

# *Magyar Tudomány*

Az élet keletkezése  
A Világegyetem fejlődése  
A jóléti állam – válság és kiutak  
Doktori iskolák  
Magyar Akkreditációs Bizottság

---

*2003•10*

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA FOLYÓIRATA. ALAPÍTÁS ÉVE: 1840  
CIX. kötet – Új folyam, XLVIII. kötet, 2003/10. szám

*Főszerkesztő:*

CSÁNYI VILMOS

*Vezető szerkesztő:*

ELEK LÁSZLÓ

*Olvasószerkesztő:*

MAJOROS KLARA

*Szerkesztőbizottság:*

ÁDÁM GYÖRGY, BENCZE GYULA, CZELNAI RUDOLF, CSÁSZÁR ÁKOS, ENYEDI GYÖRGY,  
KOVÁCS FERENC, KOPECZI BÉLA, LUDASSY MÁRIA, NIEDERHAUSER EMIL,  
SOLYMOSI FRIGYES, SPÁT ANDRÁS, SZENTES TAMÁS, VAMOS TIBOR

*A lapot készítették:*

CSAPÓ MÁRIA, CSATÓ ÉVA, GAZDAG KÁLMÁNNÉ, HALMOS TAMÁS, MATSKÁSI ISTVÁN,  
PERECZ LÁSZLÓ, SPERLÁGH SÁNDOR, SZABADOS LÁSZLÓ, SZENTGYÖRGYI ZSUZSA, 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., Bátfai u. 65.  
Tel.: 2067-975 • akaprint@matavnet.hu

Előfizethető a FOK-TA Bt. címén (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., Bátfai u. 65.

Előfizetési díj egy évre: 6048 Ft

Terjeszti a Magyar Posta és alternatív terjesztők

Kapható az ország igényes könyvesboltjaiban

Nyomdai munkák: Akaprint Kft. 25845

Felelős vezető: Freier László

Megjelent: 15,35 (A/5) ív terjedelemben

HU ISSN 0025 0325

---

---

## TARTALOM

### *Tanulmányok*

Szathmáry Eörs: Az élet keletkezése.....	1220
Németh Judit: A Világegyetem fejlődése.....	1248
Szabados László: A felfedezéstől a kiteljesedésig – Doppler és Hubble emlékezete ...	1256
Dudits Dénes: A génkutatás-genomika szerepvállalása a növények nemesítésében ...	1263
Berend T. Iván: A jóléti állam: válság és kiutak .....	1273
Kardos Gábor: A gazdasági, szociális és kulturális jogok néhány sajátossága – egy megközelítés .....	1279
Tamás Pál: Új állami szerepek a magyar innovációpolitikában .....	1284

### *Tudós fórum*

Levél az MTA tagjaihoz és doktoraihoz .....	1297
Róna-Tas András: A magyar doktori iskolák helyzete és jövője.....	1298
Michelberger Pál: Tízéves a Magyar Akkreditációs Bizottság .....	1308
Szántó R. Tibor: A felsőoktatás minőségértékelése: nemzetközi kitekintés .....	1317

### *A világ tudománya magyar diplomáták szemével*

Szalai-Szűcs Ildikó: A közvélemény a tudománypolitika formálásában – brit tapasztalatok.....	1325
Takács István: Az elektronikus kormányzás szakértői támogatása az USA-ban .....	1330

### *Megemlékezés*

Teller Ede ( <i>Vértes Attila</i> ) .....	1332
---	------

<i>Kitekintés (Jéki László – Gimes Júlia)</i> .....	1335
---	------

### *Könyvszemle*

Két könyv a pécsi tudományos műhelyből ( <i>Majoros István</i> ) .....	1340
A G-35-ösök útja ( <i>Romány Pál</i> ) .....	1342
Albert Hoffman: LSD ( <i>Szántay Csaba</i> ) .....	1344
Emigráció és identitás – Kanyó Tamás szerk. ( <i>-r. -l.</i> ) .....	1345

# Tanulmányok

## AZ ÉLET KELETKEZÉSE

Szathmáry Eörs

a biológiai tudomány doktora, egyetemi tanár  
ELTE Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék – szathmar@ludens.elte.hu

*1953: annus mirabilis, a csodálatos év! James Watson és Francis Crick – sok kollégájuk kiváló munkájára alapozva – megalkotják a DNS szerkezeti modelljét. A fiatal vegyész, Stanley L. Miller eközben – a Nobel-díjas Harold C. Urey útmutatását követve – öszivatarat kísér meg lombikban utánozni. Úgy gondolják, a szimulált ösléggör természete redukáló kell hogy legyen. A próbálkozást fényes siker koronázza: rövid idő alatt a lombikban szerves anyagok, köztük a fehérjéket felépítő aminosavak is megjelennek.*

*A DNS-modell után megindult a molekuláris biológia hosszan tartó diadalmenete. Az élet keletkezésének diadalmenete azonban két évtized múltán már bandukolásra, időnként tanácstalan ácsorgásra váltott. Miért? Nem egyszerűen arról van szó, hogy az ösföldi viszonyokat akkoriban rosszul képzelték el, hanem meglehetősen hiányosak voltak az élet alapjaival és a korai evolúció lehetőségeivel kapcsolatos ismeretek is. E cikk célja bemutatni, hogy az élet keletkezését kutatók milyen poggyással érkeztek a 21. századba.*

---

### 1. AZ ÉLŐ RENDSZEREK KRITÉRIUMAIRÓL

*1/a Miért izgat bennünket az élet definíciója?*

Ahhoz, hogy megfejtsük az élet eredetének problémáját, meg kell alkotnunk az élet egy lehetséges definícióját. Sajnos, nincs általános egyetértés az ilyen definíciókról. Egyesek úgy gondolják, hogy az önreplikáció (önmásolás) vagy a kémiai folyamatok enzimatikus katalízise, esetleg a sejt önmaga vagy mindezek kombinációja szükséges és elégséges feltétel az élet definiálásához. Tisztán logikai nézőpontból minden definíció önkényes: definíciók jellegüknél fogva nem cáfolhatók ugyanolyan módon, mint a hipotézi-

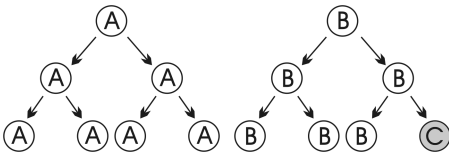
sek. Akkor miért is izgat bennünket ez a definíció? „A fent említett önkényesség fényében létezik-e egyáltalán két olyan definíció, amely egyaránt megfelel ugyanannak a jelenségnek a leírására? Bizonyára nem, hiszen egyik definíció lehet sokkal jobb, mint egy másik, attól függően, hogy mi a célunk vele. Valójában a következő szempontokat kell szem előtt tartanunk a definíció megalkotásakor. Az élet definíciójának lehetővé kell tennie, hogy egyszerűen, operatív módon tudjon különbséget tenni élő és élettelen között. Ezenkívül nem szabad túlságosan korlátozóznak, szigorúnak lennie (azaz a különbségtétel feltételeinek alkalmazhatónak kell lennie számos területen, valamint magába kell foglalnia az élet jelenlegi és korábbi,

hipotetikus formáit is). Egy ilyen meghatározásnak igaznak kellene lennie az élet valamenyi formájára, amelyet ismerünk. A megalkotott definíciónak segítséget kellene nyújtania abban, hogy ennek alapján megtervezzük és létrehozzuk laboratóriumi körülmények között az élet legegyszerűbb modelljét. A definíciónak segítenie kellene az úrkutatókat is, hogy el tudják dönteni, hogy az adott újabb biológiai formák élőknek tekinthetők-e vagy sem. Végül, természetesen a definíciónak ellentmondásmentesnek kell lennie" (Luisi, 1998).

### 1/b Az evolúció egységei

A vírusok evolválódnak, még akkor is, ha élettelen kristályos állapotban vannak. Valójában az evolúciós hipotézisek ellenőrzéséhez a vírusok váltak a legalkalmasabb teszt-rendszerre. A vírusokhoz hasonlóan számítógépes programok is képesek másokkal versenyezve evolválódnak. A mindinkább divatosá váló mémek szintén képesek az evolválódásra (mém) = a kulturális evolúció Richard Dawkins által bevezetett egysége). Akkor mi a kapcsolat az élet egységei és az evolúció egységei között? Ahhoz, hogy közelítő választ adhassunk erre, meglehetősen nagy pontossággal kell definiálni mind a két fogalmat. Az evolúció egységeinek három tulajdonsággal kell rendelkezniük: (i) szaporodás, (ii) információ-átörökítés és (iii) változékony (pontatlan öröklődés).

Az egységek szaporodásának és/vagy túlélésének valószínűségét bizonyos öröklött jellegzetességek befolyásolják. Ha a fent



1. ábra • Az evolúció egységei.  
C egy új variáns.

említett három feltétel teljesül, akkor az ilyen egyedek populációjára hat a természetes szelekció és ezen keresztül az evolúció. Figyeljük meg, hogy ez a definíció nem utal az élő rendszerekre. Bármely entitás, amely eleget tesz ezeknek a kritériumoknak, képes a darwini evolúcióra (Maynard Smith, 1986).

### 1/c Az élet egységei

Alexander Oparin (1961) definíciója szerint minden olyan rendszer élőknek tekinthető, amely szaporodásra és mutációra képes. A legtöbb evolúcióbíológus egyetért ezzel a nézettel, és bizonyos mértékig igazuk is van. Az ezekkel a tulajdonságokkal rendelkező rendszerek az adaptáció (alkalmazkodás) segítségével képesek komplex tulajdonságok megszerzésére. Számos kutató kétségbe vonja e megközelítési mód helyességét. Ezért döntő fontosságú, hogy a vírusok élőknek tekinthetők-e vagy sem. Gánti Tibor (1971) szerint ugyanolyan koncepcionális probléma a vírusokat élőlényeknek tekinteni, mint egy számítógépes programot a számítógéppel azonosítani. Egy vírust olyan programhoz hasonlíthatnánk, amely a számítógép (sejt) számára megfejthető, és azt mondja a számítógépnek (sejtnek): „Újra és újra másolj le engem, még akkor is, ha ennek eredményeként szétesel!” Az aktív rész nyilvánvalóan a számítógépben van és nem a programban. Egy számítógép rengeteg mindent el tud végezni, egy ilyen káros program nélkül is. Ezzel éles ellentétben, a program semmire sem képes önmagában a számítógép nélkül. Az élő sejt az előző hasonlat alapján a számítógéppel azonosítható. Ezért az életet sejtes állapothoz kötik, mivel egy aktív sejt sokkal inkább élőknek tekinthető, mint egy vírus.

Az élet ilyen egységei kevésbé kutatottak, mint a sejtek és az organizmusok, amelyek széles körben ismert és vizsgált objektumok. Gánti (1971, 2003) éveken át finomította „életkritériumait”, hogy azok minden

elő rendszerre teljesüljenek. Helyesen vette észre, hogy az élőlények szaporodása sem nem szükséges, sem nem elégséges feltétele az életnek. A mindennapi tapasztalatokat figyelembe véve számos sejt és organizmus rendszerint élőnek tekinthető, még akkor is, ha éppen nem szaporodik (bármilyen hosszú ideig is). Az úgynevezett „potenciális” életkritériumoknak teljesülése a populáció hosszú távú fennmaradásának és evolúciójának elengedhetetlen feltétele. Az összefüggés az evolúció és az élet egységei között az, hogy tulajdonságaik részben átfednek. (Szathmáry, 2002). Úgy gondolom, ez az egyszerű kép megold sok látszólagos ellentmondást ezen a területen. John Barrow és David Tipler helyesen mutatták meg, hogy az élő rendszereknek ki kell elégíteniük a potenciális életkritériumokat (Gánti kifejezésével élve), ha egy bioszféra autonóm (független) evolúcióját vizsgáljuk (mint például az exobiológusok, akik az élet nyomait kutatják a világűrben).

