, hogy képalkotásra azokat egyelőre nem sikerül befogni. A gammafotonokat bizonyos anyagokban történő elnyeléssel detektálják, és egyenként számolják meg. Így a „gammatávcső” annál érzékenyebb, minél nagyobb térfogatú anyaggal tud kölcsönhatni a nagy energiájú gammasugárzás, ezért a gammasugárzást vizsgáló szondák tekintélyes tömegűek.

A látható fénytől a hosszabb hullámhosszak felé haladva az infravörös tartomány következik. A legrövidebb hullámhosszú, ún. közeli-infravörös sugarak még leképezhetők optikai távcsövekkel, de a képalkotáshoz speciális kamerák szükségesek, a kis fotonenergia miatt az optikai CCD-kamerák nem használhatók. A hosszabb hullámhosszú, azaz a távoli-infravörös színek tartományba eső sugárzást már a rádiócsillagászati kutatásoknál megszokott műszerekkel gyűjtik össze és vizsgálják (Kun, 1996).

Az 1990-es évek elejére a teljes elektromágneses színek tartományban sikerült áttekintést kapni az égboltról, bár nem egyforma részletességgel. Meglepő módon, az ultraibolya színek tartományban csak a 2003-ban felbocsátott GALEX mérései alapján született meg az első részletes égbolttérkép. A gammasugárzás tartományában az érzékelés említett sajátossága miatt a detektált fotonok beérkezési irányát csak pontatlanul lehet meghatározni, ezért nem egyszerű a kozmikus gammaforrások azonosítása. Ezen úgy lehet segíteni, hogy a gammasugárzást vizsgáló űrszondákon röntgendetektorokat is elhelyeznek, mert a kozmikus gammaforrások általában nagy energiájú röntgenfotonokat is kibocsátanak, ebben a tartományban pedig már viszonylag jó a detektorok irányérzékenysége. Sőt, a 2004 óta működő Swift űrszonda fedélzetén a gamma- és röntgenérzékelőkön kívül optikai teleszkóp is van, amelynek segítségével egészen pontosan azonosítható, milyen irányból érkezik a gammasugárzás, esetleg konkrétan melyik égitest bocsátotta ki azt.

A minél tágabb hullámhossztartományban végzendő megfigyelésekre azonban nemcsak a források azonosítása miatt van szükség. Ahhoz, hogy bármely égitest, kozmikus objektum vagy jelenség viselkedését megértjük, tulajdonságait meghatározzuk, lehetőleg a teljes elektromágneses színekét ismerni kell. Például a Tejútrendszer centrumát és annak környezetét egyáltalán nem lehet látni optikai hullámhosszakon az abban az irányban koncentráló csillagközi anyag fényelnyelő hatása miatt, de az infravörös és röntgentartomány kárpótol a hiányzó optikai információért. Egészen más jellegű példa a Nap után legerősebb kozmikus röntgenforrás (Sco X-1) esete, amelyet egy 12 magnitúdós (tehát a szabad szemmel még éppen láthatónál több

mint százszor halványabb) csillaggal (V818 Scorpii) azonosítottak. Egy vagy két hullámhossztartományban tapasztalt viselkedésből többnyire nem lehet megbízhatóan következtetni arra, hogy más tartományokban milyen lehet a szóban forgó objektum színképe – azt észlelések alapján kell megállapítani. Azután a rendelkezésre álló összes információból kell megfelelő magyarázatot adni a tapasztalt energiaeloszlásra és egyéb színképi sajátosságokra, valamint azok esetleges időbeli változásaira.

Az, hogy az űrből végzett megfigyelések nélkülözhetetlenek a csillagászati kutatások számára, a Földről nem észlelhető hullámhossztartományok esetében teljesen nyilvánvaló, de optikai távcsövek is működtek-működnek űreszközökön. Miért van szükség ilyen költséges megoldásra, ha az égboltot a látható fény tartományában a földfelszínről is lehet vizsgálni?

Az űrteleszkópokkal végzett optikai észlelések szükségességét is a légkör viselkedése indokolja. A földi távcsöveknél az atmoszféra kedvezőtlen hatásai közül az kevésbé zavaró, hogy a kozmoszból érkező fény egy része elnyelődik a légkörön való áthaladás közben. Sokkal fontosabb a légkör nyugtalansága, ami a leképezést nagymértékben lerontja. Szabad szemmel nézve az eget ez a csillagok sziporkázásában nyilvánul meg. A légköri turbulencia miatt a távcső által alkotott kép pillanatról pillanatra kissé változik, és mivel az égitestek felől érkező alacsony fotonfluxus miatt a csillagászok nem pillanatfelvételeket készítenek, a percekig vagy néha órákig tartó expozíció során a kép elmosódik. Számítógép segítségével lehet ugyan korrigálni a légkör képtorzító hatását, de ez az ún. alkalmazkodó optikával történő képjavítás csak a távcső optikai tengelyének irányában, azaz a távcső

látómezejének közepe körüli szűk tartományban hatásos. A légkörön kívül észlelő optikai távcsövek felbontóképességét (az egymástól még megkülönböztethető képrészletek közötti szögtávolságot) viszont nem a légkör, hanem a fizikai optika törvényei szabják meg, tehát űrtávcsövekkel az elvileg elérhető legjobb felbontású képet lehet kapni. A közvélemény erről leginkább a Hubble-űrtávcső páratlanul részletes felvételeire tekintve győződhet meg (1. ábra). A közel két évtizede működő Hubble-űrtávcső ugyanakkor nem csupán optikai űrtávcső, mivel a teleszkóp fókuszába helyezett műszereivel a közeli-infravörös és ultraibolya színképtartományt is vizsgálja.

A képalkotáson kívül az optikai hullámhosszakon alkalmazott és asztrofizikai szempontból nagyon fontos másik vizsgálati módszer a *photometria*, azaz az égitestek fényességének pontos mérése. Egy-egy fényességadat önmagában még nem jelent lényeges információt, de az időben változó fényességű



1. ábra • A V838 Monocerotis csillag robbanását követően megfigyelhető fényechó a csillagot körülvevő anyagban a Hubble-űrtávcső felvételén (NASA/STScI/ESA/H. Bond)

csillagok és a Naprendszer kis égitestjeinek fényességváltozását nyomon követve olyan fizikai jellemzőket is meg lehet állapítani, amelyek más módon nem vagy csak sokkal körülményesebben (például csupán nagy átmérőjű távcső igénybevételével végzett spektroszkópiai mérések alapján) deríthetők ki. A csillagok között pedig nagyon gyakoriak azok, amelyeknek fényessége időben változik. Napjainkban már kb. egymillió az ismert változócsillagok száma. Fényességváltozást okozhat a csillag pillanatnyi fejlődési állapotára jellemző instabilitás által kiváltott pulzáció, a csillag felszínének egyenetlen fényessége (például csillagfoltok), ami a csillag tengely körüli forgása miatt jár fényességváltozással. Vannak továbbá tipikusan kettőscsillagokra jellemző fényváltozások. Az ún. kataklizmusos változócsillagok mindegyike olyan *kettőscsillag*, amelyben anyag jut át az egykor kisebb tömegű (ezért lassabban fejlődő) komponensről a már nagy átlagsűrűségű, kompakt csillaggá (fehér törpévé, neutroncsillaggá vagy fekete lyukká) vált társára. Ez a tömegátadási folyamat nem egyenletesen zajlik, és a kompakt objektum forró környezetére jellemző körülmények miatt a rendszer összfényessége különféle módokon változik, a néhány perces időskálájú, enyhe fényesség-ingadozástól kezdve a néhány évezredes időközönként bekövetkező nóvakitörésekig.

Ha a két csillag pillanatnyi fejlődési állapota nem jár tömegátadással, akkor is bekövetkezhet fényességváltozás, mert a komponensek alakja egymás közelében eltorzul a társcsillag gravitációs hatására. Az ellipszoid alakú csillagok pedig a keringésük és a tengely körüli forgás során változó nagyságú és hőmérsékletű felülettel fordulnak a földi megfigyelő felé, ami természetesen időben változóknak látszó fényességet eredményez. Ha

pedig a kettőscsillag keringésének pályasíkja a látóirányba esik (vagy azzal csak egészen kis szöveget zár be), a komponensek felváltva eltakarják egymást, ami periodikusan ismétlődő átmeneti fényességcsökkenéssel jár. Az ilyen fedési kettőscsillagok fényességváltozásának nyomon követésével kapott fénygöréből a komponensek olyan jellemzőire is lehet következtetni, amelyek kísérő nélküli csillagok esetében csak nagy távcsővel végzett színképi vizsgálatok alapján állapíthatók meg.

Fényességcsökkenéssel járó fedéshez vagy átvonuláshoz azonban nem szükséges, hogy a rendszer két csillagból álljon, egy megfelelő pályán keringő bolygó is ugyanilyen jellegű, csak természetesen kisebb mértékű hatást okoz. Egy Naphoz hasonló csillag körül keringő bolygót először 1995-ben fedeztek fel, jelenleg pedig már négyszázhoz közelít az ismert *exobolygók* száma. Újabban egyre több exobolygót fedeznek fel fotometriai úton, a bolygó átvonulását észlelve a csillag korongja előtt. Az űrbe telepített fotometriai távcsövek esetében két-három nagyságrenddel pontosabb a fényességmérés a legjobb földi mérések hibájához viszonyítva.

A 2009 márciusában felbocsátott Kepler-űrtávcsővel végzett fotometriai mérések során a fényesség egymilliomodnyi csökkenése is érzékelhető, és ezzel lehetővé válik a Föld méretű exobolygók kimutatása a fotometria módszerével. A 95 cm átmérőjű tükröt tartalmazó Kepler-űrszondán kívül jelenleg két másik fotometriai célú űrtávcső is működik: a kanadai MOST (főtükre mindössze 15 cm átmérőjű) és az alapvetően francia, de európai közreműködéssel készült CoRoT (tükörátmérő: 27 cm). A CoRoT és a Kepler tudományos programjában magyar kutatók is részt vesznek. Az exobolygók kimutatása mellett a másik fő vizsgálati irány a különféle csillagok-

ban bekövetkező oszcillációk kimutatása. A csillagrezgések frekvenciájából és amplitúdójából ugyanis következtetni lehet a csillag másképpen nem vizsgálható belső szerkezetére. Ez az *asztroszeizmológia* mára önálló kutatási területté vált az asztrofizika fontos részeként. A Nap – amely a hozzánk legközelebbi csillag – esetében több millió egymástól független pulzációs módus észlelhető. A Naphoz hasonló távolabbi csillagoknál is valószínűleg rengeteg rezgési frekvencia van gerjesztve, csak a kis amplitúdó miatt lehetetlen azok kimutatása földi távcsövekkel végzett fotometriai mérésekből. Az űrtávcsöveknek tehát az optikai hullámhossztartományban is van létjogosultságuk.

#### *Együtműködés az eredményesség záloga*

A földi csillagászati obszervatóriumokat azonban mégsem fenyegeti a bezárás veszélye. Egyrészt azért, mert optikai méréseket végző űrtávcsövből csak kevés van, és azok is kis átmérőjűek a Földön jelenleg működő legnagyobb, 8–10 m átmérőjű teleszkópokhoz viszonyítva. Másrészt pedig azért, mert a más hullámhossztartományokat vizsgáló űrszondák méréseinek értelmezéséhez folyamatosan szükség van kiegészítő optikai észlelésekre. Az ilyen észleléseknél nem lehet a Földön kívül működő optikai távcsövekre számítani azok kis mérete és előre meghatározott tudományos programja miatt. A Hubble-űrtávcső (HST) e tekintetben az egyetlen kivétel, mert a megfigyelési programját szükség esetén megváltoztatják az időközben szükségessé vált magasabb prioritású észlelések végrehajtása érdekében. De a Hubble-űrtávcső más tekintetben is kitűnő példa az észlelések összehangolására. A HST ugyanis nemcsak kész segíteni a hiányzó észlelési adatok összegyűjtésébe, hanem egyszersmind igényli a földi

távcsövekkel való együttműködést is. A földi optikai csillagászati megfigyeléseket ugyanis a más hullámhosszakon végzett kutatások nem nélkülözhetik. A csillagászatban talán még fontosabb az együttműködés, mint más tudományágakban. Az Univerzum és a benne található égitestek vizsgálata során a különböző földi obszervatóriumok és űrtávcsövek nem egymás vetélytársai, hanem partnerek a kutatások sikere érdekében.

A Hubble-űrtávcsővel kapcsolatos alábbi példa is igazolja ezt a hozzáállást. Az amerikai NASA jelenleg is működő három nagy űrobzervatóriuma, az 1990-ben pályára állított HST, a röntgentartományt vizsgáló Chandra (felbocsátása: 1999) és a kozmikus infravörös sugárzást érzékelő Spitzer (2003) az Európai Déli Obszervatóriummal együttműködve indította a GOODS- (Great Observatories Origins Deep Survey) projektet, amelynek célja az Univerzum, a galaxisok, a csillagok és bolygórendszerek kialakulásának megértése a lehető legrészletesebb megfigyelések alapján. A projekt elnevezésében szereplő *deep survey*, amely magyar fordításban *mélyvizsgálat* néven terjedt el, ugyancsak a Hubble-űrtávcső kapcsán került a köztudatba. A mélyvizsgálati képek készítésével eredetileg „csak” azt akarták megnézni a HST páratlan lehetőségeit kihasználva, hogy milyen messzire lehet ellátni az Univerzumban, és a legtávolabbi objektumok, amelyeket a fény véges terjedési sebessége miatt a jelenleginél jóval fiatalabb állapotukban észlelünk, mennyire térnek el a közelebbi társaiktól. A pusztán kíváncsiság hajtotta észlelési program sikere minden várakozást felülmúlt: rengeteg érdekességet tárt fel a galaxisok természetéről és fejlődéséről. Ám a mélyvizsgálattal kapcsolatos eredmények elérésében földi távcsövek is jutott szerep. A mélyvizsgálati képekből

ugyanis csak a galaxisok és galaxishalmazok alakja, fényessége, esetleg színe állapítható meg, a távolságuk nem. Márpedig ahhoz, hogy a látszó fényességéből következtetni lehessen a sugárzási teljesítményre, ismerni kell a vizsgált objektum távolságát. A tőlünk nagyon messzire levő objektumok távolságának meghatározására bevált módszer az objektum színképében levő vonalak hullámhossz-eltolódásának mérése (kozmológiai vöröseltolódás), majd a vöröseltolódásból a Hubble-törvény alapján megkapható a keresett távolság. A mélyvizsgálati mezők halvány galaxisainak színképét földi óriásteleszkópokra szerelt spektrográfokkal vették fel.

#### *A földfelszíni csillagászat lépést tart*

Hosszasan lehetne sorolni az arra vonatkozó példákat, hogy milyen konkrét tudományos eredmények születtek földi és űrtávcsövek együttműködéséből. A csillagászatban kevésbé jártas olvasó számára azonban érdekesebb lehet azoknak a témáknak a felsorolása, amelyek művelésénél továbbra is főként földi távcsövekre lehet számítani. Ilyenek például a teljes eget lefedő megfigyelési programok, akár kis, akár nagy átmérőjű távcsövekkel. Ezek céljai közé tartozik a Földet veszélyesen megközelítő kisbolygók felfedezése és pályájuk meghatározása, a nagy energiájú gamma-kitörések optikai utófényének észlelése, extragalaktikus szupernóva-robbanások megfigyelése minél nagyobb számban, hogy statisztikai célra alkalmas nagyságú mintából lehessen kozmológiai és csillagfejlődési következtetéseket levonni, továbbá csillagpozíciókat tartalmazó katalógusok létrehozása. Az optikai tartományban az eddigi legátfogóbb katalógus az US Naval Observatory *Br.0* jelű katalógusa, amely 1 milliárd 46 millió csillag pontos égi pozícióját, sajátmozgását és fényes-

ségét tartalmazza 21 magnitúdós határfényességig (a hazai legnagyobb távcsővel ezt a határfényességet el sem lehet érni). A legújabb égboltfelmérések közül a Pan-STARRS és az LSST ismertetése szerepel Szabó M. Gyula e cikkgyűjteményben közölt tanulmányában.

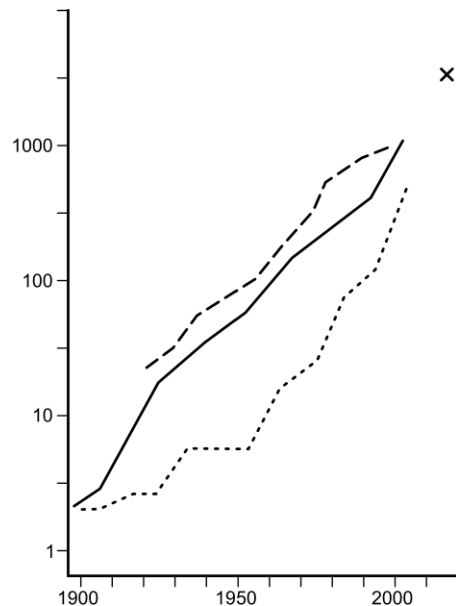
2009 nyarán indult a Palomar Transient Factory nevű felmérés, amely a Palomar-hegyi 1,2 m átmérőjű Schmidt-távcsőre szerelt, 8 négyzetfokos látómezejű CCD-kamerával különféle időskalájú optikai tranzienseket keres. Az öt éves időtartamú projekt eredményeit és tanulságait az LSST kidolgozásakor és működtetése során is figyelembe veszik.

Az optikai égboltfelméréseket általában automatizált teleszkópokkal végzik. A kapott fotometriai adattömeg pedig a megfelelő előfeldolgozás után kiválóan alkalmas fedési exobolygók keresésére, különféle pulzáló változócsillagok asztroszeizmológiai vizsgálatára stb. Az ezredforduló legnagyobb szabású égboltfelmérése, a Sloan Digital Sky Survey (SDSS) több hullámhosszon mért fényességadataiból pedig az extragalaktikus objektumok vöröseltolódásának (így távolságának) meghatározására is sikerült hatékony módszert kidolgozni – magyar kutatók meghatározó szerepével.

A megfigyelési módszerek közül említésre méltó még az interferometria, amely kis területek nagyon nagy szögfelbontású vizsgálatát teszi lehetővé. A rádiócsillagászatban már évtizedek óta alkalmazott módszert a sokkal rövidebb hullámhosszú optikai sugárzás tartományában csak számos technikai nehézség leküzdése után, napjainkban sikerült kipróbálni csillagászati távcsövek sugármenetének egyesítésével. Az optikai csillagászati interferometria várhatóan a földi távcsövekkel végzett kutatások egyik legeredményesebb területe lesz a következő évtizedekben.

A rádiócsillagászati kutatás is elsősorban földi műszerekkel folyik tovább, de a mérésekbe a Földön kívülre telepített rádiótávcsövek is „besegítenek”, mert így tovább lehet növelni a rádiótartományban végzendő interferometrikus mérések alapvonalát, ami a szögfelbontás további javulását eredményezi. A szubmilliméteres–milliméteres hullámhosszak földi bázisú csillagászata pedig most kezd kiteljesedni: tizenhét ország együttműködésével megvalósulóban van az ALMA projekt, melynek antennáit 5000 m magasra, a chilei Atacama-sivatag egyik fennsíkjára telepítik.

A földi csillagászati obszervatóriumok napjai egyáltalán nincsenek megszámlálva. Ezt jól érzékelteti a 2. ábrán bemutatott diagram is. Az ábrán látható alsó görbe az Európában működő optikai csillagászati távcsövek négyzetméterben kifejezett gyűjtőfelületének 20. századi növekedését mutatja, a középső a Föld valamennyi optikai távcsövére vonatkozó ugyanilyen összesítés, a legfelső vonal pedig a csillagászok száma tízzel osztva (a könnyebb ábrázolhatóság kedvéért). A jobbra fent látható x az európai óriástávcső (ELT) üzembe helyezésekor várható állapotot jelöli (Fűrész 2008). Az ábrából az is kitűnik, hogy a csillagászok létszámának növekedése



2. ábra • Az optikai távcsövek összesített gyűjtőfelületének és a csillagászok számának növekedése a 20. században. (L. Woltjer alapján)

a 20. század végén megtorpant, de maga az optikai csillagászat töretlenül fejlődik.

Kulcsszavak: *optikai csillagászat, űrcsillagászat, távcső, fotometria, égboltfelmérés, tudományos együttműködés*

#### IRODALOM

- Fűrész Gábor (2008): ELT tervezett távcsövek. In: Benkő József – Mizser Attila (szerk.): *Meteor csillagászati évkönyv 2009*. MCSE, Budapest, 287–332.  
 Kun Mária (1996): Rádiócsillagászat. *Magyar Tudomány*, 103, 1, 12–18.  
 Kun Mária – Szabados László (2004): A Tejútrendszer változó arca. *Magyar Tudomány*, III, 6, 722–731.

- Patkós László (1995): Röntgencsillagászat. *Magyar Tudomány*, 102, 9, 1093–1106.  
 Szabados László (2004): Közelebb hozni a távot. *Magyar Tudomány*, III, 6, 678–688.  
 Szatmáry Károly – Szabados László (2008): Űrtávcsövek. In: Benkő József – Mizser Attila (szerk.): *Meteor Csillagászati Évkönyv 2009*. MCSE, Budapest, 333–362.

## LEHET-E SZÁZ ÉV MÚLVA IS CSILLAGÁSZAT NEMZETKÖZI ÉVE?

Kolláth Zoltán

az MTA doktora, tudományos tanácsadó,  
 MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Kutatóintézet  
 kollath@konkoly.hu

A Csillagászat Nemzetközi Évének megtartására a távcső csillagászati használatának négy-száz éves évfordulója ad okot. Galilei első megfigyeléseinek ötszáz éves jubileuma nyilván ismét megfelelő alkalom lesz az ünneplésre. Ha azonban a mostani jubileumi év fő célkitűzését nézzük, akkor sajnos már kevésbé lehetünk biztosak a jövőben. Amit Galilei látott mai szemmel már kezdetleges távcsövével, még mindig nem jutott el mindenkihez. Az emberek jelentős része nem látta még saját szemével, távcsövön keresztül a Hold krátereit vagy éppen a Jupiter holdjait. A Csillagászat Nemzetközi Évének egyik fő feladata éppen az, hogy ezt a Galilei-élményt minél több emberhez eljuttassa. A Hold és a bolygók látványának elvesztésétől nem kell tartanunk, hiszen azok fényes égitestek. Ám már napjainkra elértük azt, hogy a népesség jelentős részének ismeretlenek az égbolt halványabb jelenségei, melyek száz évvel ezelőtt még természetesen voltak mindenki számára. Egy nagyobb területet érintő áramkimaradás után tanult emberek is meglepődve érdeklődtek, hogy mi az a fényes sáv az égbolton, amit korábban nem láthattak. A Tejút eltűnt a városlakók szeme elől. Az ok a *fényszennyezés*, az égbolt mesterséges fénylésének növekedése. Meddig folytatódhat ez a folyamat, milyen

fényességhatárig csökken az égitestek láthatósága a Föld felszínéről? Sürgősen tenni kell az aggasztó kilátások ellen.

#### *Fényszennyezés és zavaró fények*

Sajnos a fényszennyezés problémájának súlyosságát még ma is kevesen érzékelik. A természet- és környezetvédelemnek számos fontos feladatot kell megoldania. Egyiket sem lehet elhanyagolni pusztán azért, mert másokat mindenek fölé emelnek... A fényszennyezés problémáját a legtöbb országban annyira bagatellizálták, hogy igazából még a megfelelő szakmai/jogi kifejezések sem alakultak ki. A hazai jogrendszer sem ismeri megfelelő szabotossággal a jelenségkör – mert nem is igazán beszél róla. Egyedüli kivételként említhető országos hatókörű szabályozása a nemrég kihirdetett, a természet védelméről szóló 1996. évi LIII. törvényt (is) módosító 2008. évi XCI. törvény, amelynek 19. §-a áttörésnek tekinthető a fényszennyezéssel kapcsolatos hazai jogi szabályozás történetében. Megszületett az első hazai jogszabály, amely foglalkozik a kérdéssel, és lehetővé teszi a fényszennyezés korlátozását, legalább védett természeti területen. A törvény így rendelkezik: „... Védett természeti területen a helyhez kötött kültéri mesterséges megvilágítást kül-



területen, illetve beépítésre nem szánt területen – a közcélú közlekedési létesítmények biztonságos üzemeltetéséhez szükséges megvilágítástól eltekintve – úgy kell kialakítani, hogy a védett vagy a közösségi jelentőségű állatfajokat ne zavarja, veszélyeztesse, károsítsa.” A törvény általánosan fogalmaz, így konkrét utasítást nem ad. Viszont a védett természeti területek (nemzeti parkok, tájvédelmi körzetek stb.) közelében már lehetőséget teremt konkrétabb szabályozás létrehozására. Azonban ez a törvény sem definiálja magát a jelenséget. Érdemes azért jelen írásban is ismertetni azt a definíciórendszert, amelyben természetvédők, világítástechnikusok és csillagászok egyetértettek.

A nemzetközi tendenciákat is követve, a mesterséges fények okozta ártalmak összefoglaló neve *zavaró fény* lehet. A jelenségkör összetettsége miatt a zavaró fény definíciója is összetett, célszerű ezért egyes fogalmakat először külön-külön is definiálni. Egyes kifejezéseknél – amelyek nem szerepelnek elterjedten a magyar nyelvű szakirodalomban – az angol megfelelőket is megadjuk.

Az egyedüli fogalom, amely a jogrendszerbe korábban beépült, a *káprázás*. Ennek szabványos definíciója is létezik, az MSZ 9620-2 definíciója szerint: „A látás kényelmetlensége és/vagy a tárgyak felismerhetőségének csökkenése, a fényssűrűség szokatlan eloszlásának vagy szokatlan értékének, illetve a térben vagy időben fellépő igen erős kontrasztnak a következtében.” Tipikusan ebbe a kategóriába tartoznak a gépjárművezetést és munkavégzést zavaró fények.

*Birtokháborítás fényvel* (light trespass): az a fény, amely a megvilágításra szánt területet övező ingatlanokra, épületekre esik, és ott káprázást vagy egyéb kellemetlenségeket okoz. Ebben a kategóriában különösen fontos oda-

figyelnünk az ablakokon beszűrődő, az éjszakai pihenést zavaró fényekre. Ide tartozik továbbá a lámpatestekből közvetlenül a védett természeti területekre eljutó fény is.

*Az éjszakai égbolt mesterséges fénylése* (sky-glow): Az égbolt megnövekedett fényssűrűsége, amely felhők megvilágításából, ill. a levegő molekuláin és aeroszoljain szóródó mesterséges világítástól eredő fényből származik.

Mindezek után már definiálhatjuk a zavaró fényeket azok hatása szerint: zavaró az a fény, amely káprázást, birtokháborítást, az égbolt mesterséges kifényesedését vagy bármely más nemkívánatos környezeti hatást okoz.

#### *Fényszennyezés és természetvédelem*

A fényszennyezés nemcsak a Tejutat lopja el tőlünk, de jelentős hatással van a természeti környezetre is. Az ökoszisztéma, az élővilág körülményei között vadászának. A mesterséges fények hatással vannak egyes állatfajok vándorlására, a ragadozó–zsákmány viszonyra és a cirkadián<sup>1</sup> ritmusára. Ha önmagukban nem is feltétlenül végzetesek ezek a hatások, más környezeti hatásokkal együttesen határozottan hozzá-

<sup>1</sup> A cirkadián, azaz körülbelül egynapos (circa diei) biológiai óra a legtöbb élőlényre jellemző. Külső ingerek nélkül (például teljes sötétségben és állandó hőmérsékleten) is megmarad. Egyes élőlényeknél mutációk hatására a cirkadián ritmus periódusának megváltozását is megfigyelték. Ez a biológiai óra természetes körülmények között az éjszakák–nappalok egynapos változásának megfelelően szinkronizálódik. Több időzónát átívelő utazások után az alkalmazkodás, a cirkadián óra átállása idején érezzük magunkat rosszul.

járulnak bizonyos fajok eltűnéséhez. A hazai védett természeti területek között szerencsére könnyedén találunk olyanokat, ahol a fényszennyezés mértéke még elfogadható. Ahhoz, hogy hosszabb távon is megőrizzük az országban ezeket a szigeteket, ahol garantált a Tejút látványa, egy *csillagoségbolt-park programot* kezdeményeztünk. Elsőként a Zselici Tájvédelmi Körzetben indult az akció, a Duna-Dráva Nemzeti Park Igazgatósága és a Magyar Csillagászati Egyesület összefogásával. A kezdeményezőkhöz később csatlakozott a MEE Világítástechnikai Társaság, a Zselica Szövetség és a SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt. A széleskörű együttműködés nem véletlen, hiszen csak így, minden oldalról jó szándékkal és hozzáértéssel őrizhető meg az égbolt szépsége. A második csillagoségbolt-park a Hortobágyi Nemzeti Parkban jöhet majd létre.

Ahhoz, hogy megfelelően felmérjük az égbolt jelenlegi állapotát és a veszélyeztető tényezőket, valamiképpen mérni és modellezni kell a fényszennyezést ezeken a helyeken. Ez már csak azért is fontos, mert a megfelelő fórumokon csak objektív tények alapján léphetünk fel a helyes világítás érdekében, esetleg a rossz világítási berendezések/megoldások megszüntetéséért. Mindkét helyen részben már lezárult az égbolt minőségének vizsgálata, melynek eredménye igazolta az előzetes várakozást, amely szerint tényleg kiváló csillagnéző helyeket találunk e védett természeti területeken. A két helyszínen kívül az ország több más pontján is készültek felmérések.

#### *A fényszennyezés mechanizmusa és modellezése*

Tiszta, felhőmentes levegőben a fényterjedést a molekulák Rayleigh-szórása és az aeroszolok Mie-szórása határozza meg. Látható tarto-

mányban a fényelnyelés elhanyagolható a fényszennyezés szempontjából. A légkör optikai tulajdonságait több fizikai paraméterrel is jellemezhetjük. Számunkra ezek közül a legfontosabb az *optikai mélység* ( $\tau$ ), amely a megfigyelőtől egy adott pontig elhelyezkedő szóró részecskék számával arányos. A közegen áthaladó és a bemenő fényintenzitás aránya az optikai mélység exponenciális függvénye:  $I/I_0 = \exp(-\tau)$ . Ha az optikai mélység lényegesen kisebb egynél, a közeg gyakorlatilag teljesen átlátszó; ha pedig sokkal nagyobb egynél, akkor átlátszatlan opalizáló a légmenyiség. Mint a formulából egyszerűen kiszámolható,  $\tau=1$  esetén a fény kb. 37 %-a jut át akadály nélkül a közegen.

Az optikai mélység fogalmát megérthetjük egy másik fogalom bevezetésével is. A fotonok szabad úthossza az a geometriai távolság, amelynek a megtétele után a fotonok átlagosan egyszer szóródnak egy részecskén (levegőmolekulán vagy aeroszolon). Jó átlátszóság mellett a földi légkörben a fotonok szabad úthossza 10 és 50 km közötti, ami erősen ködben néhányszor tíz méterre csökken. Ha a közeg tulajdonságai nem függenek a helytől, az optikai mélység megadható a valódi geometriai úthossz ( $s$ ) és a szabad úthossz ( $l$ ) hányadosaként:  $\tau=s/l$ . Mivel a légkör sűrűsége, az aeroszolok koncentrációja, és így a fotonok szabad úthossza erősen függ a tengerszint feletti magasságtól, a direkt hányados csak közelítő értéket ad. Függőlegesen felfelé haladva 10 km után a levegőmolekulák és a szennyező anyagok nagy részét magunk alatt hagyjuk. Becslésként ezt az értéket ( $s=10$  km) és  $l=50$  km-t választva, a zenitben  $\tau=0,2$  adódik. A pontos adat megmérhető például a napkorong felszínén és a légkörön kívül mért fényssűrűségének hányadosából. Ilyen méréseket végez az Országos Meteorológiai

Szolgálat is, az eredményekről részletesen olvashatunk Tóth Zoltán (2009) *Magyar Tudományban* megjelent írásában. Budapesten tiszta időben  $\tau=0,3-0,4$  adódik, azaz a zenit irányában látszó csillag fényének 25–33%-a szóródik, és csak a maradék érkezik közvetlenül hozzánk. Nyáron, amikor a Nap legmagasabban jár, ugyanilyen arányban jut át a napfény a légkörön. Persze mindez függ a fény hullámhosszától, a kék fényben az optikai mélység több mint háromszor nagyobb, mint vörösben. A horizont irányában az optikai mélység többszörösére növekszik. Ez ismét csak meghatározható mérésekből, de akár egy kis számolást is megkísérelhetünk.

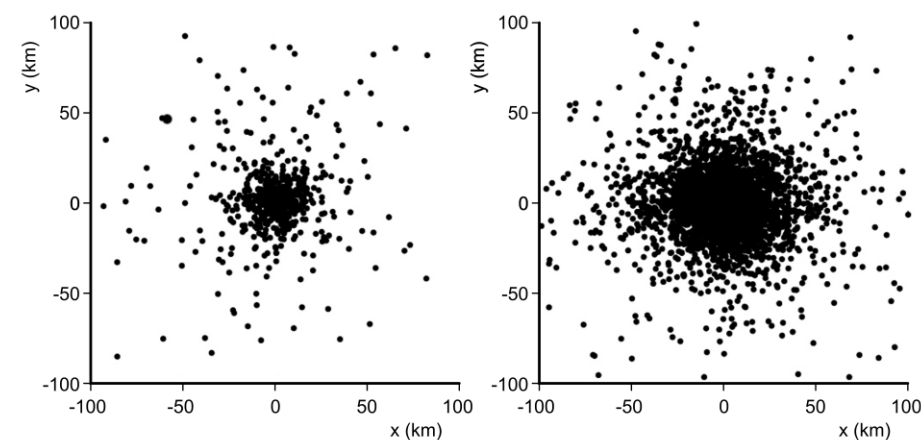
Ha pontosan meg akarjuk határozni a fény útját a légkörben, azaz a fényszennyezés hatásait, akkor figyelembe kell vennünk a légkör sűrűségeloszlását. A légkör skálamagassága ( $H$ ) – amennyit emelkedve a sűrűség  $e$ -ed részére, azaz 0,37 szeresére csökken – kb. 8–9 km. Azonban a légköri szennyeződések, amik a fényszórásban meghatározók lehetnek, eltérő skálamagassággal szerepelnek a molekulákhoz képest. Az aeroszolok a légkör alsó kilométereiben koncentrálnak, például első közelítésként használhatjuk a  $H=1,5$  km értéket. Ahhoz, hogy a fény terjedését számolhassuk, ismernünk kell az egyes komponensek szórási együtthatóit. Viszont a megfigyelések alapján ismerjük a légkör teljes optikai mélységét a zenit irányában, így abból illesztetők ezek az optikai tulajdonságok is.

Viszonylag egyszerűen és nagy pontossággal számolható a fény terjedése, ha kihasználva a sugárzás részecsketermészetét, fotononként követjük a folyamatot egy Monte Carlo-szimulációban. A fény megfigyelhető sajátosságai a fotoncsomagok statisztikus átlagai, ennek megfelelően a Monte Carlo-szimuláció természetes választás a szóródásos fényterjedés

modellezésére. Gyakorlatilag a fotonok szintjére lemenve modellezzük a folyamatot, ennek megfelelően viszonylag kevés közelítést alkalmazunk. Napjaink asztali számítógépei pedig elég gyorsak ahhoz, hogy akár fotonok milliárdjainak az útját végigszámoljuk. A témának kiterjedt irodalma van, egy gyakorlati szempontból is jól kezelhető leírást találunk Francesco Spada és mtsai (2006) cikkében.

A számolás menete viszonylag egyszerű: egy meghatározott tartományon belül, véletlenszerű irányban útjukra engedjük a fotonokat. Ezek után minden egyes lépésben megadható egy olyan véletlen optikaimélység-érték, amelynek valószínűségi eloszlása pontosan megfelel a fotonok ütközései közötti optikaimélység-változásoknak. Ebből már egyszerűen számolható, hogy hol van az a geometriai pont, ahol a szórási jelenség bekövetkezik. Ezen a helyen, megint csak véletlen számok segítségével kiválasztható a szórás fajtája és az irányváltoztatás nagysága. A fotonokat addig követjük szórásról szórásra, míg azok el nem hagyják a légkört, vagy ismételen a felszínre nem érkezők.