El tudunk képzelni olyan mesterségesen előállított élő rendszert, amely nem származtatható le a szokásos evolúciós mechanizmusokkal egyetlen élő szervezetből sem. Tegyük fel, hogy ez az élőlény még szaporodni sem képes. Egy ilyen rendszert tekinthetünk élőnek annak ellenére, hogy kialakulásában teljesen elkülönül az evolúció során létrejött élővilágtól. Ez hasonló a sejtautomatákban (egy, térben explicit, modellben) definiálható „Édenkert” konfigurációval: ez egy olyan önfenntartó dinamikai rendszer, amely nem jöhet létre egyszerűen semmilyen más állapotból. Ha csak egy ilyen élőlényt is találunk, biztosak lehetnénk abban, hogy az vagy nem földi eredetű, vagy mesterséges.

Az evolúció és az élet egységeiben érdekes hierarchia figyelhető meg: az egyes szinteken gyakran megegyezik a kétféle egység. Az organizmus és sejtjei egyaránt élőnek és az evolúció egységének tekinthetők. Az utóbbi megszorítás meglepő lehet, ennek

igazolásához elegendő a következő példa. Az organizmusokon belül a tumorok (rákos elfajulások) a mérsékelt genetikai instabilitású sejtek szelekciójának eredményei. Nyilvánvalóan ezt az alacsonyabb szintű önző hajlamot (sok esetben a tumorossá válást), el kellett tudni nyomnia a magasabb szintű egységnek (organizmusnak), máskülönben kihalt volna, vagy esetleg sohasem jelent volna meg.

#### *1/d Az élet legegyszerűbb modellje*

Bemutatom az élő rendszer legegyszerűbb modelljét (a modell a leírás precíz formája). E modell (a chemoton) kielégíti a Gánti-féle potenciális életkritériumokat is. A chemoton egy kémiai szuperrendszer, mely három autokatalitikus alrendszert tartalmaz (lásd 3. a): egy anyagcsere-hálózatot, egy templát (minta) replikátor alrendszert és egy határoló membrán alrendszert.

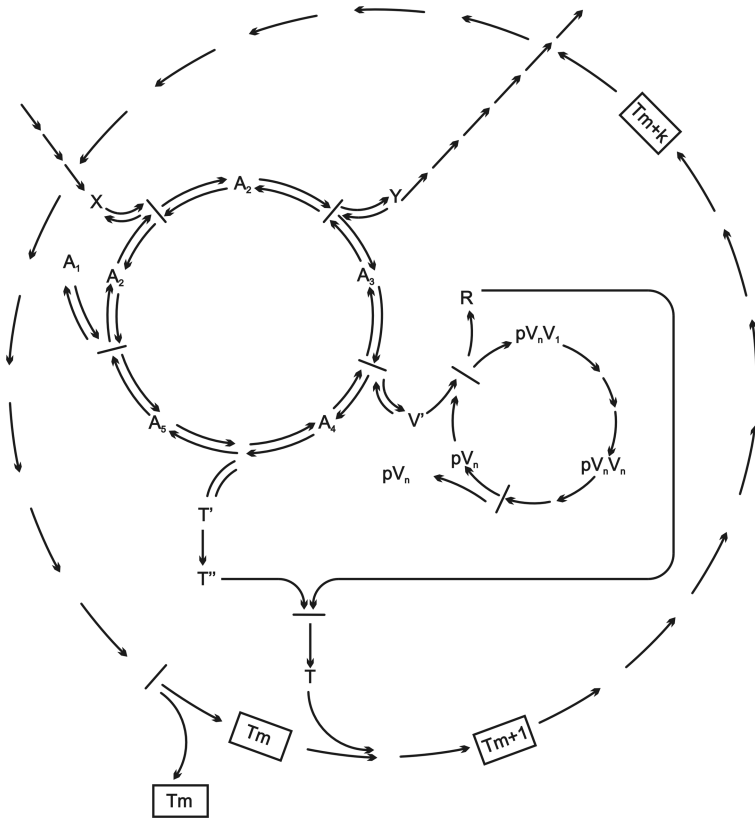
Sztöchiometriai kapcsolat biztosítja a teljes rendszer összehangolt szaporodását. Az, hogy a szaporodás folyamata térben zajlik lényeges, mivel a membránfelszín növekedése gyorsabb, mint a belső anyag mennyiségének növekedése. Ugyanis ha egy gömbnek kétszeresre növeljük a felszínét, akkor a gömbnek több mint kétszer akkora térfogata lesz. Fontos hangsúlyozni, hogy a membrán is autokatalitikus. Az anyagcsere alrendszer által előállított *T* építőkövek spontán beépülnek a már korábban létező membránba. A  $\rho V_n$  templát molekulák jelenléte alkalmassá teszi a rendszert, hogy az evolúció egysége lehessen. Ha a templátok a ribozimek (enzimként működő RNS-molekulák, vö. 4/b) absztrakt formái is egyben, úgy az anyagcsereciklust és a membránnövekedés folyamatait is katalizálják (Gánti, 2003).

A chemoton modell hasznos, mert két hagyományos megközelítési módot alkalmaz, az élet keletkezésének problémájára: a genetikai, és rendszerelméleti megközelítési módot. Ez segíteni fog majd, amikor az

élet keletkezésének elméleteit áttekintjük. Valójában a chemoton mindhárom alrendszere, illetve az alrendszerek bármely kombinációjában a figyelem középpontjába kerültek az élet keletkezésével kapcsolatban. Ezért nagyító alá vesszük az élet keletkezésének elméleteiben az anyagcserét, a membránokat és a templátokat. De mielőtt ezt megtennénk, meg kell tudnunk, hogy hol és hogyan jöhetnek létre az élethez szükséges alapvető szerves anyagok.

## 2. A KÉMIAI EVOLÚCIÓ

Az alapvető kémiai anyagok, amelyek egy primitív élő szervezet felépítéséhez kellenek, vagy a Földön kívülről érkezhettek, vagy itt helyben (a Földön) keletkezettek. A pánspermia elmélete szerint az élet valahol máshol keletkezett (például egy másik bolygón), és ez természetes vagy mesterséges módon jutott el a Földre. Ez a hipotézis logikusan nem zárható ki, de nem oldja meg



2. ábra • A chemoton modell absztrakt kémiai hálózata (Gánti után, 2003). Az  $A_i$  molekulák az autokatalitikus anyagcsereciklus köztitermékei (intermedierjei), mely előanyagokat ( $V'$ ) termel a templátreplikációhoz és a membrán növekedéshez ( $T'$ ). A templát molekula  $pV_n$ ,  $n$  darab  $V$  molekulából áll. A membrán  $T_m$ ,  $m$  darab  $T$  membránalkotó molekulából áll. Jól meghatározott feltételek mellett ez a rendszer képes növekedni és szaporodni a nyersanyag (táplálék,  $X$ ) és hulladék (végtermék,  $Y$ ) közötti energia- és anyagmennyiség-különbség terhére.

élet *első* keletkezésének problémáját. Graham Cairns-Smith agyag-hipotézise azon a feltételezésen alapul, hogy az agyagásvány darabkák az evolúció egységei lehetnek, habár eddig még nincs kísérleti bizonyíték, ami alátámasztaná ezt. Ama elgondolás, miszerint az ősi élő sejtek heterotrófok lehetnek, inkább az ősleves megközelítésmóddal függ össze szorosabban (heterotróf = a környezet szerves anyagait használják anyagcseréjük szén- és energiaforrásként). Az első híres ősleves-kísérletet Stanley Miller végezte el 1953-ban. Az ősleves-elmélet középpontjában egy redukáló őslégkör, és egy szerves molekulákból álló oldat áll (hasonlóan Charles Darwin „kicsi meleg tavacsájához”). Két fő gond van e hipotézissel. Először is, láthatóan nagyon kevés bizonyíték áll rendelkezésünkre a redukáló ősi légkör létezésére. Másodszor, a reakciók feltételei, amelyek a különböző biológiailag fontos szerves vegyületeket termelik, sok esetben kémiaiilag összeférhetetlenek (lásd később). Emiatt egyre kevésbé valószínű, hogy ez a megközelítési mód a legmegfelelőbb, s mi több, ez valójában nem az élet keletkezésének, hanem csupán a biológiailag fontos kémiai vegyületek keletkezésének elmélete. Később majd látunk számos ígéretesnek tűnő alternatív javaslatot az élet keletkezésére, bár az ősleves ténylegesen hozzájárulhatott a szerves anyagok felhalmozódásához.

A kémiai evolúció az a folyamat, amelyben feltételezhetően a biológiailag jelentős szerves anyagok létrejöttek. Látni fogjuk, hogy a későbbi állapotok megjelenésében fontos szerepet játszhatott a gyorsabb szaporodás irányába vezető szelekció is, mint ahogyan az a mai biológiai rendszerekben megfigyelhető.

### 2/a Az őslégkör

A legtöbb kutató a több mint 3,8 milliárd évvel ezelőtti ősi Földön keresi az élet keletkezésének magyarázatát, habár fontos folya-

mat lehetett a szerves anyagok szállítása a világűrben az ősi Földre is (lásd 2/b). Csillagászati ismereteink szerint a Naprendszer belső bolygói a bolygóképző testekből, az úgynevezett protoplanetáris csomókból keletkeztek. Az atomok radioaktív elemzéséből a Föld korát úgy 4,5 milliárd évre becsülik. A grönlandi Isuában talált legkorábbi üledékes kőzetek mintegy 3,8 milliárd évesek. Érdekes, hogy az élet megjelenésének legkorábbi bizonyítéka a szénizotópok alapján szintén ebből az időből származik. A szénizotópon alapuló kormeghatározás alapja, hogy az autotróf (szervetlen anyagokból szerves anyagot előállító anyagcserefolyamat) CO<sub>2</sub> fixáció (megkötés) előnyben részesíti a könnyű szénizotópot (<sup>12</sup>C) a nehézzel (<sup>13</sup>C) szemben. Az üledékben a szénizotópos analízis az enzimatis CO<sub>2</sub> fixáció számos formáját jelezte.

A Naprendszer változatos képződményein (bolygókön, holdakon, stb.) megtalálható kráterek tanúskodnak arról, hogy az ősi Föld is ki volt téve heves meteorzáporoknak. Ennek erőssége úgy 4,2 milliárd évvel ezelőtt hagyott alább annyira, hogy lehetségessé vált az élet kifejlődése (a jelenségre gyakran hivatkoznak úgy, mint *impact frustrationre*).

Egy sokak által elfogadott elképzelés szerint az őslégkör erősen redukáló lehetett, és főleg metánból (CH<sub>4</sub>), ammóniából (NH<sub>3</sub>) és hidrogénből (H<sub>2</sub>) állt. Stanley Miller és Harold Urey szerint a villámlás egy ilyen légkörben, kombinálva a víz körforgásával, könnyedén vezet szerves molekulák, többek között aminosavak megjelenéséhez. Szintén ezt az elképzelést erősíti, hogy a Naprendszer külső bolygóinak erősen redukáló légkörük van. Azonban az újabb vizsgálatok kimutatták, hogy a korábban feltételezett, erősen redukáló légkör valószínűtlen, ugyanis a hipotézis nem vett figyelembe sok kapcsolatot az illékony anyagok és a fémek vasmag képződése között. De ez nem jelenti azt, hogy a korai légkör oxidatív lett volna,

mivel nagyobb mennyiségű  $O_2$  megjelenésének első bizonyítéka csak 2,2 milliárd évvel ez előttről való. Ma a legtöbb kutató egyetért abban, hogy az őslégkör gyengén redukáló lehetett, vagyis főleg  $CO_2$ -ből,  $N_2$ -ből és  $H_2O$ -ból állhatott, elegyítve  $CO$ -dal és  $H_2$ -nel. Megjelenhettek-e az ilyen légkörben a biológiában fontos szerves molekulák?