Tanulságos megnézni, hogy mi történik a különböző irányban távozó fotonokkal. Az 1. ábrán bemutatjuk a zenit körüli egy fokos és a horizont fölötti egy fokos tartományba távozó ezer foton közül a felszínre visszatérők „becsapódási” helyét. Amint várható, a horizont irányában távozó fény jóval messzebbre eljut, s ráadásul nagyobb arányban is tér vissza. Több fotonnal végigszámolva azt kapjuk, hogy a felfelé induló fénykvantumok 9 %-a, míg a horizontálisan kibocsátott részecskék 60 %-a tér vissza a felszínre. Mindkét érték könnyedén értelmezhető: a számolásban alkalmazott vertikális optikai mélység értékére (0,3) a függőlegesen távozó fotonok 24 %-a szóródik. A fotonok kevesebb mint



1. ábra • A zenit irányába (bal oldal) és vízszintesen (jobb oldal) elindított fotonok felszínre érkezésének helyei (amennyiben nem a világűr felé távoznak). Az x és y önkényesen választott, de egymásra merőleges irányok.

fele szóródik visszafelé a Mie-szórás erős aszimmetriája miatt. Ennek, illetve a többszörös szórásnak tudható be a 9 %-os fényszennyező arány. A horizontálisan távozó fotonok gyakorlatilag mindegyike legalább egyszer szóródik, mivel az optikai mélység abban az irányban lényegesen nagyobb. Első szórás után a fotonok fele indul a felszín irányába, melyeknek többsége a talajszintre érkezik. A fénykvantumok másik felének egy jó része viszont másodszor (vagy többször is) szóródik, ezzel megnövelve a felszínre érkező fotonok arányát. A számolások további eredményeit a kapott mérésekkel együtt mutatjuk be.

#### A fényszennyezés mérése

A fényszennyezést helyesen leíró mennyiség az égbolt *fénysűrűsége*. Zavaró fények nélkül, a láthatónál halványabb csillagok összességéből, a bolygóközi és csillagközi porrról visszaverődő nap- és csillagfényből, valamint a felsőlégkör naptevékenységtől függő saját fényléséből tevődik össze az égbolt hozzávetőlegesen  $0,000250$  cd/m<sup>2</sup> fénysűrűségű derén-

gése.<sup>2</sup> Ez az érték megfelel annak, mintha az egyik legfényesebb csillag, a 0 magnitúdós Vega fényét közel kétszáz teliholdnyi területre kennénk szét. Ilyen kicsiny fénysűrűségek mérésére az általánosan használt eszközök nem alkalmasak. Vagy csillagászati célú detektorokat, vagy speciális eszközöket kell használnunk. A Hortobágyon és a Zselicben is végzünk méréseket digitális fényképezőgépekkel. Megfelelő halszemoptikával és szigorú kalibráció után a teljes égbolt fénysűrűségeloszlása meghatározható ezzel a módszerrel. A felvételeken jól kirajzolódnak azok az irányok, ahonnan a legnagyobb veszély leselkedik a csillagos égboltra. Több helyről készítve ezeket a felvételeket, térképen kimetszhetők

<sup>2</sup> A kandela (cd) az SI-mértékegységrendszer egyik fotometriai alapegysége. 1 cd annak a sugárzónak a fényerőssége egy adott irányban, amely az 550 nm hullámhosszú (pontosabban az 540 THz frekvenciájú) sugárzásból az adott irányba és egységnyi (1 sr) térszögbe  $1/683$  W fénytelsítményt bocsát ki. Mivel a fénysűrűség egy adott felület fényerősségének és a felület nagyságának a megfigyelő irányába eső vetületének a hányadosa, a fénysűrűséget cd/m<sup>2</sup>-ben mérhetjük.

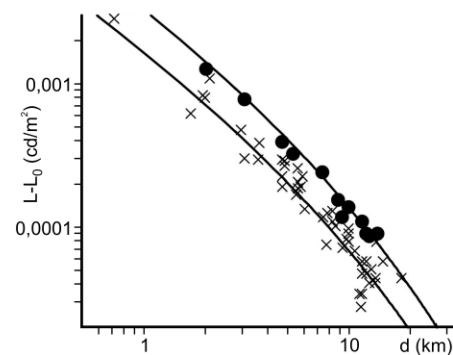
azok a pontok, ahonnan a fényszennyezés érkezik. Ezzel a módszerrel egyelőre előzetes eredményeink vannak, de a zenit körüli fénysűrűség átlagos értékére már nagyobb adatbázis született.

Ahhoz, hogy feltérképezzük a fényszennyezés állapotát védett természeti területeken és azok környezetében, egy könnyen szállítható fotométerre volt szükségünk. Az eszköznek elegendő érzékenységűnek kell lennie ahhoz, hogy az eldugott, mesterséges fényektől távoli helyeken is megbízható eredményeket kapjunk. Egy egyszerű égboltminőségmérő eszközt (Sky Quality Meter – SQM) nemrégiben fejlesztett ki és kezdett el forgalmazni az Unihedron cég. Az eszközt egyre szélesebb körben használják a fényszennyezés monitorozására.

Az akár zsebben is hordozható SQM viszonylag nagy térszögből (1,5 szteradiánból, közelítőleg 42 fokos félszfélszögű kúpból) összegzi a fényt, és ez alapján mér egy átlagos fénysűrűséget. Az elsődleges csillagászati felhasználás miatt a fénysűrűséget magnitúdó/negyzetív másodpercben jelzi ki, amiből könnyedén származtatható egy közelítő érték  $\text{cd}/\text{m}^2$ -ben kifejezve. Az SQM hőmérsékletre kompenzált, a mérési pontosság kb. 0,1 magnitúdó, ami lineáris fénysűrűségskálán körülbelül 10 %-os hibának felel meg. Ez a pontosság megfelel a céljainknak, hiszen az időjárási változások (páratartalom) és a légkör portartalma hasonló vagy nagyobb eltéréseket okoz. Ahhoz, hogy jól értelmezhető méréseket kapjunk, csak megfelelő körülmények között szabad mérni. Elsődleges a felhő- és ködmentes időjárás, az adatok meghamisításának elkerülésére. A Nap fénye még napnyugta után is sokáig érzékelhetően növeli az égbolt fénysűrűségét, hatása csak akkor válik elhanyagolhatóvá, ha több mint 18 fokkal a

horizont alatt van (csillagászati szürkület). Hasonlóan a holdfény is zavaró, de ennél az égitestnél elegendő, ha a horizont alatt tartózkodik. Természetesen minden mesterséges fényforrásból közvetlenül érkező fényt is ki kell zárunk.

A 2. ábrán bemutatjuk az égboltminőség mérésének eredményeit a Zselici Tájvédelmi Körzetben és annak környezetében. A zenitben mért fénysűrűségekből levontuk azt a háttérértéket ( $L_0 = 0,00032 \text{ cd}/\text{m}^2$ ), ami a természetes fénysűrűség, illetve a nagy távolságban lévő mesterséges források eredője. Egy alkalommal sikerült közvetlenül hóesés után, derült, nagyon tiszta levegőjű éjszakán mérni. Az ekkor kapott értékeket körökkel ábrázoltuk. Az összes mérésből kiválasztottuk a hasonló minőségű éjszakákat – ahol a távolságfüggés jól értelmezhető és hasonló lefutású. Ezeket a normál talajreflexió mellett készült adatokat X-ekkel mutatjuk. Tisztán megfigyelhető a tendencia, ahogy a fénysűrűség csökken Kaposvártól távolodva. Az eltérést ettől a trendtől a települések közelében mért adatok és a levegő pára- és aeroszol-tartalmá-



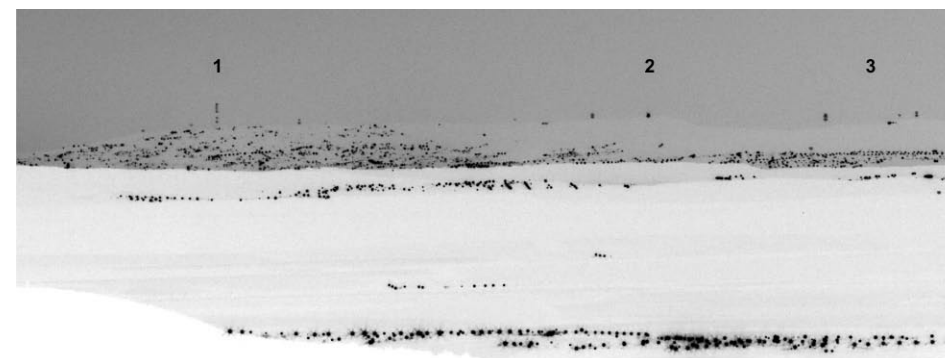
2. ábra • Az égbolt fénysűrűségének változása a Kaposvár centrumától mért távolság függvényében. Körök – havazást követően; keresztek – normál reflexió esetén. Folytonos görbék: a Monte Carlo-szimuláció eredményei.

nak változásai okozzák az időjárás függvényében. Jól látható, hogy a Kaposvártól származó fénysűrűség-növekmény a centrumtól 7–8 km-re az égbolt természetes fénysűrűségére csökken. Ez az a határ, ahol már megfelelő minőségű az égbolt. A tájvédelmi körzet már ezen a határon kívül van, így a terület megfelel ez ezüst kategóriájú sötétegbolt-parkoknak. Azonban Kaposvár fényei hosszabb távon jelentős kockázati tényezőt jelentenek. Az ábrán látható görbék a Monte Carlo-szimuláció eredményei nagyon tiszta levegő (kevés Mie-szórás) esetére. A két vonal között pontosan kétszeres a fénysűrűség aránya. Az adatok alapján a hóval fedett és a normál körülmények között másfélszeres–kétszeres fényességnövekedéssel kell számolnunk, amit a talajszint megnövekedett reflexiója okoz.

Ez az adat felhasználható arra, hogy megbecsüljük, a zselici fényszennyezésben milyen arányban szerepel a mesterséges világítás talajról reflektált része. Ez a komponens nehe-

zen szüntethető meg, ugyanis a megfelelő irányba eső megvilágítás esetén elkerülhetetlen a visszaverődés, hiszen éppen az teszi lehetővé, hogy az úttestet lássuk. Helyes világítás esetén (amikor a horizont síkja fölé egyáltalán nem távozik közvetlenül fény), a reflektált arány közel 100 % lenne. Ha feltelezzük, hogy a hó miatt a talaj fényvisszaverő képessége négy-hatszorosára növekedett, akkor azt kapjuk, hogy normál körülmények között a reflektált fény csak 20–50 %-ig felelős az égbolt mesterséges fényléséért. Innen már egyszerűen adódik a végkövetkeztetés: a város fényeinek legalább fele haszontalanul távozik az égbolt irányába, anélkül, hogy hasznos megvilágítást okozna. A felhasznált elektromos energia jó része megtakarítható lenne, és ezzel az égbolt Kaposvár okozta mesterséges fénylése is a felére csökkenhetne.

Az íménti, valamint a 3. ábrán bemutatott példából is látszik, hogy vannak még tartalékok: a köz-, dísz- és térvilágítás optimális



3. ábra • A zavaró fények messzire látszanak: A Budai-hegység vonulata éjszaka a Mátrából teleobjektívvel készített fotón. A jobb láthatóság kedvéért a kép negatív változatát mutatjuk. Könnyen kivehető a Széchenyi-hegyi adótorony (1), a János-hegyi kilátó díszvilágítása (2) és a Hármashatárhegy (3) antennáinak fényei. A főváros feletti fénykupola fényességét a budapesti díszvilágítás kikapcsolása előtt és után a mátrai Piskés-tetőről mérve könnyedén kimutatható a fénylés körülbelül 5 %-os csökkenése.

megvalósításával jelentős mértékben csökkenthető a fényszennyezés, anélkül, hogy a világítás célja csorbulna. A megtakarítható energia mennyisége is tekintélyes, így a világítás intelligensebbé tétele hosszabb távon megtérül. Sok esetben egy egyszerű kapcsolóval megszüntethető az éppen akkor feleslegesen használt fény. Ha minél több alkalommal ezek az egyszerű elveket, s talán

megfelelő törvényi szabályozás is késztetné a fényt kibocsátókat erre, akkor nyugodtak lehetnénk afelől, hogy száz év múlva is látják majd az utódaink a Tejutat, s megfelelően ünnepelhetik a csillagászatot, nem csak egy évforduló ürügyén.

Kulcsszavak: *Csillagászat Nemzetközi Éve, fény-sűrűség, fényszennyezés, szórás, zavaró fény*

#### IRODALOM

Spada, Francesco – Krol, M. C. – Stammes, P. (2006): McSCIA: Application of the Equivalence Theorem in a Monte Carlo Radiative Transfer Model for Spherical Shell Atmospheres. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*. 6, 4823–4842. <http://www.atmos-chem-phys.net/6/4823/2006/acp-6-4823-2006.pdf>

Tóth Zoltán (2009): A légkör rövidhullámú sugárzását kibocsátásának hosszú távú változása Budapest felett. *Magyar Tudomány*. 4, 428. <http://www.matud.iif.hu/09apr/06.html>



# Homage á M. Zemplén Jolán (1911–1974)

## BEVEZETŐ GAZDA ISTVÁN ÉS GHEORGHE STRATAN ÍRÁSÁHOZ

Fehér Márta

a filozófiai tudomány doktora, egyetemi tanár,  
BME Filozófia és Tudománytörténet Tanszék  
[feherm@filozofia.bme.hu](mailto:feherm@filozofia.bme.hu)

Az alább közölt két írásnak évfordulós aktualitása van. 2009 nemzetközi Galilei év, mert négyszáz éve, 1609 júliusában végezte Galileo Galilei az első távcsöves megfigyeléseit és 1610 elején jelent meg a *Nuncius Sidereus*, a megfigyeléseiről szóló beszámolója.

Most folyó évnek magyar vonatkozása is van: ötven évvel ezelőtt jelent meg egy kötet, Galilei egyik, 1632-ben publikált fő művének a röviden *Dialogo*-ként emlegetett, a kopernikuszi asztronómia melletti érveit felsorakoztató munkájából, *Párbeszéd*ek címen M. Zemplén Jolán válogatásában, fordításában, és a kihagyott részeket összefoglaló kommentárjával. M. Zemplén huszonöt éve hunyt el. Életútját és életművét méltó módon és jól dokumentálva mutatja be itt közölt írásában egykori közvetlen munkatársa, Gazda István, a Magyar Tudománytörténeti Intézet vezetője. Írása önmagáért beszél, és nem igényel kommentárt – úgy vélem.

A másik, itt közölt írás Gheorghe Stratan, a kolozsvári Babeş-Bolyai Egyetem fizikus

végzettségű tudománytörténet professzorának írása elé azonban, azt hiszem, szükséges néhány szót előrebocsátani. Gheorghe Stratan rövid cikke olvastán ugyanis sokan úgy vélhetik: egy kritikus hangvételű írás nem való egy évfordulós méltató megemlékezés keretei közé. Azt hiszem azonban, hogy Stratan komparatív elemzése: M. Zemplén és Stefan Bălan (1913–1991) *Dialogo* válogatásának összevetése, indirekt módon éppen M. Zemplén emberi és tudósi nagyságáról tanúskodik. Arról, hogy a román verzió készítőjétől eltérően M. Zemplén Jolán *nem tett ideológiai engedményt az '50-es években Magyarországon fennálló politikai helyzetben*, és az akkori magyar értelmiség legjobbjaihoz hasonlóan klasszikus művek fordításával foglalkozott, mert eredeti írásait csak súlyos megalkuvással tehetné volna közzé.

Stratan kritikai észrevételei M. Zemplén munkájával kapcsolatban *filológiai jellegűek*, s mint ilyenek jórészt helytállóak (bár a két konkrét példája: Sagredo redundáns belép-

tetése és az Orlando-utalás esete jelentéktelen, és inkább kiadói-szerkesztői, mint fordítói-válogatói hiba.) S egy válogatást egyébként is mindig érhet jogos kritika. Stratan írása ugyanakkor a *történeti és kulturális kontextus ismeretének hiányáról vagy figyelmen kívül hagyásáról tanúskodik*, ami pedig ma egy tudománytörténész esetében komoly módszertani hiba. Stratan ugyanis figyelmen kívül hagyja azt a tényt, hogy a M. Zemplén féle *Párbeszéd* fordítás-válogatás *nem tudományos (tudománytörténeti) szakkönyv, hanem ismeretterjesztő kiadvány*. Az Európa Kiadónál a *szépirodalom* klasszikusait fordításban közreadó paperback füzetek sorozatában jelent meg. (A terjedelem tehát erősen korlátozott volt.) Galilei *Dialogo*-ja ugyanis tudományos értékén túl irodalmi értékkel is rendelkezik. A mű nem értekezés, hanem a heliocentrikus asztronómia mellett és ellen szóló érvek közötti, színpadias és irodalmias elemekben bővelkedő, drámai összecsapás, három személy (Salviati, Simplicio és Sagredo) képviselésében. Stratan tehát olyasmit kér számon M. Zemplén Jolánon és az Európa Kiadón,

amire azok eleve nem vállalkoztak/vállalkozhattak. Ezt azonban (mint kérdésemre megerősítette) a magyar nyelv és háttértudás híján Stratan professzor nem tudhatta. Már az mérész vállalkozás volt részéről, hogy csupán egy magyarul értő segítőtámaszkodva filológiai kritikára vállalkozott. (És nem csak a budapesti, hanem a bukaresti Kriterion kiadás esetében is.) Abban azonban nagyon igaza van Stratan professzornak, hogy a kiváló teljes *Discors*-fordításhoz hasonlóan ideje lenne egy teljes magyar tudományos igényű *Dialogo*-fordítás elkészítésének és megjelenítésének. Ezzel még adósak vagyunk. . .

Írását Gheorghe Stratan néhány hónapja a *Hungarian Quarterly*-nek küldte el közlésre. A főszerkesztő, Zachár Zsófia továbbította hozzám. Úgy gondoltam, érdemes ezt a rövid írást minden fogyatékosága ellenére közzétenni, mert igen tanulságos képet villant fel egy már letűnt korszak két eltérő emberi útjáról, két különböző kulturális produktumáról. Remélem, mások is így látják.

Kulcsszavak: *Galilei, M. Zemplén Jolán*



## M. ZEMPLÉN JOLÁN FIZIKATÖRTÉNETI KUTATÁSÁIRÓL

Gazda István

tudománytörténész, kandidátus, igazgató,  
Magyar Tudománytörténeti Intézet  
mati@tudomanyortortenet.hu

A híres Zemplén tudóscsalád örökségét vitte tovább M. Zemplén Jolán fizikatörténész, akit 1967-ben elsőként választottak – nő léte – fizikaprofesszorrá magyarországi egyetemen. Édesapja, Zemplén Győző, nemzetközi hírnévű fizikus volt, a lökéshullámok elméletének tudós kutatója, aki Göttingában is elismerést szerzett fizikai tudásával, s így nem véletlenül alapították számára 1912-ben a Műegyetemen az elméleti fizika tanszéket. A neves fizikus sajnos fiatalon elhunyt az I. világháborúban, ha nem így történt volna, korábbi professzorával, Eötvös Loránddal együtt talán maga is eljutott volna a Nobel-díj kitüntetésig. (Eötvöst fel is terjesztették a díjra, de halála miatt – a díj szabályzatának megfelelően – a felterjesztést nem tárgyalták tovább.)

Zemplén Jolán 1911-ben született, s nagyon nagy műveltségű matematika-fizika szakos tanár lett, aki mind a reáliák, mind a humaniorák területén jól el tudott igazodni. Férje a neves filozófus, Mátrai László lett (Zemplén, 2000). M. Zemplén Jolán kutatásait talán az is segítette, hogy férjével együtt a patinás Tudományegyetem Egyetemi Könyvtárában lakott, ahol férje hosszú időn keresztül az igazgatói posztot töltötte be. Magas szinten sájtította el a német és angol nyelvet, s remekül fordított latinból is (lásd

Bíró, 1986a; Bíró, 1986b; Bíró 1994/95; Mátrai, 1986).

A magyarországi fizikatörténet-írás kezdetét a 19. század utolsó harmadában megjelent művekhez vezethetjük vissza, Czöglér Alajos és Heller Ágoston munkáig, utóbbi német nyelven közreadott fizikatörténete nemzetközileg is elismert kézikönyv volt. A század-előn Baumgartner Alajos, később Mikola Sándor írt fizikatörténeti munkákat a középiskolák tanulóinak és tanárainak számára, az 50-es évek elején Nádor György fizikatörténete látott napvilágot, s ezzel párhuzamosan jelent meg Szabó Árpád matematikatörténeti kötetei, fizikatörténeti és asztronómatörténeti vonatkozásokkal.

M. Zemplén Jolán 1946-ban jelentette meg első nagy fizikatörténetét *A háromezeréves fizika* címmel, 1954-ben pedig önálló kötete jelent meg Roger Bacon munkásságáról. A Magyar Tudományos Akadémia keretében ekkor indultak az első nagyobb tudománytörténeti és technikátörténeti kutatások, amelyek eredményeit számos monográfia őrzi, köztük M. Zemplén Jolánnak a magyarországi fizika történetéről közreadott két hatalmas műve (M. Zemplén, 1961; M. Zemplén, 1964). Az első kötet a régi magyar könyvtár időszakának, tehát az 1711 előtti korszaknak a fizika-

történeti, természetfilozófiai, csillagásztörténeti és egyben könyvészeti összefoglalója, a második kötet a 18. század végéig kíséri végig a Királyi Magyarország, Erdély és – valamivel vázlatosabban – a felvidéki fizika történetét. Tudós kutatók, külföldi egyetemeken diplomát szerzett hallgatók, középiskolai és egyetemi oktatók életművét ismerhetik meg az olvasók. A szerző ezt a korszakot így jellemezte: ez az az időszak, amikor a fizika Magyarországon is szaktudománnyá vált.

Nem véletlenül tárgyalta e műveiben egy kicsit vázlatosabban a felvidéki fizika történetét, hiszen arról 1974-ben egy Pozsonyban megjelent szlovák nyelvű részletgazdag monográfiában külön is beszámolt, s e négy és félszáz oldalas munka Zemplén Jolán fizikatörténeti könyvsorozata harmadik kötetének tekinthető (M. Zemplén, 1974). A szlovák kiadás és a Zemplén-hagyaték alapján készült el halálának 25. évfordulójára, 1999-re a mű magyar nyelvű, új jegyzetekkel kiegészített változata (M. Zemplén, 1998).

A tudós professzornő a magyarországi fizika történetének egyes részproblémáit is kutatta, társszerzője volt az Eötvös Lorándról megjelent kötetnek, több publikációja is megjelent Ruđer *Bošković* magyarországi hatásáról, a magyar kopernikánusokról, az atomizmus magyarországi híveiről, Verancsics Faustusról, Pósházi Jánosról, az egykori nagyszombati egyetem fizikatanáiról, a neves csillagászról, Hell Miksáról, a Magyarországon született és német egyetemeken professzorrá lett Segner János Andrásról, a 18. századi hazai mechanikai irodalomról, a régi debreceni fizikusokról, az erdélyi fizika klasszikus századairól és másokról. Emellett értékes publikációi jelentek meg a fizika egyetemes történetéről, gondoljunk csak az optikában oly nevezetes Alhazenről szóló tanul-

mányára, Kopernikusról közreadott írásaira vagy a magyar kartézianusokról, továbbá az Isaac Newtonról, Mihail Lomonosovról, Benjamin Franklinról és Michael Faradayról szóló tanulmányaira.

M. Zemplén Jolánnak köszönhető, hogy hazánkban valóban önálló diszciplínává vált a tudománytörténet, s ezen belül a tudománytörténet-írás (M. Zemplén, 1958). Talán neki köszönhető, hogy a nagy műveit követő években – ugyancsak az Akadémiai Kiadó gondozásában – más tudománytörténetes munkái követték, gondoljunk Szénássy Barina, Szókefalvi-Nagy Zoltán, Szabadváry Ferenc, Makkai László és mások monográfiáira. Az 1970-es évektől kezdődően számos tudománytörténeti publikáció szerzője tekinthető kutatása kiindulópontjából M. Zemplén Jolán valamely vizsgálódását, így monográfiái valóban komoly hatást gyakoroltak a hazai csillagásztörténeti, matematikatörténeti, kémia-történeti, filozófiatörténeti és természetesen fizikatörténeti vizsgálódásokra (lásd Gazda, 2000).

Az addig csak irodalomtörténetesek, filológusok, nyelvtörténetesek és történettudósok által kutatott régi magyarországi nyomtatványok közül számos fizikai és természetfilozófiai kötetet hozott a felszínre, ezeket szigorú elemzésnek vetette alá, s részletes tartalmukat is bemutatta. Így ismerhettük meg alaposabban azoknak a fizikatanároknak a munkásságát, akik a 16–18. században külföldi egyetemeken szereztek diplomát, s azt itthon hasznosították, vagy a nagyszombati egyetemen ismerték meg a fizika tudományának alapjait, s azokét is, akik az 1782-ben Budán megindult műszaki felsőoktatásban a fizikai stúdiumok előadói voltak. Számos olyan műre is bukkant, amely külföldön jelent meg, többnyire latin vagy német nyelven, s amely egy-

értelműen magyar szerző munkája. Ezek egy része disszertáció, más részük pedig külföldön letelepedett magyar kutatók munkái.

Könyveinek jegyzeteiből át tudjuk tekinteni azokat a forrásmunkákat, amelyek alapot adnak a további vizsgálódásokhoz, érdemes újra kézbe venni az általa citált egykorú bibliográfiákat és biográfiákat, az iskolatörténeteket és egyetemtörténeteket, a tudóstársaságok – s köztük az Akadémia – idevágó kiadványait. Jegyzetei segítségével megismerhetők azok a filozófiai munkák, amelyek természetfilozófiai jellegükönél fogva a hazai reáltudományi, s ezen belül a fizikai irodalom integráns részét képezik, s amelyek egy részéről korábban alig volt tudomásunk. M. Zemplén Jolán korrektül hivatkozik azokra a tudós kutatókra is, akik munkáját segítették, köztük a debreceni Jakucs Istvánra vagy művei neves lektorára, Makkai Lászlóra, aki maga is számos új ténnyel gazdagította tudománytörténeti irodalmunkat.

Számos fordítása jelent meg németből vagy angolból, gondoljunk az 1947-es Max Born- és Aldous Huxley-kötetre, James Stokleynak az elektronokról szóló, általa 1949-ben lefordított műre, Gerhard Herzberg híres, molekula-színképeket és molekula-szerkezetet tárgyaló kétkötetes munkájára, vagy az általa 1965-ben közreadott Max Planck-válogatásra.

Kutatásai egyik nagy egységét képezték a Galileo Galilei életművet elemző írásai. Már 1947-ben fordított Galileitől *Mozog-e a Föld?* címmel, 1959-ben válogatást adott közre Galilei 1632-es *Dialogo*-jából, 1958-ban publikációja jelent meg a Galilei-pörőről, 1964-ben a fizika módszerének megalapítójaként vizsgálta Galilei életművét, csillagászati munkásságáról az 1964-es *Csillagászati évkönyv*-ben publikált, 1966-ban jelent meg filozófiatörté-

neti ihletettségű tanulmánya *Dominikánusok Galileiről egykor és ma* alcímmel, a modern tudományos világkép kialakulását elemezve a klasszikus-mechanisztikus fizikai világkép alapjainak tárgyalását Galilei korszakánál kezdte (1967). Nyugodtan állíthatjuk, hogy hazánkban Galilei életművét elsőként a leg-részletesebben ő elemezte írásaiban, s fordításaival nagyban segítette mindazokat, akik szerették volna megismerni Galilei híres alapművét, magyar nyelven. A magyarországi fizika történetét elemző könyvekben és cikkeiben pedig számos helyen utalt arra, hogyan hatott Galilei és követőinek fizikája az egykorú magyarországi világlátásra.

Hangsúlyoznunk kell, hogy M. Zemplén Jolán célja mindössze az volt, hogy figyelemfelkeltőül közreadjon egy kis, népszerűsítő jellegű válogatást a nagy pört kiváltó kötetből (Galilei, 1947; Galilei, 1959; Galilei, 1983; Galilei, 1993). Már az 1946-os egyetemes fizikatörténeti összefoglalójában tisztes teret szentelt a Galilei-életmű bemutatásának, amelyből kitűnik, hogy alaposan megismerte ezt a korszakot, s írásai nyomán számosan váltak a Galilei nevéhez köthető legjelentősebb tudományos eredmények ismerőivé.

M. Zemplén Jolán 1974-ben bekövetkezett halála után jelent meg a magyar *Discorsi*-fordítás (Galilei, 1986), ez a kiadás már teljes egészében igazodott a kritikai kiadás követelményeihez, jelen esetben a Stillman Drake által készített kiadáshoz s annak magyarázó jegyzeteihez. Ez utóbbi nem válogató jellegű ismeretterjesztő kiadás volt, hanem egy Galilei-mű teljes fordítása, amelyhez komoly tudományos apparátus járult.

Néhány évre rá jelent meg Simonyi Károly egyetemes fizikatörténete, nagy Galilei-fejezettel (Simonyi, 1978), s a Galilei-korszak megértését segítették Fehér Mártának az új-

kori fizika kezdetére vonatkozó tanulmányai (Fehér, 1995), Vekerdi László *Így él Galilei* című munkája (Vekerdi, 1997), továbbá Abonyi Iván Vekerdi kötetéhez is kötődő publikációi (Abonyi, 2008). Bízunk benne, hogy az új kutatási eredményeket tükröző modern

*Dialogo*-fordítás is napvilágot lát majd, különösen most, a 2009-es Galilei-évben, amikor számos előadás irányítja a figyelmet az egykori neves természettudós életművére, s annak Magyarországon még kevésbé ismert mozzanataira.

Kulcsszavak: *M. Zemplén Jolán, Galileo Galilei, tudománytörténet, fizikátörténet*

#### IRODALOM

- Abonyi Iván (2008): *Kiemelkedő fejezetek a XVII–XIX. század fizikájából*. Magyar Tudománytörténeti Intézet, Budapest
- Bíró Gábor (1986a): Mátrainé Zemplén Jolán. In: Sipka László (szerk.): *Évfordulóink a műszaki és természettudományokban 1987*. Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége, Budapest, 96–97.
- Bíró Gábor (1986b): Zemplén Jolán. Tudomány történet – technika történet. **3**, 1, 2–6.
- Bíró Gábor (1994/95): Mátrainé Zemplén Jolán. (1911–1974). *Technikatörténeti Szemle*. **21**, 179–182.
- Fehér Márta (1995): *Changing Tools. Case Studies in the History of Scientific Methodology*. Akadémiai, Budapest
- Galilei, Galileo (1947): *Mozog-e a Föld?* (Ford. és bev.: M. Zemplén Jolán) Budapest szfv. Irodalmi és Művészeti Intézet, Budapest
- Galilei, Galileo (1959): *Párbeszéd a két legnagyobb világregszerről, a ptolemaiosziról és a kopernikusziról*. (ford., vál., utószó és jegyz.: M. Zemplén Jolán) Európa, Budapest
- Galilei, Galileo (1983): *Párbeszéd a két legnagyobb világregszerről, a ptolemaiosziról és a kopernikusziról*. (ford.: M. Zemplén Jolán, bev. és jegyz.: Bréda Ferenc) Kriterion, Bukarest
- Galilei, Galileo (1993): *Igazságkeresők. Galileo Galilei (1564–1642) és René Descartes (1596–1650) művei*. (ford.: Zemplén Jolán) Interpopulart, Szentendre
- Galilei, Galileo (1986): *Matematikai érvelések és bizonyítások két új tudományág, a mechanika és a mozgá-*

- sok köréből*. (ford.: Dávid Gábor, jegyz.: Gazda István, Pesthy Monika, utószó: Vekerdi László) Európa, Budapest
- Gazda István (összeáll.) (2000): *A magyarországi fizika klasszikus századai. Tanulmánygyűjtemény*. Magyar Tudománytörténeti Intézet, Piliscsaba
- M. Zemplén Jolán (1958): *Régi fizikai kéziratok kutatása Erdélyben*. Magyar Tudomány. **3**, 207–218.
- M. Zemplén Jolán (1961): *A magyarországi fizika története 1711-ig*. Akadémiai, Budapest
- M. Zemplén Jolán (1964): *A magyarországi fizika története a XVIII. században. A fizika szaktudományá válik*. Akadémiai, Budapest
- M. Zemplén Jolán (1998): *A felvidéki fizika története 1850-ig* (sajtó alá rend.: Gazda István) Magyar Tudománytörténeti Intézet, Piliscsaba
- M. Zemplén Jolán [Zempenova Jolana] (1974): *Dejiny fyziky na Slovensku do polovice XIX. storočia*. (prelož. Mária Uherová-Bokesová) Veda, Slovenská Akadémia Vied, Bratislava
- Mátrai Mária (1986): Zemplén Jolán külföldi publikációi. Tudomány történet – technika történet. **3**, 1, 11–18.
- Simonyi Károly (1978): *A fizika kultúrtörténete*. Gondolat, Budapest
- Vekerdi László (1997): *Így él Galilei*. Typotex, Budapest
- Zemplén Gábor Áron (2000): Zemplén Jolán. In: Balogh Margit – S. Nagy Katalin (szerk.): *Asszonyorsok a 20. században*. BME Szociológia és Kommunikáció Tanszék, Budapest, 99–107.

## ÉSZREVÉTELEK GALILEI *DIALOGO*-JÁNAK ROMÁN ÉS MAGYAR VÁLTOZATÁRÓL<sup>1</sup>

Gheorghe Stratan

tudománytörténész, egyetemi tanár, tudományos főmunkatárs,  
*Babeş-Bolyai* Egyetem Európai Tanulmányok Fakultása, Kolozsvár  
Horia Hulubei Fizikai és Nukleáristechikai Intézet, Bukarest

Galilei egyik legjelentősebb műve a híres *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo: Tolemaico e Copernicano* (Párbeszéd a két nagy világregszerről: a ptolemaiosziról és a kopernikusziról, 1632). Ezt a művét először a '60-as évek elején fordították le olaszról román nyelvre (Galilei, 1962), ami mérföldkövet jelentett a román kultúrában, amennyiben az európai értékek elsajátítását jelezte. Sajnos azonban, ahogyan erre már egy tíz éve megjelent írásomban (Stratan, 1997) rámutattam, ezt a könyvet cenzúrázták az akkori kommunista hatóságok. A Stefan Bălan<sup>2</sup> által írt *Előszó* valójában félrevezető, átpolitizált és alapvető tévedésekkel terhelt.<sup>3</sup> A tanulmányomban megmutattam, hogy a kiadvány-

ból 52 fontos részt, az eredeti olasz szöveg mintegy 40%-át kihagyták. Közülük sokat azzal a céllal, hogy az olvasók számára egy módosított képet sugalljanak a könyvről, valamint – burkoltan – annak szerzőjéről, hozzájárulva és folytatva ezzel azt a hamis beállítást, amit az *Előszó* ad Galilei koráról és annak jelentős személyiségeiről. Más szövegrészeket pedig tendenciózusan fordítottak le vagy szerkesztettek át. Végül is az volt a cél, hogy a román olvasó lehetőleg ne tudja meg, hogy Galilei mélyen hívő ember volt.

A bukaresti Kriterion (az állami idegen – főleg magyar és német – nyelvű kiadó) 1983-ban kiadta a *Dialogo* magyar nyelvű változatát. (Galilei, 1983) A Kriterion-kiadás újszólván egy az egyben a Budapesten csaknem negyedszázaddal azelőtt kiadott magyar vál-

<sup>1</sup> Fehér Márta fordítása

<sup>2</sup> Stefan Bălan (1913–1991) a bukaresti Politechnikai Intézet mechanika professzora volt. Az *Előszó* megjelenése idején tudományos és politikai pályája csúcán volt: a Román Tudományos Akadémia tagja, az Oktatási Minisztérium és az RKP Központi Bizottságának küldötte. Ám mint a román társadalom „értelmiségi rétegének” tagja, nem számított megbízhatónak, állandóan bizonyítania kellett „hűségét a munkásosztályhoz” és éberségét az „ideológiai harcban”.

<sup>3</sup> Ezek közül néhányat lelepleztem említett könyvemben (Stratan, 1997) A magyar olvasó figyelmét pedig Stefan Bălan magyarra fordított (Bălan, 1966) könyvére hívnám fel, amely a dühös vallásellenes (főként katolicizmus-ellenes) propaganda kiáltó példája. Más, Galileivel foglalkozó könyvek is megjelentek magyarul mind Bukarestben, mind Budapesten. Ezekkel más alkalommal foglalkozom majd.

tozat (Galilei, 1959) másolata. Mindkét változat az eredeti *Dialogo* drámaian megkurtított szövegét közli, több mint a háromnegyede hiányzik Galilei szövegének.<sup>4</sup> Ráadásul a kihagyott szövegeket helyettesítő kivonatok egy része, nem egyszerűen, mint kellene, visszaadja azok tartalmát, hanem keverve van a fordító, M. Zemplén Jolán<sup>5</sup> kommentárjaival, ami igen megnehezíti annak megkülönböztetését, hogy pontosan mely állítások tekintendők Galilei szövegének summázataként, és melyek M. Zemplén Jolán saját megjegyzései.<sup>6</sup> Egyáltalán nem könnyű rájönni, miért hiányoznak bizonyos Galilei-szövegek mindkét magyar változathoz. Mit mondhatunk arról, hogy egy olyan hosszú szöveg, mint az OV 217–346., hiányzik (leszámítva egy másfél oldalnyi részt, ami a *Dialogo* második napjának végén szerepel.)? Az elhagyott részekkel kapcsolatban M. Zemplén azt írja: „a szövegek kiválasztásában igyekeztünk, amennyire lehet, megőrizni az érvelések láncolatát; ami pedig a kitéréseket illeti, annyit tartottunk meg belőlük, ami nem veszélyezteti a [mű] vonzó, érdekes és sajátos jellegét.” (DMV, 191.) Ez természetesen tiszteletreméltó szándék, ám tekintve, hogy milyen hatalmas részek maradtak ki az eredeti *Dialogo*-ból, az eredmény nagyon is kétséges. Nincs tudományos kritérium, ami megengedne egy ilyen eljárást.

<sup>4</sup> Ez a becslés Bréda Ferencről, a DBMV szerkesztőjétől származik (DBMV, 240.) Az olasz eredetiből kihagyott részeket tizenhat kivonat helyettesíti. A leghosszabb kihagyott rész 80 oldalnyi. (Ezek a számok mindkét magyar fordításra érvényesek.)

<sup>5</sup> Mátrai Zemplén Jolán (1911–1975) az első fizikus professzorasszony és tanszékvezető volt a Budapesti Műszaki Egyetem Fizika tanszékén. Jó nevet szerzett a magyarországi fizika történetéről szóló műveivel.

<sup>6</sup> Lásd például a DBMV 159–161., illetve a DMV 104–105. oldalain található összefoglalást, amely az eredeti olasz szöveg (OV) 217–298. oldalai helyett áll.

Ez stratégia kérdése: ha az ember egy olyan szerzőt, mint Galilei, egy radikálisan megrövidített változatban akar bemutatni, akkor valószínűleg jobb, ha kommentárt ír a könyvről, benne, ahol kell, az eredeti műből vett terjedelmes idézetekkel.

A román és a magyar változat összevetése nem csupán a kihagyott részek, hanem az eredeti szöveg megközelítése tekintetében is különbségeket tár fel. A magyar változatban nem fedezhető fel olyan szándék, mint a román változatban, hogy szövegek csupán azért maradtak volna ki, mert Isten nevét vagy egyéb vallási utalásokat tartalmaznak. Van egy rövid kihagyás például a DMNV 151. oldalán (DBMV 221–222., OV 472.) a *Párbeszéd*-ben Salviati fejtegetésének végén és Sagredo válaszában az elején. Ha megnézzük az eredetit, azt látjuk, hogy a kihagyott részben először az „infelice Orlando”-ra, majd pedig Sagredónál a „miserabile Orlando”-ra történik utalás, tehát nem Istenre. Ezek a kitételek, természetesen Ariosto<sup>7</sup> *Orlando Furioso* című művének hőisére vonatkoznak, de az utalások meghagyása a fordításban magyarázó lábjegyzet igényelt volna, s M. Zemplén ezt nyilván el akarta kerülni.

A bukaresti magyar változat szolgálja (nem pedig gondosan) másolja a budapestit, beleértve ez utóbbi 83. oldalán (DBMV, 131.) található hibát is, amely szembeszökő minden olvasónak – de úgy látszik, a szerkesztőknek nem volt az – ti., hogy Salviati egy hosszú fejtegetése közepén megjelenik egy új, redundáns Salviati megszólalás-jelzés. Így azután mindkét magyar kiadásban Salviati után ismét Salviati fejtegetése következik. (Ehhez vö. a megfelelő helyet OV, 164., I. 30.)

<sup>7</sup> Galilei nagy csodálója volt Ariostónak, és írt is a költeményéről.

A bukaresti magyar változat saját nyomda- és szerkesztési hibákat is tartalmaz,<sup>8</sup> s ez súlyos etikai problémákat is felvet. Vajon a DBMV szerkesztője (és egyúttal az *Előszó* és a *Jegyzetek* írója) átolvasta-e a fordítást anélkül, hogy észrevette volna ezt a tévedést? A DBMV továbbá egy sajnálatos mulasztást is tartalmaz: a 4. oldalon M. Zemplén Jolán nevét csak mint a *Dialogo* fordítójaét említik. Azt, hogy ő válogatta a szövegeket, nem jelzik, noha ez teljesen világos a budapesti magyar változatban. Ez, persze, lehetne csupán tévedés is, de a DBMV 240. oldalán a *Jegyzetek*-ben Bréda Ferenc azt sugallja<sup>9</sup> az olvasónak, hogy ő társszerző a szöveg válogatásában, ami nem méltányos M. Zemplén Jolánnal szemben, aki már nem tudhatott tiltakozni.

A fő különbség a magyar és román változat között az, hogy utóbbi nyilvánvalóan manipulálta a *Dialogo* szövegét. A kihagyandó szövegeket a román szerkesztők úgy választották ki, hogy a nemkívánatos vallási vonatkozású részek maradjanak ki, amit szilárd tudományos válogatási kritériumok hiányában még könnyebb végrehajtani. E helyzetet a DRV 40. oldalán az OV-ből kihagyott 43–46. oldali (I. 9–I. 18) szövegtörredékkel, amelyben három vallási vonatkozású utalás van arra:

„...ha egy bizonyos ideig egyenes vonalú mozgásba hozná őket az Alkotójuk” (OV, 44., I. 11.)

„Ezt elfogadva, tegyük fel, hogy Isten megteremtette a Jupiter bolygót...” (OV, 45., II. 3–4.)

<sup>8</sup> Ennek egy megdöbbentő példája a 118. oldalon található, ahol Sagredo megszólalását egybemossák Simplicioéval, ami zavarbaejtő, mivel Salviati két beszélgetőtársa vitában áll egymással és Sagredo Salviati pártján áll, míg Simplicio Arisztotelészén. E tekintetben a DMV korrekt (lásd ebben 73.)

<sup>9</sup> Bréda azt írja: „válogatásunk.”

„Nem állítottam, nem is merném azt állítani, hogy a természet vagy Isten számára lehetetlen lenne...” (OV, 45. II. 20–21)<sup>10</sup>

Ugyanilyen vallási utalás hiányzik a teljes kísérő szövegrészsel együtt a DRV 107. oldaláról (OV, 146–150., I. 4. – I. 22.), ahol az volt kiküszöbölendő, hogy Salviati és Simplicio többször is utalást tesz a Legfőbb Mozgatóra. Számos ilyen eset van még, de nem száporítom ezek számát. Azáltal, hogy el akarták titkolni Galilei vallásos hitét, a román szerkesztők károsították a nagy itáliai tudós kulturális és tudományos befogadását is.

Még ha nem is román változathoz hasonló, nyílt vallásellenes indíttatásból, de hasonló következményekkel, a *Dialogo* magyar változata is megfosztotta az eredeti művet számos fontos vonásától. A részletes elemzés nyilván a nagy firenzei tudós magyar kutatóira vár; itt csupán néhány megfontolást tettem.<sup>11</sup>

A 2009. év a *Dialogo* első magyar változata megjelenésének 50. évfordulója. Jelen cikk szerzője pedig meg van győződve arról, hogy itt az ideje e fontos könyv egy új, teljes magyar nyelvű kiadásának az új olvasó generáció számára. A fent kifejtettek miatt a román változat helyreállítása is kívánatos. A 2010. év pedig újra az érdeklődés fényébe állítja majd Galileit, mert ez az év lesz az asztronómiában új korszakot nyitó és a világképünket megváltoztató *Sidereus Nuncius* megjelenésének négy századik évfordulója.

<sup>10</sup> Ugyanebben az elhagyott szövegrészben Salviati tesz egy helyeslő utalást Arisztotelészre (arra, hogy „a természet nem kísérli meg a lehetetlent”) és hosszan kitér Platónra, ami igen fontos Galilei két antik filozófussal kapcsolatos álláspontjának megértéséhez.

<sup>11</sup> Az érdeklődők számára a jelen cikk szerzője felajánlja a magyar változathoz hiányzó szövegrészek listáját. A cenzúrázott román *Dialogo*-változat részletes elemzése befejezés előtt áll.



Kulcsszavak: *Galilei, Párbeszéd, Dialogo, M. Zemplén Jolán fordítása*

## IRODALOM

Bálan, Stefan (1966): *És mégis mozog...: Galileo Galilei életéről és munkásságáról*. Tudományos, BukarestFavaro, Antonio – Barbera, Giunti (a cura di) (1890–1908): *Le opere di Galileo Galilei*. I–XX. Barbera, FirenzeGalilei, Galileo [a hivatkozásokban: OV] (1632): *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, Tolemaico e Copernicano*. In: Favaro, Antonio – Barbera, Giunti (a cura di) (1890–1908): *Le opere di Galileo Galilei*. vol. VII.Az eredeti, 1632-es kiadás szkennelt változata: <http://books.google.hu/books?id=BwQEV566twEC&hl=en&pg=PP1#v=onepage&q=&cf=false>Galilei, Galileo [a hivatkozásokban: DMV] (1959): *Párbeszéd a két legnagyobb világrendszeréről, a ptolemaiosziról és a kopernikusziról*. (vál., ford. és utószó: M. Zemplén Jolán) Európa, BudapestGalilei, Galileo [a hivatkozásokban: DRV] (1962): *Dialogo despre cele două sisteme ale lumii, ptolemaic și copernican*. (olaszból ford.: Romolo Ottone, vál. és előszó: Stefan Bálan) Ed. Științifică, BucurestGalilei, Galileo [a hivatkozásokban: DBMV] (1983): *Párbeszéd a két legnagyobb világrendszeréről, a ptolemaiosziról és a kopernikusziról*. (bevezetővel és jegyzetekkel ellátta: Bréda Ferenc, ford.: M. Zemplén Jolán) Kriterion, BukarestStratan, Gheorghe (1997): *Galileu! O, Galileu*, Logos, Bucuresti

# Tanulmány

## HALÁLOZÁSI VISZONYOK ÉS ÉLETKILÁTÁSOK A 21. SZÁZAD KEZDETÉN A VILÁG, EURÓPA ÉS MAGYARORSZÁG NÉPESSÉGÉBEN

Józan Péter

az MTA doktora, az MTA Demográfiai Bizottságának elnöke,  
Központi Statisztikai Hivatal, MTA Társadalomkutató Központ, Budapesti Corvinus Egyetem  
[peter.jozan@ksh.hu](mailto:peter.jozan@ksh.hu)

### Bevezető

Az epidemiológiai fejlődés úgy érkezett el a 21. századba, hogy történetének megismételhetetlenül sikeres évszázadától búcsúzott a századfordulón. A tudományos-technikai forradalom és a társadalmi-gazdasági fejlődés kölcsönhatásaként kialakuló körülmények eredményeként elérhető közelségbe került a hosszú és egészséges élet. Az életben maradás esélyei oly sokat javultak, hogy a születéskor várható élettartam lényegében megkétszereződött. Az is igaz azonban, hogy kontinensek, országok és egy országon belül is embercsoportok között soha nem voltak olyan nagyok a különbségek az élet hosszát tekintve, mint napjainkban. Új fejlemény, hogy az epidemiológiai fejlődés minden nagy korszaka egyszerre van jelen a Földön: ezek a jelenleg leginkább elfogadott periodizáció szerint a követ-

kezők: a járványok és az éhínségek, az állandóan jelenlevő (de járványt nem okozó) fertőző betegségek, a nemfertőző, idült betegségek és a késleltetett nemfertőző, idült betegségek korszaka. A születéskor várható élettartam az első korszakban 40 év körül van, míg a negyedikben megközelíti, eléri, vagy meghaladja a 80 évet. A gazdasági-társadalmi, politikai, kulturális környezet és nem a természeti körülmények határozzák meg, hogy sokan felnőni sem tudnak, míg mások matuzsálemi kort érnek el (Olshansky et al., 1986).

### A halálozások gyakorisága

A 21. század kezdetén a halálozások évente átlagosan közel 1%-kal (9%-kal) csökkentik a világ népességének lélekszámát, napjainkban ennyi a halandóság viszonylagos súlya a népesedésben. Másféppen fogalmazva: hozzávetőleg hatvanmillió ember hal meg egy évben. A földrészek közül a legalacsonyabb Latin-Amerika mortalitása: 6%, majd Óceánia következik 7%-kal, Ázsia és Észak-Amerika 8%-kal, Európában a halálozás gyakorisága

<sup>1</sup> Epidemiológia: az egészségi állapottal kapcsolatos események megoszlásával és ennek meghatározóival foglalkozó tudomány; az epidemiológiai fejlődés ezeknek az eseményeknek a története.

Korszak	A pandémiák és éhínségek korszaka	Az endémiás fertőző betegségek korszaka	A nemfertőző betegségek korszaka	A késleltetett nemfertőző betegségek korszaka
Terület	a Szaharától délre található országok jelentős része	Például India	a legtöbb kelet-közép-európai ország	a nyugat-európai országok, USA, Kanada, Izrael, Japán, Ausztrália, Új-Zéland
Halálokok	AIDS-járvány és egyéb fertőző betegségek, etnikai háborúk, genocídiumok és éhínség	Tuberkulózis és sok, gyermekkorban gyakori fertőző betegség; a halálozások mintegy fele nemfertőző betegségből származik.	A halálozások legalább 90 %-át nemfertőző betegségek és sérülések okozzák.	A fertőző betegségek okozta halálozások hányada 1-2 %, a nemfertőző betegségek progressziója lelassul, a halálozások legalább 50 %-a 80 éves és idősebb korban következik be.
Halálozási arány	25-27 ezrelék	a fiatal népesség miatt csak 9 ezrelék	a népesség előregedése miatt 10-15 ezrelék	6-10 ezrelék
Kardio-vaszkuláris eredetű halálozás	az összes halálozás 9-10 %-a	az összes halálozás 25 %-a	az összes halálozás 50-60 %-a	az összes halálozás 35-40 %-a
Születéskor várható élettartam	40 év körül	65 év körül	65-77 év	megközelíti, eléri vagy meghaladja a 80 évet

1. táblázat • Az epidemiológiai korszakok, (Eurostat, OECD, WHO Health for All adatbázis)

12 %. Afrikában – leszakadva a többi kontinensről – 1000 emberre 15 halálozás jut.

Európában a felbomlott Szovjetunió néhány utódállamában és a volt szatellita országok egy részében a legmagasabb a mortalitás: Ukrajnában 16, Oroszországban 15, Bulgáriában 14, Magyarországon 13 halálozás jut 1000 lakosra. Számos európai országban a halálozási arány alacsonyabb 10 %-nál. Ezek közül a legjelentősebbek: Franciaország, Hollandia, Németország és Spanyolország, ahol 9, és Svájc, ahol 8 % a halálozás gyakorisága. A legalacsonyabb mortalitás Albániában és Izlandon található: ebben a két országban mindössze 6 halálozás jut 1000 lakosra.

#### A születéskor várható élettartam

A világ népességének születéskor várható élettartama hatvanhét év; hozzávetőleg a kétszerese a száz évvel ezelőti értéknek. A legrosszabbak az életkilátások Afrikában: a világrészre jellemző érték 49 év; Ázsiában 67, Latin-Amerikában 72, Európában és Óceániában 74, Észak-Amerikában 78 év a születéskor várható élettartam. Demográfiai gazdasági, és politikai súlyánál fogva indokolt a világ három legnagyobb lélekszámú országával külön is foglalkozni. Kína népességének várható élettartama 73 év, India népességéé 65 év. Az Egyesült Államokban a születéskor

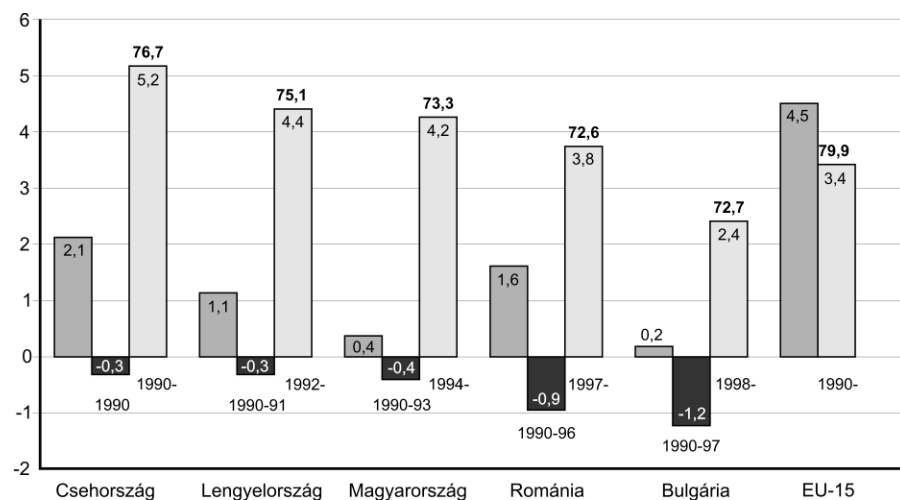
várható élettartam 78 év. Legjobb az életkilátások az európai országok egy részében és néhány más országban. Izlandon 81 év, Olaszországban, Svájcban és Svédországban 80 év a várható élettartam; az európai rangsorban következő országok 79 éves várható élettartammal: Ausztria, Belgium, Franciaország, Németország, Norvégia és Spanyolország. A 21. század első éveiben született nemzedékek 80 évet remélhetnek Ausztráliában, Izraelben és Kanadában, 82 évet Hongkongban és Japánban. Megjegyzendő, hogy az emberiség nagy csoportjainak várható élettartamait leíró szexuális trendek – általában konvergálnak.

Az „érintettség” okán a kelet-európai régióról helyénvaló részletesebben szólni. A kelet-európai régióban a felbomlott Szovjetunió szláv köztársaságaiban és Moldovában a legrosszabbak az életkilátások. A születéskor várható legalacsonyabb élettartam Oroszországban 65 év; ez 2 évvel elmarad Ázsiától és 8 évvel Kínától. Az oroszországi életkilátásokat történelmi kontextusban vizsgálva az a legfontosabb megállapítás, hogy ebben a világrésznyi nagyságú országban, a legutóbbi évszázadban – tehát mióta elfogadható regisztrációval rendelkezünk a halálozásokról – a születéskor várható élettartam mindig a legalacsonyabb volt az ipari országok családjában. A várható élettartam – ehhez képest is – szabadesszerűen zuhant a rendszerváltozás következtében és még 2005-ben is 5 évvel maradt el az 1989. évi 70 évtől.<sup>2</sup>

A szovjet típusú társadalmi-gazdasági, politikai berendezkedés, illetve annak helyi variánsai fontos tanulságokkal szolgálnak az

<sup>2</sup> A halálozások gyakoriságára és a születéskor várható élettartamokra vonatkozó adatok, ha erre más hivatkozás nem történik, a *UN Economic and Social Affairs, World Population Prospects: The 2006. Revision* című kiadványból származnak.

epidemiológiai fejlődés és a társadalmi-gazdasági változások, illetve a politikai rezsimek kapcsolatáról. A totalitárius rendszerek általában hatékonyan bizonyulnak az életkilátások javításában a hatalomátvétel utáni első időszakban, midőn központi utasításokkal és kevés ráfordítással csökkenteni lehet a csecsemő- és gyermekhalandóságot, vissza lehet szorítani, sőt néhány esetben eradikálni lehet a járványokat. A Szovjetunióknak is volt ilyen sikeres időszaka, és ez történt Kínában, Kubában és a kelet-közép-európai országokban is. A rossz kormányzás: például az erőszakos iparosítás, a kollektivizálás, a kulturális forradalom azonban mind a Szovjetunióban, mind Kínában szörnyű visszaesésekhez vezetett. Az epidemiológiai fejlődés későbbi időszakában, amelyet a nemfertőző, idült betegségek primátusa határoz meg, ezek a rendszerek csődöt mondtak. Életképtelenségük első bizonyítéka éppen az volt, hogy viszonylag alacsony szinten stagnált, vagy éppen csökkent a várható élettartam, miközben nyugaton, átmeneti megtorpanás után növekedett. A tőkészegény modernizációnak az volt az ára, hogy az Elbától keletre az epidemiológiai fejlődés (csakúgy, mint a gazdasági) zsákutcába jutott. Az 1990-es évek elején a volt szatellita országokban nem omlott össze az egészségügy infrastruktúrája és rövidebb-hosszabb kritikus időszak után fordulat következett be az epidemiológiai fejlődésben, amely az életkilátások igen jelentős javulásával jellemezhető. Ez történt többek között Bulgáriában, Csehországban, Lengyelországban, Magyarországon és Romániában is. A szétesett Szovjetunió utódállamaiban azonban lényegében összeomlott az egészségügy infrastruktúrája és a rendszerváltozás sokkhatásai megroggyantották a társadalom szerkezetét. Az egészségi közállapotok súlyos vál-



1. ábra • A születéskor várható élettartam változása néhány kelet-közép-európai országban és az Európai Unióban<sup>e)</sup> az epidemiológiai fejlődés rendszerváltozás előtti: 1970–89<sup>c)</sup> és utáni: 1990–2007 időszakában<sup>a) b) d)</sup> • a) WHO HFA adatbázis adatai. b) A rendszerváltozás utáni időszak két részből áll, az elsőben csökkent, a másodikban nőtt a várható élettartam; a két rész országonként különböző időtartamú. c) Csehország 1971–89. d) Az oszlop feletti szám a 2007. évi várható élettartam. e) Azok az országok, amelyek már 2004 májusa előtt tagjai voltak az EU-nak: Ausztria, Belgium, Dánia, Finnország, Franciaország, Görögország, Hollandia, Írország, Luxemburg, Nagy-Britannia, Németország, Olaszország, Portugália, Spanyolország, Svédország.

ságjeleket mutatnak, mindmostanáig nem lehet kedvező fordulatról beszélni, bár valószínű, hogy a krízis túljutott a mélypontra (Zaridze et al., 2009).

Az 1. ábra öt ország és az EU-15-ök esetében ábrázolja az életkilátásokat a rendszerváltozás előtti: 1970–89, és utáni: 1990–2006 évek időszakában. Az ábra azt mutatja, hogy a kelet-közép-európai országokban két évtized alatt a várható élettartam mindössze 0,2–2,1 évvel nőtt, miközben az EU-15-öké 4,5 évvel. A rendszerváltozást követően a várható élettartam 0,3–1,2 évvel csökkent, és csak ezután emelkedett 2,4–5,2 évvel. A nyugat-európai országokban, amelyekben a társadalmi-gazdasági fejlődés lényegében töretlen volt, az epidemiológiai fejlődést is a kontinu-

itás jellemezte. A volt szatellita országok közül Csehországban a legjobbak az életkilátások: itt 76,7 év, Lengyelországban 75,1 év; Magyarországon a 2007-ben született nemzedék várható élettartama 73,3 év. Az Európai Unió kemény magját alkotó tizenöt ország várható élettartamainak átlaga 79,9 év, a huszonheteké 78,5 év, a 2004. év után csatlakozottaké: 74,0 év.

A születéskor várható élettartam az országok fejlettségének megállapításában hasonló jelentőségre tett szert, mint az egy főre jutó hazai termék. A két mutató kölcsönhatására vonatkozó számítások szoros kapcsolatot regisztrálnak, amely erősen szignifikáns. Az itt következő 2. ábra az Európai Unió tagállamai és néhány más ország esetében ábrázolja a

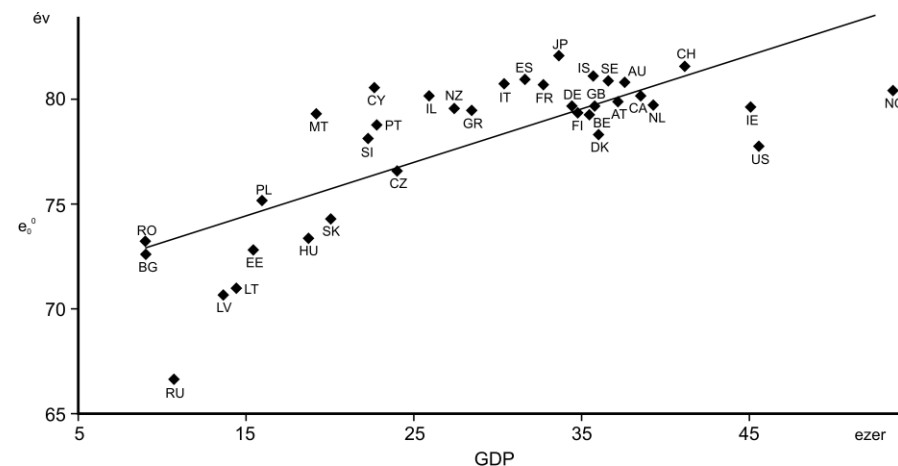
gazdasági fejlettség és az életkilátások közötti összefüggést (Józan, 2008).

Az ábráról az olvasható le, hogy a születéskor várható élettartam az országoknak csak egy kis csoportjában azonos az egy főre jutó hazai termék (GDP) alapján számítottal; egy nagyobb csoport esetében a várható élettartam hosszabb, míg egy kisebb csoportnál rövidebb a prognosztizálnál. Magyarországon ez utóbbi csoportba tartozik, de itt található – többek között – Oroszország és az Amerikai Egyesült Államok is. Hazánkban az életkilátások mintegy két évvel rosszabbak az elvárhatónál a legújabb adatok szerint. Mindez arra utal, hogy a GDP mellett egyéb tényezők

is szerepet játszanak abban, mennyi a várható élettartam egy országban. Magyarországon és az Egyesült Államokban ilyen tényező – többek között – a társadalmilag, etnikailag meghatározott, markáns gradiens a halandóságban.

*A halálzások nem, életkor és halálokok szerint*

Becslések szerint 2004-ben 58,8 millió ember halt meg, ebből 31,1 millió volt férfi és 27,7 millió nő. Annak, hogy 2004-ben 3,4 millióval több férfi halt meg, mint nő, két oka van: az egyik, hogy 43,4 millióval nagyobb volt a férfi népesség lélekszáma; a másik, hogy míg



2. ábra • Összefüggés a vásárlóerő-paritással korrigált, egy főre jutó hazai termék és a születéskor várható élettartam között a 21. század első éveiben<sup>a) b) c) d)</sup> • Korrelációs együttható:  $R=0,639$ , szignifikanciaszint:  $p<0,01$  • a) Eurostat, OECD, WHO Health for All adatbázis adatai. b) A diagram az elérhető legfrissebb adatok felhasználásával készült. c) A nemzetközileg elfogadott rövidítéseknek megfelelő országnevek: AT: Ausztria, AU: Ausztrália, BE: Belgium, BG: Bulgária, CA: Kanada, CH: Svájc, CY: Ciprus, CZ: Csehország, DE: Németország, DK: Dánia, EE: Észtország, ES: Spanyolország, FI: Finnország, FR: Franciaország, GB: Nagy-Britannia, GR: Görögország, HU: Magyarország, IE: Írország, IL: Izrael, IS: Izland, IT: Olaszország, JP: Japán, LT: Lettország, LV: Litvánia, MT: Málta, NL: Hollandia, NO: Norvégia, NZ: Új-Zéland, PL: Lengyelország, PT: Portugália, RO: Románia, RU: Orosz Federáció, SI: Szlovénia, SK: Szlovákia, SE: Svédország, US: Egyesült Államok. d) A 2. ábrán szereplő országok népessége 1,1 milliárd fő.

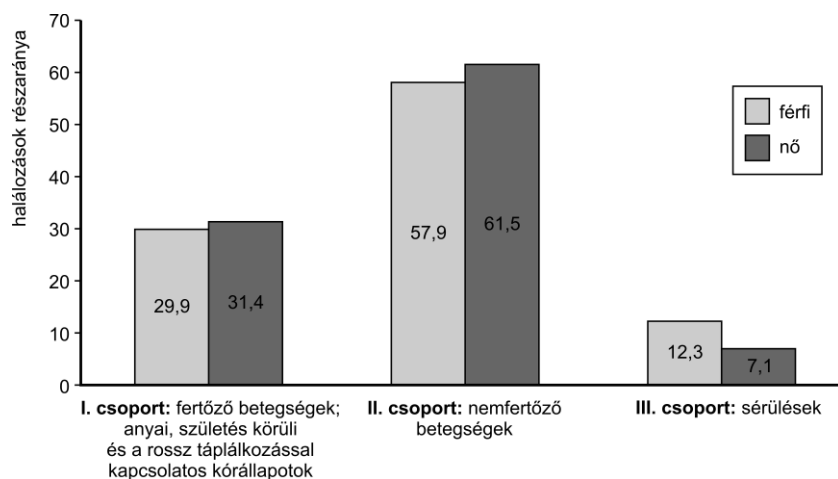
ezer férfira 9,6 halálozás jutott, ezer nőre csak 8,7. A halálozások több mint fele hatvanéves és idősebb korban következett be, a meghaltak közül 22 millió volt hetvenéves és idősebb, és 10,7 millió 80 éves és idősebb. Csaknem minden ötödik meghalt ötvenesnél fiatalabb gyermek volt. A 60 éves és idősebb korban számba vett halálozások részaránya Európában közel 70 %, a magas jövedelmű országokban több mint 80 %; az 5 éven aluliak hányada ez utóbbi sokaságban az összhálozásban fél százalék körül van.

Ahogy erről már korábban szó volt, az epidemiológiai fejlődés mind a négy korszaka jelen van a 21. század kezdetén. Az azonban új jelenség, hogy a *világ egészében a nemfertőző, idült betegségek primátusával jellemezhető korszak* a meghatározó.

A 3. ábra a világ népességének egészére jellemző halálhálók struktúrát mutatja be, oly módon, hogy a férfiak és a nők halálhálói három csoportot alkotnak aszerint, hogy azokat a fertőző betegségek, az anyai, születés körüli körüli kóros állapotok és a (rossz) táplálko-

zással kapcsolatos patológiás szituációk okozták, vagy a nemfertőző betegségek, illetve a sérülések. A 3. ábra meggyőzően bizonyítja, hogy a 21. század kezdetén a halálozások hozzávetőleg 60 %-át a nemfertőző betegségek okozzák (WHO, 2008).

A több ezer betegséget, kóros állapotot, sérülést húsz főcsoportba sorolja a Betegségek Nemzetközi Osztályozásának (BNO) 10. Revíziója. A halálozások mintegy háromnegyed része azonban a négy halálhálók főcsoportba osztályozott betegség, illetve sérülés következménye. Ezek a részarányok sorrendje szerint: a keringési rendszer betegségei, a fertőző betegségek, a daganatok és a sérülések. A jelenleg prevalens epidemiológiai rezsimben a szív- és érrendszeri betegségek elsőbbsége érvényesül, amennyiben a népességben az összhálozás 29,0 %-a ilyen eredetű (Gaziano, 2008). A kardiovaszkuláris halálozások túlsúlya érthetővé válik, ha figyelembe vesszük, hogy szívkoszorúér-betegségben 2004-ben 7,2 millió ember, agyér-betegségben 5,7 millió, míg magasvérnyomás-betegségben 0,7 millió



3. ábra • A halálozások megoszlása a világ népességében a „globális betegségteher” három halálhálók csoportja és nem szerint, 2004. (*The Global Burden of Disease 2004 Update*, WHO, 2008, 146.)

ember halt meg. Ebből a három, megbízhatóan diagnosztizálható betegségből származó halálozás az összhálozás 23,2 %-át teszi ki. NB. számítások szerint a magasvérnyomás-betegség, amely kauzális tényezőként hozzájárul a stroke, az ischémiás szívbetegség és az egyéb szívbetegségek miatti halálozáshoz, mintegy 12,5–13,0 %-ban halálhálók tényező. Valószínű, hogy ennek a betegségnek van a legnagyobb viszonylagos súlya az összhálozásban. Az alsó légúti fertőzések (ide tartozik az influenza és a tüdőgyulladás is) 4,2 millió ember halálát okozták, az idült tüdőbetegségek (hörghurut, tüdőtágulat) halálos áldozatainak száma 3,0 millióra becsülhető. Hasmenéses betegségekben 2,2, HIV/AIDS-ben 2,0, tuberkulózisban 1,5 milliónyian haltak meg. A három leggyakoribb rosszindulatú daganatos betegség: a tüdőrák 1,3 millió, a gyomorrák 0,8 millió, a vastag- és végbélrák 0,6 millió halálozással. A közúti balesetek 1,3 millió, az öngyilkosságok 0,8 millió ember életét oltották ki. A halálozások számát tekintve a diabetes mellitus a 12. helyen van a rangsorban 1,1 millió halálozással, 13. helyen található a malária 0,9 millió és 17. helyen a májcirrózis 0,8 millió halálozással. A csecsemő-halálozások, amelyek nagyjából a születés utáni első 28 napon következnek be, 3,2 millió újszülött halálát okozták.

#### *Az európai országok okspecifikus halandósága*

Az európai országok nem és életkor szerinti mortalitási struktúrái között nincs lényeges különbség: minden országban magasabb a férfiak halandósága, és miközben a csecsemő- és gyermekhalandóság elveszítette epidemiológiai jelentőségét, a hatvanéves és idősebb korban bekövetkező halálozások teszik ki az összhálozás mintegy négyötödét. Az okspecifikus halálozási arányok területi és időszori

azonban az országok között igen nagy különbségeket tárnak fel. Ezek bemutatásában a rendező elv három szempont figyelembe vételével fogalmazódott meg: 1. a megközelítés Magyarország-centrikus, ezen az értendő, hogy hazánknak hol a helye a nemzetek rangsorában, 2. azok az országok kerültek be az összehasonlításba, amelyek egy többé-kevésbé jól meghatározható csoportot markánsan képviselnek, 3. végül csak a legfontosabb halálhálók gyakoriságai szerepelnek az elemzésben. Az Egészségügyi Világszervezet okspecifikus halandóságra vonatkozó adatsorai 1970-től állnak rendelkezésre, így módon a halálozási gyakoriságok három, három és fél évtizeden keresztül követhetők.

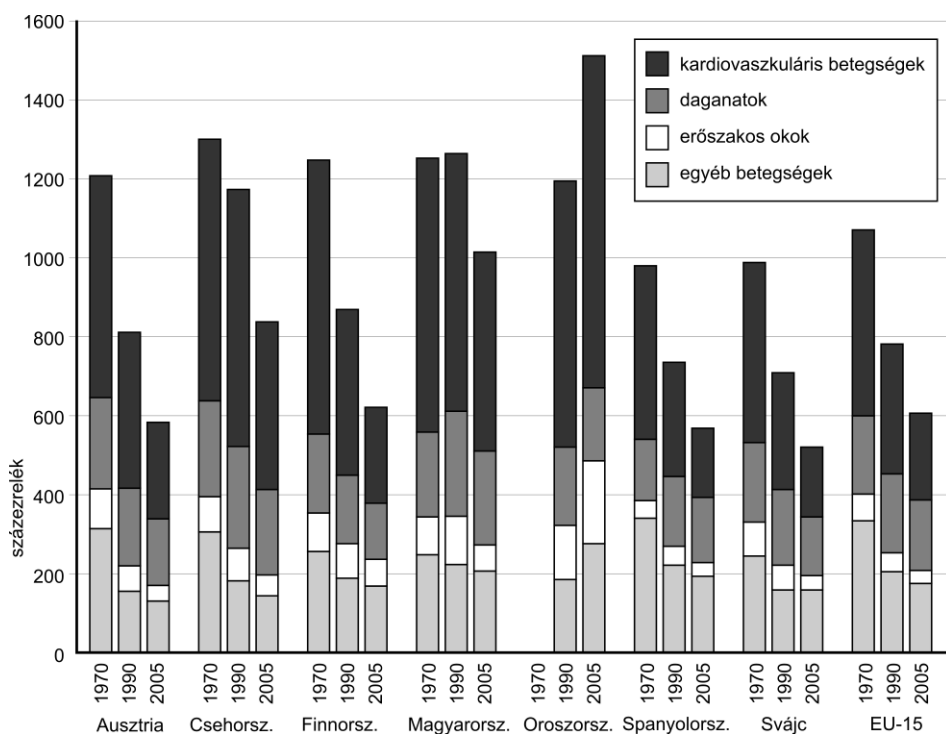
A megfigyelt országokban és az EU-ban a szív- és érrendszeri betegségekkel származó halálozási arány a legmagasabb, ennek van a legnagyobb viszonylagos súlya, majd a rosszindulatú daganatok okozta halálozások és az erőszakos eredetű halálozások következnek. Ennek a három halálhálók főcsoportnak a hozzájárulása az összhálozáshoz 66–83 % között található a közel harminc éves megfigyelési időszakban; Magyarország esetében a részarány 80–82 % között van. Az összhálozás szintjét tekintve korlátozott jelentősége van a légző- és az emésztőrendszer betegségeiből eredő halálozásoknak, amelyeknek a bakteriális eredetű betegségeiből származó mortalitása csökkent. Ezzel szemben a krónikus obstruktív tüdőbetegség: idült hörghurut, tüdőtágulat és asztma, valamint az alkoholos eredetű májzsugor növelte a halandóságot a két utóbbi főcsoportban.