A cukorképződés kiindulási pontjának számító formaldehid ( $H_2CO$ ) létrejöhetett ilyen légkörben (a ribóz,  $C_5H_{10}O_5$ , öt formaldehidből képződhetett, lásd 2/c). Foszfátok közetek mállásából keletkezhetnek. Amint azt már évekkel ezelőtt megfigyelték, az egyik nukleinsav bázis, az adenin ( $C_5N_5H_5$ ), öt hidrogén-cianidból ( $HCN$ ) is képződhet. Hidrogén-cianid akkor tud képződni a gyengén redukáló légkörben, ha elegendő metán ( $CH_4$ ) van jelen. Ez a feltétel nem összeegyeztethetetlen-e azzal az elképzeléssel, hogy ma inkább a közepes, mint az erősen redukáló légkör elméletét fogadjuk el? Nem igazán. Míg a  $CH_4$  állandó nyomása feltételezhetően nagyon alacsony lehetett, a közép-óceáni vulkanikus hátság kigőzölgéseiből jelentős mennyiségű metán szabadulhatott fel. Még napjainkban is a mélytengeri hasadékok hőforrásaiból kiáramló  $CH_4/CO_2$  arány 1-2 % körüli (lásd 2/d). Figyelembe véve, hogy a korai földképen ennél erősebben redukált lehetett, azt a következtetést vonhatjuk le, hogy hidrogén-cianid és így nukleinsav bázisok is keletkezhettek az ősi Földön.

Valószínű, hogy a korai légkör egy belső (lásd feljebb) és egy külső forrásból származott. Egyesek úgy gondolják, hogy a légkör kialakulásának a meteoritok voltak a főszereplői, mások szerint a Jeges üstökösöknek nagyobb szerep juthatott a folyamatban.

### *2/b Szerves molekulák Földön kívüli eredete*

Juan Oró javasolta először, hogy az üstökösök jelentős mennyiségű szerves anyagot szállíthattak a Földre. Ez a javaslat egyre inkább elfogadható, ahogy több és több ismeretnek

szerezünk a környező, Földön kívüli világokról és történetükről. Szerves vegyületek nem csak a Földön találhatók: felfedezhetőek a csillagközi molekuláris porfelhőkben, a meteoritokban (mint például a széntartalmú kondritokban) és az üstökösökben is. Mára már körülbelül száz csillagközi molekulát azonosítottak a rádiócsillagászat. Figyelemre méltó, hogy az Univerzum leggyakoribb háromatomos molekulája a víz, és leggyakoribb szerves molekulái a formaldehid, valamint a hidrogén-cianid. A legnagyobb molekula, amit eddig azonosítottak, tizenhárom atomból áll ( $HC_{11}N$ ). A legegyszerűbb aminosavat, a glicint ( $H_2N-CH_2-COOH$ ) is megtalálták már a Villágegyetemben.

Ma már tudjuk, hogy hajdanán a molekuláris porfelhők fejlődésük során protoszoláris köddé (nebulává) váltak (amelyből a csillagok születnek). Így fontos kérdés, hogy a csillagközi illékony szerves molekulák mely része őrözhető meg a protoplanetaris csomók (amelyek egyikéből a Föld is képződött) felszínén abszorpcióval. Számítások támasztják alá, hogy a szerves anyagok jelentős része igen nagy valószínűséggel az üstökösökből, és az úgynevezett mikrometeoritokból származik. Az üstökösök valószínűleg a mostani óceánok vízmennyiségének 10-szeresét és a mai légkör gázmennyiségének 1000-szeresét szállították a Földre.

Akkréció (a Nap körüli porkorong csomósodása) alakította ki a belső bolygókat is. A belső bolygók összetétele annyira különbözik a külső bolygókétól (például a Jupitertől és a Szaturnuszétól), hogy ez magyarázatot igényel. A Merkúr túl kicsi, hogy megtartsa egy légkört. A Vénusz túl közel van a Naphoz, így a közetek mállásakor és karbonátok képződésekor a  $CO_2$  nem tudott beépülni a közetekbe: ezért maig nagy sűrűségű és forró légköre van. A forró légkör a  $CO_2$  magas szintje miatti üvegházhatás eredménye. A Földön a hőmérséklet alacsonyabb volt, és így ez kedvezett a  $CO_2$  beépülésnek

a kőzetekbe. Úgy tűnik, hogy a Föld egy Mars méretű planétával történő összeütközése vezetett a Hold kialakulásához, és az eredetileg sűrű légkör egy részének elvesztéséhez. Ugyanis a becsapódó planéta az ütközés során mintegy lefújta a Föld légkörének egy részét. Ez igen fontos lehetett a Föld fejlődésében.

Figyelemreméltó az üstökösök illékony részének és a biológiai szervezetek elemi összetételének hasonlósága. (1. táblázat)

A Föld átlagos összetétele különbözik ezektől, elsődlegesen azért, mert a kőzeteket szilikátok alkotják. Számos szerves molekulát, beleértve a pirimidineket és purinokat (a nukleinsav bázisokat és közeli rokonait) is azonosították már a Halley-üstökösből, de aminosavakat még nem találtak. Egy elképzelés szerint annak idején az üstökösök szerves anyagai az összeütközés vagy légkörön való átjutás során megsemmisülhettek. Azonban ez mégsincs így. Az üstökösök csóvájában lévő por biztonságban és akadály nélkül léphet be a légkörbe, az adszorbeált illékony anyagokkal együtt.

Bár számos meteor mintegy menedéket nyújt sok szerves molekulának (például a purinoknak, pirimidineknek és számos aminosavnak), vitatott még, hogy ezek valóban ilyen módon eljuthattak-e az ősi Földre. Mostanában az 500 mikrométernél kisebb, úgynevezett mikrometeoritok kerültek a tu-

dományos viták középpontjába. Manapság ezek szénzállítása a Földre kb. 500 tonna évente. Ezt az értéket a 4,2-3,9 milliárd évvel ezelőtti 300 millió éves időszakra extrapolálva, az eredmény egy óriási szénbehozatal, amely százötvenszer több, mint a jelenlegi bioszféra szénmennyisége. Mostanra már bonyolult szerves molekulákat is sikerült kimutatni a mikrometeoritokban, így jelentős hozzájárulásuk a korai Föld kémiai evolúciójához tagadhatatlan.

Újabban Guillermo Muñoz Caro és munkatársai kimutatták, hogy ha csillagközi jéghez hasonló anyagot besugároznak ultraibolya fényel, alacsony hőmérsékleten, tizenhat olyan aminosav szintetizálódik, amely előfordul meteoritokban is. Bár kémiai szempontból a kísérlet nem igazán meglepő (a Miller-kísérlethez hasonlóan szabad gyökök létrehozásán és újraegyesítésén alapul), az eredmény tovább támogatja a szerves molekulák Földön kívüli eredetének elméletét.

*2/c Kémiai evolúció az őseslevesben: kiút a káoszból?*

Menjünk vissza Oparin, John Haldane, Urey és John D. Bernal elgondolásaihoz! Ők úgy vélték, hogy a kezdetleges földi körülmények között szerves anyagok szintézise könnyedén végbemehetett. Érdekes, hogy egy német vegyész, Walther Lób számos kísérletet végzett, melyeknek akár prebiológ-

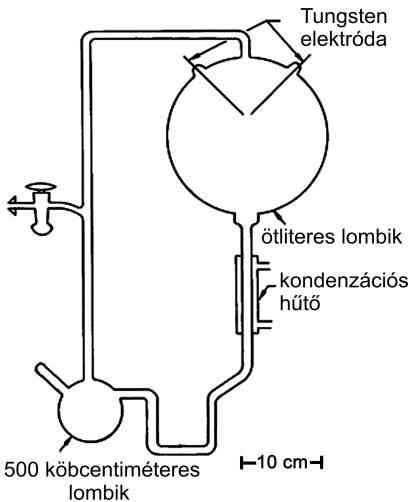
	Baktériumok	Emlősök	Csillagközi jég	Az üstökösök illó frakciója
Hidrogén	63,1	61,6	55	56
Oxigén	29,0	26,0	30	31
Szén	6,4	10,5	13	10
Nitrogén	1,4	2,4	1	2,7
Kén	0,06	0,13	0,8	0,3
Foszfor	0,12	0,13	–	(0,08)
Kalcium	–	0,23	–	–

1. táblázat • Az elemek gyakorisága az élő szervezetekben és az űrben. Az adatok százalékban vannak megadva. Az üstökösök foszfortartalmát az űrben található sűrűségéből számolták.

Delsemme (1998) könyvéből, p. 114.

giai jelentőséget is tulajdoníthatott volna. Rendszerében hideg plazmakisülést használt energiaforrásként, és a gázelegyben  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  és  $\text{NH}_3$  voltak jelen mint reaktánsok. A reakciók végén aldehideket, valamint aminosavakat kapott. Úgy gondolta, hogy kísérletei az autotróf anyagcsere kémiai analógjai lehetnek. Fontos, hogy meg sem említette eredményei összefüggését az élet keletkezésével. Az Oparin-Haldane-hipotézist elsőként igazolni próbáló kísérletet Stanley Miller végezte el 1953-ban, egy most már klasszikusnak számító berendezéssel, ez a 3. ábrán látható (mellékesen, ugyanebben az évben írta le Watson és Crick a DNS-molekula szerkezetét).

A kísérleti eszköz elrendezése szimulálta a víz körforgását, utánozta a korai földi fényviszonyokat, az esőt, az ősi viharokat villámlással, valamint – és ez az, ami igazán lényeges – feltételezte az erősen redukáló légkör jelenlétét. A lombikban spontán végbemenő reakciók végtermékei között megtalálha-



3. ábra • A klasszikus berendezés az „őslevesben” folyó kémiai evolúció vizsgálatához (Miller, 1998). A lombik a tetején redukáló gázokat, alul vizet tartalmaz. Elektromos kisülést a Tungsten elektródákkal állítanak elő.

tóak voltak többek között az aminosavak is. Ez a kísérlet és ennek eredménye mind a mai napig méltán híres. Arra a folyamatra, amelynek eredményeképp az ősóceán biológiailag fontos anyagok komplex keverékévé vált, az ősleves hipotézis néven utaltunk.

Amint megjegyeztük korábban, van egy komoly gond a klasszikus ősleves forgatókönyvvel, mégpedig az, hogy nincs bizonyíték az erősen redukáló kezdetleges légkörre. Meg kellene ismételni a kísérleteket közepesen redukáló vagy nem redukáló körülmények között is! Ha ilyen feltételek mellett végezzük el a kísérleteket, akkor azt a kiábrándító eredményt kapjuk, hogy az aminosavak kitermelése erősen csökken, amint a metánt ( $\text{CH}_4$ ) kicseréljük  $\text{CO}$  vagy  $\text{CO}_2$  gázra, és a szabad  $\text{H}_2$ -t is eltávolítjuk a rendszerből.

Talán több reménnyel kecsegtet az aminosavak  $\text{HCN}$ -ból történő szintézise. Ugyanez a vegyület lehetett fontos a purin bázisok, mint például az adenin szintézisében is. Ekkor ammónia katalizálja az adenin keletkezését. Pirimidin bázisokat is szintetizáltak már így, noha kisebb mennyiségben. A cukorképződés lehetséges útja az Alekszander Mihajlovics Butlerov által 1861-ben felfedezett „formóz reakció”. Ez a reakció változatos méretű cukor bonyolult hálózata, amely a formaldehidet többféle cukormolekulává alakítja: több mint negyven különböző cukor képződhet a formóz reakció során. Még a ribóz, az RNS (ribonukleinsav) építőköve is megjelenhet, igaz, csak kis mennyiségben. A reakció végbemeneteléhez tömény és lúgos oldat szükséges. A másik tényező, amely csökkenti a formóz reakció jelentőségét, hogy a ribóz vízben instabilis. De elképzelhető, hogy az oldatban, az anyagcsereben a képződés és bomlás stacionárius állapota valósul meg. Az ehhez szükséges feltétel természetesen az, hogy a formóz reakció beágyazódjon egy bonyolultabb anyagcserehálózatba. A ribóz várhatóan sokkal inkább keletkezik olyan kísérletekben, ahol a

arginin	porfirinek	riboflavin
lizin	piridoxál	folsav
hisztidin	tiamin	liponsav
egyenes szénláncú zsírsavak		biotin

2. táblázat • Prebiotikus körülmények között sikeresen szintetizált, biológiai fontosságú vegyületek. Miller (1998) nyomán.

cukrokat cukorfoszfátokra cserélik le. Vannak a formóz reakciónak ígéretesebb variánsai, de ezeket később vitatjuk meg (lásd 2/d).