1970 és a 21. század első éve között a mortalitás minden országban csökkent, az egy Oroszország kivételével, de a csökkenés mértéke és annak dinamikája különböző, szemben a csökkenés halálhálók struktúrájával,

amelyben általános fejlemény a *kardiovaszkuláris mortalitás javulásának meghatározó jelentősége* (WHO Regional Office for Europe, 2008). Ez új egészségi közállapotokat jelentett, soha nem remélt mértékben hosszabbította meg nemcsak a születéskor, de a felnőtt- és öregkorban még várható élettartamot is, és hozzájárult a népességben az öregek részarányának jelentős növekedéséhez. A kardiovaszkuláris mortalitás csökkenésének eredményeként megváltozott mind az epidemiológiai, mind a demográfiai-társadalmi környezet. A halálozási arány csökkenésének 51–79 %-át a keringési rendszer betegsége okozta halan-

dóság javulása eredményezte. Előbb az agyér-betegségek, később a szívkoszorúér-betegségek mortalitása csökkent.

A populációs epidemiológiai vizsgálatok, például a Framingham Study feltárta a *kockázati tényezőket*, mint amilyenek a magas vérnyomás, a magas szérumkoleszterin-szint, a diabetes mellitus, a túlsúly és elhízottság, a mozgásszegény életmód, általában az egészségtelen táplálkozás, és ezek relevanciáját a szív- és érrendszeri betegségek patomechanizmusában. Richard Doll és Austin Bradford Hill klasszikus epidemiológiai vizsgálata bizonyította az összefüggést a dohányzás és a



4. ábra • A százezer lakosra jutó halálozások száma<sup>a)</sup> összesen, a keringési rendszer betegségeiben, a rosszindulatú daganatokban, az érszakos jellegű eseményekben és az összes többi nozológiai entitásban<sup>b)</sup>, Magyarországon és néhány más európai országban 1970-ben, 1990-ben és 2005-ben<sup>c)</sup>. <sup>a)</sup> A WHO „európai népességének” kormegoszlására standardizálva. <sup>b)</sup> A Betegségek Nemzetközi Osztályozásának 10. Revíziójában használt kategóriák. <sup>c)</sup> A 2005 körüli években.

tüdőrák között. Ezután az epidemiológiai vizsgálatok egész sora mutatta ki a dohányzás káros hatását az egészségre. A tüdőrák-halandóság mellett a kardiovaszkuláris mortalításban van még a dohányzásnak kiemelkedő jelentősége. Jelenleg közmegegyezés van a tekintetben, hogy a dohányzás a leggyakrabban halált okozó kockázati tényező, amelynek addiktív természete különösképpen megnehezíti ez ellen a rizikófaktor elleni küzdelmet. Az epidemiológiai vizsgálatok eredményei hozzájárultak az egészségtudatos magatartás terjedéséhez, az egészségre káros kockázati tényezők lassú visszaszorulásához. A néhány évtizede elfogadott szemlélet kiterjesztette a megelőzést a nemfertőző, krónikus betegségekre, sőt a *prevenció* mellett megjelent az *egészség promóciójának* fogalma is.

A magasvérnyomás-betegség, a magas szérumkoleszterin-szint, a II. típusú diabetes mellitus kezelésének hatékony *gyógyszereit* állították elő a laboratóriumokban, amelyek feltartóztatják, vagy legalábbis *lassítják a halálhoz vezető betegségek progresszióját*. Az *invazív orvosi beavatkozások*: többek között a pacemaker felhelyezése, a *bypass* műtétek, a szívkoszorúerek tágítása, az érfalakat kítámasztó *sztentek* alkalmazása, általában a sürgősségi betegellátás korábban reménytelennek vélelmezett kórképek esetében hosszabbítják meg az életet, és igen gyakran *javítják az élet minőségét*. Az orvosi intervenciókat a *korszerű diagnosztika* segíti, amelyekkel gyorsan megbízható és pontos diagnózist lehet felállítani. Igazi áttörésnek vagyunk tanúi és részesei. A rosszindulatú daganatok okozta mortalitás visszaszorításában azonban az áttörés még nem következett be; ez minden bizonnyal századunk eredménye lesz. Igaz, hogy többek között a méhnyak-, az emlő-, a prosztatata-, a vastag- és végbélrák, a vérképző rendszeri

rákok és a gyermek-karcinómák prevenciója és kurációja eredményesnek bizonyult az itt említett rosszindulatú daganatok halandóságának csökkentésében, de az onkológiai betegségekből származó halálozások gyakorisága csak lassan csökken, és a csökkenés nem minden országban figyelhető meg. Például az Egyesült Államokban 1950 és 2005 között a rosszindulatú daganatok okozta halandóság mindössze 5 %-kal lett alacsonyabb. Az erőszakos eredetű halálozások: a balesetek, az öngyilkosságok, az emberölések, a háborús események *elvben* megelőzhetők. Az ilyen eseményekből származó halandóságban azonban jelenleg is rendkívül nagyok a különbségek; elég, ha a rendkívül alacsony értéket képviselő Svédországra és az extrém magas értéket reprezentáló Oroszországra gondolunk (Vallin – Meslé, 2004).

#### Magyarország halandóságának legfontosabb jellemzői

A magyarországi halálozási viszonyok és az ezeket kifejező életkilátások rosszak nemzetközi összehasonlításban, és – ahogy erről korábban már szó volt – *rosszak az ország gazdasági fejlettségéhez képest is*. Kiemelkedően fontos megállapítás, hogy *mióta a halálozásokról megbízható regisztrációval rendelkezünk, mindig is rosszak voltak az ország viszonylagos gazdasági elmaradottsága következtében*.

Ezt bizonyítja a 2. táblázat, amelyből a születéskor várható élettartam változásai olvashatók le egy évszázad viszonylatában.

Az életkilátásokat tekintve tíz európai ország rangsorában az utóbbi évszázad kitüntetett időpontjaiban Magyarország három alkalommal a 9., két alkalommal a 10. helyen volt. Az évszázadon átívelő adatsorban 1965 a kegyelmi állapot hazánk vonatkozásában, amennyiben ebben az évben a rangelső Svéd-

Várható élettartam (év)	1900 körül	1949	1965	1993	2007 körül
Anglia és Wales <sup>b)</sup>	50,4	68,7	71,7	76,4	79,9 <sup>07</sup>
Ausztria	40,1	64,4	69,7	76,5	80,5 <sup>07</sup>
Dánia	54,5	68,9	72,3	75,4	78,1 <sup>06</sup>
Finnország	46,7	62,1	69,5	76	79,7 <sup>07</sup>
Franciaország	46,9	64,6	70,9	78	81,1 <sup>06</sup>
Hollandia	52,2	70,4	73,5	77,2	80,5 <sup>07</sup>
<b>Magyarország</b>	<b>37,3<sup>c)</sup></b>	<b>61,8</b>	<b>69,6</b>	<b>69,0</b>	<b>73,9<sup>08</sup></b>
Olaszország	44,5	65,4	70,1	77,8	81,6 <sup>07</sup>
Spanyolország	34,8	61,1	71,3	77,7	80,4 <sup>05</sup>
Svédország	55,7	70,3	73,8	78,3	81,1 <sup>06</sup>

2. táblázat • A születéskor várható élettartam az utóbbi száz év kiemelt éveiben<sup>a) d) • a)</sup> Az 1900 körüli adatok az országok statisztikai évkönyvei, a másik négy időpont adatai a WHO HFA adatbázisa alapján.<sup>b)</sup> 2007: Nagy-Britannia és Észak-Írország, Egyesült Királyság.<sup>c)</sup> 1990. évi országterületen Horvátország és Szlovénia nélkül.<sup>d)</sup> A halálozások és a születéskor várható élettartamok esetében a számítás módszertanának esetleges eltérései, a kerekítések és a nemzetközi szervezetek által közölt legújabb adatok különbözősége miatt lehetséges, hogy a mutatók értékei nem mindenütt azonosak; a differencia azonban jelentéktelen.

országához képest a lemaradásunk „csak” 4,2 év, és megelőzzük Finnországot, igaz, hogy csak 0,1 évvel. A rangelső Svédországhoz hasonlítva a lemaradás viszonylag kis mértéke azzal magyarázható, hogy hazánkban a fertőző betegségek, mindenekelőtt a tuberkulózis már alig rontották az életkilátásokat, a nem-fertőző betegségek, elsősorban a szív- és érrendszeri betegségek és a rosszindulatú daganatok halandósága pedig még nem ért el járványos méreteket. A másik kilenc országban 1965 már a kardiovaszkuláris epidémia korszaka, de az onkológiai betegségek mortalitása is növekedőben volt. 1965 és 1993 között a magyarországi és a rangelső svédországi várható élettartam között a különbség 9,3 évre nőtt, de a 9. helyen lévő Dániához képest is 6,4 évre. A legutóbbi adatok szerint a különbség köztünk és a rangelső Svédország között 7,2 év és a 9. helyen lévő Dániától 4,2 évvel vagyunk elmaradva.

A magyarországi életkilátások nemzetközi összehasonlításban alacsony értéke csak lassan és fokozatosan felszámolható történelmi örökség. A II. világháborút követő fél évszázadban, pontosabban az 1949 és 1993 között nem egészen két évtizedben növekedett hazánkban a születéskor várható élettartam hasonlóképpen, mint Nyugat-Európában. Magyarországon és Nyugat-Európában a növekedés okai is azonosak voltak: a fertőző betegségekből, elsősorban a tuberkulózisból és főleg a gyermekkorban végzetes kimenetelű infekciókból származó mortalitás csökkenése. Az 1960-as évek közepétől az 1990-es évek elejéig azonban egy zsákutcás modernizáció, illetve a rendszerváltozás sokk hullámai következtében hazánkban krónikus epidemiológiai válság<sup>3</sup> alakult ki,

<sup>3</sup> Krónikus epidemiológiai válságnak a halálozási viszonyok olyan rosszabbodása, amelynek következtében a születéskor várható élettartam évekig csökken; a válság kvalifikált, ha a népességnek csak egy részét érinti.

amelyben a férfiak életkilátásai jelentősen rosszabbodtak, a nőké pedig lényegében stagnáltak. Igaz, a válság nem érintette a 30 évnél fiatalabb és a 70 évnél idősebb népességet, a krízis főleg, de nem kizárólag a középkorú férfi populációt sújtotta (Józan, 2008).

Az epidemiológiai válság olyan jelenség, amelynek a fundamentuma a békés társadalmi-gazdasági viszonyok erőszakos megváltoztatása, a nem-organikus „fejlődés” kikényszerítése, evolúció helyett egy anarchiába forduló revolúció: szinte totális államosítás, kollektivizálás, a hadiiparnak kedvező iparosítás beruházási tőke nélkül, s mindennek következményeként a felépítmény módszeres szétverése, illetve szovjet mintára történő átalakítása. Jellemző volt erre a korszakra több százres embertömegek mozgatása az otthon és munkahely között általában kéthetenkénti utazásokkal az ország méretéhez képest egymástól nagy távolságra lévő zöldmezős beruházások és apró falvak között, s ennek következtében a családi kohézió meggyengülése.

Erre a fundamentumra épült rá a társadalomlélektani krízis két tipikus addikciójának: a *dohányzásnak* szinte általánossá válása a munkaképes korú férfi népességben és a *mértékvesztett alkoholizálás* főleg az alacsony iskolai végzettségű kétkezi munkások között. Így történt, hogy a „szocializmust építő” magyar segédmunkás-osztály magára hagyott, amorf tömegként és intoxikáltan egyenesen az alkoholparadicsomba ment. A két kockázati tényezőnek kiemelkedő a jelentősége a középkorú férfi halandóság emelkedésében. A 35 és 64 év közötti férfi korcsoportban a válság kritikus éveiben a halálozások 35 %-a volt a dohányzásnak és 28 %-a az alkoholnak tulajdonítható. A két szenvedélybetegség áldozatai együttesen a korcsoport halálozásainak 63 %-át adták.

A krónikus kvalifikált epidemiológiai válság csak néhány évvel élte túl a „gulyáskommunizmusnak” aposztrofált társadalmi-gazdasági-politikai formációt. 1993-ban volt a krízis mélypontja 150 ezer halálozással és 69,0 éves születéskor várható élettartammal. 1994 és 2007 között az életkilátások javulása 4,3 év volt, ezzel a teljesítménnyel az utóbbi közel másfél évtizedben hazánk elkezdte a felzárkózást a legfejlettebb országokhoz. Számítások szerint mintegy másfél-két évtizednek kell eltelnie ahhoz, hogy a magyarországi népesség várható élettartama elérje az EU 15-ök várható élettartamának jelenlegi szintjét. Erre azonban csak akkor van esély, ha sikerül a magas halandóságú korcsoportok és társadalmi csoportok életkilátásait jelentősen javítani. A halálozások száma és aránya 2008-ban is csökkent, annak ellenére, hogy a népesség elöregedése tovább folytatódott: hozzávetőleg háromezerral kevesebben haltak meg, mint az előző évben, a halálozások száma 130 ezer volt, ez 1974 óta a legalacsonyabb érték, 1000 lakosra 13 halálozás jutott szemben az 1993. évi 14,5 %-al. Ha a jövőben lesznek is esetleg átmeneti visszaesések, a halandóság, és következésképp az életkilátások javulása a fenntartható epidemiológiai fejlődést jelenti.

Ennek az epidemiológiai fejlődésnek főbb jellemzői a következők: hazánkban a várható élettartam 1994 és 2007 között 4,3 évvel hosszabbodott meg, míg az EU kemény magját alkotó legfejlettebb 15 országban a növekedés átlaga 3,4 év volt. Igaz, hogy az EU 15-ök várható élettartama még így is 6,6 évvel hosszabb a magyarországinál. A férfiak várható élettartamának emelkedése 1,1 évvel haladja meg a nők várható élettartamának emelkedését. Ez először fordul elő a születéskor várható élettartamok százéves idősorában.

2008-ban mindössze 555 csecsemő halt meg, 1000 élveszületésre 5,6 csecsemőhalálozás jutott; ez a legalacsonyabb érték a magyarországi csecsemőhalandóság közel 120 éves történetében. Megjegyzendő azonban, hogy az EU 15-ök csecsemőhalandósága mindössze 4,4 ‰.

Az életkor szerinti halálozási struktúrára az a jellemző – néhány irreleváns kivételtől eltekintve –, hogy mind a férfi, mind a női korszpecifikus halálozási valószínűségek minden életkorban csökkentek 1993 és 2007 között. Epidemiológiai szempontból annak van kiemelkedő jelentősége, hogy például a 35-40 éves, férfi korcsoportban a halálozási valószínűség 60 %-kal lett alacsonyabb, de a *nagy mértékű* javulás a kritikus 30-60 éves korcsoport esetében minden öt éves osztályközű sokaságban megfigyelhető. Az életkilátások 1994 és 2007 között bekövetkezett 4,3 éves javulásához az epidemiológiai válságban leginkább sújtott 30-60 éves korcsoportban megfigyelhető csökkenő halandóság 1,9 évvel járult hozzá. Ez az egész népességre kivetített javulás 45 %-a. A 21. század kezdetén kimerültek a gyermek- és fiatalok halandóság csökkentésének tartalékai, és becsülhető tartalékok főleg a középkorú felnőtt népesség mortalitásában vannak. Emellett új fejlemény, hogy beköszöntött az öregkorú népesség javuló életésélyeinek korszaka.

1993 és 2007 között a halálloki struktúra változása nem jelentős. A legfontosabb fejlemény a daganatok halálloki részarányának növekedése és a keringési rendszer betegségei halálloki főcsoport viszonylagos súlyának csökkenése. Sokkal többet mond ennél, hogy a legfontosabb halálloki főcsoportok halállozi arányaiban bekövetkezett csökkenések mennyivel járultak hozzá az általános halállozi arány csökkenéséhez, illetve mennyi ezek

hozzájárulása a születéskor várható élettartam meghosszabbodásához az 1993 és 2006 közötti időszakban. Az új, reményteljes epidemiológiai időszak leglényegesebb eseménye a *szív- és érrendszeri betegségek halálozási gyakoriságának csökkenése és ennek eredményeként az életkilátások jelentős javulása*. Az összhalandóság csökkenésének 55 %-a, illetve a várható élettartam meghosszabbodásának közel fele a kardiovaszkuláris mortalitás redukciójának eredménye. Ennek ellenpontja, hogy a daganatok mortalitása alig csökkent, és így módon kontribúciója az összhalandóság csökkenésében és a várható élettartam meghosszabbodásában nem számottevő.

A leglátványosabb eredmény valószínűleg az akut miokardiális infarktus (AMI) halállozások számában és okspecifikus halálozási arányában következett be. 1993 és 2007 között a halállozások száma mintegy 15 ezerről mindössze 8400-ra csökkent, a 100 000 lakosra jutó halállozi arány 2007-ben pedig mindössze 47 %-a volt az 1993 évinek. Ez kiemelkedően fontos fejleménye az epidemiológiai fejlődésnek. Az utóbbi másfél évtizedben tapasztalható jelenségek új epidemiológiai korszak kezdetét jelentik, amely a *krónikus nemfertőző betegségek későbbi kezdőpontjának, azok lelassult progressziójának, és az idősebb életkorban bekövetkezett halállozásoknak a korszaka*.

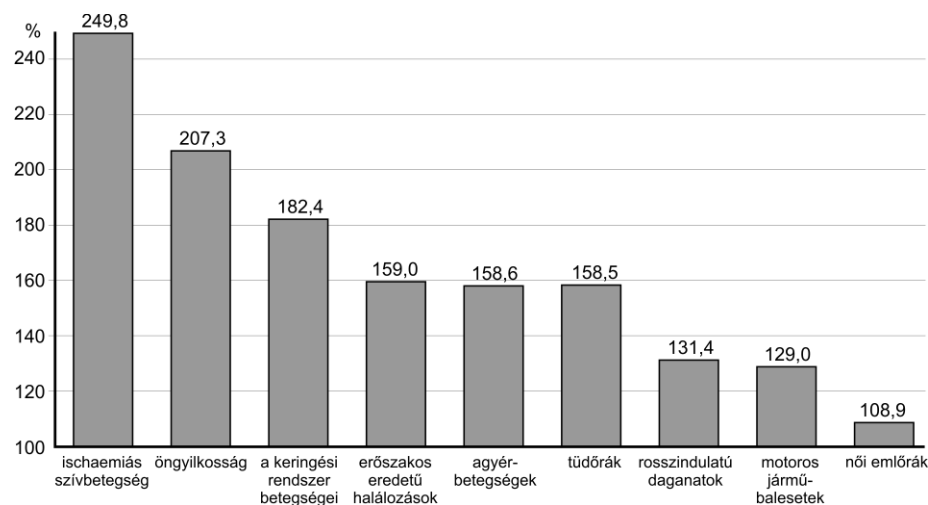
Az epidemiológiai fejlődésnek az utóbbi másfél évtizedben tapasztalható megújulásához a *rendszerváltozás* teremtette meg a feltételeket. A jelenség polikauzális: az egészségtudatos életfelfogás, illetve annak terjedése szervesen összefügg a piacgazdaságban érvényesülő kompetitív etosszal. Az egészség megóvása, sőt promóciója nélkül nincs esély a versenyben való helytállásra. Lassan, fokozatosan kedvező irányba változik többek között

a táplálkozás és a megelőzés néhány módszereinek, például a szűrésnek az elfogadása, legalábbis a rendszerváltozás nyertesei körében. Az ételszemléletben és életmódban megfigyelhető kedvező változás kvantifikált formában való kifejezése problematikus. A polikauzális jelenségnek azonban az a része, amely az egészségügyi ellátó rendszer teljesítményével kapcsolatos, megbízhatóan becsülhető. Az orvosi beavatkozással elkerülhető halállozásokról van szó. Ezeknek számát és gyakoriságát sikerült kvantifikálni. Triviális példája az ilyen halállozásnak az *appendicitis acuta*-ból (vakbélgyulladás) származó halállozás, de ebbe a csoportba tartozik – az öregkortól eltekintve – a magas vérnyomás által okozott halállozás is. Az orvosi beavatkozás által elkerülhető halandóság 1993 és 2006 között közel 43 %-kal lett alacsonyabb; részaránya az összhalandósági arányban mintegy 22 %-ról kb. 16 %-ra mérséklődött. A mortalitásban bekövetkezett javulás hozzávetőleg 40 %-a az orvosi inter-

vencióval elkerülhető halállozásokban megfigyelhető csökkenés eredménye.

Igen fontos körülmény, hogy bár az életkilátások javulása általános, annak mértéke régiók, megyék és kistérségek, sőt fővárosi kerületek esetében is különböző. Ennek következtében a 21. század kezdetén is rendkívül nagyok a születéskor várható élettartam különbségei az ország területi egységei között. Például a privilegizált II. kerületben hozzávetőleg 11 évvel hosszabb életet remélhet egy 2003–2006-ban született gyermek, mint a magyar–szlovák–ukrán határ háromszögében található Bodrogközi kistérségben. Az előbbiben a várható élettartam 79,4 év, annyi, mint Hollandiában, az utóbbiban 68,3 év, ez a moldovai életkilátásokat idézi (Józan, 2008).

Az utóbbi másfél évtized epidemiológiai fejlődése – *sikertörténet*, különösen, ha azt a válságos évtizedek epidemiológiai történetével hasonlítjuk össze. A sikertörténet ellenére a születéskor várható élettartam nemzetközi



5. ábra • Magyarország népességének halandósága az Európai Unió<sup>a)</sup> népessége halandóságának %-ában néhány fontos halállokokban a 21. század első éveiben • <sup>a)</sup> Az EU-25-ök halandósága. A HFA-adatbázis adatai. <sup>b)</sup> Az EVSz „európai népességének” kormegoszlására standardizálva.

összehasonlításban alacsony, ez annak következménye, hogy néhány kiemelkedően fontos betegség halálozási gyakorisága a legmagasabbak között van Európában. Az EU 25-ök okspecifikus halandóságához képest a kiválasztott halálokokban hazánk értékei a legutóbbi adatok szerint az 5. ábrán látható módon alakultak.

A kockázati tényezők közül a dohányzás és a mértékvesztett alkoholizálás nemcsak közegészségügyi, de társadalmi probléma is. A két addikciónak tulajdonítható halálozások száma diszproporcionálisan magas.

Végül, de nem utolsósorban, nem tolerálható, hogy egy kis országban az életkilátásokban olyan nagy különbségek legyenek, mint például a már említett Hollandia és Moldova között. Az új epidemiológiai korszak eredményei ellenére csak az elején járunk annak az útnak, amely elvezet bennünket az emberhez méltó, hosszú és egészséges élet társadalmi méretekben történő megvalósulásához.

#### IRODALOM

- WHO Regional Office for Europe (2008): *Atlas of Health in Europe*. 2<sup>nd</sup> edition. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen
- Gaziano, J. Michael (2008): Global Burden of Disease. In: Libby, P. – Bonow, R. O. – Mann, D. L. – Zipes, D. P. (eds.): *Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine*. Philadelphia, USA
- Józan Péter (2008): *Válság és megújulás a második világháború utáni epidemiológiai fejlődésben Magyarországon. Műhelytanulmányok*. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest
- Józan Péter (2008): A módosított humán fejlettségi mutató (MHFM) és alkalmazhatósága. Statisztikai Szemle. 86, 10–11, 949–969.
- Olshansky, S. Jay et al., (1986) : The Fourth Stage of the Epidemiological Transition. The Age of Delayed

A dolgozat a *Halálozási viszonyok, életkilátások a 21. század kezdetén a világ, Európa és Magyarország népességében*, illetve *A kardiovaszkuláris mortalitás elemzése, különös tekintettel a szívkoszorúér- és agyérbetegségekre* című vizsgálat adatainak felhasználásával készült. Az előbbi vizsgálat pénzügyi támogatásáért az MSD Magyarország Kft.-nek, az utóbbi pénzügyi támogatásáért a Magyar Tudományos Akadémia Támogatott Kutatóhelyek Irodájának tartozom köszönettel.

A dolgozat elkészítésében közreműködtek Dávid Pálné statisztikus és Magyar Zsuzsa Judit közgazdász, akiknek ezúton is köszönetet fejezem ki.

Kulcsszavak: *halálozási viszonyok, életkilátások, a halandóság struktúrái nem, életkor és halálok szerint, epidemiológiai korszakok, epidemiológiai fejlődés a világ népességében, Európában és Magyarországon.*

- Degenerative Diseases. The Milbank Memorial Fund Quarterly. 64, 355–391.
- Vallin, Jacques – Meslé France (2004): Convergences and Divergences in Mortality: A New Approach to Health Transition. *Demographic Research* (Special Collection 2. Article 2: *Determinants of Diverging Trend in Mortality*). 12–43. Max Planck Institute for Demographic Research, Rostock <http://www.demographic-research.org/special/2/2/S2-2.pdf>
- WHO (2008): *The Global Burden of Disease 2004*. Update, WHO, Geneva
- Zaridze, David – Maximovitch, D. – Lazarev, A et al., (2009): Alcohol Poisoning Is a Main Determinant of Recent Mortality Trends in Russia: Evidence from a Detailed Analysis of Mortality Statistics and Autopsies. *International Journal of Epidemiology*. 38, 1, 143–153.

## Interjú

### NEM IGAZÁN EMBER, AKI NEM MŰVELT

#### Várkonyi Benedek beszélgetése Ritoók Zsigmonddal

*Mit gondol, a kitiüntetést\* a tudós, a kutató, a tanár kapta, vagy az, aki mindezek együtt?*

Azt hiszem, ezeket nem lehet szétválasztani; ha magam választhatnék, elsősorban a tanárnak adnám, de akkor nem magamnak.

*Azért a tanárnak, mert szereti átadni mindazt a tudást, amit összeszedett?*

*A tanítás mint szenvedély dolgozik önben?*

Az embernek van egy szenvedélye: szeretné továbbadni azokat az ismereteket, amelyeket magába szedett, abban a reményben, hogy ez a tanítványokban olyan folyamatot indít el, amelynek folytán a tanítványok túlhaladják mesterüket. Mert egy tanárnak az a legnagyobb öröm, ha a tanítványai jobbak lesznek, mint ő maga.

*Ki volt az a mestere, akit túl akart haladni, és azután túl is haladott?*

Nem állítom, hogy bármelyik tanáromat is túlhaladtam. Több tanárom is volt, az indulásnál az egyetemen Moravcsik Gyula bizantológust kell említenem, ő olyan ember volt, aki példaképem lehetett, ha így mondhatom. Tudósi tevékenységemet elsősorban az Eötvös Collegium két tanára alakította: Szabó Árpád

\* Idén Ritoók Zsigmond vehette át a Bolyai-díjat

és Harmatta János. Azután később volt rám nagy hatással Borzsák István. Tanárain közül e három embert kellene különösen kiemelni. És van egy negyedik, akinek hallgatója voltam, aztán később már nem mint hallgató, hanem mint beszélgetőtárs tanultam tőle nagyon sokat. Utólag látom, hogy mennyit. Ez Marót Károly volt.

*Akiket most fõlsorolt, nem mind az okortudomány mesterei. Van közöttük nyelvész, Harmatta János. Ön is több mindenmel foglalkozik: irodalommal, nyelvészettel, de persze elsősorban az okortudomány áll közel a szívéhez. Az ókor története vagy annak a szellemisége?*

Az ókoron belül is elsősorban az irodalom. Harmatta János nem elsősorban a nyelvészetben volt rám nagy hatással, hanem abban, hogy megmutatta, mennyire összefüggenek egymással a különféle kutatási területek. Nyelvészettel sem lehet úgy foglalkozni, hogy valaki a régészethez és az irodalomhoz nem ért. Ezek mind összefüggenek egymással, és minden lényeges kérdésben a többire is, a rokonterületekre is tekintettel kell lenni.

*Igen, csak hogy ma sokat beszélnek arról, hogy ez olyan világ, ahol már nem lehet*



*mindenhez, sok mindenhez érteni.*

*Úgy alakult, hogy egy tudós kevés dologhoz ért, de ahhoz nagyon. Akkor a korunk ellene dolgozik annak, amit az előbb mondott?*

Azt hiszem, az egyik lehetőség, hogy valaki kevés dologhoz ért, de ahhoz nagyon. De attól félek, a kevés dologhoz sem lehet úgy érteni igazán, hogy az ember az egésznek a látását elveszíti a szeme elől. Ha nem is alkotó kutatóként, de legalább az eredmények ismerőjeként a szomszédos területeken is valamelyes tájékozottságot kell szerezni.

*Benedek Marcell egyszer azt mondta – ha jól emlékszem így szölte a mondat: „tudós nem vagyok, csak tanuló”. Akkor mondta ezt, amikor már híres professzor volt. Mennyire ért egyet ezzel? Egy tekintélyes, befutott professzornak, aki most tekintélyes díjat kapott, kell még tanulnia? Vagy most már inkább csak az a célja, hogy átadja mindazt a tudást, amit összeszedett?*

Ha valaki nem tanul szüntelenül tovább, akkor nagyon hamar megélheti azt, amiről az előbb beszéltem: hogy a tanítványai túlhaladnak rajta. Az embernek állandóan tanulnia, olvasnia kell, mert így tartja magában elevenen azt a feszültséget, azt a szenvedélyt, hogy továbbadja az ismereteket. Mert ha csak a régi ismereteinél marad, akkor azok előbb-utóbb megzúznak benne.

*Az ókori irodalom azért érdekes az ön számára, mert valamilyen különös varázsa van? Más a varázsa, mint mondjuk a középkori irodalomnak, vagy egyszerűen kellett választania egy stúdiumot?*

Ha a kettő közül választani kell, akkor inkább az elsőt választanám. Az ókornak sajátos varázsa van. Persze minden kor rendelkezik

ilyennel, nem mondom, hogy csak az ókor. Már sokszor elmondtam: minden nőnek van valamilyen varázsa, de egy férfi egyetlen nőbe lesz szerelmes, és esetleg egész életén keresztül amellet tart ki.

*Ha az ember lát egy nőt, akkor tudja, hogy a haja vagy a szeme tetszik.*

*De mi volt a vonzó az ókorban?*

Ilyen külső tényezők nálam is fölbukkantak. Kaptam régi könyveket, amelyek ókori szerzőknek 17–18. századi kiadásai voltak, és elkezdtek érdekelni. Latinul íródtak, kíváncsi voltam, hogy meg tudom-e érteni őket. Nem tudtam. Izgatja a kamaszt, hogy valamilyen különleges dologgal foglalkozzék, olyannal, amivel más nem. Csak azért is, mert más nem. Olyan könyveket kaptam, amelyekben az ókor nagyon izgalmasan, érdekesen jelent meg. Ez elindított, és aztán ahogy egyre jobban megismerkedtem az ókori irodalommal, annál inkább a hatása alá kerültem. Valószínű, hogy ha az angol vagy a német irodalomhoz kerültem volna közel ilyen külsődleges tényezők hatására, akkor azoknak a varázsa nyert volna meg. Mint ahogy németül elég korán elkezdtem tanulni, élveztem is a német irodalmat, és egy kicsit gondolkoztam azon, hogy germanista legyek. De azután az ókor elcsábított.

*Foglalkozott az antikvitás esztétikájával is, ez különösen érdekl. Ma mást tartunk szépnek, mint tartottak akkor, és mások az ideálok is. De mit jelent ez pontosan, mennyire különbözik a mai kor esztétikájától az antikvitásé?*

Hogy valami nagyot mondjak, szerintem ott kezdődik az esztétikai gondolkodás, hogy az ember először teszi föl magának a kérdést: bizonyos hangsorok – akár szó-, akár zenei

hangsorok – miért tesznek rám oly különös hatást. Ennek két oldala van. Egyfelől miért képesek bizonyos emberek ilyen „hangsorokat” létrehozni, másfelől miért hat az rám. Már a homéroszi eposzoktól kezdve mondanak erről valamit. Gondoljunk csak a Múzsák szerepére. És nagyon korán megjelenik a kérdés: igaz-e, amit a költő mond. Ez nem esztétika, de már esztétikai gondolkodás. A kérdés az, hogyan lesz ebből a gondolkodásból eszerint Arisztotelésznél már kifejezetten rendszeres tudományos igényű esztétika. Itt már nem az a kérdés, hogy igaz-e az, amit a költő mond, hanem az, hogy jól mondja-e. És ha jól mondja, akkor miért mondja jól. És hogyan igaz. Megpróbálom ezt megmagyarázni. Nem múzsatényezőkkal, tehát irracionális elemekkel, hanem emberi tényezőkön belül maradva, de nem zárva ki, hogy van mégis valami, amit nem lehet megtanulni. Ez a fejlődési sor izgat különösen.

*Most költészetről, filozófiáról beszél, és abban a korban e kettő nem volt olyan nagyon más. Éltek költők, akik egyúttal filozófusok voltak, vagy egyszerűen költészetben gondolkodtak. Platón filozófus volt, de ha olvassuk, mégis azt érezzük, hogy ez költészet. Miért van ez?*

Költészet is. Azért ne feledjük, hogy Heisenbergnek sok igazsága van abban, amikor azt mondta: az egész filozófiatörténet széljegyzetek Platónhoz. Csakhogy Platón a filozófiai igazságot úgy tudta megfogalmazni, hogy az ember mint íróművészt is tudja csodálni. Azt, hogyan építi föl ezeket a párbeszédeteket; hogyan jelenik meg az első szavaktól kezdve az a probléma, amit majd a párbeszéd kifejti. Azzal együtt, hogy minden teljesen hétköznapi kérdésekben jelenik meg.

*Az ókor kivételes pillanata volt, hogy létezett valaki, aki költőként és filozófusként egyformán nagyszabású volt? Vagy pedig Platón személye kivételes? Mert későbbi korokban illyesmi alig-alig fordul elő.*

Nietzschére gondolok hirtelen, aki egyszerre volt költő és filozófus. Azt hiszem, Platón annyiban kivétel, hogy olyan magas fokra vitte a filozófia és a költészet vagy a szóművészet kapcsolatát, ahová valóban kevesen jutottak el. De nem szabad elfelejteni, hogy az ókorban, különösen a Krisztus előtti 5. századtól kezdődően minden prózáíró bizonyos mértékig törekedett a művészi megformálásra. Az ókori történetírás legalább annyira volt szépirodalmi, mint tudományos műfaj, tehát a kettő nem feltétlenül vált szét. Mindenki törekedett a megformálás szépségre. Sajnos a mi korunkban különösen kiment a divatból, hogy egy tudós úgy fogalmazzon, hogy az esztétikai gyönyörűséget is okozzon.

*A huszadik századból mondhatnánk még Heideggert is, de ő külön volt filozófus, és külön költő, nem a filozófiájában, mint Platón. De ha a mából visszatekintünk az ókorba, akkor kitűnik, hogy minden kor másképpen látta ezt a korszakot. Ezek szerint nem létezik egy nagyjából állandó ókorkép, annak ellenére sem, hogy a történészek azon dolgoznak, hogy minél többet hozzanak föl belőle?*

Persze, azon dolgoznak, de hogy mit látnak lényegesnek vagy jelentősnek az ókorból, az korok szerint változó. Gondoljon arra, hogy a rabszolgafelkelések egy időben különösen fontos témául szolgáltak az ókori történetírásban. Ma ez kevésbé izgalmas. Ez nem csak a szovjet vagy szocialista udvari történetírásra áll, a huszadik század derekán részben erre

visszahatásként ez nyugaton is fontos kérdéssé lett. Ma ezt nem tartjuk olyan fontosnak. Kiderült, hogy a rabszolgák mellett nagyon sok más, félszabad jellegű személyiség volt. Ez megmaradt fontosnak, fontosak az eredmények, örülünk nekik, de ma mást keressünk az ókor történetében.

*Az ókortudósnak mennyi felelőssége van abban, hogy egy-egy korszak milyennek látja az ókort?*

Az ókortudósnak az a kötelessége, hogy tolmácsolja az ókort a maga számára. Ebben benne van az is, hogy az ókornak valamilyen, általa jelentősnek tartott mondanivalóját értelmezze a saját korának jelentős kérdései szempontjából. Olyan problémákhoz, amelyek izgatják a saját korának embereit, vajon mit szól az ókor. Mert így válik érdekessé, izgalmassá: hogy az én kérdésemről, az én problémámról mond-e nekem valamit az ókor. Vagy pedig ez olyasmi, mint a múzeumi tárlóban lévő tárgy, amely nem mond semmit. Vagy a lepke, amelyik föl van szúrva a gombostűre. Érdekes, de semmi közöm hozzá. Ez a tolmácsolás, a kapcsolatnak ez a megteremtése az ókortudó feladata. És ha ezt a feladatát nem végzi el, akkor tényleg nincs rá szükség.

*Ma már más világ van, más, mint akár a huszadik század eleje volt, amikor az ókornak még létezett valamiféle nimbusza. Most úgy érezzük, még csak képünk, fogalmunk sincs róla, mert ma csak az az érdekes, ami ma történik. Érdekes még az ókor?*

Igen, ebben talán részben az ókortudatók felelősek. Részben azonban a kornak a – nem szeretem ezt a szót használni, de hirtelen nem tudok most mást – a szelleme, amely a pillanatban él. Amely könnyedén elveszti azt,

hogy múltira épülünk, és a saját korunk megértése szempontjából a múlt valahogyan jelentős lehet. Illetőleg csak arra gondol, hogy mi az, amit közvetlenül hasznosíthat. Az ókor nem feltétlenül ilyen. Az ókor értékei valahogyan mások. Mint ahogy a középkoré vagy a felvilágosodásé, vagy bármely más múlt koré, egyáltalán a múlté. És minthogy ez az érdeklődés nincs meg a befogadóban, a közönségben, az ókortudósnak ezt először fel kell keltenie. Azért, hogy azután tolmácsolhassa neki. Ez nehéz folyamat. Gondoljon arra, ha a médiumok nem akarnak az ókorról foglalkozni, mert a szerkesztő azt mondja, hogy unalmas, akkor az ókortudós megfeszülhet, akkor sem fog tudni a közönségnek beszélni róla. Mert van egy közeg, amelyet nem tud áttörni. Ennek a díjnak, amit kaptam, tulajdonképpen csak az a jelentősége – amint erre egy kollégám felhívta a figyelmemet –, hogy az ókorról mikor beszéltek, írtak a médiumok, a mindennapi sajtó annyit, mint most! Ez lehetőség arra – és a díjnak talán ez a legnagyobb jelentősége –, hogy az embereknek eszükbe jut: hátha az ókorban is vannak érdekes dolgok.

*Vagy az, hogy eszébe jut: egyáltalán volt ókor.*

Úgy van.

*Véleménye szerint mit tanulhatunk mi az antik világtól? Egyszer azt mondta, hogy az ókor embere már minden rosszat elkövetett, amit csak lehetett. És persze nyilván jókat is elkövetett. Vagyis az emberi természet sokat nem változott azóta. Akkor hát, tanulhatunk-e egyáltalán valamit az ókortól?*

Azt hiszem, sok mindent megtanulhatunk. Például ha csak az előbbi kérdésnél maradunk, hogy hogyan fejezzük ki magunkat. Az a nyelvi kultúra, amely az ókor irodalmában

megvolt, nálunk veszendőbe ment; az, hogy megpróbáljuk a gondolatainkat árnyaltan, gazdagon kifejezni. Itt megint ez ellen hat a modern kultúra, az SMS nyelv, ahol lehetőleg minél kevesebb szóval, minél rövidebben kell valamit elmondani. Ókori örökség, hogy élvezzük a nyelv szépségét. Ez a mediterrán népeknél, az olaszoknál vagy a franciáknál még ma is megvan, önmagában élvezik a nyelvet. Ez esztétikai örökség. Azután nagyon szívesen kiemelek bizonyos erkölcsi örökségeket is. Éppen azért, mert az ókornak számos, kevésbé rokonszenves erkölcsi vonása is van vagy lehet. Bizonyos erkölcsi örökség a másik ember megbecsülése is. A másikat legyőzhetem mint ellenséget, de nem taposhatom a sárba. Ez olyan emberi tulajdonság, amely a huszadik század folyamán nem nagyon érvényesült.

*Ez valahogy a méltóság elpárolgása?*

Igen, valami ilyesmi. A másik embert megbüntethetem, legyőzöm, de ha legyőztem, akkor a dolognak vége. Ez nagyon sok irodalmi műben megjelenik, bizonyos mértékben a történetírásban is. Szeretek a Kerepesi temetőben sétálni, mert az olyan, mint egy nagy történelmi képeskönyv. És mindig elgondolkoztat, hogy ott egymás mellett vannak olyanok, akiket kivégeztek, és akik kivégeztek. Ott már nincs különbség, az már túl van a mi emberi értékrendszerünkön.

*Ezt az erkölcsi mozzanatot lehet tanítani az ókortudományban, vagy ez nem tartozik oda, nem is feladata?*

Én azt hiszem, hogy az ókori irodalmi műveket kell beépíteni, és azokból kell megpróbálni levonni valamilyen tanulságot. Nem szükségszerűen ugyanazt, és nem szükségszerűen mindenkinek, de meg kell teremteni a

lehetőséget arra, hogy ezek az ókori művek hassanak. E szónak a legszélesebb értelmében. Ez az, ami az ókorról foglalkozók feladata, akár egyetemen, akár középiskolában tanítanak. Középiskolában talán még nagyobb a felelősség, mert ott olyanokat tanítanak, akik nem fognak hivatászerűen foglalkozni az ókorról. Akik viszont görög–latin szakra jönnek, azokon már nem lehet segíteni, ők már el vannak veszve, menthetetlenül megbabonázta őket az ókor. De a középiskolában még meg kell nyerni az embereket, hogy úgy nézzenek az ókorra, hogy érdemes vele foglalkozni. Igaz, hogy ők nem fognak görögül és latinul megtanulni, de az ókor kultúrájának megismerésével mégis nyernek valamit, ha nem is a szó hétköznapi értelmében.

*Volt egy nagy tudósunk, akinek az ókor nemcsak egy egzakt tudomány tárgyát jelentette, hanem érdekelte annak szelleme is: Kerényi Károly. Óriási hatása volt egész Európában. Thomas Mann például levelezésben állott vele. Ő mennyire hatott az ön tudósi fölfogására? Olyan volt, akit követni kell, vagy csak csodálta?*

Tőlem a Kerényi-féle ókortudomány kicsit távol áll. Ő nem ókortudósként hatott rám. A jelentőségét elsősorban abban látom, hogy a magyar, és bizonyos mértékig az egész európai szellemi életben pezsgést indított meg. De különösen a magyarban. A Kerényi-körben nemcsak ókortudósok voltak, hanem régészek, költők, írók, pszichológusok is. Kerényi éppen azt a feladatot tudta betölteni, hogy a szónak a hétköznapi értelmében izgalmassá, érdekessé tudta tenni az ókort. Én azt a módszert, ahogyan ő izgalmasan érdekessé tudta tenni az ókort, nem tudom követni. Ez másik kérdés. De az ő művelődéstörténeti, a magyar művelődéstörténetben való jelentő-

sege óriási. Attól függetlenül, hogy részletekben természetesen én is el tudom fogadni a fejtegetéseit. Kerényi jelentőségét ebben látom, hogy a maga korában, és nemcsak a maga közvetlen korában, az ókort olyan közel hozta az emberek egy bizonyos csoportjához, ahogy minden ókortudósna közeli kellene hoznia az emberek más csoportjához.

*Azt mondja, nem tudja követni Kerényit. Azért nem, mert azt, amit ő tett, nem lehet követni, vagy annyira nem ért egyet azzal a szemlélettel, ami a Kerényié volt, noha a hatása, persze, óriási?*

Kerényi épp azt az egységet képviselte a maga munkájában is, amelyről az elején beszéltünk: a tudományterületek közötti átjárhatóságot, kapcsolatot, ami nélkülözhetetlen. Ezzel maximálisan egyet tudok érteni. Azzal már vannak fenntartásaim, ahogyan csinálta. Kicsit talán a racionalitás felől nézve.

*Hogy túlságosan elvont vagy irracionális volt?*

Azt nem merném mondani, hogy irracionálissá lett, de a történetiség szempontjából az ő elgondolásai, azt hiszem, vitathatók.

*Egyáltalán a történelem mennyire fontos számunkra? Vagyis tudunk-e még okulni a történelemből, vagy erre már nincs szükség?*

Egyáltalán, a múlttal való foglalkozás nem azért érdekes, mintha a történelem ismételné önmagát, hanem mert indítást adhat ahhoz, hogy ki-ki a maga korát megértse. Hadd hitatkozzam egy ókori történetíróra, Tuküdidészre, aki a saját művét mint örökkévaló kincset jellemezte. Azt mondta, hogy a történelemben ismétlődnek bizonyos dolgok, például az, amit ő a történelem alapvető tényezőjének tartott: hogy az erősebb mindig elnyomja a gyengét. Ez nagyon lapos igaz-

ságnak tűnik, és ezért nem kell Tuküdidészhez folyamodnunk. Csakhogy ő ebből valami mást is kifejt. Egy történeti anyagon, a peloponnészoszi háború korán kimutatja, hogyan válik a hatalom kényszerre. A hatalom egy idő után kényszerpályává válik. Szeretném már abbahagyni, mert érzem, hogy ebből nagy baj lesz, de nem tudom. Mert mihelyt abbahagyom, a másik fél ezt azonnal gyengeségnek fogja tekinteni. Hogyan megy át a hatalom megszerzése mint diadalmas előrehaladás kényszerbe, és a vége katasztrófa lesz. Azt hiszem, a történelemben sokszor ismétlődik a hatalom mint kényszer jelensége, és talán a huszadik században is volt erre példa.

*Amikor megkapta a díjat, egy nagy könyvbe azt írta be, hogy jobb koldusnak lenni, mint műveletlennek. Cs. Szabó Lászlónak van egy kissé hasonló mondása: „a műveltség akkor sem árt meg, ha túl nagy”. Miért olyan fontos a műveltség? Nem elég, ha valaki okosan az ösztöneire hagyatkozik, vagy az élet szerint él?*

A gyémánt értékes dolog, de ha csiszolják, akkor még értékesebbé válik. Laposan ezt mondhatnám. Azt hiszem, hogy azért, mert ez – nem egészen jó magyar szó, csak kevésbé kényszeredett szót nem találtam: emberség. Ez nem emberiséget jelent, hanem az ember voltot. Ahhoz, hogy valaki a szó teljes értelmében ember lehessen, szüksége van a műveltségre, szüksége van arra, hogy azokat az adottságokat, amelyek benne mint emberben rejlenek, kicsiszolja. És ehhez szükség van arra, hogy az előtte járók értékeit, felhalmozott értékeit elsajátítsa. Minél többet sajátít el az elődök által fölhalmozott értékből, annál többet tud kibontakoztatni magából mint emberből. Úgy kellett volna igazából mondanom, hogy abból hiányzik az emberi mivolt. Vagy az emberi lényeg. A görög szó erre az

*anthrópizmosz*, aminek egyébként a humanizmus tükörfordítása. Nem igazán ember az, aki nem művelt ember.

*Nem aggódik azért, hogy minden van, csak épp műveltség nincs?*

De, persze, hogy aggódom. Ez borzasztó megszegényítése a lehetőségeinknek. De nem használjuk ki, mert mi csak a pillanatban élünk. Vannak ilyen elszegényedő korok. A késő ókor és a Karoling-korral kezdődő középkor között volt egy elég sötét időszak, amit nem az európai művelődés nagy korszakai között emlegetünk, és ahol nagyon sok minden elpusztult. De aztán jött egy új kultúra. A szlávok és a germánok kicsit barbár népek voltak. Itt a barbárt nem feltétlenül kell mindig idézőjelbe tenni. Van, amikor kell, mert egyszerűen azt jelenti, hogy „nem görög”, „nem római”, tehát nincs benne semmi lebecsülő. Ezeknek a betelepülő népeknek lényegesen alacsonyabb kultúrájuk volt. De ezeknek a népeknek a kultúrájából és az ókor hagyományából új kultúra jött létre. A nagy középkor. A katedrálisok is itt kezdődtek.

*Akkor ma mitől tudna mindez visszajönni? A kor elkezd sülyyedni, a tévének köszönhetően is – akkor nem volt televízió, de most van. És egyelőre nem úgy néz ki, hogy ebből vissza lehetne térni. Nem pesszimista? Vagy az ókor elegendő vigaszt nyújt?*

Nem tudom, hogyan lehet ebből visszatérni, a tévé nemcsak végzetes eszköz, hanem nagy lehetőség is.

*De azért csinál végzetet is...*

Persze, persze, de azt lehet jól is használni. Az atomenergiát lehet bombára és fűtésre is használni. Itt most tényleg nagy kulturális áttrendeződés zajlik. Valóban egy korszak

végét éljük, de volt ilyen a 18. században is. A 18. században egy sor olyan ókori szerzőt olvastak, akit a romantikával kezdve egyszerűen félretoltak. Mert a romantika szerint az, ami nem eredeti, nem is ér semmit. Homéroszt alacsonyabb rendű költőnek tartották a francia felvilágosodásban, Vergilius az igazi. Herder félretolta Vergiliust, és azt mondta, hogy Homérosz az igazi. Mert az eredeti. Tehát vannak ilyen nagy áttrendeződések. Itt nem az a baj, hogy a műveltségnek bizonyos elemei kiszóródnak a kosárból, hanem az, hogy nem kerül bele helyette más.

*De boldog kor az, amelyik azon vitatkozik, hogy Homérosz vagy Vergilius az igazi! Ma nem éppen erről van szó.*

A mostani korban erről nincs szó. Ha arról vitatkoznának, hogy Homérosz vagy Shakespeare, akkor azt mondanám: jó. De most hirtelen nem tudnék Homérosz nagyságú költőt mondani a huszadik századból. Bizonyára van, csak én kevésbé vagyok ebben otthon. Semmi sem jön helyette. Űr marad. Olyan lesz, mint amikor a Karoling-korban fölfedezik, hogy azok az ókoriak mégiscsak érdekesek voltak, és nemcsak a jogrendjük miatt, hanem azért is, mert szép verseket írtak. Szépen írtak latinul, és úgy kell írni, ahogy ők írtak. Egyszer majd visszajön ez, talán gyorsabban, mint a hanyatló római birodalom és a Karoling-kor között. Mert televízió, nyomtatás, internet van. Hát közben majd kiesnek dolgok. Én nagyon remélem, hogy az ókor nem esik ki, de egy időre kieshet, ezt is el tudom képzelni. A középkor nem volt annyira görög, mint ahogyan a köztudatban él, mert azért ott is ismerték a görög irodalmat. A görögök sok mindent kibírtak. Még a rómaiakat is. Talán még minket is kibírnak.

## Tudós fórum

### KITÜNTETÉSEK AZ AUGUSZTUS 20-i NEMZETI ÜNNEP ALKALMÁBÓL

Augusztus 19-én, az MTA Székházában kitüntetéseket adott át Pálínkás József, az MTA elnöke. Az ünnepségen a kitüntetettek és hozzátartozóik mellett akadémikusok, a tudományos osztályok elnökei és kutatóintézeti vezetők is jelen voltak.

A Magyar Tudományos Akadémia elnökének előterjesztésére  
a Magyar Köztársaság elnöke

A MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ÉRDEMREND TISZTIKERESZTJE  
kitüntetést adományozta

**Jankovics Józsefnek**, az MTA Irodalomtudományi Intézet igazgatóhelyettesének a magyarországi reneszánsz és barokk kutatásaiért, valamint az irodalmi textológia, illetve a nemzetközi magyarságtudomány vezető képviselőjéért;

**Kiss Árpád Zoltánnak**, az MTA Atommagkutató Intézet tudományos tanácsadójának a különböző ionnyaláb-analitikai módszerekben megtestesülő kísérleti atom- és magfizikai eredmények nemzetközileg elismert interdiszciplináris alkalmazásáért, az akadémiai kutatóintézetek és az egyetemi oktató- és kutatómunka közötti szoros együttműködés megteremtése terén, több évtizeden keresztül kifejtett kiemelkedő munkásságáért;

**Kiss Istvánnak**, az MTA Szegedi Biológiai Központ Genetikai Intézet tudományos tanácsadójának a hazai genetikai kutatások nemzetközi elismertetése érdekében végzett tudományos tevékenysége elismeréséül;

**Rockenbauer Antalnak**, az MTA Kémiai Kutatóközpont Szerkezeti Kémiai Intézete tudományos tanácsadójának a fizikai kémia tudományterületén végzett kimagasló tevékenységéért, valamint szakmai életútjának elismeréséül;

**Tisza Miklósnak**, a Miskolci Egyetem tanszékvezető egyetemi tanárának, az MTA Anyagtudományi és Technológiai Bizottsága elnökének a mérnöktársadalom generációit nevelő, kiemelkedő oktatási és nemzetközileg elismert kutatási tevékenységéért, a számítógépes mérnöki alkalmazások a numerikus modellezés témakörében, és a mesterséges intelligencia módszereinek a mechanikai technológiákban való alkalmazásában végzett iskolateremtő tevékenységéért;

**Vesztergombi Györgynek**, az MTA Központi Fizikai Kutató Intézet Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet Részecskefizikai Főosztálya tudományos tanácsadójának, egyetemi tanárnak a nagyenergiájú kísérleti részecskefizika területén nemzetközileg elért eredményeiért, oktatási tevékenységéért, továbbá a kutatások során a műszaki/technikai fejlesztések nemzetközi elismertetésében és tudományos, valamint gazdasági haszonnal is járó alkalmazások fejlesztésében végzett munkájáért.

A MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ÉRDEMREND LOVAGKERESZTJE  
kitüntetést adományozta

**Brezsnyánszky Károlynak**, a Magyar Állami Földtani Intézet tudományos főmunkatársának, nyugalmazott igazgatójának, a földtani kutatásban több mint negyven éven át végzett munkájáért, a Magyar Állami Földtani Intézet évtizedes, kiemelkedő eredményeket felmutató vezetéséért, a Föld Bolygó Nemzetközi Éve szellemiségének hatékony terjesztéséért;

**Márcz Ferencnek**, az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet nyugalmazott tudományos főmunkatársának, senior kutatójának a légköri elektromos paraméterek és a rádióhullámok ionoszférikus abszorpció mérésének kidolgozásáért, a légköri elektromos potenciálgradiens napi, éves és hosszúperiódusú változásainak elemzéséért, a légköri elektromos és extraterresztrikus paraméterek kapcsolatának vizsgálatáért, valamint a geomágneses utóhatás nap–földfizikai összefüggéseinek kutatásában elért eredményeiért;

**Molnár Kálmánnak**, az MTA Állatorvos-tudományi Kutatóintézete nyugalmazott szaktanácsadójának a modern halkórtan tudományának hazai megteremtésében elért eredményeiért; a parazitológia területén, továbbá a halakat károsító élősködők közül elsősorban a csákyás férgek, a nyálkaspórák és a kokcidiumok kutatásában elért nemzetközi sikereiért;

**Nagy Bélának**, az MTA Titkársága Földtudományok Osztály Titkársága nyugalmazott osztályvezetőjének a földtudomány területén végzett több évtizedes kiemelkedő tudományos kutatói, oktatói és tudományos szervező munkássága és életműve elismeréseként, továbbá az MTA Földtudományok Osztálya tudományos titkáráként végzett kimagasló minőségű munkájáért és vezetői tevékenységéért;

**Neményi Mártának**, az MTA Titkársága Fizikai Tudományok Osztály Titkársága osztályvezetőjének kiváló tudományos szervezői munkájáért, elsősorban az MTA Fizikai Tudományok Osztályának tudományos titkáráként végzett lelkiismeretes, eredményes tevékenységéért.

A MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI ARANY ÉRDEMKERESZT kitüntetését adományozta

**Miklós Dezsőnek**, az MTA Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet tudományos igazgatóhelyettesének sokoldalú alkalmazott matematikai kutatásaiért, valamint a matematikai kutatások pénzügyi és infrastrukturális feltételeinek sokrétű fejlesztéséért.

A MAGYAR KÖZTÁRSASÁGI EZÜST ÉRDEMKERESZT kitüntetését adományozta

**Gajda Endrénének**, az MTA Szociológiai Kutatóintézet gazdasági igazgatóhelyettesének az MTA társadalomtudományi intézethálózatában ellátott, közel két évtizedes eredményes gazdasági vezetői munkájáért, a különböző hazai és nemzetközi projektek gondozása, a Szociológiai Kutatóintézet versenyképességének elősegítése és a programok pénzügyi koordinálása területén végzett kiemelkedő szakmai tevékenységéért;

**Kovátsné Szabó Máriának**, az MTA Nyelvtudományi Intézet gazdasági vezetőjének az MTA Nyelvtudományi Intézetében gazdasági vezetőként végzett hozzáértő és megbízható munkájáért, az Akadémia érdekében végzett szakmai tevékenységéért és emberi helytállásáért.

A kitüntetetteknek gratulál

*a Szerkesztőség*



## SZALAY SÁNDOR EMLÉKEZETE

Lovas Rezső

az MTA levelező tagja, korábbi igazgató,  
az MTA Atommagkutató Intézete  
rgl@atomki.hu

Száz éve, 1909. október 4-én született Szalay Sándor, a magyarországi magfizika megteremtője. Apja nevezetes fizikatanár volt Nyíregyházán, aki az Evangélikus Gimnáziumban a semmiből kitűnő fizikai demonstrációs laboratóriumot hozott létre. Ott fia is játszva tanulta meg a fizikát. Matematika–fizika–kémia szakos tanári képesítést szerzett Budapesten. Az Eötvös Kollégium neveltje és Tangl Károly tanítványa, majd ösztöndíjasként dolgozott Szent-Györgyi Albert mellett Szegezen, Peter Debye mellett Lipcsében és Ernest Rutherford mellett Cambridge-ben. Három Nobel-díjast mondhatott tehát mesterének. Később tanársegédi állást kapott Gyulai Zoltán mellett Debrecenben, s amikor 1940-ben Gyulai Kolozsvárra távozott, harmincéves korában professzorrá nevezték ki.

1933-ban felfedezi, hogy az ultrahangnak kémiai hatása van, és ezzel egyik úttörője lesz a szonokémia tudományának, de ennek jelentősége csak jóval később derül ki. Pályafutására legnagyobb hatással a Cambridge-i fél esztendő volt, mert ott az atommagfizika bölcsőjénél egy kibontakozóban levő tudomány kutatásába kapcsolódhatott be. Megtanulta, hogy a fiatal tudományban elemi kísérleti eszközökkel is jelentős felfedezéseket lehet tenni, és ez reménnyel töltötte el, hogy a magfizikában itthon is van mit keresnie.

És valóban, Debrecenben az uránszurok-érből leválasztott polóniumból pontszerű alfaforrást készít. A kilépő alfa-részecske energiája összemérhető azzal, amit évtizedekkel később a debreceni Van de Graaff-gyorsítóval lehet produkálni. A forrást félgömb alakú céltárgyak középpontjába helyezi, és mint egy miniatűr gyorsítóval, vizsgálja a céltárgyakon végbemenő reakciókat.

A háború után az atomenergia kerül az emberiség figyelmének középpontjába, és Szalay sugárzásméréssel felfedezi a mecseki urándúsulást, amelynek nyomán hamarosan a kitermelhető uránt is megtalálják. A humuszsavak kationmegkötő képességével megmagyarázza a talált mecseki urándúsulást, és felismeri, hogy hasonló okokból a láptalajokon élő növényeknek és az azokból táplálkozó állatoknak és embereknek nyomelemhiányban kell szenvedniük. Így az urán geokémiája mellett a nyomelemkutatás úttörője is lesz. Eközben előkészíti a sugárzó anyagok orvosi alkalmazásait Debrecenben.

1952 meghozza számára a Kossuth-díjat és az akadémiai levelező tagságot. Kívívja, hogy 1954-ben kutatóintézetet alapíthasson Debrecenben, amely hamarosan az MTA Atommagkutató Intézete néven lesz ismert. Már onnan datálódik a legismertebb debreceni magfizikai felfedezés, a neutrínó vissza-

lökő hatásának publikációja. Már évtizedek óta ismert volt, hogy a béta-részecske, azaz elektron kibocsátásakor az atommagból felszabaduló energia egy része látszólag elvész. Magyarázatul az a feltevés szolgálhatott, hogy a bomláskor még egy részecske, egy „neutrínó” is kilép, amelyet nem tudunk észlelni, mert kölcsönhatása minden mással túl gyenge. Szalay Sándor (Csikai Gyulával) a maradékmag visszalökődését fényképezte le ködkamrában, s így közvetett bizonyítékát adta a neutrínóhipotézis helyességének.

Az ötvenes évek közepétől kezdve Szalay pályafutása egybeforrott az Atommagkutató Intézetével, és kitüntetései (Állami Díja 1978-ban, lublini és debreceni díszdoktori címe 1970-ben, illetve 1979-ben) az általa vezetett intézetre is jó fényt

vetettek. Tanítványaival – a debreceni magfizikai iskola első nemzedékével – a mag szerkezeti kutatás és a nukleáris detektálási módszerek számos ágát fejleszti fel. Koltay Ede gyorsítót fejleszt, Csikai Gyula neutronforrást (ún. *neutrongenerátort*), Berényi Dénes és Fényes Tibor a mag sugárzások spektrumának analizálását lehetővé tevő berendezéseket, Medveczky László és Somogyi György a sugárzások nyomait viselő anyagokból nyomdetektorokat, Kovách Ádám és Balogh Kadosa geológiai kormeghatározásra alkalmas tömegspektrométereket készít, Gyarmati Borbála pedig a magreakciók elméletét tanulmányozza. Közben ő maga – az igazgatás és az egyetemi tanítás mellett – főként a nyomelemkutatásnak, a eredeti (az élet elő-

ti) földi légkör vizsgálatának és feleségével, Csongor Évával a légköri radioaktivitás tanulmányozásának szenteli magát. A nyomelemkutatásban valódi úttörő volt, és ezt most, a nyomelemek több évtizede tartó divatja idején, már kevesen tudják róla. Amikor 1967-ben az egyetem Kísérleti Fizikai Tanszékén átadta a stafétabotot Csikai Gyulának, kiváló tanári kart és az akkori időkhöz

képest elfogadható műszeres felszereltséget hagyott maga után. Az Atommagkutató Intézetet 1975-ig igazgatta.

Az én nemzedékem Szalay professzor úrral az egyetemen találkozott először. Az első tárgy, amelyet nekünk tanított (1966-ban), „labortechnika” címre hallgatott. Az, hogy egy ilyen jelentéktelennek tűnő tárgy oktatását magának tartotta meg,

mutatta, mekkora súlyt helyezett a kísérletezés, a műszerkészítés alapjainak megtanítására. Az embargók és a keményvaluta-hiány korában az Atommagkutató Intézet eredményessége ennek a tudásnak volt köszönhető, és mindenféle gyakorlatias alkalmazó tevékenységünkben mind a mai napig ezen hagyományokat követjük. Az első óra helyett a professzor a hallgatóit tea melletti kötetlen csevegésre hívta. A csevegés az akadémiai rendes tagságot nemrég elnyert professzorral egyoldalúra sikeredett ugyan, mert a hallgatókon a professzor roppant tekintélye folytán megilletődöttség vett erőt, és szellemes, élményekben gazdag, gördülékeny elbeszéléséhez képtelenek voltunk bármit is hozzáfűzni. De arra jó volt, hogy megismerték őt, és hűvös,



távolságtartó modora ellenére könnyűvé vált bármilyen konkrét ügyben közeledni hozzá, bármit megbeszélni vele. Előadásait is a tudomány előmozdításában való személyes részvételének élménye hatotta át, és a XX. századi fizika nagy tudóseyéniségeinek ismeretéből fakadó személyesség színesítette. Sajátos modora, stílusa, találó mondásai anekdotahósszá is tették.

Jelentős tudós volt, eredeti és utánozhatatlan egyéniség, aki életében mérce és kiindulópont volt sokunk számára, és 1987-ben bekövetkezett halála óta is az. Élete egy volt a természettudománnyal. A tények, a teljesítmény és a morális hajthatatlanság embere volt. A maga pátoz nélküli, szigorú, tárgyilagos módján átértette a hazája iránti felelősség parancsát, és miközben környezetünk egyetlen igazi európeáerként munkatársai külföldi tanulmányútjait egyengette, szavaival és tetteivel érezte, hogy végső soron mindannyiunknak itthon a helyünk, hogy a hazai tudományt virágoztassuk fel. Nem hízelgett a hatalmasoknak, és nem ijedt meg fenyegetésüktől, pedig volt benne része. Marosán György az egyetem nyilvánossága előtt pellengette ki – távollétében –, bizonyára a politikától való távolságtartása miatt, de sem ő, sem az intézetbe telepített megbízható elvtárs nem tudta őt kikezdeni. Szilárd egyénisége minden körben tiszteletet parancsolt. Példája bizonyította, hogy a parancsuralmi rend-

szemben sem csak a jellemtelen meg az ostoba emberek lehetnek sikeresek. A felszínes csillogást, magamutogatást nem kedvelte, s elmélyült munka céljára a nyüzsgő fővárosnál jobban megfelelt számára Debrecen nyugodtabb légköre. Volt hozzá karizmája és tekintélye, hogy tanítani, irányítani tudjon. Nemzedékeket nevelt fel a tudomány szolgálatára – beleértve saját fizikus fiait, akik közül Sándor az MTA levelező tagja –, és jól szervezett kutatóintézetet hagyott utódaira.

Tudományos műveltsége klasszikus volt, szinte XIX. századi értelemben. A tudományt átélt, ezért is tudta érzékletesen közvetíteni. Az ő szemében a tudomány egyetlen egész volt, hiszen könnyedén tudott több szakterületen egyszerre dolgozni. Az intézetet ennek az egységnek a jegyében formálta. A végleteken specializálódó tudomány és a plurális társadalom mai korában „Minden Egész eltörött”, és mi már ebben a korban vagyunk itthon. De nem árt, ha egyszer kimondjuk: a mai hajsztát a tudományos eredményekért csak akkor van értelme folytatnunk, ha hiszünk benne, hogy ezzel az egyetemes tudományt gyarapítjuk, és Szalay Sándor emléke ebben segít bennünket.

Kulcsszavak: *atommagfizika, magreakciók, béta-bomlás, neutrínó, geokémia, nyomelemkutatás, geológiai kormeghatározás, légköri radioaktivitás, szonokémia*

# AZ MTA KÖRNYEZETTUDOMÁNYI ELNÖKI BIZOTTSÁG ÁLLÁSFOGLALÁSA AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁSRÓL ÉS AZ EZZEL ÖSSZEFÜGGŐ HAZAI FELADATOKRÓL<sup>1</sup>

## AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS OKAI ÉS KÖVETKEZMÉNYEI

### *A földi éghajlat és az éghajlatváltozás*

Földünk az energiát a Naptól kapja, de az éghajlat alakulása szempontjából meghatározók a légkör, a földfelszín és az óceán fizikai, kémiai és biológiai folyamatai is. A légköri üvegházhatású gázok a Nap rövidhullámú sugarait átengedik, a felmelegedett felszín és

levegő hosszúhullámú sugárzását viszont nagyrészt elnyelik, és ennek az energiának egy részét a felszín felé visszasugározzák. Ha növekszik az üvegházhatású gázok légköri koncentrációja, akkor változik a Föld-légkör rendszer energiamélege, és így – számtalan más folyamaton, kölcsönhatáson és visszacsatoláson keresztül – a légkör alsó néhány kilométeres rétegében melegedés következik be. E globális változás szabálytalan ingadozásokon keresztül valósul meg.

A napsugárzás erősségének, a Föld pályaelemeinek, a kontinensek helyzetének, a földfelszín állapotának (jéggel, növényzettel való borítottságának), valamint a légkör összetételének változásaitól függően bolygónk éghajlata a földtörténet során többször is változott. A nagyobb vagy gyorsabb változások a fajok tömeges kihalását, az ökoszisztémák lényeges megváltozását eredményezték. A lassú és kisebb változásokhoz a növény- és állatvilág nagy része általában képes volt alkalmazkodni. A legutóbbi eljegesedési időszak során a maihoz képest 4–7°C-kal alacsonyabb globális átlaghőmérséklet volt jellemző. Az ezt követő felmelegedés a mai szintre több mint ötezer év alatt zajlott le.

A legutóbbi tízezer évben – a közvetlen közelmúltig – a légkörben az üvegházhatású gázok mennyisége és bolygónk éghajlata meglehetősen stabil volt. Ez is elősegíthette a mezőgazdaság, és ezen keresztül az emberi civilizáció kialakulását, fejlődését. A globális felszíni átlaghőmérséklet ingadozása ugyan valószínűleg 1 °C-on belül maradt ebben az időszakban, a hűvösebb és melegebb időszakokban azonban még e viszonylag szűk tartományon belül is jelentős társadalmi-gazdasági hatásokat eredményeztek.

Az ipari forradalom kezdetétől a fosszilis tüzelőanyagok egyre nagyobb mértékű felhasználásával, a népességgrobbanást követni próbáló mezőgazdasági termeléssel, természetátalakítással az emberi tevékenység is belépett a globális éghajlatalkító tényezők sorába. Az éghajlatot befolyásoló emberi tevékenységek között legfontosabb az energiafelhasználás. A fosszilis energiahordozók – szén, olaj, földgáz – elégetése, különböző célú felhasználása nyomán kibocsátott szén-dioxid képezi az utóbbi mintegy 250 év folyamán bekövetkezett antropogén felmelegítő hatás több mint felét. Az energiaágazathoz tartozó további kibocsátást jelent a földgáz kitermelése, előkészítése, szállítás során a légkörbe kerülő metán és a közlekedésben keletkező dinitrogén-oxid. Számottevő szén-dioxid-forrás az erdőirtás, ami csökkenti a növényzet szén-dioxid-elnyelő képességét. A metán kibocsátásának növekedéséhez elsősorban a mezőgazdaság járul hozzá. Bizonyos vegyületek kibocsátása azonban negatív irányban befolyásolja a sugárzási mérleget. Ezek közül legfontosabbak a fosszilis energiaforrások és a biomassza elégetése során keletkező kén- és szerves vegyületek, amelyek kisebb mértékben közvetlenül, nagyobb mértékben pedig a felhők fényvisszaverésének módosítása révén fékezik a felme-

legedést. Döntően az emberi tevékenységnek köszönhetően napjainkig a légköri üvegházhatású gázok sorában a szén-dioxid koncentrációja 37 %-kal, a metáné 156 %-kal, a dinitrogén-oxidé pedig 19 %-kal nőtt az iparosítás előtti időszakhoz képest. Az üvegházhatású gázok mennyiségének növekedését azonban csak jelentős késéssel követi a felmelegedés, elsősorban az óceánok nagy hőkapacitása miatt.

A XIX. század közepétől induló teljes meteorológiai mérési időszak legmelegebb tizenkét éve közül tizenegy az 1995 és 2006 közötti időintervallumba esett. A globális átlaghőmérséklet az utóbbi száz évben (1906–2005 között) 0,74 °C-kal emelkedett, s ezen belül az északi féltekén az utóbbi fél évszázad átlaghőmérséklete valószínűleg a legmagasabb volt az elmúlt ezerháromszáz éves időszakban (azaz magasabb, mint bármelyik félévszázados periódusának átlaghőmérséklete). Ez a melegedés mind területileg, mind évszakosan nagy eltéréseket mutat. A globális átlagon belül a szárazföldeken nagyobb volt az átlaghőmérséklet-emelkedés. Nemcsak az évi középhőmérsékletek emelkedtek az elmúlt időszakban, hanem az extrém magas hőmérsékletek gyakorisága is növekedett. Kiterjedt régiókban növekedett az aszályhajlam (az aszályok gyakorisága, erőssége). Az éghajlat nedvesebbé válása sokkal kisebb területeket érintett. Egyes térségekben növekedett több szélsőséges időjárási jelenség – nagycsapadékok, hőhullámok, forró éjszakák – gyakorisága és intenzitása, míg másoké (hideg napok és éjszakák, fagyok) csökkent. A térségünkben, hazánk területén mért éghajlati elemekben is észlelhető a fokozatos változás: az éves középhőmérséklet emelkedik, s kimutatható az éves csapadékösszeg lassú, tendenciaszerű csökkenése.