A 2. táblázat olyan biológiai fontos összetevőket mutat, amelyeket eddig nem szintetizáltak Miller-típusú reakciókban. Mindazonáltal az ösleves kísérletek néha látványosan bonyolult, biológiai fontos molekulát is eredményeznek, olyanokat, mint például a pantetein, a koenzim-A előanyaga. A koenzim-A ma az aktivált szerves molekulák, mint például az ecetsav központi szállítója a közti (intermediér) anyagcserében. Három molekula: ciszteamin, b-alanin és a pantoténsav könnyedén képződhetnek és alakulhatnak át panteteinné az ösleves körülményei között.

Összegezve, az ösleves kutatási program fő erőssége az, hogy világosan megmutatta: a biológiai fontos molekulák könnyedén létrejöhetnek megfelelő körülmények között, élő rendszer, enzimek vagy akár gondos, szerves kémiai technikák alkalmazása nélkül is. De hátrányai is jelentősek. Először is, az ösleves elmélet egy mára jelentősen elavult, ösfölddel kapcsolatos koncepcióra alapoz. Másodsor, a kémiai inkompatibilitás (összeférhetetlenség) merül fel akadályként. Noha a szintetizált szerves vegyületek listája a Miller-típusú kísérletekben lenyűgöző, de ezek *eltérő* kísérleti feltételek mellett képződtek. Ha az A anyag szintéziséhez  $\alpha$ , a  $\beta$  anyag szintéziséhez  $\beta$  környezet szükséges, akkor egyáltalán nem magától értődik egy olyan ( $\alpha + \beta$ ) köztes környezet, amely mindkettő szintéziséhez megfelelő: de ha van is, lehet, hogy sokkal inkább C szintézisének kedvez, mint akár A, akár B megjelenésének.

Nem született még meggyőző javaslat, hogy miként jussunk ki ebből a csapdából. Amint azt Günter Wächtershäuser helyesen megállapította, a változatos ösleves-kísérletekben a szintetizált összetevők roppant nagy variációban keletkeznek, ezért tehát az élet kialakulásáról alkotott képünk e megközelítésben „kiút a káoszból”.

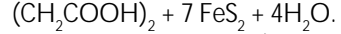
2/d A prebiotikus pizza, avagy rend a rendből

Sokan, köztük a krisztallográfus John D. Bernal, ismételten javasolták az ásványi jelzőszínek, mint például az agyagásványok jelentőségét a prebiológiai evolúcióban, ugyanis ezek döntő szerepet játszhattak a biológiai fontos molekulák képződésében. Újabb Wächtershäuser (1988, 1992) javasolta a felszínhez kötött evolúció egy precízebb változatát, a vas-kén világnak, avagy „prebiotikus pizzának” nevezett elméletet. Megfelelő, pozitív töltéssel borított ásványi felszínek (mint például a piríté vagy a pozitív ionokkal borított agyagásványé) több okból is fontos szerepet játszhattak a biokémiai reakciók megjelenésében: (1) a töltéssel rendelkező felszín adszorbeálni képes a molekulákat, így az előbbi katalizátorként viselkedik, megnövelve a felszínen a molekulák lokális koncentrációját. (2) a polimerizáció termodinamikailag kedvező lehet, mert a víz elhagyja a felszín, és így növeli a környezet entrópiáját, kiegyenlítve a felszíni entrópiacsökkenést. (3) A természetes szelekció dinamikája könnyebben vezethet növekvő komplexitáshoz (lásd 5/c).

A vas-kén világban a reakciók felszínhez kötött molekulák között zajlanak le. A

molekulák negatív töltésű ionjaik segítségével (mint például:  $\text{COO}^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , stb.) kötődnek, mely anionok számos közti anyagcsereterméken ma is megtalálhatóak. A feltételezések szerint minden fontos molekula létrejöhetett a „felszíni anyagcsere” rendszerében. Az így kialakuló reakcióhálózat egy kezdetleges autokatalitikus anyagcsere magját alkothatta. Az ilyen autokatalitikus

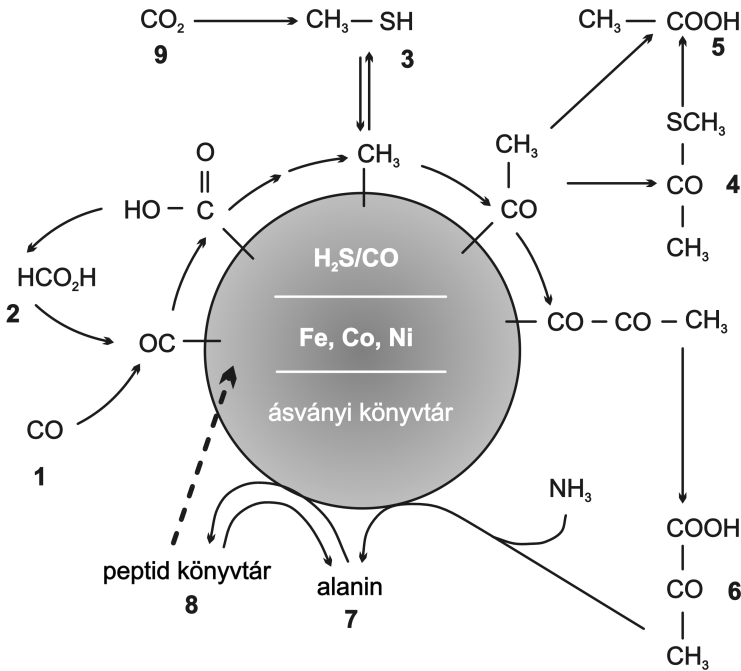
reakciók kémiai energia felhasználásával (ez a kemoautotrófia)  $\text{CO}_2$ -ot fixálnak (kötnek meg). A kemoautotróf elmélet legfontosabb reakciója a  $\text{CO}_2$  fixáció, amely a pirít képződéséhez kapcsolódik:



és energetikailag kedvező reakció (Wächtershäuser, 1998).

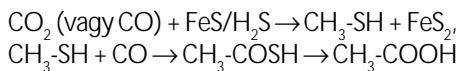
Reakció	Katalizátor	Hőmérséklet	Nyomás
(1) → (2)	(Fe,Ni)S	100C	0,2 Mpa
(1) → (3)	(Fe,Ni)S	100C	0,2 Mpa
(9) → (3)	FeS	100C	0,2 Mpa
(1) → (5)	(Fe,Ni)S	100C	0,2 Mpa
(3) → (4)	(Fe,Ni)S	100C	0,2 Mpa
(2) → (6)	FeS	250C	200 Mpa
(6) → (7)	FeS	100C	0,2 Mpa
(7) → (8)	(Fe,Ni)S	100C	0,2 Mpa

3. táblázat • A 4. ábrán bemutatott hálózat folyamatainak feltételei. Wächtershäuser (2000) nyomán.



4. ábra • A kísérletek bizonyították, hogy magas hőmérsékleten és nagy nyomáson, a vas-kén világ forgatókönyve (Wächtershäuser, 2000) reális lehet. További információ a 3. táblázatban.

A prebiotikus pizza elmélete lehetőséget teremt a kísérleti tesztelésekre. Biztató, hogy egyre több kísérlet támasztja alá a pirit alapú forgatókönyvet, és – amint azt a kísérletek mutatják – a reakciók végbemeneteléhez magasabb hőmérsékletre van szükség. Például a következő reakciót:



már kísérletesen is megerősítették, hozzá (Fe, Ni)S felszint használtak. A 3. táblázatban mutatjuk be a prebiotikus pizza forgatókönyv szerinti, növekvő számú szintetikus reakcióinak listáját.

A 4. ábra a molekulák hálózatát mutatja. Figyelemre méltó, hogy szén-monoxidból peptidok is képződhetnek (aminosavak egymáshoz kapcsolódása és víz kilépése közben). Példának okáért alanin is képződik redukzív aminációval piruvátból (piroszölösavból).

A piroszölösav ( $\text{CH}_3\text{-CO-COOH}$ ) szintézise 250 °C-os hőmérsékleten nagyon meglepő. Ugyanis ismert, hogy a piroszölösav magas hőmérsékletre különösen érzékeny, és 165 °C-os forráspontja körül el is bomlik. Valószínűleg a magas nyomás eredményezi e drámai változást.

Mi lehetett az ősi Földön az ilyen nagy-nomású és magas hőmérsékletű szintézisek természetes környezete? Jack Corliss mára klasszikus javaslata valószínűleg megadja helyes megoldást. A tenger alatti hőforrások vizsgálatával feltártak egy olyan környezetet, amely tulajdonképpen afféle kémiai áramlási reaktor, ahol nagy nyomás és magas hőmérséklet uralkodik, jelen van szénforrás ( $\text{CO}_2/\text{CO}$ ), valamint a redukáló erő (valamilyen formában a hidrogén). Ilyen feltételek mellett pirit is *in situ* képződik.

Az így elgondolt ősi környezet elleni, újra és újra megfogalmazott kritikák azt állítják, hogy a biológiai fontos molekulák a fent említett feltételek mellett inkább elbomlanak,

mint keletkeznek. A 3. táblázatrácáfol ezekre a kritikákra. Az újabb, nagy nyomáson és magas hőmérsékleten végzett kísérletek láthatóan megerősítik ezt az elképzelést. Biztató, hogy a mélytengeri hőforrásokat szimuláló áramlási reaktorban peptidok is képződnek kétértékű fémionok segítségével.

A „tioészter világ” hipotézise egybecseng a vas-kén világgal. A tioészterek olyan molekulák, amelyekben egy tiol ( $\text{R-SH}$ , ahol az R egy szerves vegyületcsoportot jelöl) reagál egy karbonsavval ( $\text{R'-COOH}$ ). Egy vízmolekula szabadon távozik, és kialakul a tioészter. A kötés jelentősége nagy energiájában áll, ezért fel lehet használni más, energia befektetését igényelő reakciókban (például szerves szintézisekben). Ma egy nukleozid-trifoszfát: az ATP szolgáltatja az energiát a legtöbb reakcióhoz az anyagcserében. Figyelemre méltó, hogy az ATP-termelésben szerepet játszó legtöbb ősi biokémiai reakció ma is azt mutatja, hogy tioészterek csaknem a kezdetektől kapcsolatban lehetnek az energiaigényes reakciókkal, és maga az ATP csak később jelent meg. Azt mutatja a 3. táblázat, hogy a metil-tioacetát (egy tioészter) a prebiotikus pizzán is kialakulhatott.

Így most már kevésbé kételkedhetünk abban, hogy az ásványi felszín lényeges és nélkülözhetetlen szerepet játszhatott a kémiai evolúció során. Fontos megemlíteni, hogy találtak egy ásvány katalizálta, cukorfoszfátokat felhasználó formóz reakció változatot (lásd 2/c), mely reakció alacsony koncentrációt és semleges (sem nem savas, sem nem bázikus) körülményeket igényel. Sőt mi több, egyes állítások szerint (Wächtershäuser, 1988) foszfogliceraldehidből és foszfoglikolaldehidből ásványi felszínen pentózfoszfát is képződhet, ami a 4. ábrán látható rendszerben meg is valósulhat. Kevert vegyértékű, kétrétegű fémhidroxid ásványi katalizátorokat alkalmaztak a reakciók során. A  $\text{Fe}^{2+}$ -t bármely kétértékű fém ion helyettesítheti a fő hidroxid rétegben. Figyelemremél-

tó, hogy az így termelődött cukorfoszfátok – éles ellentétben a formóz reakcióban képződött cukrokkal – ellenállnak a hidrolízisnek (~ 5 %-uk hidrolizál tíz hónap alatt), ez a két ásványi felszín közt kialakuló, védelmet nyújtó környezetnek köszönhető.

Talán a nagy nyomást és magas hőmérsékletet igénylő vas-kén forogatókönyv üzenete az, hogy a kémiai átalakulások valószínűleg erősen irányítottak voltak amiatt, hogy az ásványi felszínen csak bizonyos molekulák jöhetnek létre. Eszerint a kezdeti rendezettség láthatóan növekvő rendezettséget hoz létre.

*2/e A prebiotikus palacsinta: nehéz az út az oligonukleotidokig*

A „prebiotikus palacsinta” kifejezés Günter von Kiedrowskitól származik, és arra a mechanizmusra utal, amelyben az építőkövek az öslevesben készülnek el, de a polimerizáció a felszínen történik. A hosszabb oligomerek (néhány cukoregységből, kondenzációval – víz kilépéssel – létrejött molekulák) erősebben kötődnek a felszínhez.

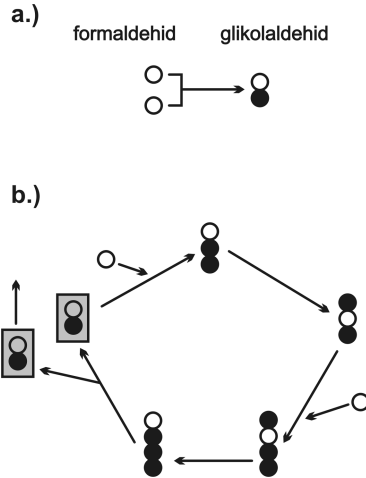
A montmorillonit agyagásvány számos reakció hatékony katalizátora vizes oldatban. Például katalizálja a nukleotidok foszforimidazolidjainak kondenzációját; az adenzinnál a helyes 3'-5' kötés az oldatban ritka, de a felszíni katalízis révén gyakori. Ha az imidazol helyett hatékonyabb aktivátort használtak, mint például az 1-metiladenint, az eredmény akár tizenegy tagú oligonukleotid is lehet, amelynek 84 %-a 3'-5' foszfodiészter kötéssel rendelkezik. Az ilyen oligomerek később primerként is funkcionálhattak hosszabb molekulák szintézisekor. James P. Ferrisnek sikerült meghosszabbítani egy tíztagú molekulát a felszínen aktivált nukleotidok naponkénti hozzáadásával. Így 30-50 tagú molekulakeveréket sikerült nyerniük. Ez figyelemre méltó, ugyanis ez a hosszúság már a legkisebb ismert ribozimek mérettartományába esik.

A templát (minta) irányította nem enzim replikáció nagyon nehéz probléma. A citozinban gazdag templátok jól képesek a másolódásra, mely komplementer oligonukleotidokat termel. De a másolat nem tudja önmagát másolni a továbbiakban, mivel a másolat rosszabb templát, mint az eredeti. Egyesek valamilyen „kifinomult katalizátort” tartanának kívánatosnak – egyszerűbben szólva valamiféle enzimet a (pre-)RNS-világban.

### 3. A KÉMIAI ÉS A BIOLÓGIAI EVOLÚCIÓ KAPCSOLATA

*3/a Az autokatalízis*

Nem triviális dolog, hogy az élő sejtek anyagcsere-alrendszere képes biztosítani a genetikai anyag replikációjához szükséges megfelelő építőköveket. Az anyagcsere önálló, saját „életet él”, és ezt az autokatalízis biztosítja. A



*5. ábra • A formóz reakció, amely valójában az autokatalitikus cukorképzés komplex hálózata. (a) Az autokatalitikus mag „spontán képződése” nagyon lassú folyamat. (b) A hálózat autokatalitikus magja. Minden kör egy szénatomot tartalmazó csoportot jelent.*

replikáció kémiai alapja az autokatalízis (A katlizálja az új A keletkezését az előanyagokból), és az autokatalízis valamilyen értelemben mindig replikációhoz vezet. Az öröklődés az információ replikációjára (szaporodására) támaszkodik, ahol is az autokatalízisnek különböző formái lehetnek. Lehetségesek-e olyan anyagcsere alapú replikátorok, amelyek információt is képesek átörökíteni (replikálni) (információs anyagcsere-replikátorok)? A legegyszerűbb önreplikáló (önmásoló) molekula, amely ebben az összefüggésben lényeges, ismereteim szerint a glikolaldehid, amely a formóz reakció autokatalitikus magja (5. ábra; lásd 2/c) is egyben.

Sokan úgy vélik, hogy ez a rendszer fontos lehetett az élet eredetében, noha mások kételkednek benne. Bárhogy is van, nem ismert, hogy vajon ilyen rendszerek egyszerűen csak léteznek-e, vagy alá is vetik magukat a természetes szelekció által hajtott evolúciós lépéseknek, ami azonban örökletes változékonyságot igényel.

Vajon egy ilyen rendszerben van-e öröklődés? Ez még nyitott kérdés, amelyet mind elméletileg, mind kísérletesen meg kell vizsgálni. Az biztos, hogy az olyan kis szerves molekulák, amelyek autokatalitikus ciklusba szerveződtek (úgy mint a Calvin-ciklus és a redukív citromsav-ciklus – mindkét folyamat széndioxidot fixál, az egyik a növényekben, a másik egyes baktériumokban), szerepet játszhattak a korai kémiai evolúcióban. Wächtershäuser (1992) szerint a redukív citromsav-ciklus ősi változata létezhetett és elterjedhetett a pirit felszínén.

### 3/b Öröklődés és evolúció az anyagcsere rendszereiben?

Nem ismerjük a formóz reakcióban szereplő glikolaldehid replikálható, alternatív formáját. A ciklus intermedierjeinek (köztitermékeinek) kémiai azonossága változhat ugyan, de a legtöbb ilyen változás a rendszer átmeneti fluktuációit, vagy egyszerűen a rendszer ki-

merülését fogja eredményezni. Még akkor is, ha az efféle ciklusokban az öröklődés lehetséges, az örökletes változékonyság várhatóan nagyon ritka, pontosabban ez az, amit a biológusok „makromutációnak” hívnak: ilyenkor nagy ritkán mégis bekövetkezik egy nagyobb változás. Az öröklődés, ha lehetséges egyáltalán, korlátolt típusú lesz (Szathmáry – Maynard Smith, 1997). Általános, akkor valósul meg a korlátolt öröklődés, ha a típusok száma kisebb, mint az egyedek száma az adott rendszerben. Ilyen körülmények között a természetes szelekció általi evolúció hamarosan leáll.

Más szempontból nézve, a modularitás (építőegységekből való felépülés) hiánya jellemző az ilyen replikátorokban. A DNS másolódása a modulok szekvenciális (sorozatos) hozzáadásával történik, a komplementer (kiegészítő) modulok szembeülnek a szülői szálon levő modulokkal. Ezzel szemben a replikáció „processzív” vagy „holisztikus” módja olyan replikációs folyamatra utal, ahol – a DNS-sel ellentétben – nincs értelme azt mondani, hogy az például „félíg kész”, mert a holisztikus replikáció a kémiai átalakulások egy teljes sorozatát igényli, amíg az eredeti molekula helyett meg nem jelenik két azonos (vö. 5. ábra).

Végül van még egy másik fontos aspektus, mégpedig az, hogy az ilyen öröklődés a kémiai reakciók hálózatának dinamikai természetén alapul. Eszerint az öröklődésnek stabilis dinamikai állapotnak kell lennie. Az ilyen öröklődésű rendszert hívják úgy, hogy „steady state” vagy „attraktor típusú” rendszer (Szathmáry, 2000). A kérdés, hogy miként tud az evolúció az ilyen egyszerű replikátoroktól valamilyen RNS-szerű replikátorokig eljutni. Nem tudjuk még.

### 3/c Autokatalitikus fehérje hálózatok?

Az „agyagcsere” megközelítésének másik módja a visszaható, körkörös topológiájú autokatalitikus fehérje hálózatokon alapul,

amint azt Manfred Eigen (1971), Freeman Dyson és Stuart Kauffman leírták. Ezek a hálózatok az oligo- és polipeptidek egymásba alakulásán alapulnak, amit saját maguk a peptidek katalizálnak. Ha adott egy megfelelő aminosavforrás („táplálék”), akkor egy ilyen rendszer autokatalitikusan növekedhet. Vegyük észre, hogy ez a rendszer moduláris, de még attraktor alapú, mert a peptidek általában nem képesek templát replikációra, mint a nukleinsavak. Van ebben az elképzelésben két kisebb probléma. Először is, bármely peptid által katalizált *különböző* reakciók megkövetelt száma a hálózatban valószínűtlenül magas. Másodszer, a szerzők csak a potenciálisan hasznos reakciók katalízisét vették figyelembe. Sajnos, a lehetséges reakciók többsége mindig kivezet a rendszerből. Annak érdekében, hogy a katalízis körbezáródjék, relatíve *nagy* hálózattal kell rendelkezünk. Viszont minél nagyobb a hálózat, annál nagyobb a kedvezőtlen mellékreakciók várható száma, s ez a tény kisebb méretű rendszerek felé billentené a mérleget. Világosan látható, hogy a két követelmény ellentmond egymásnak: ugyanaz a rendszer nemigen lehet egyszerre kicsi és nagy is. Nincs kielégítő megoldás a problémára, de vegyük észre, hogy ez az összes anyagcsere-elméletre igaz (Szathmáry, 2000; Orgel, 2000).

### *3/d Autokatalitikus oligonukleotid hálózatok?*

Egy másik példa az attraktor alapú, de moduláris replikátorokra az RNS-molekulák populációja lehetne. Ezek csak úgy lennének képesek replikációra, hogy a monomerek összekapcsolódásához kölcsönös, heterokatalitikus segítséget nyújtanának egymásnak. Az ilyen hálózatok köztes állapotot jelentenének a holisztikus replikátorok és az RNS-világ információs rendszerei között (lásd 4.); realitásuk kérdéses.

### *3/e Membránöröklődés és a lipid világ*

Harold J. Morowitz felvetette az öröklődő membrán replikátorok szerepét a korai evolúcióban. A chemoton membránja is egy autokatalitikusan növekedő alrendszer. Újabban Daniel Segré és munkatársai (2001) dolgozták ki ennek az elméletnek az eddiginél egy sokkal kifinomultabb formáját, a „lipid világ” forgatókönyvet. Rendszerük első megközelítésben jól tükrözi a visszaható autokatalitikus fehérjehálózatok lipidekre irt változatát (lásd 3. c). Van azonban két lényeges különbség: a Segré-féle hipotetikus rendszer holisztikus és térben korlátozott. Gyakorlatilag a lipid összetevők vezikulákat képeznek. A zártág nagyon fontos dinamikai következménnyel jár: a vezikulát alkotó lipidek az összes lehetséges lipideknek csak kis hányadát teszik ki, köszönhetően a vezikula véges méretének. A szimulációk megmutatták, hogy ez a mintavételezés előmozdítja az öröklődési folyamatot. Ismételten visszajutottunk ahhoz a problémához, hogy nem tudjuk megmondani, vajon a bonyolult lipid replikátorok működőképese-e. Mindenesetre a mellékreakciók problémája még nem megoldott ebben a rendszerben sem.

Fogas kérdés, hogy honnan származhattak a lipidvilág összetevői? Ha a megfelelő lipidek megjelentek, akkor ön-összeszerelődésen mehettek keresztül, és így (többek között) eljuthattak a membránszerkezetig. Természetesen a membránképződéséhez szükség volt arra is, hogy rendelkezésre álljanak a megfelelő molekulák. A meteoritok megfelelő forrásai lehettek a Földön kívülről érkező, vízkedvelő és víztaszító résszel egyaránt rendelkező (amfipatikus) molekuláknak. David Deamer kimutatta, hogy a szenes kondritok extraktumai – megfelelő feltételek mellett – képesek vezikulákat létrehozni. Ennek az elképzelésnek hátránya, hogy a Murchinson-meteoritban talált hosszú láncú szénhidrogének, úgy tűnik, földi eredetű

szennyeződés eredményei. Meggyőző mechanizmust az ilyen molekulák földi eredetére még nem ismerünk. De elképzelhető, hogy számos kedvező, felszín-katalizálta reakciókat találunk a jövőben.