<sup>1</sup> Az állásfoglalás témakörében többek között a következő nemzetközi és hazai dokumentumok tartalmazzak további részletes információkat: MTA, 1991: *MTA Meteorológiai Tudományos Bizottságának állásfoglalása éghajlatunk jövőjéről*. 1991. november • ENSZ, 1992: ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény • ENSZ, 1997: *Kiotói Jegyzőkönyv az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményhez* • VAHAVA, 2006: *A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. Összefoglaló*. KvVM – MTA • IPCC, 2007: *Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület negyedik értékelő jelentése* • G8+5, 2008: Tudományos akadémiai közös nyilatkozata az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásról és az „Alacsony Karbon Társadalomra” való áttérésről. 2008. június • OGy, 2008: Országgyűlési határozat a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról • EU, 2008: Az Európai Unió klíma-energia csomagja

*A megfigyelt természeti, társadalmi és gazdasági hatások*

Egyre több vizsgálat mutatja ki elsősorban az északi féltekén a szárazföldi ökológiai rendszerek megváltozását a melegebbé váló éghajlat hatására: a fajok elterjedési területeinek eltolódását a sarkok felé, illetve magasabban fekvő területekre, a fejlődési szakaszok (főleg a tavaszi időszakokban megfigyelt) korábbra tolódását és a tenyészidőszak meghosszabbodását. Az ökológiai rendszerekben bekövetkező változások, az ökoszisztéma-szolgáltatásokon (szén-dioxid-megkötés és -tárolás, talajképzés, eróziógátlás stb.) keresztül közvetlen társadalmi és gazdasági következményekkel járnak. Az erdészetben a hosszabbodó tenyészidőszak a hűvösebb és csapadékosabb régiókban növeli az egyes fafajok fahozamát, míg máshol, más fafajok esetében a melegebb és szárazabb körülmények ellenkező hatásúak.

A melegedés miatt nőtt a növényi kártevők károkozása, az erdőtüzek gyakorisága. Európa egyes országaiban a hőmérséklet, különösen a nyári hőmérséklet emelkedése következtében a növénytermesztés feltételei kedvezően változtak. Az éghajlatváltozás hatására a tavaszi hóolvadás által kiváltott nagyvizek korábban jelentkeznek a folyókon. Jelentős mortalitástöbbletet eredményező nyári hőség hullámok nyomán több országban (Japánban és több európai ország között hazánkban) vezettek be hőségriadót és egyéb intézkedéseket a veszélyeztetett népességcsoportok védelmére. Számos vizsgálat foglalkozik a közvetlenül vagy közvetve az éghajlatváltozás miatt várhatóan megerősödő migrációs folyamatokkal. A biztosítók adatai szerint szélsőséges időjárási események miatt is a 70-es évektől kezdve világszerte növekszik a káresemények száma és mértéke.

## AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS JÖVŐJE

*Az éghajlatváltozást kiváltó tényezők és az éghajlat várható alakulása*

Elsősorban az éghajlatot befolyásoló üvegházhatású gázkibocsátás alakulásától – emellett számos más tényező ismertességétől is – függően lehet előrevetíteni a földi éghajlat változását évszázadunk végéig. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület számos – az elkészítéskor már érvényben levő éghajlatvédelmi intézkedéseket figyelembe vevő – kibocsátási jövőképpel foglalkozott. E becslések alapján 2000-hez viszonyítva a globális üvegházhatású gázkibocsátás 40 %-kal alacsonyabb és 250 %-kal magasabb is lehet 2100-ban. Az utóbbi években a figyelem elsősorban a következő néhány évtized várható kibocsátási trendjeire irányult, mivel ezek adhatnak közvetlenebb támpontot a nemzetközi tárgyalások közép-távú célkitűzéseikhez. A Nemzetközi Energia Ügynökség értékelése szerint a világ primerenergia-igénye 2030-ra a 17 milliárd olajegyenérték (toe), 2050-re pedig a 23 milliárd toe szintet is elérheti, azaz a 2000. évinek több mint a kétszeresét. Ezen belül tovább nő a szén részaránya. Ennek következtében az energiefelhasználásból származó szén-dioxid-kibocsátás 2006-hoz viszonyítva 2030-ra 45 %-kal, 2050-re pedig 125 %-kal növekedne. Emellett más üvegházhatású gázok kibocsátásának növekedését, ill. a nyelők, elsősorban a szén-dioxid esetében az óceán és a szárazföldi növényzet szénfelvételi képességének változását is beszámítva mindez rendkívüli mértékűre (mintegy 1000 ppm szén-dioxid-egyenértékű szintre) növelheti a légkörben az üvegházhatású gázok koncentrációját.

Az üvegházhatású gázok kibocsátásának emelkedési üteme maga után vonhatja az utóbbi évtizedekben megfigyelhető hőmér-

séklet-növekedésnél gyorsabb és nagyobb mértékű melegedést. A különböző modellekkel és feltételezésekkel készített becslések alapján a globális melegedés mértéke a 2090–2099 időszakra vonatkozóan az 1,7–4,4 °C közötti értéktartományban várható az 1980–1999 referencia-időszakhoz viszonyítva. Az optimistább feltételezések teljesülése esetén ennél kisebb (1,1–2,9 °C közötti), a pesszimistább jövőképek szerint pedig nagyobb (2,4–6,4 °C közötti) felszíni középhőmérséklet emelkedés is bekövetkezhet. A melegedés várhatóan nagyobb lesz a szárazföldi területek felett, mint az óceánok térségében. Nagyon valószínű, hogy a meleg hőmérsékleti szélsőségek, a hóhullámok és a heves csapadékevékenységek gyakorisága világszerte növekedni fog a jövőben. A magas földrajzi szélességeken az éves csapadékösszegek várhatóan növekedni fognak. Számos térségben, elsősorban a ma is szárazságra hajlamos területeken (például a szubtrópusi térségekben) a csapadékmennyiség várhatóan csökken. A tengerszint XXI. század végére várható növekedése a jövőképek szerint elérheti a 0,6 m-t.

A Kárpát-medencére elvégzett – a vonatkozó globális jövőképeket alapul vevő – modellszámítások alapján a 2071–2100-ra várható melegedés nyáron a legnagyobb (4,0–4,8 °C), s tavasszal a legkisebb (2,5–3,1 °C). A század végére várhatóan az éves csapadékösszeg csekély mértékben csökkenni fog, mely az egymással ellentétes jelentős mértékű évszakai változásokból adódik: télen növekedő, nyáron viszont csökkenő évszakai csapadékösszeg valószínűsíthető. A becsült nyári csapadékcsökkenés az alapul vett globális jövőképektől függően 10–33 % között, míg a téli csapadéknövekedés mértéke 20–37 % között változhat. Az 1961–1990 közötti referencia-időszakban a legcsapadékosabb évszákunk a

nyár volt, míg a legszárazabb a tél, ezzel szemben a XXI. század végére a legcsapadékosabb évszakká a tél válhat. A növekvő téli csapadékoság mellett a téli csapadék egyre kisebb hányada hullhat le hó formájában, s ennek számos területen hatása lehet, így mindennek előtt a vízjárásra, a tavaszi nagyvizekre.

Hazánkban tehát – a tudományos vizsgálatok szerint – jelentős felmelegedés és bizonyos mértékű szárazodás várható, emellett megnő bizonyos szélsőséges időjárási jelenségek gyakorisága, intenzitása, időtartama. A melegedés következtében gyakoribbá és tartósabbá válnak a nyári extrém hőmérsékletek, a hóhullámok. A szélsőséges negatív hőmérsékleti értékek gyakorisága viszont várhatóan csökken. A szélsőséges csapadékhullás jellemzőiben éves viszonylatban és országos átlagban viszonylag kis változások várhatók.

Mindezek alapján – még az optimistább feltételezések szerint is – egy jelentősebb mértékű éghajlatváltozás elkerülhetetlennek látszik. Széleskörű tudományos egyetértés alakult ki abban, hogy a kibocsátások nagyfokú mérséklésével, valamint a hatásokra való felkészüléssel a katasztrófális következmények még megelőzhetők.

*Az éghajlatváltozás jövőbeli hatásai*

Számos környezeti rendszer sérülékenyebbé válik az éghajlatváltozás hatására. Az élővilág esetében a ténylegesen bekövetkező káros hatások az alkalmazkodóképességtől függenek, s ezt is figyelembe véve összességében a növény- és állatfajok 20–30 %-át fenyegeti a kipusztulás veszélye, ha a globális felmelegedés mértéke eléri a 1,5–2,5 °C-ot. Azonban egyes régiókban még ennél is nagyobbak lehetnek a biodiverzitás veszteségei, mivel számos faj visszaszorulhat jelenlegi elterjedési területének jelentős részéről.



Az éghajlatváltozás legjelentősebb társadalmi-gazdasági hatásai a vízellátásban, a mező- és erdőgazdaságban, az egészségügy terén, illetve a tengersizint emelkedése következtében is előálló tömeges migráció formájában várhatók. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület szerint már 2050-re 10–40 %-kal nőhet a folyók vízhozama és az édesvízkészlet a magasabb földrajzi szélességeken és a nedves trópusi területeken; 10–30 %-kal csökkenhet viszont a már ma is vízhiánnyal küzdő száraz régiókban a mérsékelt égövben, illetve a száraz trópusokon. Ez utóbbi térségekben a vízellátottság romlásában a nem éghajlati hatások – leginkább a népességnövekedés – is meghatározó szerepet játszanak. Az aszály által sújtott területek növekszenek, ugyanakkor az intenzív csapadékot hozó események gyakorisága megnő, ami a téli csapadékmenyiség növekedése mellett hozzájárul az áradások kockázatának növekedéséhez.

Azokon a közepes és magasabb szélességeken fekvő térségekben, ahol és amíg a helyi középhőmérséklet-növekedés nem haladja meg az 1–3 °C-ot, növekedhetnek a terméshozamok. Az egyenlítőhöz közelebb fekvő területeken azonban már kisebb (1–2 °C-os) helyi hőmérséklet-növekedés hatására csökkenhetnek a hozamok. Az emberi egészséget érintő hatások rendkívül sokrétűek a helyi változások és a gazdasági fejlettségi szint függvényében. Különösen súlyos hatások várhatók a szegényebb, az alkalmazkodásra kevésbé képes régiókban az alultápláltság, a szélsőséges időjárás események (hőhullámok, aszályok, áradások, viharok) és egyéb hatások miatt.

Európában várhatóan növekszik az árvizek gyakorisága, erőteljesebbé válik a partvidékek eróziója, jelentős mértékű lesz a magashegyi gleccserek visszahúzódása. Dél- és részben Közép-Európában a növekvő aszály-

gyakoriság és a vízkészletek fogyása miatt az erdőtüzek gyakoribbá válására, általában a mezőgazdasági terméseredmények csökkenésére számíthatunk.

#### *Az éghajlatváltozás várható hatásai Magyarországon*

Az éghajlatváltozást kísérő szélsőséges időjárási események a gazdaság számos területét érintik Magyarországon. A legkitettebb területek a hidrológiai rendszerek és a mezőgazdaság. Súlyos következményekkel járhat a vízkészletek jelentős csökkenése. Árvíz idején a különösen veszélyes helyzetek kialakulása leginkább a Tiszára és mellékfolyóira jellemző, így a várhatóan gyakoribbá váló árvizek elsősorban ebben a térségben jelentenek problémát. Nagytavaink esetében a feltételezhetően gyakoribb alacsony vízállás, illetve általában a jelentős vízszintingadozás a turizmusra hat kedvezőtlenül.

Magyarország különösen kedvezőtlen helyzetben van a természetes élővilág alkalmazkodási lehetőségeinek szempontjából: földrajzi elhelyezkedése és a természetes élőhelyek fragmentáltsága miatt a fajok vándorlási lehetőségei hazánkban meglehetősen korlátozottak. Az aszály gyakoribb válása, a csökkenő talajvízszint, a belvizek fenyegetik a mezőgazdaság termésbiztonságát, valamint az erdők fenntarthatóságát. Eddig nem honos kórokozók és állati kártevők is megjelenhetnek, ami ellen nincs felkészülve a mező- és erdőgazdaság. Lényegesek lehetnek a hatások más ágazatok számára is, így például az energiagazdálkodásra (az energiaigények mértékének változásával), a közlekedésre, az ipari termelés egyes területeire.

Az említett változások társadalmi-gazdasági következményei mellett a közvetlen társadalmi hatások is jelentősek. Például várható-

an az emberi egészséget veszélyeztető hőhullámok gyakorisága és hossza növekedni fog, a vektorok által terjesztett betegségek gyakoribbá válhatnak, és mindezek a humán és állati egészségügy számára többletfeladatot jelentenek. Az éghajlatváltozás kedvezőtlen következményei fokozottan jelentkeznek a városokban, ahol a vízellátás, az élelmiszerbiztonság, a közegészségügy területén, valamint a zöldfelületek és az épített környezet állapotában jelentkező hatások összeadódnak.

#### A HAZAI FELADATOK

##### *A hazai tevékenységek és a nemzetközi együttműködésben való részvétel erősítése*

Az 1990-es évek jelentős gazdasági, ipari szerkezeti változásai komolyan hozzájárultak az üvegházhatású gázok hazai kibocsátásának csökkentéséhez, ez a csökkenő tendencia azonban az elmúlt években megállt. Gyorsan és jelentős mértékben csökkenthető az éghajlatváltozás elleni cselekvés és az alkalmazkodás költsége, ha létrejön egy átfogó globális megállapodás és végrehajtási program az üvegházhatású gázkibocsátások csökkentésére. Egy ilyen program nagymértékben meghatározza a hazai feladatokat is. Az éghajlatváltozás, kibocsátás-csökkentés és a változásokhoz való alkalmazkodás terén még számos tudományosan nem kellő mértékben feltárt kérdés van, amelyek komoly kihívás elé állítják a tudomány képviselőit. E feladatok egyrészt sok tudományág számára jelentenek komoly feladatot, másrészt a problémakör összetettsége elengedhetetlenné teszi a sokoldalú interdiszciplináris együttműködést. Eddig is sok nemzetközi kutatási projekt szerveződött, s várhatóan a jövőben ez még fokozódni fog. Magyarországnak aktív szerepet kell vállalnia ezekben a kutatásokban.

Az éghajlatváltozással kapcsolatban meglévő tudományos bizonytalanságok csökkentése, a változást kiváltó illetve befolyásoló további okok és tényezők feltárása kulcsfontosságú feladat, de már elegendő ismerettel rendelkezünk ahhoz, hogy határozottabb lépéseket tegyünk mind a kibocsátás-csökkentés, mind a változásokra való felkészülés, az alkalmazkodás terén. Hazánkra is érvényes az a nemzetközi vizsgálati következtetés, miszerint az éghajlatváltozással kapcsolatos határozott korai cselekvés haszna nagyobb, mint a költsége. Emellett minden beavatkozás hatása csak rövidebb-hosszabb idő múlva jelentkezik, és az éghajlatváltozás túl gyorsan halad ahhoz, hogy lényeges teendőket későbbre halasszunk.

A megfelelő programok – a takarékosabb és hatékonyabb energiafogyasztás és termelés, az adaptáció esetén a térségi, települési szintű, az éghajlatváltozással kapcsolatos programok stb. – más vonatkozásban is pozitív társadalmi-gazdasági és környezeti hatással lehetnek. Egyaránt lényeges e területen az állam, az önkormányzatok, a vállalkozások és társadalmi szervezetek közreműködése. A kutatás-fejlesztési programok elősegítése, az oktatásban és képzésben a klímatudatosság erősítését biztosító programok mielőbbi beindítása fontos feladat. Általában is fontos az éghajlatváltozással kapcsolatos szempontok, teendők integrálása (közpolitikákba, üzleti tervekbe stb.), az erre vonatkozó módszertan fejlesztése. A hazai tevékenységek egyúttal lehetővé teszik a nemzetközi együttműködésből adódó lehetőségek jobb kihasználását is.

##### *Az éghajlattal kapcsolatos megfigyelések és az éghajlati rendszer tudományos vizsgálata*

Az éghajlattal összefüggő folyamatok nyomon követése és értékelése megköveteli a

globálisan összehangolt, megbízható mérőrendszerek fejlesztését és működtetését. Az így megszerzett ismeretekre épülhetnek az éghajlati modellek. A nemzetközi megfigyelési programokban az érintett magyar intézmények hosszú ideje részt vesznek. Az üvegházhatású gázokkal kapcsolatos hazai megfigyelések és kutatások terén jelentős volt az előrelépés: az elmúlt években kiépült Magyarországon az egyik legbővebb mérési programmal rendelkező európai megfigyelőállomás. A magyarországi természetes és antropogén üvegházgáz-forgalom pontosabb feltárása érdekében lényeges megvizsgálni a főbb hazai ökológiai rendszerek üvegházgáz-forgalmát, éghajlat-érzékenységét, valamint az éghajlatváltozás hatására a felépítésükben és működésükben bekövetkező várható változásokat.

A kibocsátások értékelésével összefüggő fontos feladat az ország kibocsátási forrásairól és nyelőiről az átfogó nyilvántartás rendszeres elkészítése a nemzetközi szinten előírt módszertan alkalmazásával. Ez a nyilvántartás elengedhetetlen eszköz többek között a kibocsátás-csökkentési lehetőségeket megalapozó kutatásokhoz és a megfelelő kibocsátás-csökkentési intézkedések kidolgozásához.

A világ különböző kutatási központjaiban fejlesztették ki azokat a globális légköri cirkulációs és óceáni modelleket, melyekkel az egész Földre készülnek modellszimulációk, a további vizsgálatok alapjául szolgáló – a várható éghajlatváltozás jellegét, mértékét bemutató – jövőképek. A nemzeti, illetve regionális modellek, kutatások is ezekre támaszkodnak. A legszélesebb körű – a világ több ezer kutatójának együttműködésére alapozott – nemzetközi összefogás az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület öt-hat évente kiadott *Értékelő Jelentésének* előkészületi munkái során valósul meg. A Kárpát-medence térségé-

re rendelkezésre álló modellbecslések nem pótolják a XXI. század egészére kiterjedő finomabb térbeli felbontású regionális dinamikus modellek alapján végzett éghajlatelemzést. A regionális éghajlati jövő becslése, értékelése elsődlegesen a hazai éghajlatkutató közösség feladata. Ez fontos a mező- és erdőgazdaság, a vízgazdálkodás, az ipar, a közlekedés, a katasztrófavédelem és más szakterületek számára a hatások becslése és a felkészülés érdekében.

#### *A kibocsátás-csökkentési szakpolitikákkal kapcsolatos feladatok és együttműködés*

Nemzetközi téren az első lépést az 1992. évi ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény elfogadása jelentette. Az 1997-ben született, de érvénybe csak 2005-ben lépett *Kiotói Jegyzőkönyv* a fejlett és átmeneti gazdaságú országokat kötelezi arra, hogy kibocsátásukat kis mértékben csökkentsék 2012-ig. Hazánk tevékenyen részt vett a nemzetközi klímapolitikai együttműködésben már az ENSZ-egyezmény és a *Kiotói Jegyzőkönyv* tárgyalásain. A jelen szakaszban EU-tagállamként működünk közre az EU nemzetközi tárgyalási pozícióinak kialakításában és annak képviseletében különböző nemzetközi fórumokon.

A kibocsátás globális szintű jelentős csökkentésére van szükség, amihez az eddigieknél sokkal hatékonyabb kibocsátás-szabályozást célzó nemzetközi és nemzeti keretekben megvalósítható szakpolitikák – azaz átfogó klímapolitika – elfogadása és alkalmazása szükséges. A fő célkitűzés az üvegházhatású gázok légköri koncentráció-növekedésének megállítása olyan szinten és olyan időhatáron belül, hogy elkerülhető legyen a már várhatóan rendkívül veszélyes hatásokkal járó mértékű éghajlatváltozás. Ennek érdekében új globális, átfogó nemzetközi megállapodásra van

szükség, amely magában foglalja majd mind a fejlett államok további kibocsátás-csökkentési kötelezettség-vállalásait, mind a gyors gazdasági növekedésű fejlődő államok kibocsátás-mérséklési intézkedéseit. A tárgyalások jelenleg is folynak azzal a céllal, hogy 2009 végén elfogadható legyen az új megállapodás. Magyarország is különösen érdekelt egy új, hatékony nemzetközi megállapodás kidolgozásában és végrehajtásában.

Az Európai Közösség a nemzetközi klímapolitika és a nemzetközi tárgyalások aktív alakítója már az 1990-es évek eleje óta. Az EU állam- és kormányfői 2007 márciusában úgy foglaltak állást, hogy az EU kész 30 %-os kibocsátás-csökkentésre 2020-ra 1990-hez képest, ha ezt más fejlett államok is vállalják, és a gyors gazdasági növekedésű fejlődő államok is részt vesznek a kibocsátás globális szintű mérséklésében. Az EU egyoldalúan vállalja a kibocsátás legalább 20 %-os csökkentését addig is, ameddig nem kerül sor az új nemzetközi megállapodás elfogadására. Az újabb vállalásokra való felkészülés jegyében az EU elfogadott egy sokoldalú klíma-energia csomagot.

Hazánkban is alapvető célkitűzés az üvegházhatású gázok hazai kibocsátásának szabályozása, klímabarát – illetve a szó tág értelmében környezetbarát – fenntartható fejlődési pálya megvalósítása. A nemzetközi elvárásokkal, az EU célkitűzésekkel is összhangban feladatunk a kibocsátás csökkentésében való részvételünk, beleértve az erre irányuló nemzetközi megállapodások és EU programok, szabályozások végrehajtását, a korábbiaknál hatékonyabb programok, jogi és ösztönző eszközök kidolgozását, alkalmazását, s mindezek megfelelő tudományos megalapozását. Kiemelkedő jelentőségű, hogy e téren milyen irányú változások történnek hazánkban is az energiagazdálkodás, a közlekedés, a kibocsá-

tásban leginkább érintett ipari ágazatok, a mezőgazdaság vagy az erdőgazdálkodás vonatkozásában. A szén-dioxid-kibocsátást részben ellensúlyozhatja a légkörből való kikerülés elősegítése, s ezért fontos feladat a szén-dioxid – elsősorban erdők általi – elnyelésének fenntartása és növelése is, de ebben az esetben is számításba véve az életciklus-elemzések átfogó eredményeit. A fő cselekvési irányokat átfogó keretbe foglalta az éghajlatváltozással foglalkozó, 2008-ban elfogadott nemzeti stratégia. Ennek végrehajtását s a további hazai feladatokat is nagymértékben meghatározza az EU klíma-energia csomagja, amely a klímavédelmi célkitűzések integrálását igényli többek között az energiagazdálkodási, a közlekedési és a mezőgazdasági politikákba.

A kibocsátás mérséklését alapvetően hazai, európai közösségi keretekben valósítjuk meg, a költség-hatékonyság elvének figyelembe vételével, és egyúttal úgy, hogy az ebben a vonatkozásban is fenntartható termelésre és fogyasztásra való áttérés segítse a társadalmi-gazdasági fejlődési, versenyképességi célok megvalósulását. Tehát e vonatkozásban is nemcsak, hogy elengedhetetlen a gazdasági növekedés szétválasztása a környezet további terhelésétől, hanem ezen a követelményen túlmenően már e terhelés jelentős csökkentésére van szükség. Számos olyan terület van, ahol gazdaságilag is kifejezetten előnyösen lehet megvalósítani olyan változásokat, illetve fejlesztéseket, amelyek hozzájárulnak a kibocsátás mérsékléséhez; ilyen terület többek között a lakóépületek, középületek energiafelhasználásának mérséklése, a háztartásokban használt különböző készülékek energiafogyasztással kapcsolatos címkézése, a közlekedés. Célszerű elemezni a gazdasági eszközök (adók, ösztönzők), fejlesztési források klímapolitikai alkalmazásának lehetőségeit is. A

kibocsátás-csökkentésben fontos szerepük van a központi állami intézmények mellett az önkormányzatoknak, vállalkozásoknak, különböző társadalmi csoportoknak, érdekképviseleti szervezeteknek és a lakosságnak is.

*Feladatok az éghajlatváltozás hatásaira való felkészülés, az alkalmazkodás terén*

Térségünk nagymértékben érzékeny az éghajlati feltételek változékonyságára, a globális éghajlatváltozás hatásaira. A klíma-sérülékenység és az alkalmazkodás kérdései egyre nagyobb figyelmet kapnak az EU-programok között is. Szükséges a várható természeti és társadalmi-gazdasági következményekkel, valamint a változásokra való felkészüléssel összefüggő tudományos vizsgálatok folytatása, a hatásvizsgálatok – ezen belül az ágazati és regionális hatásokra vonatkozó vizsgálatok – további finomítása, illetve a részvétel az ezekkel foglalkozó nemzetközi és az EU-szintű kutatási és szakpolitikai programokban.

Az éghajlatváltozás a környezet, a gazdaság és a társadalom majd minden elemére hatással van. Számos sérülékeny terület van. Ilyenek többek között a természetes ökoszisztémák, a hidrológiai rendszerek, a mező- és erdőgazdaság, az egészségügy, az infrastruktúra. Az éghajlatváltozás veszélyeztetheti a társadalom egyes csoportjainak biztonságát és egészségét – katasztrófahelyzeteken, élelmezési és közegészségi, illetve népegészségi problémákon keresztül –, ami társadalmi konfliktusok forrása lehet. Néhány területen a változások kedvező hatásokkal is járhatnak (például a növénytermesztésben a szén-dioxid növekvő koncentrációjának hatása). Ahhoz, hogy a sérülékenységet csökkenteni lehessen, illetve az előnyöket ki lehessen használni, elengedhetetlen a folyamatok feltárása és összehangolt cselekvési tervek kidolgozása.

Az alkalmazkodás terén is nemzetközi összefogásra van szükség. A Kárpát-medencében az éghajlatváltozás hatásai ellen való védekezés számos területen (hidrológia, biológiai sokféleség stb.) csak közösen látható el kellő hatékonysággal. További átfogó és ágazati vonatkozású, az eddigieknél részletesebb és pontosabb hatásvizsgálatokra van szükség, beleértve a módszertani fejlesztéseket, valamint a hatások kezelésének módjait is. Az éghajlatváltozás hatásaira való felkészülés kapcsán jelentős kutatási feladat az alkalmazkodás lehetőségeinek feltárása (a múltban eredményesen alkalmazott eljárások számbavétele, az alkalmazkodási eljárások korlátainak, költségeinek felmérése stb.).

Az alkalmazkodási képességek erősítésében eltérő megoldások és támogatási formák lehetnek a leghatékonyabbak a különböző térségek, önkormányzatok, lakossági csoportok számára. Fontos az éghajlatváltozás hatásainak számításba vétele az érintett ágazati, fejlesztési programokban, a helyi cselekvési programok, területfejlesztési tervek kapcsán, sőt már a megfelelő szabványokban (építési szabványokban) vagy pl. a biztosítási rendszerekben is. Kiemelkedő jelentőségű a hatások és a hatásokra való felkészülés kapcsán is a klímatudatosság fejlesztése mindenekelőtt az oktatás és tájékoztatás eszközeivel. A változásokra való felkészülés és az alkalmazkodás széleskörű társadalmi összefogással valósítható meg. Ennek feltétele a folyamatok, hatások, védekezés és alkalmazkodás lehetőségeinek megismertetése, a lakosság bevonása a cselekvési programokba. Széleskörű felvilágosító munkára, szemléletváltásra van szükség.

Kulcsszavak: *éghajlat, időjárás, klímaváltozás, üvegházhatású gázok, CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkentés, alkalmazkodás, klímatudatosság*

## Megemlékezés

2009. augusztus 10-én elhunyt Kálmán Erika vegyész-mérnök, a kémiai tudományok doktora, Széchenyi-díjas. Egy ideje tudtunk súlyos betegségéről, ami a gyógyítástudomány számára jelenleg még megoldhatatlan feladatot jelent, az elkerülhetetlen bekövetkezése mégis megdöbbentő, sokkoló hatású volt. Hiszen nem volt régen, amikor Erika még maga volt az élet; tele dinamizmussal, energiával, tettekkészséggel.



**KÁLMÁN ERIKA**

1942–2009

Mintegy másfél évig tartott a hősies küzdelem a kórral. 2008. március 15-én, amikor a Parlamentben átvette a Széchenyi-díjat, már beteg volt. Mégis, ezután két héttel nagy lendülettel szervezte és elnökölte végig a *First International Conference on Functional Nano-coatings* című, általa kezdeményezett nemzetközi konferenciasorozat első rendezvényét.

Kálmán Erika eredményes kutató, kiváló szervező, jelentős iskolateremtő és nagyszerű ember volt.

Vegyésmérnöki szakdolgozatát 1967-ben, kandidátusi disszertációját 1970-ben védte meg a Drezdai Műszaki Egyetem Vegyész-mérnöki Karán. Ezekben az években elektrolitoldatok szerkezetvizsgálatával foglalkozott. Ebben a témakörben közös dolgozata jelent meg Kurt Schwabe professzorral, a tudományterület akkori egyik vezető tudósával.

1971-ben hazatért, és azóta a Magyar Tudományos Akadémia kutatója. Itthon folytatta a Drezdában elkezdett vizes elektrolitoldatok kutatását. Az elektrondiffrakciós módszert elsőként alkalmazták (Lengyel Sándorral) a víz szerkezetének tanulmányozására, és ez az eredmény a *Nature*-ben jelent meg 1974-ben. A nyolcvanas évek közepétől, maradvány az elektrokémia területén, érdeklődése a

fém-/elektrolit oldatok határfelületének, és a vizes elektrolit oldatok korróziós inhibitorai hatásmechanizmusának vizsgálata felé fordult. Munkatársaival új korróziógátló anyagokat, diszpergálószerket valamint biocidokat tartalmazó vízkezelőszer-családot fejlesztettek ki, és szabadalmaztattak. Ezeket az anyagokat a 90-es években számos ipari létesítmény alkalmazta. A hatásmechanizmusokkal kapcsolatos eredményeket, a szabadalom mellett, publikálni is tudták. Jelentős eredményeket értek el a funkcionális nanoszerkezetű anyagok és felületmódosító módszerek (Langmuir–Blodgett-technika) kutatásában.

Az elvégzett kutatások közel háromszáz nemzetközi referált folyóiratban megjelent publikációt, mintegy tucat könyvet illetve könyvfejezetet, és harminchárom szabadalmat eredményeztek. A korrózió-inhibitorokkal kapcsolatos szabadalmak nemzetközi (IN-

CHEBA Aranyérem) és hazai díjakban részesültek.

Halála után néhány nappal jelent meg az általa részben szerkesztett és írt *Bevezetés a nanoszerkezetű anyagok világába* című, többszerzős könyv, mellyel korunk egyik fronttudományának egyetemi szintű oktatását kívánta segíteni. A könyv lapozgatása a szakemberek számára is haszonnal jár.

Kálmán Erika eredményeit nemzetközi szinten is ismerték és elismerték. Közel harminc alkalommal hívták nemzetközi konferencián meghívott vagy plenáris előadónak. Szinte minden elektrokémiával és korrózióval kapcsolatos magyar és nemzetközi szervezetnek tagja, tisztségviselője vagy vezetője volt. Például a Nemzetközi Elektrokémiai Társaságnak (ISE) alelnöke (1993–95), főtitkára (1996–99) és elnöke (2000–2002) is volt. Tíz nemzetközi és egy magyar folyóirat szerkesztőbizottságának volt a tagja.

Eredményeit számos hazai és nemzetközi díjjal is elismerték. Ezek közül megemlítem a Gábor Dénes-díjat (2007), az EFC (European Federation of Corrosion) Díjat (2007) és a Széchenyi-díjat (2008).

Irányító és szervezőképességének elismerése, hogy 1973-tól kutatócsoportot, 1996-tól tudományos osztályt vezetett, de emellett 1999–2006 között a Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézetet is irányította. 2007-től az MTA Kémiai Kutatóközpont Nanokémiai és Katalízis Intézetének igazgatója. Más hazai és nemzetközi intézetekkel, egyetemekkel, egymást hasznosan kiegészítő, eredményes együttműködések hozott létre, amelyek jelentős sikereket értek el hazai és nemzetközi pályázatokon egyaránt. Ezek között olyan témák is szerepeltek, melyek célja daganatterápia volt. Példaként említem a *Mágneses nanorészecskéket tartalmazó*

*liposzómák fejlesztése, vizsgálata biomedicinális, elsősorban lokalizált hipertermiás alkalmazásokra* című, hét tagból álló konzorciummal művelt pályázatot.

A sors kegyetlen játéka, hogy amíg Kálmán Erika a daganatos betegek gyógyítását célzó kutatást irányított, maga is ennek a kórnak lett áldozata.

Kálmán Erika nemcsak szervezője volt számos nemzetközi konferenciának, néhányat ő is kezdeményezett. Ilyen volt például a Nemzetközi Schwabe Korróziós Konferencia, amely 1993-ban indult, azóta ötször került megrendezésre, de ilyen a már említett Nemzetközi Funkcionális Nanobevonatok Konferenciája 2008-ban.

Egyetemi magántanárként a BME Vegyészmérnöki Karán öt tárgyat oktatott egyetemi és PhD-hallgatóknak. Előadásainak színvonalát jelezte, hogy azokat a veszprémi és miskolci egyetem PhD-hallgatói is látogatták. Oktatási tevékenysége segítette megalapozni és fenntartani iskolateremtő tevékenységét. Körülbelül húsz PhD-disszertáció és ~35 szakdolgozat témavezetője volt. Jó volt Kálmán Erika iskolájához tartozni, mert érdekes, fontos témákról, előmenetelről a témavezető fáradhatatlanul gondoskodott. Ő kezdeményezte 1998-ban, hogy a Kémiai Kutatóközpont PhD hallgatói és témavezetőik minden évben, az ország valamelyik szép környezetében, három napra összejöjjenek, hogy kutatási eredményeiket megvitassák, és azok hatásos előadását gyakorolják. Ezeknek a népszerű összejöveteleknek a beceneve: Doki Suli. Igen kiterjedt nemzetközi kapcsolatait felhasználta arra is, hogy a körülötte dolgozó fiatalok is bekapcsolódjanak a kutatás nemzetközi vérkeringésébe.

Kálmán Erika egyik alapvető emberi tulajdonsága volt a fáradhatatlan segítőkészség.

Mindenkinek igyekezett segítséget, támogatást nyújtani, akiről megtudta, hogy erre szüksége van. Különösen tanítványainak sorát egyengette fáradhatatlanul. Amikor egy fiatal, szüleit korán elvesztett munkatársának pszichológiai problémái lettek, Erika családi otthonukba hívta a fiatal embert, aki egy ideig családtagként náluk is lakott. Népszerűségét jelezte, hogy fiatal munkatársai szá-

mára sem professzorasszony volt, hanem egyszerűen *ERIKA*.

Három évvel ezelőtt mint levelező tagságra jelölt kutató rövid életrajza megjelent a *Magyar Tudományban*. Ez sajnos idén már nem ismétlődhet meg. Kollégái kiemelkedően gazdag életművet létrehozó, példaképpül szolgáló vezetőt vesztek el korai halálával.

Vértes Attila  
az MTA rendes tagja



„A nyári szél fájdalmas hírt vitt tova szárnyain; geográfusok, földrajztanárok, egykori és jelenlegi tanítványok szerte e hazában, rokontudományok művelői, búcsúzzatok!” E szavakkal kezdjük fájdalmas megemlékezésünket, melyekkel közel fél évszázada búcsúztatta mesterét, Bulla Béla akadémikust az akkor 33 éves Marosi Sándor. Ez év július 5-én, néhány héttel 80. születésnapja és hosszan tartó, nagy



**MAROSI SÁNDOR**

1929–2009

önfegyelemmel viselt betegsége után Marosi Sándor, az MTA rendes tagja, a *Földrajztudományi Kutatóintézet* (FKI) valóságos megszermélyesítője, a honi természetföldrajz egyik legsokoldalúbb egyénisége, a Somogy, a Mezőföld, a Balaton és a Duna–Tisza köze nagy természetbúvárja rendkívül gazdag, tudományos munkásságban, tartalmas és emberségben példamutató, hosszú élet után csöndben elment közülünk. A magyar tudományos élet megint elvesztett egy kiváló földrajztudóst.