#### 4. DIGITÁLIS INFORMÁCIÓ-TÁROLÁS ÉS AZ RNS-VILÁG

##### *4/a Korlátlan öröklődési rendszerek*

Minden bizonnyal a hosszabb, moduláris replikátorfajtákat meg kellett hogy előzzék a rövidebbek. A legelső vizsgálatokat Günter von Kiedrowski vezette 1986-ban. Sikerült szintetizálnia egy mesterséges hexadezoxinukleotid analógot, amely enzimatikus segítség nélkül tudott replikálódni (másolódni). Sok hasonló – azóta sikeresen bevált – replikátort terveztek már. Ezek az eredmények fontosak, mert megmutatják, hogy valóban létezhet molekuláris önreplikáció (önmásolás). Ezek azonban nem alkalmazhatóak azonnal az élet keletkezésére, mert a molekulák olyan összetevőket tartalmaztak, amelyek prebiotikus szintézise nem ismeretes. Bár ezeknek a molekuláknak a replikációja moduláris, az öröklődés mégis korlátozott, ugyanis a kis méret korlátozza a lehetséges típusok (szekvenciák) számát. A korlátlan öröklődés határát a vírusok (genom) mérettartományánál érjük el.

Az információátvitel digitális természetű megengedi a nukleinsavakban a mikroevolúciót, valamint azt, hogy a korlátlan öröklődésből kifolyólag az evolúció genetikai megszorítás nélkül végbemehessen. Korlátlan öröklődésen azt értjük, hogy a lehetséges típusok száma (szekvenciák száma) sokkal több, mint az egyedek száma az adott rendszerben. Képzeljünk el egy kétszáz monomertől (nukleotidtól) álló RNS-molekulát (nagyjából háromszorosa a szállító RNS-nek). Ez  $4^{200}$ , ami kb.  $10^{120}$  lehetséges szekvencia. Nem tudnánk felépíteni olyan múzeumot,

amelyben ki tudnánk állítani a  $10^{120}$  összes lehetséges szekvencia egy-egy példányát, még az általunk észlelhető Univerzumban rendelkezésre álló összes anyag felhasználásával sem (vö. Eigen, 1971). Egy másik megközelítés, ha elképzelünk egy szekvenciateret, ahová az összes lehetséges genom elhelyezhető  $10^9$  hosszúságig (ez az emberi genom mérete). Egy ilyen sokdimenziós térben, minden pont egy polinukleotid szekvenciának felel meg, és egy adott szekvencia közvetlen szomszédjai a csak egy nukleotid eltérést (mutációt) tartalmazó szekvenciák. Képzeljük el továbbá, hogy kezdetben ez a tér teljesen sötét. Amikor egy organizmus megjelenik, a genom szekvenciájának megfelelő helyen a szekvenciaterben kigyullad egy villanykörte, attól függetlenül, hogy nagy vagy kicsi genommérettel rendelkezik az adott élőlény, illetve hogy a földtörténet során mikor jelent meg. Miután meggyulladt a Földön valaha élt összes élőlény valamennyi egyedének körtéje, a szekvenciater gyakorlatilag még mindig sötétben marad. Ez összemérhető a fizikai tér ürességével az Univerzum skáláján.

##### *4/b Ribozimek és az RNS-világ*

Az RNS-világ fogalmának megalkotása Walter Gilbert nevéhez fűződik, aki visszanyúlt Carl Woese (1967), Leslie Orgel (1968) és Francis Crick (1968) hatvanas évekbeli munkáihoz, akik felismerték, hogy az RNS-ek is lehetnek katalizátorok. Hiszen ezek is makromolekulák, kémiaileg különböző funkciócsoportokkal rendelkező építőkövekből állnak, és saját szekvenciájuk által kódolt globuláris, háromdimenziós szerkezetük van. Így az RNS-ek katalizátorokként is és genetikai információhordozóként is hasznosulhattak. Ennek mindaddig kevés figyelmet szenteltek, amíg a nyolcvanas évek elején fel nem fedezték az első ma létező katalitikus RNS-eket (ribozimeket). Majdnem minden létező természetes ribozim egy másik RNS-t

alakít át a katalitikus reakcióban; ezért sokáig nyitott kérdés volt, hogy vajon lehet-e a ribozim általános katalizátor. Az *in vitro* genetika az előre meghatározott funkciókra mesterségesen szelektált ribozimek előállításával meggyőző bizonyítékát szolgáltatotta annak az elképzelésnek, hogy a ribozimek ősi anyagcsere-folyamatokat is gyorsíthattak. (4. táblázat)

Három nagy gond merül fel ezzel kapcsolatban. Az első, hogy senki sem tudja, honnan származnak az RNS-ek. Ezek ugyanis túl bonyolult felépítésű molekulák az ősi kémiai reakciókhoz képest. Bizonytalanná teszi az elképzelést, hogy nem tudjuk, milyen mértékű rendet feltételezzünk az RNS-világ megjelenése előtti kémiai reakciókészletben. Gerald F. Joyce felhívta a figyelmet rá,

mekkora bajjal járhatott a kémiai öskáosz. Alapvetően a nukleotidok minden összetevője a lehetséges összes változatban megjelenhetett, de ennek csak egy kis része szereplő lehetett volna össze megfelelő nukleotidokká, amelyek a funkcionális replikátorok építőkövei. Amint láttuk, a felszíni anyagcsere csökkentette a cukrok sokféleségét: példának okáért a ribóz főleg ribóz-2,4-difoszfát formájában volt jelen. Az előnyben részesített, helyes 3'-5' irányban kapcsolódott nukleotid maradványok létrejöttét az agyag katalizálhatta. Mások úgy vélik, hogy az egyszerű cukor összetevőknek, mint például treóznak (6. ábra), jelentős szerep juthatott a korai replikátorok felépítésében. Egyszerű felépítésűek, nincs sok változatuk; korlátozott számú helyzetben (irányban)

Kialakított kötés <sup>b</sup>	Távozó csoport	A ribozim aktivitása
-O-PO <sub>3</sub> -	5'-RNA	Foszfodiészter hasítás <sup>c</sup>
HO-PO <sub>3</sub> -		Ciklikus foszfát hidrolízise <sup>c</sup>
-O-PO <sub>3</sub> -	PP <sub>i</sub>	RNS ligáció
-O-PO <sub>3</sub> -	PP <sub>i</sub>	Korlátos polimerizáció
-O-PO <sub>3</sub> -	AMP	RNS ligáció
-O-PO <sub>3</sub> -	ADP	RNS foszforiláció
-O-PO <sub>3</sub> -	Imidizole	Tetrafoszfát sapka képzése
-O-PO <sub>3</sub> -	Rpp <sup>d</sup>	Foszfát anhidrid transzfer és hidrolízis
-O-PO <sub>3</sub> <	PP <sub>i</sub>	RNS elágaztatása
-O-CO-	AMP	RNA aminoacilálása
-O-CO-	3'-RNA	Acil transzfer
-O-CO-	AMP	Acil transzfer
-HN-CO-	3'-RNA	Amid kötés kialakítása
-HN-CO-	AMP	Peptid kötés kialakítása
>N-CH <sub>2</sub> -	I	RNS alkiláció
-S-CH <sub>2</sub> -	Br	Thio alkylation
>HC-CH<		Diels-Alder addíció (antracén-maleimid)
>N-CH<	PP <sub>i</sub>	Glikozidos kötés képzése
		Hidas bifenil izomerizációja
		Porfirin metiláció

<sup>a</sup>Ezeket az aktivitásokat DNS és egyéb RNS-analógok készletéből is izolálták.

<sup>b</sup>A támadó nukleofil balra van. A kialakított kötetést (-) jelöli.

A szomszédos, egy (-) vagy kettő (< vagy >) atomhoz vezető kötések jelöltük.

<sup>c</sup>A katalízis az RNS újfajta feltekeredésének köszönhető.

<sup>d</sup>Az R nagyszámú különböző csoport bármelyike lehet.

4. táblázat • Néhány újonnan *in vitro* szelektált ribozim<sup>a</sup>, Bartel és Unrau nyomán (1999).

képesek reagálni más molekulákkal; és könnyedén alakulnak ki a formóz reakcióban. Sőt mi több – ami igazán vonzó a treóz nukleinsavban –, nemcsak saját magával, hanem az RNS-sel is képes bázispárosodásra.

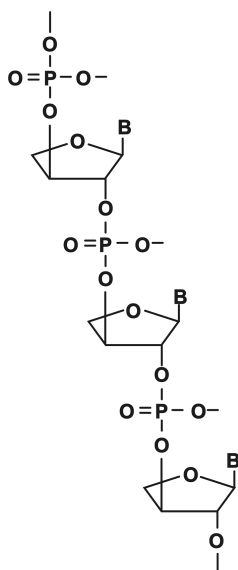
A másik probléma az enantiomer párok keresztgátlása. Ez a biológiailag fontos molekulák homokiralitásának átfogó kérdéskörével van összefüggésben. Sok szerves molekula olyan párokban létezik, amelyek egymásnak tükörképei (jobb- és balkezes molekulák). Jellemzően az élő rendszerek csak a tükörképi pár egyik tagját használják, ezt nevezik homokiralitásnak (egyöntetű kiralitással rendelkezőnek). Az RNS is királis molekula, az építőkövei jobbkezesek. A jobb- és balkezes építőelemek keveréke gátolja a homokiralis templát (minta) molekula replikációját. Ezért sokan nem királis RNS elődöt javasoltak, de erre a szerepre még hiányzik a prebiológiailag elfogadható jelölt.

A harmadik probléma, hogy az RNS nem önreplikátor. Manapság fehérje replikáz szük-

séges még a közepes hosszúságú RNS-ek replikációjához is. Egy replikáz ribozim megoldhatná ezt a problémát, de eddig még senkinek sem sikerült ilyet készíteni. A jelenleg rendelkezésre álló legjobb RNS-polimeráz ribozim kb. kétszáz nukleotid hosszú, ez tizennégy nukleotidot képes templát irányította módon a primerhez adni 24 óra leforgása alatt, nukleotidonkénti 97 %-os átlagos másolási hűséggel. Nyilvánvalóan, egy ilyen ribozim nem tudja a saját replikációját katalizálni. Amint majd látható az 5/b-ben, ez a másolási hűség csak egy negyven tagból álló populáció fenntartásához elegendő. De vajon tud-e egy ilyen rövid RNS aktív polimerázként funkcionálni? Elégkétséges. Még akkor is, ha képesek lennének ilyen rövid, de hatékony polimerázokat szelektálni, a templát és a másolati szál szétválásztása további bonyodalmakat okozna. Egy valódi önreplikáló RNS előállítása gigászi feladványnak látszik.

A fent említett nehézségek miatt mindaz, amit el tudunk képzelni, az egy RNS-hez hasonló, katalitikus aktivitással rendelkező pre-RNS-világ, amelyből aztán az RNS-világ könnyedén kifejlődhetett. Szomorú, de még egy ilyen világ megértésekor is korlátokba ütközünk.

Mit tudhatunk az RNS irányította anyagcseréről? A 4. táblázat előre vetíti annak lehetőségét, hogy a ribozimek segítségével eljuthatunk egy teljes összejt (elősejt) anyagcseréjéhez. Egyik nyilvánvaló feltétele ennek, hogy az RNS katalizálnia tudja egyszerű nyersanyagokból saját keletkezését. Pillanatnyilag nincs még ribózt, purint és pirimidint egyszerű molekulákból előállítani képes ribozimünk, de már ismertek olyanok, amelyek helyesen illesztik össze e három összetevőt nukleotiddá. Ez figyelemreméltó, mivel ez a prebiotikus kémia egyik közismerten nehéz reakciója volt hosszú időn át. Az RNS-szintézis további reakcióira van már ribozimünk, kivéve a „Szent Grált”, azaz az RNS-replikációt magát.