Marosi Sándor egy soltvadkertesi család hetedik gyermekeként látta meg a napvilágot, majd a kiskunhalasi érettségi után 1947 és 1951 között a Pázmány Péter Tudományegyetem földrajz-történelem szakán végezte felsőfokú tanulmányait. Már egyetemi hallgató korában megnyilvánuló tehetségének köszönhetően 1951-ben alapító tagja lett a mai Földrajztudományi Kutatóintézetnek (1952-ig Földrajzi Könyv- és Térképtárnak, 1967-ig Kutatócsoportnak), melynek, mint első és utolsó munkahelyének nyugdíjazásáig, de valójában haláláig munkatársa maradt.

Szinte nincs a természetföldrajznak olyan ágazata, amelyben kiváló munkatársaival (főként Ádám Lászlóval, Góczán Lászlóval,

Pécsi Mártonnal, Somogyi Sándorral, Szilárd Jenővel) együtt ne alkotott volna maradandót. Több száz tudományos mű közül – amelyeket mély tárgyi tudás és világismeret hatott át – kiemelkednek azok, melyek a Mezőföld természeti földrajzával, a magyar természetföldrajz időszerű kérdéseivel, a táj kutatási irányzatokkal és a tájértékeléssel, a Belső-Somogy felszínalaktanával, a domborzat-

nak a gazdálkodásra és a településre gyakorolt hatásaival és a Balatonnal kapcsolatosak, melyek a honi geográfusok, geológusok és a rokontudományok művelőinek legismertebb, legtöbbet idézett alapműveivé váltak. A kezdetben felszínalaktani, 1965-ben kandidátusi disszertációban is összefoglalt kutatásai később komplex táj földrajzi, táj- és agroökológiai jellegűvé váltak. Ezen jelentős mértékben alkalmazott kutatási eredményeit 1980-ban gyűjtötte csokorba és védte meg a *Táj kutatási irányzatok, tájértékelés, tájtípusológiai eredmények különböző nagyságú és adottságú hazai típus területeken* című akadémiai doktori értekezés formájában.

E nagyívű, fáradhatatlan kutatómunka szerterágazó és tartalmas szerkesztői, tudományszervezői-irányítói, tudománynepszerűsítő, és szakmai, közéleti tevékenységgel egészült ki. Alaposságának, anyanyelvünkhöz fűződő mélyeséges alázatának, szeretetének, lenyűgöző tehetségének köszönhetően ő lett az FKI Koch Ferenc igazgató-főszerkesztő által alapított folyóiratának, a *Földrajzi Értesítőnek* (mai nevén *Hungarian Geographical Bulletin*) első szerkesztője, majd 1973 és 2001 között főszerkesztője. Ilyen jellegű tevékeny-

ségét dicséri még az FKI *Földrajzi tanulmányok, Magyarország táj földrajza* sorozatának tagjai mellett számos szakkönyv, atlasz is, melyek közül az 1989-ben megjelent *Magyarország nemzeti atlasza* és az 1990-ben megszületett, szívéhez talán legközelebb álló, Somogyi Sándorral közösen gondozott *Magyarország kistájainak katasztere* emelkedik ki.

Tudományszervezői-irányító feladatköre elsősorban intézetéhez és az MTA-hoz kötődött: például tudományos titkár (1968–1972), igazgatóhelyettes (1973–1993) az FKI-ban, az MTA Földrajzi Tudományos Bizottságának tagja, titkára, alelnöke, majd több ciklusban elnöke (1966-tól), az MTA Doktori tanács földrajzi és meteorológiai szakbizottságának elnöke (1984–1995), az Akadémiai Kutatóhelyek Tanácsának tagja.

Szakmai közéleti tevékenysége elsősorban a *Magyar Földrajzi Társasághoz* (MFT) kötődött, melynek 1952. évi újjáalapításától tagja, később választmányi tagja, 1993 és 2001 között elnöke volt. Az MFT a *Földrajzi Közlemények* szerkesztőbizottságában végzett munkáját, ragyogó szakmai előadásait, a társasági tanártovábbképzésben való aktív szerepét 1970-ben a *Szocialista földrajzért* oklevéllel, 1982-ben *Lóczy Lajos-éremmel*, 1989-ben *tiszteleti tagsággal*, 2003 *tiszteletbeli elnöki* címmel ismerte el.

Több mint fél évszázados szakmai tevékenysége során a magyar természetföldrajz, főként geomorfológia és táj kutatás egyik „nagyköveteként” külföldi tudományos rendezvények gyakori előadója volt, aminek eredményeként számos nemzetközi társaság, egyesület, bizottság, munkacsoport választotta tagjává (például Nemzetközi Földrajzi Unió/IGU, Kárpát-Balkán Geomorfológiai Bizottság, INQUA Löszbizottság, Geomorfológusok Nemzetközi Szövetsége/IAG, Nemzetközi Tájökológiai Szövetség/IALE).

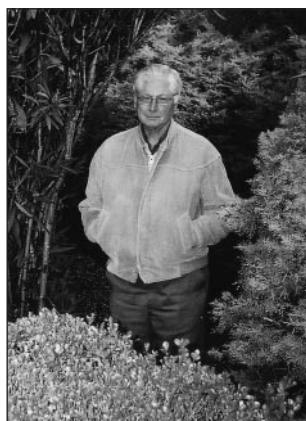
Ilyen nagyívű, lenyűgöző eredményességű szakmai pályafutás állami és akadémiai szintű elismerése sem váratott sokáig magára. 1990-ben megosztott Széchenyi-díjban, 1991-ben megosztott Akadémiai Díjban részesült, 1995-ben az MTA levelező, 2001-ben rendes tagjává választották. 1996-ban megtartott, a földrajzi táj kutatások összetettségéről és alkalmazhatóságáról szóló akadémiai szélfoglaló előadása révén vált az MTA X. (Földtudományok) Osztályának tagjává.

Nagy teljesítőképességű, leplezett érzékenységű, önzetlen geográfus volt. Nem volt a külsőségek embere. Kutatómunkájában a csendben dolgozó tudóst képviselte. A hírnevet és a médiát kerülte. A tényleges hatalom gyakorlásától mindig tartózkodott. Tudományos pályája közepétől több évtizedes igazgatóhelyettesi beosztás után a földrajztudomány szürke eminenciásként tartották számon. Mértéktartó, egyensúlyteremtő, az emberi értékeket mindig előtérbe helyező, munkatársai botlásait megbocsátó, békességtartó és -teremtő ember volt. Nevét hallva a pályatársaknak főként a hűség jutott eszébe, amely élete során az egyetlen munkahelyéhez, az FKI-hoz, a földrajztudományhoz és a családjához való hűséget jelentette. Szerettük benne a puritán, segítőkész, nyílt szívű embert, családfőt és tiszteltük benne az alkotó tudóst.

Munkájára emlékeznek a balatoni turzások, a kataszterbe vett patakok és források, a kitaposott ösvények és utak, hön szeretett hazájának majd minden szeglete. Volt munkatársai, a magyar földrajzos társadalom képviselői, az MTA, különösen a Földtudományi Osztály tagjai kegyelettel őrzik puritán, tudós életművét, szeretetét, barátságát s mindazt, amit örökbe ránk hagytok.

*Kocsis Károly*  
az MTA doktora

Június 3-án, 78 éves korában Palo Altóban meghalt Moravcsik Gyula (Márton Emil), az Akadémia tiszteleti tagja. Julius – magyar barátai és tisztelői is így hívták – tizenhét éves korában hagyta el Magyarországot, huszonkét éves korában szerzett doktorátust filozófiából a Harvard Egyetemen. Doktorátusának megszerzése után egy évig a philadelphiai Drexel Intézet (ma: Drexel Egyetem) professzora. 1968-ban került a Stanfordi



**JULIUS MORAVCSIK**

1931–2009

Egyetemre, ahol 2007-ben bekövetkezett nyugdíjazásáig az egyetem Filozófia Tanszékének meghatározó egyénisége volt. Fő érdeklődési területe a görög filozófia, elsősorban Platón és Arisztotelész volt (*Plato and Platonism*, 1992), de sokat foglalkozott általános filozófiával, ontológiával, elmefilozófiai és nyelvfilozófiai kérdésekkel is: a jelentés mibenlétének és a nyelv lényegének filozófiai megközelítésével. A nyelv problémája iránti érdeklődését főbb műveinek címe jelzi: *Understanding Language* (1975), *Thought and Language* (1990), *Meaning, Creativity, and the Partial Inscrutability of the Human Mind* (1998). Ezt az érdeklődést egyrészt az antik és modern nyelvek tanulmányozása során szerzett tapasztalatai ébresztették fel benne, másrészt az a szerencsés körülmény, hogy az ötvenes évek közepén harvardi diákként közvetlen kapcsolatba kerülhetett Willard Van Orman Quineal, aki már akkor is Amerika vezető filozófusa volt, és Noam Chomskyval, aki pedig kezdetén állt annak, hogy kibontakoztassa a nevéhez fűződő nyelvészeti forradalmat.

Moravcsik rendkívül eredeti elméletet dolgozott ki a nyelv természetéről, mely az

utóbbi fél évszázad uralkodó felfogásaitól célkitűzésében és átfogó jellegét tekintve jelentősen különbözik. Jelszava volt, hogy nem árt néha, ha az erdőt nézzük, s nem a fákat. Munkáiban ő is a gondolkodás és a nyelv szoros kapcsolatát hangsúlyozta, ami önmagában persze nem újdonság. Ám úgy vélte, s ebben a skolasztika nagy filozófusaihoz hasonlíthatjuk, hogy a részletkérdéseken túllépve a nyelv általános elméletét a gondol-

kodás általános elméletébe, utóbbit viszont egy általános ontológiába kell illeszteni. Anélkül, hogy állást foglalnánk végső ontológiai kérdésekben (milyen létezők vannak, s mi ezek természete), nem tudjuk megoldani sem a gondolkodás, sem a nyelv problémáját.

Filozófiai koncepciójának alapjául, már csak Platón-specialistaként is, a platonizmust választotta, de a platonista realizmus mellett szem előtt tartotta, s beépítette elméletébe a nominalista hagyományt is, kimutatva, hogy ezek számos esetben nincsenek egymással ellentétben. Kettősségük a nyelv kutatásának legkülönbözőbb területein érvényesíthető. Az ontológia fő kérdéseiben mindenesetre a realizmus mellett kötelezte el magát. Realista volt az univerzálék kérdésében, leszögezve, hogy „az univerzálék és a partikulárek egyaránt fundamentális ontológiai kategóriák”. Realista volt a modalitások, valamint az univerzálékra és a partikulárekre egyaránt vonatkoztatható individuációs elvek tekintetében is. Végül pedig az eseményeket ugyanolyan alapvető ontológiai kategóriának tartotta, mint az anyagi tárgyakat. Egyébként az eseményekre vonatkozó koncepciója az

egyik olyan pont, ahol a legmeggyőzőbben tudja az ontológiát, a gondolkodást és a nyelvet összekapcsolni.

A gondolkodásról alkotott elméletét „tárgyi elméletnek” (*Objectual Theory*) nevezi, arra az intuíción támaszkodva, hogy egy gondolatot csak tárgyára vonatkozóan lehet azonosítani. Így a gondolkodáshoz és a megismeréshez is a realizmus szellemében közeledik. Nagy gondot fordít azonban arra, hogy megmutassa: a realizmus nem jelent naturalizmust. Az elme uralkodó naturalista felfogásával ellentétben tehát szigorúan antinaturalista álláspontot foglal el. Egyben elveti a pragmatikus felfogást is, mely a gondolkodás fő funkcióját a cselekvés orientálásában látja. Ezért szilárdan tartja magát ahhoz a chomskyánus elvhez, hogy a nyelv funkciója nem más, mint a gondolkodás artikulálása.

Nyelvelméletének központi része annak magyarázata, hogy mi a deskriptív szavak jelentése, kiindulópontja pedig az az antropológiai tétel, hogy az emberek „magyarázatkereső lények” (*explanation seeking creatures*), aminek tükröződnie kell a szemantikai struktúrában. Ebből vezeti le, hogy a magyarázatok kidolgozása során „magyarázó fogalmakat” (*explanatory concepts*) alkotunk, melyek a deskriptív szavak potenciális jelentései. Jelentélméletét, melyet „a jelentés lexikális elméletének” nevez, a fregei-carnapi, ill. a kriplei modellhez méri, de mindkettőtől radikálisan elhatárolja magát. Fenntartja viszont a tételt, hogy a jelentés meghatározza a referenciát.

Szigorúan nyelvtudományi szempontból leghatásosabb munkája a szójelentés mibenlétére vonatkozik. A szójelentés a legáltalánosabban az  $R(m, s, f, a)$  formulával ábrázolható, ahol  $m$  a szó szemantikai osztálya (pl.: elvont főnév, anyagnév, tulajdonnév),  $s$  az a

tulajdonság, amely a szót az azonos osztályba tartozó többi szótól megkülönbözteti (például ha  $m$  az absztrakt dolgok osztálya, a 'szám' is ennek az osztálynak az eleme,  $s$  ebben az esetben meghatározza, hogy miben különbözik a 'szám' például a 'halmaz'-tól), az  $f$  elem a funkciót jelöli (persze amennyiben a funkció szóba kerülhet, az *egyetem*, *parlament*, *rendőrség* szó esetében például ez a helyzet), végül az  $a$  az ágens, a cselekvő jele (amely ismét nem szükséges része minden szójelentésnek, jelen kell viszont lennie a cselekvést jelölő igék, például az *olvas*, *ír* esetében). Az  $R$  reláció kapcsolja össze a jelentés összetevőit. Moravcsik elméletén alapul a szemantika generatív voltát hangsúlyozó, James Pustejovsky és kollégái által művelt szójelentéstan.

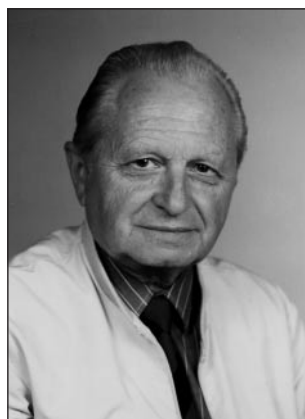
Moravcsik egész munkásságára jellemző, hogy a nyelv, a gondolkodás és a valóság bonyolult viszonyairól új és sokszor provokatív megállapításokat tesz, amelyek természeténél fogva hatnak a filozófiára és a nyelvtudományra egyaránt.

Magyarországi kapcsolatai sohasem szűntek meg, a rokoni szálak mellett a hetvenes évektől egyre erősödtek szakmai-baráti kapcsolatai is. Bár nem volt nyelvész, a generatív nyelvészetet tekintette a kor vezető paradigmájának (Chomskyhoz személyes barátság fűzte, amihez szakmai-tudományos szempontból hozzá kell tennünk, hogy Chomsky számos esetben nagy elismeréssel szólt munkáiról). Sokat köszönhet neki a fiatalabb magyar nyelvészgeneráció, akiknek amerikai kapcsolatait egyengette. Julius sajátos akcentusa ellenére szívében, lelkében magyar maradt, érzelmi kötődéseit itthoni ifjúkori elménei határozták meg.

*Kiefer Ferenc*  
az MTA rendes tagja

*Kelemen János*  
az MTA levelező tagja

Súlyos vesztés érte a hazai agrárkutatást és felsőoktatást: rövid betegség után életének 81. évében, 2009. február 17-én, váratlanul elhunyt Sáringer Gyula akadémikus, a Pannon Egyetem Georgikon Karának emeritus professzora, számos hazai és külföldi tudományos társaság tagja. Életútját 20. századi történelmünk emberpróbáló eseményei és torz ideológiai méltánytalanul rögzössé tették.



SÁRINGER GYULA

1928–2009

A Zala megyei Magyar-szerdahelyen 1928. december 2-án született ötödik generációs pedagógus családban, de a Somogy megyei Nagybjomban nőtt fel, ahová édesapját 1929-ben katolikus kántortanítónak hívták meg. Minthogy a kántortanítóknak javadalmi föld járt, a gyerekek a gazdálkodás mindennapjaiban részt véve nőttek fel. Sáringer Gyula a szülői házból így kettős elkötelezettséget hozott magával: élete végéig rendületlenül megtartott hitét és a mezőgazdasághoz való vonzódását. Szellemi fejlődésében döntő szerepet játszott a kitért pedagógusairól híres kaposvári Somssich Pál Állami Gimnázium. Itt érettségizett 1947-ben. Gimnáziumi éveibe azonban beleszólt a világháború: 1944. október végén a nyilasok a tizenhat és negyvennyolc év közötti férfiakat, statárium terhe mellett behívták, majd egy részüket átadták a német hadseregnek kiképzésre és bevetésre. Így került a tizenhat éves fiatal ember egy vasúti transzporttal Wiesbadenbe, majd a már porig bombázott Drezdába. Itt esett szovjet fogságba, de sikerült megszöknie, halálos veszélyek közepette csodával határos módon májusra hazajutnia, és folytatnia gimnáziumi tanulmányait.

Érettségi után az Agrártudományi Egyetem Budapesti Osztályára iratkozott be. A „fordulat éve” (1948) a felsőoktatás teljes politikai átalakítását jelentette. A hallgatók „átvilágításakor” csak azért nem zárták ki – bár „klerikális” mivoltát ismerték –, mert a bizottság kérdésére, hogy mivel szeretne foglalkozni, önkéntelenül a „micsurini biológiát” jelölte meg. Maninger Gusztáv Adolf professzor lelkes előadásainak hatására a rovarant választotta kutatási területéül. Professzora mindent elkövetett, hogy kiemelkedően tehetséges és szorgalmas tanítványa tanársegédként a tanszéken maradhasson, de ezt az egyetem személyzetise megakadályozta, mondván, hogy „nyugatos” nem oktathatja a fiatalokat. A kommunista érában ugyan is megbocsáthatatlan bűnnek számított, hogy a tizenhat éves gyerek, akit a nyilasok közvetítésével a német hadsereg hurcolt el, *nyugatról* tért haza! Végül Manninger professzor közbenjárására 1951. júliusában a Növényvédelmi Kutató Intézet Állattani Osztályára nevezték ki, itt talált szakmai és emberi menedéket.

A burgonyabogár gyors közép-európai terjedése miatt egy 1953-ban hozott KGST-határozat önálló burgonyabogár-kutató laboratóriumok felállítására kötelezte a szocialista államokat. Így jött létre a Növényvédelmi Kutató Intézet keszthelyi laboratóriuma, amely 1952-től 1977-ig működött. Sáringer Gyula tudományos munkásságának legjelentősebb eredményei ebben az időszakban születtek. Ezek birtokában szerezte meg 1957-ben a kandidátusi, 1973-ban a mezőgazdasági tudományok doktora fokozatot.

Kísérletes rovarant kutatásainak központi témája a rovarok nyugalmi állapota (diapauza) volt. A modellként választott húsz gazdaságilag fontos kártevő rovarfajon végzett kísérleteinek eredményeit az 50-es évek közepétől kezdve publikálta. Több rovarfaj esetében világszerte ismertette a nyugalmi állapot kiváltásában szerepet játszó környezeti tényezők: a fotoperiódus, a fény hullámhossza, a hőmérséklet, a táplálék minősége és a generációs szám jelentőségét. Megállapította, hogy az adott rovarfaj egyedfejlődésének melyik szakasza érzékeny a fotoperiódusra, és hogy ezt a hőmérséklet és egyéb környezeti tényezők hogyan befolyásolják. Kimutatta, hogy a táplálék minősége általában hatástalan a nyugalmi állapot kialakulásában. Az Institut national de la recherche agronomique ösztöndíjával, P. Jourdeuil professzor meghívására, 1964-ben egy évig dolgozott a Toulouse-i Tudományegyetem Biológiai Intézetében. Mintaszerű alaposan szerkesztett közleményeit mindmáig gyakran idézik világszerte. Kutatási eredményei nemcsak az alaptudományt gazdagították, hanem a kártevő populációk évről évre változó fejlődésmentének értelmezésével az integrált védekezési módszerek gyakorlati alkalmazását is segítették. Kísérletes rovarökológiai munkássága mellett a hazai kabócafauna taxonómiai feldolgozásában is részt vett: a tudományra és a magyar faunára új fajokat írt le. A Balatoni Intéző Bizottság 1976-ban felkérte a szűnyogkutatás megszervezésére. Az általa vezetett kutatócsoport rövidesen kidolgozta a szűnyogok ellen ma is használt biológiai védekezési módszert.

A keszthelyi laboratóriumban folyó, rendkívül sikeres tudományos munka, amely a 60-as években növénykórtani és rovarfiziológiai tematikával is bővült, több külföldi kutatót is vonzott, akik hosszabb-rövidebb

időre bekapcsolódtak az aktuális kutatási témákba. A hazai agrárkutatás nagy vesztéséig a laboratóriumot 1977-ben fel kellett számolni, ami Sáringer Gyula tudományos munkásságát derékba törte. Minthogy családi okokból nem tudott Budapestre költözni, hogy munkáját a Növényvédelmi Kutató Intézetben folytassa, a minisztérium a Keszthelyi Agrártudományi Egyetem Növényvédelmi Intézetébe helyezte át, ahol azonban laboratóriumok nem álltak rendelkezésére. Ezt a kényszerű kutatási szünetet úgy hasznosította, hogy Balás Gézával, a Kertészeti Egyetem Rovartani Tanszékének professzorával, háromévi megfeszített munka árán megírta az 1069 oldalas *Kertészeti kártevők* című könyvet (1982). A kötet azóta is mind az oktatás, mind a kertészeti gyakorlat nélkülözhetetlen kézikönyve.

Sáringer Gyula született pedagógus volt. Örök kár, hogy „nyugatos” volta miatt a népidemokráciában ezt a képességét nem kamatoztathatta a magyar ifjúság nevelésére. Még a 80-as években sem kapott tanszéket a keszthelyi egyetemen! Itt mindössze arra volt lehetősége, hogy sziszifuszi munkával korszerű rovarant laboratóriumot építsen ki, amelyben 1982 után külföldi és magyar aspiránsokat fogadhatott. Tanítványai sikeres tudományos karriert futottak be, és ma is hálával emlékeznek rendkívüli aspiráns-vezetőjükre, akiből a szilárd hiten alapuló szeretet és a viszonzást nem váró adniakaras sugárzott, és aki a szakmai ismeretekben, a kutatómunka fortélyaiba való bevezetésen túl, kivételesen széleskörű humán műveltségének átadásával is gazdagította őket.

A rendszerváltozás nagy fordulatot hozott Sáringer Gyula életébe: megszűnt másodrendű állampolgári státusa! 1990-ben az Akadémia levelező tagjává választotta; az Agrártu-

dományok Osztályának igen aktív tagja volt. A köztársasági elnök 1993-ban egyszerre adta neki az egyetemi tanári és a Pannon Agrártudományi Egyetem rektori kinevezését. Így hatvanöt éves korára a sors némileg kárpótolta a sok évtizedes mellőzésért, és ha csak rövid időre is, végre tanszékhez jutott, ahol számos PhD-hallgatót sikerült a tudomány és a mezőgazdasági gyakorlat számára kiképeznie.

Bár a nemzet sorsát érintő politikai kérdésekről mindig megvolt a határozott véleménye, politikával aktívan sohasem foglalkozott. Az 1998. évi országgyűlési választásokon sokak kérésének engedve, mégis vállalta a FIDESZ MPP programját, és a párt Zala megyei listájáról bekerült a Parlamentbe. Kevesen tudják, hogy a Parlament Oktatási és Tudományos Bizottságának elismert tagjaként döntő szerepet játszott az agrár-felsőoktatás érdekeinek megvédésében, továbbá, hogy vezető politikusokkal szembeszállva, rendkívül alaposan megindokolt véleményének elfogadtatásával megakadályozta az ágazati minisztériumok és az Akadémia kutatóintézetének az egyetemekhez való csatolását!

Írásaiban és előadásaiban sokszor hangsúlyozta, hogy érdeklődési körének két vonulata volt. Az egyik a növényvédelmi állattani kutatás, a másik a humán tudományokban, különösen a filozófiában, a teológiában és a művelődéstörténetben való elmélyülés. A tudást hordozó könyvet végtelenül nagyra becsülte, otthoni könyvtára mintegy hétezer kötetre rúgott. A magyar irodalmat is jól is-

merete, különösen Németh László munkássága állt hozzá közel. A filozófusok közül gyakran idézte Teilhard de Chardint. Az utóbbi években több alkalommal fejtette ki véleményét a világról, a létezésről. Legutolsó írásában (*Növényvédelem*. 2009. 5. 1, 42.) így vall:

„Nemrégem kérdezte tőlem valaki, hogy a bennünket körülvevő sok-sok technikai csoda mellett mégis miben látom az emberi társadalom jelenlegi baját. Legnagyobb bajnak azt tartom, hogy a mai ember nem látja, talán nem is akarja látni az 'egészet.' Mintha elveszítette volna a 'létezés szemléletét.' Márpedig, ha az egésznek, más szóval a létezésnek nem tulajdonítunk értelmet, akkor a mai napomnak sincs értelme.”

Befejezésül álljanak itt a debreceni egyetemi hallgatók előtt 2007-ben tartott előadásának záró gondolatai:

„...ma már világosan látom, hogy a viharos 20. század második felében, a magam felfogásához híven ragaszkodva, mi tette lehetővé, hogy változatlan nyugalommal végezhettem kutatómunkámat? Nem tudok mást mondani, mint, hogy már fiatalon magamévá tettem a János evangéliumban (14, 27) található jézusi búcsúbeszéd következő sorait: 'Békét hagyok rátok, az én békémet adom nektek. Nem úgy adom nektek, ahogy a világ adja. Ne nyugtalanodjatok és ne féljete.' Ez a jézusi béke minden körülménnyel szemben immunissá tett.”

*Jermy Tibor*  
az MTA rendes tagja

## Kitekintés

### PIROS A NYERŐ

A sportruházat színének a versenyeredményekre gyakorolt hatásáról közöl összeállítást a *New Scientist*. Meglepő módon az utóbbi években több, tudományos folyóiratokban megjelent tanulmány is arra a következtetésre jut, hogy a piros színnek különleges szerepe lehet.

2005-ben brit kutatók egy, a *Nature*-ben megjelent publikációban a 2004-es athéni olimpiai játékokon négy küzdősportban (ökölvívás, szabad- és kötöttfogású birkózás és taekwondo) született eredményeket elemezve már kimutatták a piros szín előnyét. Ezekben a sportágakban a versenyzők sorsolással eldöntve kék vagy piros szerelésben küzdöttek egymás ellen. A várható körülbelül 50–50 % helyett az olimpia összes meccsét tekintve a pirosak 55 %-ban, a szoros mérkőzéseket számolva 62 %-ban nyertek. A szerzők a piros szín evolúciós és kulturális okokból sportolókra gyakorolt pszichológiai hatásában (a piros sok esetben kapcsolatos az agresszióval, dominanciával) vélték megtalálni a magyarázatot. Ezzel szemben *Amikor a bíró vöröset lát...* címmel publikált cikkükben az Universität Münster sportpszichológia tanszékének kutatói azt állítják: a küzdősportokban a piros színben szereplők azért élveznek előnyt, mert a pontozóbírók nekik kedveznek.

A német kutatók videofelvételeket készítettek kék, illetve piros szerelésben lévő, hasonló erősségű versenyzők között zajló taekwondo-menetekről, és ezeket lepontoztatták

negyvenkét tapasztalt pontozóbíróval. Ezután az összes felvételen digitális technikával felcserélték a színeket, a kékből piros lett, a pirosból kék, és így is elvégeztették a pontozást. A meglepő eredmények szerint ugyanazok a versenyzők ugyanazokra a menetekre piros felszerelésben átlagosan 13 %-kal több pontot kaptak, mint mikor kékben voltak.

A kutatók szerint, a színeknek nincs hatásuk, amikor nagy különbség van a küzdő felek között, de szoros mérkőzések ezen is eldőlhetnek. Ezért a további vizsgálatok mellett a szabályok megváltoztatásának szükségességét is felvetik, ami jelentheti például a piros mezek és védőfelszerelések betiltását.

Elkan, Daniel: *Winners Wear Red: How Colour Twists Your Mind*. *New Scientist*. 2009. 2723, 42. <http://www.newscientist.com/article/mg20327232.400-winners-wear-red-how-colour-twists-your-mind.html?full=true>

Hill, Russell A. – Barton, Robert A.: *Psychology: Red Enhances Human Performance in Contests*. *Nature*. 2005, 435, 293.

Hagemann, Norbert – Strauss, B. – Leifling, J.: *When the Referee Sees Red...* *Psychological Science*. 2008. 19, 769–771.

### KÖZÖS NYELV

Két, a hangyászmadárfélék családjába tartozó Dél-Amerikában élő madárfaj hím egyedinek területvédő éneke oly mértékben megegyezik, hogy sem az emberi fül, sem a mű-



szerek nem képesek megkülönböztetni őket – állapították meg a University of Oxford ornitológusai. A két faj egyébként több mint hárommillió éve egymástól függetlenül fejlődik, külsejük is eltér, mitokondriális DNS-ük 6,8 százalékban különbözik, a közös nyelv a kutatók szerint majdnem olyan meglepő, mintha a csimpánzok és az emberek is használnák ugyanazokat a kifejezéseket.

Az azonos ének csak a területvédelemre vonatkozik, minden más – például az udvarláskor használt – különböző, amiből a kutatók arra következtettek, hogy a két faj feltehetően ugyanazokon a területeken élt, egymás mellett fejlődött, és a lakóhely megszerzéséért illetve megtartásáért folytatott harcnak kialakult egy közös nyelve.

Tobias, Joseph A. – Seddon, Nathalie: Signal Design and Perception in Hypocnemis Antbirds: Evidence for Convergent Evolution Via Social Selection. *Evolution*. 2009. doi: 10.1111/j.1558-5646.2009.00795.x

## ÚJ EREDMÉNYEK A LEVEGŐ OXIGÉNTARTALMÁNAK KIALAKULÁSÁRÓL

Az eddig ismert geokémiai adatok szerint a Föld légkörében az oxigén feldúsulása két lépcsőben történt, melyek közül az első körülbelül 2,45–2,2 milliárd évvel ezelőtt játszódott le. Ekkor a légkör és ezzel párhuzamosan a tengerek felszínhez közeli rétegeinek oxigéntartalma jelentősen, ugrásszerűen emelkedett. A második, jól elkülöníthető szakasz 800–542 millió éve lehetett, ennek során az óceánok mélyebb rétegeiben is megjelent az oxigén.

Dán, uruguayi és angol kutatók most megjelent cikkükben ismertették új módszerrel a tengeri üledékekben található krómizotópok eloszlásából határozták meg az egykori légkör oxigéntartalmát, és az adatokból a korábban felderített két dúsulási szakasz között történetekre is következtettek. Méréseik alapja, hogy a króm egyensúlyi oxidációs állapota függ az oxigén koncentrációjától. A különböző oxidációs állapotok közötti kémiai egyensúlyok és a különböző tömegszámú izotópok megoszlása alapján azt állapították meg, hogy az első nagy oxidációs szakasz némileg (legalább 200 millió évvel) korábban játszódott le az eddig becsültnél, majd ezt követően, a második dúsulási szakasz előtt, úgy 1,9 milliárd évvel ezelőtt a légkör oxigéntartalma újra csökkent, mégpedig a mai szint alig egy százalékára.

Lyons, Timothy – Reinhard, Chris: Chromium Isotopes Track Oxygen's Rise. *Nature*. 2009. 461, 250–253.

## A NŐK ÉS A MATEMATIKA

Tekintélyes mennyiségű adatot gyűjtöttek össze a világ minden részéről, és elemeztek amerikai kutatók annak a kérdésnek eldöntésére: mennyi igazság lehet abban a gyakran hallható vélekedésben, mely szerint a férfiaknak jobbak a matematikai adottságaik.

A *PNAS*-ben (*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*) megjelent cikkben három kérdéskört vizsgálnak meg: van-e a nemek között különbség a matematikai képességek tekintetében az átlagnépesség körében? Van-e különbség a nemek között az átlagosnál jobb matematikai érzékeléssel rendelkezők között? Vannak-e kiemelkedő matematikai talentummal rendelkező nők?

Megállapítják, hogy az átlagos matematikai teljesítőképességben nem tapasztalható különbség, napjainkban a lányok semmivel

sem maradnak le az egyes korosztályok standardizált matematikai tesztfeladatainak megoldásában. A kiemelkedő matematikai tehetségek között általában kétszer–négyeszer több fiú van, de ez a különbség csökkenőben van még a legmagasabb szinten, a Nemzetközi Matematikai Olimpia résztvevői körében is.

Összefüggést találtak ezen kívül az egyes országokban tapasztalható nemek közötti egyenjogúság mértéke és a női matematikusok aránya között. Mindezek alapján arra következtettek, hogy a nők eddigi mérsékeltebb teljesítménye a matematikai tudományok területén sokkal inkább szocio-kulturális tényezőkkel, mintsem öröklött biológiai különbségekkel magyarázható.

Hyde, Janet S. – Mertz, Janet E.: Gender, Culture, and Mathematics Performance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the US*. 2009. 106, 8801–8807. doi: 10.1073/pnas.0901265106

## GYORSAN REAGÁLÓ ÉRZÉKELŐK A SZEMBEN

Egy nemzetközi kutatócsoport a Svájcban dolgozó Roska Botond vezetésével olyan sejteket azonosított egerek szemének ideghártyájában, amelyek kizárólag a közeledő mozgásra reagálnak. E képesség evolúciós haszna, hogy az állat gyorsan felismerheti a ragadozókat, és elmenekülhet.

A felfedezést egyrészt az tette lehetővé, hogy a kutatók olyan genetikailag módosított állatokat hoztak létre, amelyekben a retina adott sejtjei (és csak ezek) zölden fluoreszkálnak. Roska Botond így fogalmaz: ez biztosította, hogy a retina sok-sok sejtje között mindig megtaláltuk az illető sejteket, és tudtunk csak tőlük kérdezni”. Az eredmény másik előzmé-

nye az volt, hogy a kutatók olyan műszert fejlesztettek ki, amelynek segítségével az állatból eltávolított és életben tartott retinának különböző irányú mozgásokat tartalmazó videofelvételeket „mutattak”, miközben a sejtekbe épített parányi elektródákról elvezették az elektromos jeleket. Ezen kísérletek során derült ki, hogy az adott sejtek sem a horizontális, sem a vertikális mozgásra nem reagálnak, csak a közeledőre.

Mivel olyan sejteket, amelyek a vízszintes, illetve a függőleges mozgásra reagálnak, már korábban azonosítottak a retinában, ez az új felismerés egyben azt is jelenti, hogy a kétdimenziós retina olyan feldolgozási rendszert alkalmaz, amely képessé teszi a harmadik dimenzió, azaz a mélység érzékelésére is. Cikkükben a kutatók matematikailag is modellezték ezt a folyamatot.

Roska Botond szerint felismerésük a hozzá tartozó matematikai modellel segíthet új látóberendezések, például robotrepülőgépek mozgásérzékelőinek fejlesztésében, illetve látássérült emberek látásjavítását szolgáló chippek innovációjában.

Münch, Thomas A. et al.: Approach Sensitivity in the Retina Processed by a Multifunctional Neural Circuit. *Nature Neuroscience*. doi:10.1038/nn.2389

## ÚJ STRATÉGIA BAKTÉRIUMOK ELLEN

Amerikai kutatók (New York School of Medicine) olyan eddig ismeretlen mechanizmust fedeztek fel, amely segíti a baktériumokat az antibiotikumok elleni rezisztencia kialakításában. Evgeny Nudler és munkatársai szerint felismerésük lehetőséget ad arra, hogy a már létező antibiotikumok kisebb dózisban is

hatékonyak legyenek a kórokozók szemben. A kutatók a *Science*-ben megjelent közleményükben leírják, hogy számos baktérium az ellenük bevetett gyógyszerek által kiváltott oxidatív stresszt nitrogén-monoxiddal (NO) csökkenti, de a nitrogén-monoxid segítheti az antibiotikumok lebontását is. Ha a baktériumoknak ezt a nitrogén-monoxidos védelmi rendszerét ártalmatlanítanánk, a gyógyszerek hatékonyabbak lennének, és kevesebb is elég lenne belőlük – mondják a kutatók. Gátolni kellene a baktériumnak azt az enzimet, az ún. NO-szintetáz, amely segíti a NO termelődését.