6. ábra • A treóz nukleinsav (TNA) az RNS lehetséges korai analógja (Joyce-tól, 2002).

## 4/c A szükséges kémiai környezet

A replikátorok tárgyalása során sokszor megtörténik, hogy figyelembe sem vesszük azt a környezetet, ahol a replikáció lejátszódik. Ez követi a klasszikus anatómiai-fiziológiai hagyományokat, ahol szembeötlő az ökológiai szemlélet hiánya. Itt az idő, hogy helyrehozzuk ezt a hibát! A sok zavarás gátolja a replikációt a kémiai rendszerekben. Triviális, hogy ha a molekuláris replikátorok építőköveit elveszjük, akkor a replikáció nem megy végbe, és a spontán bomlás irányába tolódik el a rendszer egyensúlya. De a kémiai környezetet sokkal inkább korlátok közé kell szorítanunk: ha a mellékreakciók erősen megterhelik a rendszert, a szükséges építőelemek elmerülnek a mérgek tengerében, s a végeredmény csak a replikátorok kihalása lehet.

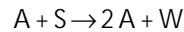
A korai replikátorok evolúciójának egyik legfőbb problémája, hogy a múltban rendelkezésre állt-e a szükséges kémiai környezet (Szathmáry, 2002). Ma a nukleinsav replikáció a sejten belüli bonyolult kémiai környezetben zajlik. Még ha az őseves, mint olyan, létezett is, az élő rendszerek hamar felélték volna. Ezért a kiterjedő, felszín irányította kémiai rendszer elmélete (lásd 2/d) első pillantásra tetszetős kép, mert ez a rendszer megfelelő környezetet szolgáltatott a reakcióknak (lásd Orgel kétségeit ezzel kapcsolatban, 2000). Nagyon sok ilyen elrendezésű kísérletre van még szükség, ezért izgalmas időszaknak nézünk elébe.

## 5. AZ ÉLET KELETKEZÉSÉNEK DINAMIKAI KÉRDÉSEI

## 5/a Nem enzimatisz replikátorok növekedése és együttlése

Fentebb megvitattuk, hogy a korai replikációt enzimatisz segítség nélkül kellett megoldani, és megemlítettük az ebből következő szelektívási és a szálak szétválási problémát

is. Von Kiedrowski elegáns, de részleges megoldása: a rövid molekulák segítségül hívása. Ebben az esetben a templát (minta) és a másolat spontán elválnak (disszociálnak) egymástól, és kezdődhet előlről a következő replikációs ciklus. Von Kiedrowski meglepő módon azt találta (Kiedrowski, 1986), hogy a mesterséges replikátorok növekedési kinetikája (a gyarapodás reakciósebessége) lassabb az exponenciálisnál (vagyis szubexponenciális, illetve parabolikus). Ennek a természetes szelekció dinamikájára vonatkozóan van egy fontos következménye. Azért, hogy megértsük ezt a témát, bemutatunk most egy egyszerű modellt (vö. Szathmáry – Maynard Smith, 1997). A szaporodás leg-egyszerűbb esete, a szülőobjektum kettéosztódása, amelynek sztöchiometrikus formája:



ahol  $A$  a replikátort és  $S$  valamint  $W$  rendre a forrás és hulladék anyagokat jelöli. Az összekapcsolt kinetikai egyenlet malthusi populációnövekedést ír le:

$$\frac{dx}{dt} = \dot{x} = kx \quad (1)$$

ahol az  $x$  (az  $A$  koncentrációjának) növekedése exponenciális, állandó értéken tartott fejenkénti  $k$  rátával (amely magába foglalja az állandónak vett  $S$  koncentrációt is). Amikor a két replikátor együtt van egy rendszerben, és különböző növekedési állandóval rendelkeznek, akkor a magasabb  $k$  értékű túlnövi, kiszorítja a másikat. Ez természetesen elemi dolog, de didaktikai okokból csak a növekvő koncentrációk arányában fejezzük ki:

$$\frac{x_1(t)}{x_2(t)} = \frac{x_1(0)e^{k_1 t}}{x_2(0)e^{k_2 t}} = Ce^{gt} \quad (2)$$

$$g = k_1 - k_2 > 0$$

Ami azt mutatja, hogy egy szabadon növekvő rendszerben a rosszabb növekedésű populáció végül kihígul. Ez a „rátermettebb túlélésének” nagyon egyszerű leírása.

Parabolikus növekedésről beszélünk, ha az egyenlet

$$\dot{x} = kx^p. \quad (3)$$

alakú, és  $0 < p < 1$ . A megoldás  $p=1/2$  esetén:

$$x(t) = [kt/2 + x^{1/2}(0)]^2. \quad (4)$$

A parabolikus növekedés az összes résztvevő túlélését eredményezi egy versengő situációban. Hogy ezt lássuk is, tekintsük a két replikátor relatív koncentrációjának alakulását:

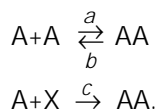
$$\frac{x_1(t)}{x_2(t)} = \frac{[\sqrt{x_1(0)} + k_1 t/2]^2}{[\sqrt{x_2(0)} + k_2 t/2]^2}, \quad (5)$$

aminek a határértéke:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{x_1(t)}{x_2(t)} = \frac{k_1^2}{k_2^2} \quad (6)$$

Így a „mindenki túlélése” (Szathmáry, 1991a.) megvalósul, amint azt szelekciós egyenletekkel Szathmáry és Gladkih 1989-ben megmutatták.

Az ok, amiért a von Kiedrowski-típusú replikátorok parabolikus növekedést mutatnak, a következő. Tegyük fel, hogy a templát molekula Areagál a nyersanyagokkal, ennek eredményeként az A-ról másolat készül, és a templáthoz asszociáltan marad:



Fontos feltétel a konstansok arányának elrendezése:  $a > b > c$ , vagyis a két templát molekula gyorsabban asszociál, mint ahogy disszociál, és a replikáció a leglassabb reakció. Megjegyezzük, hogy a másolás közvetlen eredményeként a másolódásra képtelen AA komplex jön létre. Így a replikáció ezen útja önkorlátozó; minél magasabb az A kon-

centrációja, annál erősebb az önkorlátozás. Megjegyezzük továbbá, hogy a replikáció típusa konzervatív: a molekulakomplex a replikációt követően régi és újonnan szintetizált szára oszlik. A minta és a másolat pontosan ugyanolyan szerkezetű, *egyszersmind* egymásnak komplementerei is (ez palindrom szekvencia esetén valósítható meg, azaz oda- és visszafele olvasva ugyanaz a jelentése).

Világos a fenti reakció-elrendezésből, hogy a replikáció sebességét a szabad A koncentrációja határozza meg. Amint az A és AA összes koncentrációja (rendre  $x$  és  $y$ ) elég nagy, a képződés elhanyagolható, mert az asszociáció erősebb, mint a disszociáció. Az AA képződése és disszociációja közelítőleg egyensúlyi, így

$$ax^2 \approx by, \quad x \approx \sqrt{by/a} \approx \rho \sqrt{z}, \quad z = x+y, \quad (7)$$

és ezért

$$\frac{dz}{dt} = \dot{z} = kz^{1/2} \quad (8)$$

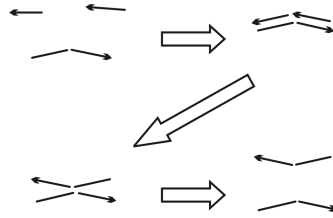
ami formailag megegyezik a (3) egyenlettel, ahol  $p=0,5$

Időközben számos, mások által készített replikátorról is bebizonyosodott, hogy hasonló növekedési dinamikával rendelkezik (von Kiedrowski ismertetője, 1999), például Julius Rebek (1994) és Dirk Sievers és von Kiedrowski (a második esetben egyszálú templátok vannak, de ezek nem ön-komplementerek). A legegyszerűbb replikátorok fent említett parabolikus növekedését leíró kinetikai modellt részletesen von Kiedrowski dolgozta ki 1993-ban, amiből látszik, hogy az összes replikátorfajta túlélése meglehetősen robusztus tulajdonsága a modelnek.

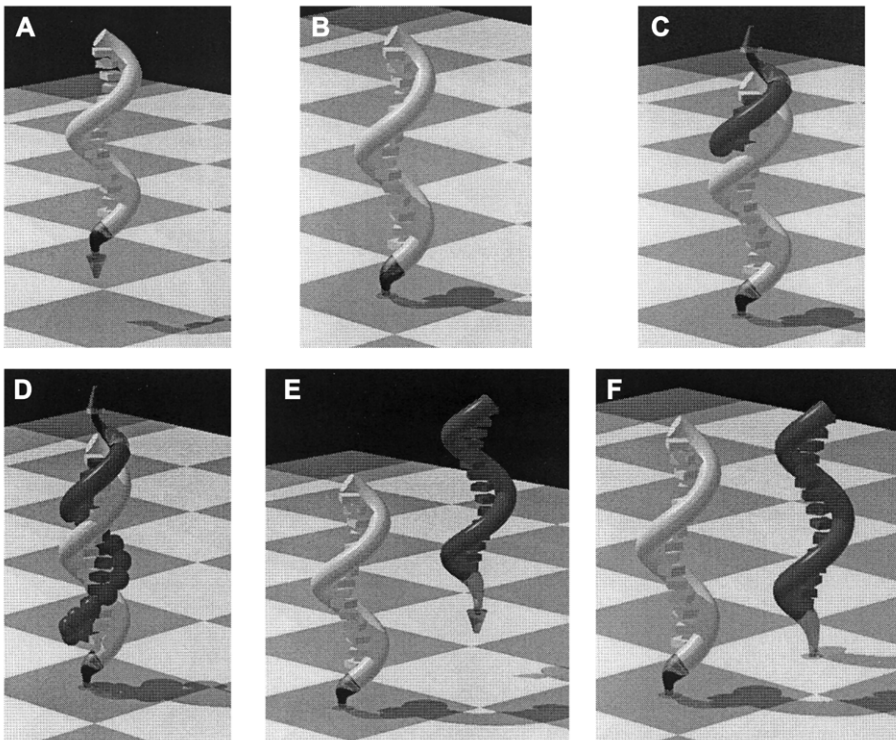
A prebiotikus evolúció egyik fontos lépése volt az exponenciálisan növekvő replikátorok megjelenése. Roy Issac és Jean Chmielewski alkottak egy peptid alapú replikátort, amelynél  $p=0,9$ . Hogy lehetséges ez? A 7. ábra megadja a magyarázat alapját.

A minta és a másolat egy konformációs kényszer folytán mintegy „elrúgják magukat egymástól” az új szál szintézisének befejeztével.

Mód nyílik-e valahogy a rátermettebb replikátorok szelekciójára? Von Kiedrowski és Szathmáry (2000) fölvetették annak lehetőségét, hogy a kromatográfiás szelekció ki tudná választani a legrátermettebb (azaz a legnagyobb  $k$ -val rendelkező) replikátort. Képzeljünk el egy kétszálú molekulát (olyat, mint az AA), ami erősebben kötődik a kromatográfiás felszínéhez, mint az egyszálú (A). Ez az előfeltevés kézenfekvőnek tűnik. A kiáramlás miatt az egyszálúaknak általában



7. ábra • Majdnem exponenciálisan növekedő mesterséges replikátorok. A kialakuló termék molekuláris „gimnasztikája” csökkenti a termék általi gátlást: a komplex könnyebben esik szét, mint más esetekben. Meglepő, hogy ez megvalósítható peptid replikátorokkal is.