Hasonló enzim az emberben is létezik, hiszen a NO-nak az emberi szervezetben is számos funkciója van: szabályozza a vérnyomást, részt vesz a fertőzések és a daganatos sejtek elleni küzdelemben, az emésztési fo-

lyamatokban, szerepe van az erekcióban. Ma már a NO túlermelődése esetén a gyógyászatban alkalmaznak olyan szereket, amelyek az emberi nitrogén-monoxid-szintetáz működését gátolják.

A bakteriális rendszer blokkolásával hatékonyabban lehetne küzdeni például az anthrax, vagy a sokféle antibiotikumra rezisztens *Staphylococcus aureus* ellen – állítják a kutatók. És ehhez nem kellene új antibiotikumokat kifejleszteni, a régiek hatékonyságát lehetne növelni – nyilatkozta a tudományos sajtóban Nudler.

Gusarov, Ivan – Shatalin, K. – Starodubtseva, M. – Nudler, E.: Endogenous Nitric Oxide Protects Bacteria Against a Wide Spectrum of Antibiotics. *Science*. 2009. 325, 1380–1384. doi: 10.1126/science.1175439

Gimes Júlia



## Könyvszemle

### *Van-e Európának társadalomtörténete?*

A címben megfogalmazott kérdést Tomka Béla a szegedi egyetem oktatója, a legújabb kori magyar és európai gazdaság- és társadalomtörténet jól ismert kutatója próbálja meg körbejárni legújabb könyvében. A szerző az elmúlt egy évtizedben számos alapvető – a magyar történettudományban ritkaságszámba menő módon a komparatiztika elveit is alkalmazó – munkát publikált többek között a család, háztartás és a szociálpolitika történetének tárgyköréből. Legújabb munkája, amelyben Európa XX. századi társadalomtörténetének összefoglalására tett kísérletet, szervesen kapcsolódik utóbbi évekbeli munkásságához, mintegy szintézisét is adja annak.

Tomka Béla könyve minden kétséget kizáróan igen fontos, hiánypótló vállalkozás, hiszen magyar nyelven mindaddig nem készült olyan munka, amely a XX. századi európai társadalmi folyamatok történelmi elemzésére, áttekintésére és összefoglalására vállalkozott volna. Mindehhez hozzá kell tenni azt is, hogy a szerző tiszteletreméltó szerénységgel, szorgalommal és tudományos alázattal végezte el a feladatát, ennek a vég-eredményeként született meg ez az impozáns, közel 650 oldalas monográfiaként és egyetemi tankönyvként egyaránt jól használható, a legújabb tudományos eredményeket szintetizáló, elméleti és módszertani szempontból

egyaránt friss szemléletű kötet. Napjaink felsőoktatásában egyre nagyobb igény van az európai társadalomtörténeti kutatások eredményeit összefoglaló, értelmező munkára, hiszen tágítja a horizontot, ha a magyar társadalmi változásokat az európai összefüggések rendszerében lehet oktatni. A kutatásban pedig azért fontos ez a szó átvitt és valóságos értelmében egyaránt fajsúlyos könyv, mert viszonyítási és összehasonlítási lehetőséget teremt a társadalmi változásokat elemezni akaró kutatóknak. Öröndetes az is, hogy Tomka Béla kiemelt figyelmet szentelt a Kelet-Közép-Európai változásoknak, ami fontos tájékoztató-kiindulási pontot jelent (het) a regionális összehasonlító elemzésekhez.

Egy ilyen összefoglaló, szintetizáló könyv megírásához meglehetősen nagy szellemi bátorság, vállalkozókészség, igen széleskörű szakmai, irodalmi tájékozottság, magas fokú rendszerező készség szükséges. A könyv ismeretében leszögezhetjük, hogy Tomka Béla rendelkezik ezekkel a tulajdonságokkal. A megírás folyamatában ugyancsak alapvető fontosságú a koncepcionális kérdések végiggondolása. Hiszen többfajta megközelítési, elemzési és tárgyalási mód alkalmazására van lehetőség. Nyilvánvalóan lehetséges egy országalapú, regionális megközelítés, esettanulmányszerűen nemzetállami szintekre koncentrálni, témánkénti vagy fejezetenkénti összegzéssel, összehasonlítással. Szintén reális kiindulópontot jelent egy kontinentális, összehasonlító szemléletű megközelítés, amelynek

jegyében az egyes társadalmak fejlődését elemelve von le következtetést általános trendekre. S harmadik lehetőségként pedig tudományosan megalapozott egy olyan elemzés, ami a nemzeti fejlődés és a nemzetek feletti összehasonlító elemzés kombinációjára épül. Tomka Béla ez utóbbit választotta, vagyis rendszerezetten bemutatja a kontinens egyes nemzeti társadalmainak fejlődését, ezek jellegzetességeit, és tudatosan törekszik az összehasonlítására, a közös és az eltérő vonások, sajátosságok kiemelésére.

Egy ilyen méretű és jelentőségű tudományos vállalkozásnál ugyancsak alapvető jelentősége van a módszertani kérdéseknek és szempontoknak. Egyértelműnek tűnik, hogy a makro-történeti elemzési módszerek alkalmazásával lehet átfogni a könyv tárgyát képező, igen szerteágazó kérdéskört. Ugyancsak nélkülözhetetlen a társadalomstatistikai források és elemzések széleskörű alkalmazása, még akkor is, ha tudjuk, hogy egyfelől a számok időnként „csalnak”, és csak az általános trendek megjelenítésére alkalmasak, másfelől csak ritkán engednek teret a mögöttes, okozati tényezők részletes vizsgálatára. Felmerülhet az a kérdés is, hogy mennyire kell adatszerűnek lenni a társadalmi folyamatok leírása során. Az egészet megjelenítő, az összehasonlítás lehetőségeit kereső, és azokat kihasználó szintézis esetén nehezen lehet tekinteni ettől. Még akkor is, ha ez egy kicsit nehézkessé teszi a szöveg befogadását. Tomka Béla igen adatgazdag, kézikönyvként is jól használható munkát tett le az asztalra, amelyben az igen nagy mennyiségű adat befogadását jól szerkesztett grafikonok és táblázatok könnyítik meg. Az általa alkalmazott elemzési módszerek sokszínűek, a szerző ahol lehetett interdiszciplináris megközelítések segítségével próbálta meg értelmezni a külön-

böző társadalmi folyamatokat. A munka jellegéből következően egyidejűleg kellett alkalmazni a történeti, demográfiai, szociológiai, politológiai, közgazdasági szempontokat, vizsgálati és elemzési módszereket. Időhatárként Tomka az ún. „rövid 20. század” fogalmát jelölte meg, vagyis az európai társadalmak történetét alapvetően az első világháború végétől az 1989/90-es kelet-európai rendszerváltozások időszakáig terjedően vizsgálja. A szerző tematikus-kronologikus szerkesztési rendet választott, de nem egytényezős tematikai rendet követ, mint számos hasonló jellegű nyugat-európai könyv, hanem a legfontosabb társadalomtörténeti tematikákat állította a munka középpontjába. Ugyancsak a munka javára vált, hogy a szerző nem ragaszkodott a társadalmi változások egyetlen átfogó elméletéhez, s nem erre támaszkodva vizsgálta a korszak európai társadalomtörténetét, hanem a jelenségek és a köztük meglévő összefüggések bemutatására koncentrált, s ehhez rendelte az elméleti értelmezéseket.

A könyv alapkérdése: mit értünk az európai társadalom fogalmán? A közös vonások alapján lehetséges-e valamiféle egységesülő európai társadalomról beszélni? Ez csak Nyugat-Európával azonosítható, avagy az európai társadalom fogalmába a kelet-európai is beleértendő? A műből egyértelműen kiderül, hogy a szerző elsősorban azokkal a kortársakkal – többek között Hartmut Kaelble-vel – ért egyet, akik szerint kialakulóban van az európai társadalom, vagyis az egyes nemzeti társadalmak fejlődése számos ponton közeledett egymáshoz, a hasonló vonások, jellemzők, az integrálódás egyre erőteljesebbé váltak. Kelet-Európa számára a két évtizeddel ezelőtti átmenet teremtette meg a közeledés lehetőségét, ami nyilván még hosszú időt vesz igénybe.

A tizenkét fejezetre tagolt kötet ötvenöt részfejezetben elemzi és értelmezi a XX. századi európai társadalmi változásokat, keresve azok közös vonásait és eltérő sajátosságait. A szerző kiemelt figyelmet szentel többek között a népesség, a család és háztartás, a társadalmi rétegződés és mobilitás, a jóléti állam, a gazdaság és a munka, a fogyasztás, a politika és társadalom, az urbanizáció, valamint a kultúra, az oktatás és a vallás kérdéseinek. A vizsgált témakörök gazdagsága önmagában is lehetetlenné teszi, hogy az adott keretek között valamennyivel részletesen foglalkozzunk, ezért csak néhány fontosabb megállapításra térünk ki.

Tomka Béla az európai népesség változását összegezve utal a demográfiai átmenet lezárulására, a második világháborút követő *baby-boom* befejeződését követően az európai társadalmak reprodukciós képességének romlására, a javuló életviszonyoknak köszönhetően a halandóság csökkenésére, az átlagéletkor emelkedésére, valamint a nyugat-európai társadalmak elöregedésére. Ugyancsak kiemelt figyelmet szentelt a vándorlás kérdésének is, hiszen amíg a század első évtizedeiben a kontinens népességkibocsátó volt, addig az 1960-as évek elejétől Európa a nemzetközi migrációi egyre növekvő jelentőségű célterületté vált. Arra is felhívja a figyelmet, hogy a XX. század során nagymértékben megnövekedett a politika és a háborúk által keltett kényszerű, tömeges migráció a kontinensen, ami egyes országok és régiók nemzetiségi, felekezeti és társadalmi szerkezeti vonásait is átrajzolta.

A demográfiai magatartásváltozást, nyilvánvalóan befolyásolta a család szerepének és szerkezetének átalakulása is. A század első felének magas házassági életkora a második világháború időszakára jelentősen csökkent,

a házasság népszerűsége és a család értéke emelkedett, majd az 1970-es évektől a házassági kedv gyorsuló ütemben mérséklődött, a házassodók átlagéletkora újra elérte a századelő szintjét. Általános európai trendként értelmezhető a XX. század közepétől a háztartások szerkezetének egyszerűsödése, a többgenerációs családok együttélésének megszűnése, a családok nuklearizálódása. A család gazdasági funkciója mellett egyre jobban előtérbe került a családi élet intimizálódása, privatizálódása, a házastársak közötti „szimmetrikusabb” kapcsolatok kialakulása, aminek hátterében a női emancipálódás és szerepfelfogás változásai húzódtak meg. Természetesen ezek a folyamatok országonként és régióként eltérő vonásokat mutattak.

A társadalmi egyenlőtlenségek a kontinens nyugati felének országaiban a század első felében kismértékben, majd a II. világháború után a hetvenes-nyolcvanas évekig erőteljesebb nivellálódás volt jellemző. Kelet-Európában mindeközben gyors volt a jövedelemkiegyenlítődé, de ennél is gyorsabb volt az egyenlőtlenségek növekedése a posztkommunista országokban a XX. század utolsó évtizedében. A férfiak és nők közötti jövedelmi különbségek, a nők tömeges munkavállalása ellenére is csak kissé mérséklődtek.

A foglalkozási ágak és a gazdasági tevékenység szerinti megoszlást vizsgálva, látható, hogy Európa nagy részén háttérbe szorult az agrárszektor, majd a kezdeti növekedés után a század utolsó harmadában mérséklődött az ipar, és előtérbe került a kereskedelem, a szolgáltatás, a pénzügyek, valamint az információ- és kommunikációtechnikai ágazatok szerepe a jövedelemszerzésben. Mindez jelentősen befolyásolta a társadalmi rétegződés folyamatát is. A különböző társadalmi csoportok, rétegek közötti választóvonalak a század első

feléhez képest 1945 után szinte valamennyi országban elmosódottabbakká váltak. A felső osztályokban a történelmi arisztokrácia háttérbe szorult, a tulajdonos, tőkés csoportokkal közel azonos helyzetbe került a menedzserrek mind befolyásosabbá váló rétege. A felső osztály és az elit cserélődése a szovjet zónába került országokban volt igen radikális a negyvenes évek második felében, majd jellegében hasonlóan radikális elitcserélődés ment végbe a XX. század végén.

A középosztály is jelentős változásokon ment keresztül, a tulajdonosi csoportokkal szemben megnövekedett az alkalmazotti rétegek száma és aránya. A középosztály alsó csoportjai a kispolgárság és a magasan képzett munkások közötti társadalmi-jövedelembeli távolság a század második felében általában mérséklődött. A társadalmi pozíciót és a mobilitási lehetőségeket egyre több tényező befolyásolta (nem, etnikum, iskolázottság, képzettség, jövedelem, településtípus, családi állapot, presztízs) az egytényezős rétegződési magyarázatok a korszak során érvényüket veszítették. Másfelől arról sem szabad elfeledkezni, hogy országonként változó formában ugyan, de kiépült a jóléti állam, ami meghatározó szerepet játszott – különösen a század második felében a társadalmi egyenlőtlenségek mérséklésében. A fejlődés következtében létrejött egy inkább többé, mint kevésbé egysegiesnek tekinthető nyugat-európai szociális modell. Ezzel szemben Kelet-Európában a szociális ellátás alapjává a munkakényszerrel fenntartott teljes foglalkoztatottságot tették, ami a társadalombiztosítási ellátások és egyes alapvető javak, szolgáltatások árának állami támogatása egészítette ki.

Átalakult a munkavégzés jellege is, a bér munka térhódításával párhuzamosan a családi keretekben végzett termelőtevékenység

és az önálló egzisztenciák aránya folyamatosan mérséklődött. Ezt a folyamatot a mezőgazdasági foglalkozásúak csoportjának zsugorodása tovább erősítette. A hetvenes évektől megváltozott a munkaerőpiaci helyzet Nyugat-Európában. A folyamatos munkaviszony és a kiszámítható életpálya lehetőségei korlátozottabbakká váltak, a munkanélküliség a gazdasági szerkezetváltással összefüggésben gyorsan növekedett. A munkakörülmények változásai közül a legfontosabb a munkaidő hosszának a mérséklődése volt, a napi tizenkét órás munkanap fokozatosan nyolcórásra csökkent, a hatnapos munkahetet pedig a XX. század utolsó harmadára felváltotta az ötnapos, s a munkával töltött évek száma is mérséklődött a korszak során.

A társadalmi folyamatokat meghatározó módon befolyásoló tényezővé vált viszont a fogyasztás, ami a század során öltött tömeges méreteket. A fogyasztás szerkezetének átalakulása azt mutatja, hogy a létfenntartás egyre többeknek egyre kisebb gondot jelentett, hiszen a közvetlen létfenntartásra fordított jövedelemhányad – természetesen a társadalmi helyzettől, pozíciótól függően – általában csökkent, ezzel ellentétesen a közlekedés, kommunikáció, szórakozás, oktatás, kultúra szerepe folyamatosan növekedett. A fogyasztásban a XX. század második felében kibontakozott homogenizációs folyamatok az 1989/90-es rendszerváltást követően a hiánygazdaság viszonyai közül komoly áldozatok és nehézségek árán kilábaló kelet-európai országokat is elérték.

Mindezzel összefüggésben gyökeresen megváltozott a szabadidő jelentősége a kontinensen élők számára. A tömegkultúrában meghatározóvá vált az elektronikus hírközlés és kultúrák közvetítés. A megnövekedett szabadidő, a kisebb erőfeszítést igénylő létfenn-

tartás, az anyagi gyarapodás együttesen jelezte az életminőség komoly javulását a XX. századi Európában. Más megközelítésben ugyancsak erre utal a népesség térbeli átrendeződése, hiszen a XX. század a hetvenes-nyolcvanas évekig az urbanizáció modern korszaka volt az öreg kontinensen. A városok expanziója, a városi lakosság gyors növekedése is jelezte, hogy civilizációs szintváltás ment végbe. Ezzel párhuzamosan a városi társadalmak egyre heterogénebbé váltak, mind jövedelmi, mind etnikai-kulturális vonatkozásban. A tudatos városfejlesztési politikák alkalmazásának köszönhetően az európai városok nagy része sikeresen őrizte meg történelmi sajátosságainak, szerkezetének nagy részét, ami meghatározó módon befolyásolja a kontinens vizuális kultúráját is. Szintén az európai országokra jellemző általános trend volt a huszadik században az kulturális és művelődési egyenlőtlenségek mérséklődése, ami főként az oktatás, ezen belül is a felsőoktatás második világháborút követően kibontakozott expanziójának köszönhető. Az értékrendszer átalakulásából az aktív vallásosság háttérbe szorulását, a nemzetállamiság szerepének és az ehhez való kötődésnek a részleges

leértékelődését, az individualizáció előtérbe kerülését lehet kiemelni. Nyilván a fentiekben röviden összefoglalt általános európai társadalmi változástrendeknek nagyon sokféle alakváltozata volt, amelyeket a könyv részletesen tárgyal, de itt nincs lehetőség arra, hogy ezeket elemezzem.

A munka külön érdeme, hogy „eleven” történetet írt a szerző, vagyis számos olyan probléma elemzésére is sort kerített, amelyek az elmúlt években és napjainkban egyaránt meghatározó jelentőségűek voltak és maradtak az európai társadalom/társadalmak életében. Példaként elegendő az európai népesség jövőjét alapvetően befolyásoló előregedés vagy a migráció, ezen belül is a bevándorlás problémájára utalni.

Tomka Béla lényegében maradéktalanul teljesítette a könyv bevezetésében megfogalmazott célkitűzéseit, nagy haszonnal forgatható, széleskörű érdeklődésre számot tartó művet írt Európa XX. századi társadalomtörténetéről. (*Tomka Béla: Európa társadalomtörténete a XX. században. Budapest: Osiris Kiadó, 2009, 646 p.*)

Valuch Tibor  
egyetemi docens

*Móczár József:  
Fejezetek a modern  
közgazdaságtudományból.  
Sztochasticus és dinamikus nem-  
egyensúlyi elméletek, természettudo-  
mányos közelítések*

A Budapesti Corvinus Egyetem professzora tizenöt év kutatómunkájának eredményeit összegezte e kötetben. Mindketten a Marx Károly Közgazdaságtudományi Egyetem

terv-matematika szakán végeztünk: Móczár József a közgazdaságtan közgazdaságtudománnyá fejlesztésén dolgozott, én a jövőkutatás tudományterületén végeztem kutatásokat. A két tudományterület fejlődése együtt haladt, sokszorosán megtermékenyítve egymást. A hazai intézményesült jövőkutatás 40. évfordulóján érdekes annak vizsgálata, hogy a modern jövőkutatás alapelvei, fogalmi rendszere és módszerei – a komplex kezelésmódtól a dinamikus vizsgálatokon át a kvalitatív és a kvantitatív, valamint az alternatív megközelítésig – hogyan-miként jelennek

meg ebben a korszerű, a közgazdaságtudomány jövőjét is kutató, kiváló könyvben.

Móczár József vizsgálatainak középpontjába a természettudományos megközelítéseket helyezte, a természettudományok, a *science*, a fizika, kémia és biológia ama redukcióit, amelyek a modern elméleti (részben matematikai) közgazdaságtan kialakulását és az alkalmazott közgazdaságtan, Trygve Haavelmo kutatásai eredményeként a modern ökonometria megszületését eredményezték. Bizonyítva ezzel, hogy a közgazdaságtudománytól nem áll távol a *komplex megközelítés*, valamint az *inter- és multidiszciplinaritás*.

A könyv Lakatos Imre racionális rekonstrukció elmélete és Roy E. Weintraub történeti rekonstrukciós módszere alapján vizsgálja a közgazdasági elméletek kialakulását, felhasználva a természeti jelenségeket leíró modern matematikai eredményeket, majd a rendkívül szerteágazó mai kutatási területek közül a sztochasztikus és dinamikus nem-egyensúlyi elméletekre koncentrálnak, felismerve azt a tényt, hogy a társadalom része a természetnek. Így a természettudományos megközelítések eredményei a közgazdaságtanban is hasznosíthatók, követve ezzel Neumann János közismert érvelését. Az elméleti kérdések kifejtésében a matematikai nyelvezetet Willard J. Gibbs szelleme hatja át, aki elsőként vallotta, hogy „a matematika egy nyelv”. A szerző egyértelműen a science kísérleteit leíró matematikai redukcionizmust tekinti járható útnak a közgazdaságtudomány természettudományos megközelítésében. A bourbaki matematika, amely a matematikai összefüggéseket alkalmazások nélküli struktúráként kezeli – amit részletesen is bemutat –, a szerző szerint messzire vezet a valóságtól, valójában mítoszokat szül. Kurt Gödel két híres nemteljességi tétele alapján – másokkal egyet-

értve – arra a drámai konklúzióra jut, hogy „*a matematika nem lehet euklideszi jellegű. Vagyis a matematika tudománya egyrészt nem tévedhetetlen: nem tudunk olyan mechanizmust mutatni, amely felelős lehetne a tévedhetetlenségéért [...]*” (238.) Lakatos Imre intelmeit (Karl Popper falszifikáció elmélete, Pólya György heurisztikája és Hegel dialektikája) elfogadva, a science kísérleteit leíró *matematikai összefüggéseket megfelelő analógia esetén eszközként tekinti* a bonyolult közgazdasági összefüggések leírására és elemzésére.

A 18. században a tudomány azt vallotta, hogy a múlt és a jövő ugyanazt a szerepet játsszák. Az atomok és a kvantumok által követett világvonalak vagy trajektóriák alkotják az univerzumunkat, amelyek a jövő és a múlt felé egyaránt húzhatók. Vagyis az összes energetikus feltette, hogy minden jelenség tökéletesen reverzibilis, és így az egyensúly sem függ az időtől. Jóllehet közelítéseiket csak autonóm differenciálegyenletekben fogalmazták meg; tehát nincs igazán tisztázva, hogy mi az egyensúly, hogyan is függhetne az időtől? (Erre kitűnő példát szolgáltatnak a szerzőnek a Neumann-modellek és a *turnpike*-elméletek terén elért tudományos eredményei, vizsgálatai, amiről részletes és alapos ismertetés olvasható a könyv II. fejezetében.) Az összes változásnak a fizikai jelenségekben – mint például a növekedés vagy a csökkenés – illúzióknak kell lenniük. Ezt a szemléletet még a 20. század elején is elfogadták az összes tudományban, a racionális mechanika művelői többnyire továbbra is csak autonóm differenciálegyenletekben gondolkodtak. Ez olyan erősen hatott a tudósokra, hogy Einstein is bevezetett egy kozmológiai állandót az általános relativitás elméletébe, hogy továbbra is statikus legyen a világegyetem modellje. Amikor ezt a metaforát áttemelték a

társadalomtudományba, kiderült, hogy az egyensúlyra itt is igaz, hogy „ami elmúlt, az elmúlt” – így gyakorlatilag figyelmen kívül lehetett hagyni, hogy hogyan is működik a piac valós időben.

*Ezzel a nézettel száll szembe Móczár József könyve. A dinamika bevezetését nem önmagában tartja szükségesnek a közgazdasági vizsgálatokba, hanem a Kolmogorov–Arnold–Moser-elmélet alapján azt is hangsúlyozza, hogy függetlenül az ergodicitástól, a dinamikai rendszerek véletlenszerű mozgásra vezethetnek.* Ez jelenik meg a kointegráció, a feltételes heteroszkedaszticitás különböző modelljeiben, a sztochasztikus folyamatok bevezetésében, a sztochasztikus dinamikus általános egyensúlyi modellek és a sztochasztikus dinamikus programozás modelljeiben, azoknak a reálfolyamatok vizsgálatában történő adaptációiban. *A modern közgazdaságtudomány tehát a dinamikus vizsgálatok megfelelő terepe.*

Instabil helyzetek a science-ben akkor fordulnak elő, amikor a rendszer egyre jobban eltávolodik az egyensúlyi állapotától – ez jövőkutatási felismerés is. A rendszer leírásában szereplő kritikus értékek változásával megjelenik a bifurkáció, ami stabil és instabil állapotok megjelenését jelzi az evolúciós folyamatok rendkívüli komplexitásában. *A tudomány alapvetőnek tekinti a jelenségek leírásában ezt a hármast, vagyis az instabilitást, a bifurkációt és az evolúciót, amit összefoglalóan önszerveződésnek tekint.* A kémiai reakcióban a diffúzió negligálása vezet a *katasztrófa-elmélethez*, ami a legújabb közgazdasági kutatásokban szintén jelentős hangsúlyt kap. A szerző külön is felhívja az olvasók figyelmét egy rendkívül fontos momentumra: a közgazdasági dinamikában csak a *disszipatív modellek* vizsgálata lehet érdekes. Innen már csak egy lépés a *strukturális stabilitás* kérdése,

amely mind elméletében, mind a Harrod-modell vizsgálatában nemzetközileg is jelentős visszhangra számító kutatási eredményeket hozott, és amit a szerző részletesen is bemutat könyvében.

*A kvalitatív és a kvantitatív megközelítés összhangjának vizsgálatához* meg kell állapítanunk, hogy a műben a sztochasztikus dinamikus vizsgálatok jellege miatt a *kvalitatív megközelítés* dominál. Ez nemcsak azért van így, mert az egyes modellek számszerűsítéséhez még nem rendelkezünk megfelelő adatokkal vagy megfelelő hosszúságú idősorokkal, hanem ezt az is indokolja, hogy sok esetben az előrejelzéshez elegendő ismerni a folyamatok irányát, sebességét, megbízhatóságát. Kifejezetten ilyennek számít a Ramsey-modell, amelynek nemcsak kifejtése vagy magyar nyelven történő publikációja úttörő munka, hanem az is, hogy a szerző megmutatja: a különböző modellek (Cass-modell, Solow-modell, a Tobin-féle modellek, az együtt élő nemzedékek modellje, az endogén növekedési modellek, a konjunktúraciklusok, a vázrakozások és a racionális modellek) hogyan származtathatók belőle. A gazdaságpolitikával foglalkozók számára rendkívül érdekes lehet az utolsó fejezet, ahol az olvasó részletesen megismerkedhet a különböző stabilizációs politikák igényes elméleti bemutatásával, a monetáris és a fiskális politikák elméleteivel. A magyar nyelvű irodalomban eddig abszolút negligált Solow–Blinder-modell, vagy Phillip D. Cagan hiperinflációs modellje is részletes elemzést kap a legújabb technikák segítségével a különböző közgazdasági iskolák (keynesi, újkeynesi, fiskális, monetáris stb.) bemutatásával.

Az olvasó persze talál a könyvben *számos kvantitatív vizsgálatot* is: itt elsősorban a japán gazdaság *input–output* adataival végzett szám-

szerezett modellekre hívom fel a figyelmet, de a szimulációs technikák bemutatásával és számítógépes prezentációval együtt tanulmányozásra érdemes a klasszikus növekedési modellek nemlineáris dinamikáját vizsgáló fejezet is, amely a szerző legújabb kutatási eredményeit tartalmazza.

A közgazdaságtudomány az alapjait tekintve viszonylag kevés kérdést fogalmaz meg. Bonyolultságát éppen a célok rendkívül sok hipotézis melletti vizsgálata eredményezi. Ha ezt a közelítést elfogadjuk, akkor azt is mondhatjuk, hogy a modellek többsége *alternatívát jelent egy-egy kérdés megoldására*. Ez adja a közgazdaságtudomány (és a jövő kutatás) szépségét és ugyanakkor a nehézségét is.

*Kiknek ajánlható a könyv?* A mű az egyes fejezetekben a legújabb természettudományos és matematikai technikákat alkalmazza. Ezek közül a graduális oktatásban szereplőket ismertnek tételezi fel, a többiek, és ezek száma jóval kevesebb, röviden ismerteti. E prezentáció első látásra talán sok olvasót elriaszthat a könyvtől. De ez csak a felszín: a szerző ugyanis mindvégig törekedett arra, hogy az elméletek és modellek érthetőek legyenek anélkül is, hogy a matematikai levezetéseket (amelyek sok esetben át is ugorják

a közbülső lépéseket) teljes egészükben értenünk kellene. Rendkívül sok olyan tudománytörténeti megközelítés is szerepel a könyvben, amely nemcsak érdekes, de segíti az olvasókat a legújabb elméletek megértésében is. A meseterkurzusokon és a doktori képzésben ezért kitűnően használható a könyv az egyes fejezetekhez illeszkedő cikkek, könyvrészletek tanulmányozásával. Egy-egy fejezet lényegében egy-egy szemeszter anyagát öleli fel.

Az olvasói táborot nem szűkíteném le csak a közgazdasági képzésben résztvevőkre (doktoranduszokra, oktatókra, kutatókra), hiszen a fizikusoknak is bizonyára érdekes megtudniuk, hogy a La Chatelier-elv, vagy az Onsager-elmélet hogyan kerül felhasználásra a közgazdaságtudományban, vagy a kémikusoknak hasonlóan érdekes lehet a Brüsszele-rátor-modell alkalmazása a gazdasági evolúcióban, a biológusoknak pedig a mezőelmélet, a biológiai tér ökológiai modellekben történő felhasználása. (*Móczár József: Fejezetek a modern közgazdaságtudományból. Sztochasztikus és dinamikus nemegyensúlyi elméletek, természettudományos közelítések. Budapest: Akadémiai Kiadó, 2008, 608 p.*)

*Nováky Erzsébet*

közgazdaságtudományok doktora, jövőkutató



## CONTENT

### *International Year of Astronomy*

*Guest Editor: László Szabados*

László Szabados: Introduction .....	1154
Péter Ábrahám – Csaba Kiss: Enchanting World of the Cool Universe .....	1156
Ákos Kereszturi: Astrobiology – Modern Synthesis between Natural Sciences .....	1168
Gyula Szabó M.: Sky Surveys in Service for Revealing the Universe .....	1184
László Kiss L.: By the Time the Sun Grows Old .....	1196
László Szabados: Will Astronomy Become Space- and/or Ground-Based? .....	1205
Zoltán Kolláth: Might There Be an International Year of Astronomy in a Century, Too? .....	1213

### *Hommage à M. Zemplén Jolán (1911–1974)*

*Guest Editor: Márta Fehér*

Márta Fehér: Hommage à Jolán M. Zemplén: Introduction .....	1221
István Gazda: A Historian of Science, Jolán M. Zemplén .....	1223
Gheorghe Stratan: Some Remarks about Romanian and Hungarian Versions of Galileo's Dialogue .....	1227

### *Study*

Péter Józán: Mortality and Life Expectancy at Birth at the Beginning of the 21 <sup>st</sup> Century in the Population of the World, Europe and Hungary .....	1231
---	------

### *Interview*

Benedek Várkonyi's interview with Zsigmond Ritoók .....	1245
---	------

### *Academy Affairs*

Awards .....	1252
Rezső Lovas: In Memory of Alexander Szalay .....	1255
Committee on Environmental Sciences of the Hungarian Academy of Sciences: Statement on the Climate Change and on the Related Tasks in Hungary .....	1258

### *Obituary*

Erika Kálmán ( <i>Attila Vértes</i> ) .....	1267
Sándor Marosi ( <i>Károly Kocsis</i> ) .....	1270
Julius Moravcsik ( <i>Ferenc Kiefer – János Kelemen</i> ) .....	1272
Gyula Sáringi ( <i>Tibor Jermy</i> ) .....	1274

<i>Outlook (Júlia Gimes)</i> .....	1277
------------------------------------	------

<i>Book Review (Júlia Sipos)</i> .....	1285
--	------

## Ajánlás a szerzőknek

1. A Magyar Tudomány elsősorban a tudományterületek közötti kommunikációt szeretné elősegíteni, ezért elsősorban olyan kéziratokat fogad el közlésre, amelyek a tudomány egészét érintő, vagy az egyes tudományterületek sajátos problémáit érthetően bemutató témákkal foglalkoznak. Közlünk témaösszefoglaló, magas szintű ismeretterjesztő, illetve egy-egy tudományterület újabb eredményeit bemutató tanulmányokat; a társadalmi élet tudományokkal kapcsolatos eseményeiről szóló beszámolókat, tudománypolitikai elemzéseket és szakmai szempontú könyvismertetéseket, de lapunk nem szakfolyóirat, ezért a szerzőktől közérthető, egy-egy tudományterület szaknyelvét mellőző cikkeket várunk.

2. A kézirat terjedelme szöveges tanulmányok esetében általában nem haladhatja meg a 30 000 leütést (ez szóközökkel együtt kb. 8 oldalnak felel meg az MT füzetekben), ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat is tartalmaz, kérjük, ezek várható felületével csökkentse a szöveg mennyiségét. Beszámolók, recenziók terjedelme ne haladja meg a 7–8000 leütést. A teljes kéziratot MS Word .doc vagy .rtf formátumban interneten vagy mágneslemezen (CD-n) és 1 kinyomtatott példányban kell a szerkesztőségbe beküldeni.

3. Legfeljebb 10 magyar kulcsszót és a közlemények címének angol fordítását külön oldalon kérjük. A tanulmány címe után a szerző(k) nevét, tudományos fokozatát, a munkahely(ek) pontos megnevezését, és ha közölni kívánja(ják), e-mail címét(eit) kell írni. A külön lapon kérjük azt a levelezési és e-mail címet, telefonszámot is, ahol a szerkesztők a szerzőt általában elérhetik.

4. Szöveg közbeni kiemelésként dőlt (*italic*), (esetleg félkövér – **semibold**) formázás alkalmazható; r i t k í t á s, VERZÁL, KISKAPITÁLIS (SMALL CAPITALS, KAPITÄLCHEN) és aláhúzás nem. A jegyzeteket lábjegyzetként kérjük megadni.

5. A képek, ábrák érkezhetnek papíron, lemezen vagy e-mail útján. Kérjük a szerzőket: tartsák szem előtt, hogy a folyóirat fekete-fehér; formátuma B5 – tehát ne használjanak színeket, és vegyék figyelembe a megjelenő oldalak méreteit. Általában: az ábrák és magyarázataik legyenek egysze-

rűek, áttekinthetők. A lemezen vagy e-mailben érkező képeket lehetőleg .tif vagy .jpg formátumban kérjük; fekete-fehérben, min. 150 dpi felbontással, és nagyságuk ne haladja meg a végleges (vagy annak szánt) méreteket. A közlemény szövegében tüntessék fel az ábrák kívánatos helyét.

6. A hivatkozásokat mindig a közlemény végén, ábécé-sorrendben adjuk meg, a lábjegyzetekben legfeljebb utalások lehetnek az irodalomjegyzékre. Irodalmi hivatkozások a szövegben: (szerző, megjelenés éve – Balogh, 1957; Feuer et al., 2002). Ha azonos szerző(k)tól ugyanazon évben több tanulmányra hivatkoznak, akkor a közleményeket az évszám után írt a, b, c jelekkel kérjük megkülönböztetni mind a szövegben, mind az irodalomjegyzékben. Különösen ügyeljenek a bibliográfiai adatoknak a szövegben, ill. az irodalomjegyzékben való egyeztetésére! Kérjük: csak olyan és annyi hivatkozást írjanak, amilyen és amennyi elősegíti a megértést. Számuk ne haladja meg a 10–15-öt.

7. Az irodalomjegyzéket ábécé-sorrendben kérjük. A tételek formája a következő legyen:

- Folyóiratcikkek esetében: Feuer, Michael J. – Towne, L. – Shavelson, R. J. et al. (2002): Scientific Culture and Educational Research. The Educational Researcher. 31, 8, 4–14.

- Könyvek esetében: Rokkan, Stein – Urwin, D. W. – Smith, J. (eds.) (1982): The Politics of Territorial Identity: Studies in European Regionalism. Sage, London

- Tanulmánygyűjtemények esetében: Halász Gábor – Kovács Katalin (2002): Az OECD tevékenysége az oktatás területén. In: Bábosik István – Kárpáthi Andrea (szerk.): Összehasonlító pedagógia – A nevelés és oktatás nemzetközi perspektívái. Books in Print, Budapest

8. Havi folyóirat lévén a Magyar Tudomány kefelevonatokat nem küld, de még az elfogadás előtt minden szerzőnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát. A tördelés során szükséges apró változtatásokat a szerző időpontegyeztetés után a szerkesztőségben ellenőrizheti.

9. A cikkeket a lap internetes oldalán, s az időszakos CD-mellékleten is megjelenítjük. Kérjük, jelezzék, ha ehhez nem járulnak hozzá.