8. ábra • Von Kiedrowski SPREAD eljárása: a templátok exponenciális gyarapítása a felszín segítségével (Luther és *mstai*, 1998). (a) a templát (sárga) a reakció végéről származik. (b) a templát lehorgonyoz a felszínen. (c) a másolat (piros) szintézise: a lehorgonyzó vége a felszínnel ellentétesen van. (d) a másolás befejezése. (e) a szálak szétválása után a másolat kész arra, hogy a felszínhez kapcsolódjon. (f) a templát és a másolat felszín segítségével választódik el egymástól, így mindketten új replikációba kezhetnek.

nagyobb lesz a kifolyási rátája, mint a kétszálúaknak. A számítások megmutatják, hogy ilyen feltételek mellett akkor is szelekció folyik a  $k$  érték maximalizálásra, ha egyébként egyöntetű oldatban mindenki túlélne a parabolikus növekedési hajlam miatt.

Von Kiedrowski (Luther et al., 1998) SPREAD eljárása sem nem önálló, sem nem enzimatisz felületen közvetítette exponenciális templát replikációs folyamatot. Ha minden templát az egyik végével a felszínhez kötődik, és a másolatok is lehetőség szerint kötődhetnek a felszínhez a replikáció befejeztével, akkor ez szükségszerűen elvezet a replikátorok számának „generációnkénti” megduplázódásához (8. ábra). Az egyik fő cél a rendszer prebiológiai rokonainak kidolgozása.

#### 5/b A replikáció hibaküszöbe és az Eigen-paradoxon

A kísérletek többsége a strukturális vizsgálatok területére koncentrálódik. Manfred Eigen (1971) úttörő munkásságát követően azonban tudjuk, hogy az időbeli dinamikát nem lehet figyelmen kívül hagyni. Ő világított rá az élet eredetének egyik legfontosabb problémájára, amelyet ma úgy ismerünk, mint Eigen paradoxonát (egy másik kifejezés a „22-es csapdája”). A replikátorok mindig korlátozott pontossággal másolódnak. Mutációnak hívják a nukleotidok pontatlan beépülését a nukleinsavakba. A jelenlegi nukleinsav-replikáció hibája replikációnként és nukleotidonként  $10^{-4}$  és  $10^{-8}$  között van. A replikáció kezdetben sokkal pontatlanabb volt, a hiba gyakorisága talán túllépte a  $10^{-2}$ /nukleotid/replikáció értéket. A bökkenő az, hogy a mutációs teher a szelekció által korlátozza a fenntartható genom méretét. Ezért a kezdetleges nukleinsavszereű molekulák nem lehetnek hosszabbak, mint kb. száz nukleotid, ami megfelel a jelenlegi tRNS-ek méretének. Ez a méret éppen egy rövid génhez elegendő, következésképp igen régen a géneknek kü-

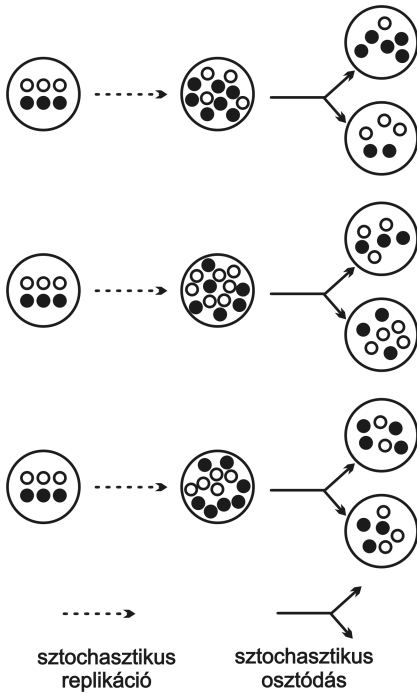
lönálló egységeknek (különálló nukleinsav daraboknak) kellett lenniük. De ha különállóak, akkor képesek lehetnek egymás közötti versengésre (a gének között a szekvenzában, a háromdimenziós szerkezetben és ebből következően a replikációs sebességben volt különbség), ezért a feldarabolt genom ötlete bizonytalan koncepciónak tűnik.

#### 5/c Természetes szelekció és populáció szerkezete

Az Eigen-paradoxon számos megoldását javasolták már, mindegyiknek lényeges eleme, hogy a populáció valamilyenfajta szerkezettel rendelkezik (nem egyöntetű). A legegyszerűbb, és talán a legkorábbi megoldás a replikátorok felszínhez kötött dinamikája. Ekkor a felszínen adszorbeálódott gének csak a szomszédokkal kerülnek kapcsolatba, a különböző gének együttélése így lehetségessé válik. Ennek intuitív magyarázata, hogy a lassabb replikációs rátával rendelkező géneknek jó esélyük van rá, hogy a funkcionálisan kiegészítő molekulákat „lássák” maguk körül, míg a gyorsabban replikáló gént nagy valószínűséggel, saját kópiái veszik körbe, és így anyagcsere-kiegészítése a többi gén segítségével lehetetlenné válik (Czárán – Szathmáry, 2000).

Ennek a hatásnak a legfrissebb alkalmazása összefügg a hibaküszöb problémájával, valamint az egyre jobb replikátorok szelekciójának lehetőségével az ásványi felszínen. Anthony Poole és munkatársai kitaláltak egy olyan folyamatot, amelyből a hibaküszöb majdnem folyamatos emelésével egyre hosszabb molekulák és egyre hatékonyabb replikázok születhetnek azáltal, hogy a természetes szelekció növeli a replikációs hatékonyságot. Ez egy lehetséges feloldása az Eigen-paradoxonnak, melyet Scheuring István matematikai formába is öntött. Már csak egy lényeges kérdés maradt: a paraziták problémája, mellyel először John Maynard Smith (1979) foglalkozott, egy kissé más

kontextusban. A kis molekulák elfogadják a más, hatékony replikázok által adott replikatív segítséget, de jól kevert (térben homogén) populációban ezek valójában megölhetik a rendszert. Ez a felszínen nem következik be. Szabó Péter és munkatársai (2002) kimutatták, hogy ha a templátok a felszínhez adszorbeálódnak, a populáció összetétele két-tágazhat: a hosszú, hatékony és pontos replikátorok együtt tudnak élni a rövid parazitákkal. Megjegyezzük, hogy von Kiedrowski SPREAD eljárása is felszínhez kötődő templátok exponenciális növekedésére tá-



9. ábra • A sztochasztikus korrekter modell. Az üres és fekete karikák a feltételezett összejt kétféle gént jelentik, a sejten belüli eltérő replikációsebességgel. Feltételezzük, hogy amikor a protosejt elkezdíti a saját életciklusát, a 3:3 templát összetétel az optimális az anyagcseréhez. Figyeljük meg, a két kompartment (a vastagon körbevett) újból megjelenik, a belső versengés ellenére.

maszkodik. További kísérletek a közeljövőben remélhetőleg összekapcsolják majd ezeket az eredményeket.

Az Eigen-paradoxon másik lehetséges megoldását a sztochasztikus korrekter modell adja (Szathmáry – Demeter, 1987; Zintzaras et al., 2002). Tegyük fel egyszerűen, hogy a sztochasztikus korrekter modell egy chemoton populáció genetikai megvalósítása, katalitikus RNS-ekkel. (9. ábra)

Bár a különböző gének ugyanabban a chemotonban versenyeznek egymással (első szelekciós szint), de a chemoton szintjén is hat szelekció (második szelekciós szint). A templátok random módon kerülnek az utód vezikulákba. Ez (és egyéb sztochasztikus hatások) különböző chemoton-változatokat állít elő, amelyekre hat a természetes szelekció. A szelekció magasabb szinten sikeresen kordában tartja az alacsonyabb szinten ható szelekciót: ez egy sikeres evolúciós átmenet (Maynard Smith – Szathmáry 1995, 1999) elméleti leírása.

## 6. A GENETIKAI KÓD ÉS A TRANZLÁCIÓ EREDETE

A genetikai kódról (10. ábra) eddig azt gondoltuk, hogy egyetemes; most már tudjuk, hogy a különböző élőlények számos „dialektusban beszélnek”. Az a forma, amelyet a 10. ábra mutat, a legtöbb élőlényben közös: ez a „kanonikus” kód. A táblázat megmutatja, hogy a nukleinsavak tripletjei mely aminosavaknak felelnek meg a fehérjék bioszintézisében, miközben a riboszóma leolvassa a nukleinsav-sorrend információját. A genetikai kód értelmezése maga is genetikailag meghatározott, amely az aminoacil-tRNS-szintetáz enzimek működésében nyilvánul meg. Ezek kapcsolják az aminosavakat a megfelelő tRNS-ekhez. Majd a tRNS-ek a riboszómához szállítják az aminosavakat. A riboszóma egy szupramolekuláris gyár, több mint ötven molekulából áll, beleértve három

rRNS-t (riboszomális RNS-t) is. A genetikai üzenet a DNS-ben tárolódik, és a hírvívő RNS (mRNS) segítségével szállítódik a riboszómához. Az mRNS-ben az egymás után következő tripleteket kodonoknak hívják, és az ehhez kötődő komplementer triplet a tRNS-ben az antikodon.

Ez felvet egy „konokul nehéz” problémát (Crick et al., 1976), nevezetesen, hogy miként jöhetett létre a riboszóma bonyolult szerkezete, ha mindig szoros együttműködés szükséges a fehérjék és a nukleinsavak között. Az RNS-világ elképzelése átvágja ezt az akadályt. Eltekintve magától a folyamatos (processzív) peptid szintézistől, a rendelkezésre álló ribozimek minden szükséges rész-folyamatot képesek katalizálni. Figyelemre méltó, hogy a legfontosabb reakciólépést, a peptidlánc növekedését a riboszómán – a beérkező új aminosavnak a növekvő peptidlánchoz történő hozzákötése által – a legújabb felfedezés szerint mai is az egyik rRNS katalizálja, és nem valamelyik fehérje.

Nem tudjuk, hogy mikor és hogyan lépett színre a genetikai kód az evolúció során. Inkább az a valószínű, hogy később érkezett, és egy kifejlett (talán élő) rendszerben jelent meg először. Ha az RNS-világ valóban létezett, akkor ez majdnem biztos. De ez azt is magában foglalja, hogy a genetikai kód keletkezése elkülönül az élet keletkezésének kérdésétől, mert utóbbi megelőzte a genetikai kód kialakulását. Mindamelllett megfontolandó, hogy minden létező életforma erre a kódra támaszkodik, ezért ezt a témát alaposabban meg kell vizsgálnunk.

A kód eredetének preadaptációs forgatókönyve egyre kedveltebbé válik. A preadaptáció egy olyan genetikailag meghatározott bélyeg, amely *a* funkcióra szelektálódott, de ez később hasznossá válik – egy kezdetleges szinten – *b* funkcióra is. Jó példa erre a toll esete, ahol látszik, hogyan is játszódhatott le mindez. Kezdetben a toll nem repülést, hanem az állat melegen tartását szolgálta, ám

szerkezete folytán segített valamiféle kezdetleges repülés kialakításában is. Végül a tollazat a repülésre *per se* szelektálódott.

A genetikai kód keletkezésének fontos problémáját két irányból közelíthetjük meg: lentől fölfelé, felhasználva a kémiai ismereteinket; és felfülről lefelé, ami a genetikai kód szerkezetében leírt mintázatok analízisét jelenti (Maynard Smith – Szathmáry, 1995). Először a mintázatokat vitatom meg, majd tömören áttekintem a kód keletkezésének egyféle forgatókönyvét.

### 6/a Mintázatok a genetikai kódban

Látható az aminosavak tripletekhez történő hozzárendelésében, hogy ez nem véletlenszerű. (10. ábra)

	U	C	A	G
U	UUU Phe UUC Phe	UCU Ser UCC Ser	UAU Tyr UAC Tyr	UGU Cys UGC Cys
	UUA Leu UUG Leu	UCA Ser UCG Ser	UAA TER UAG TER	UGA TER UGG Trp
C	CUU Leu CUC Leu	CCU Pro CCC Pro	CAU His CAC His	CGU Arg CGC Arg
	CUA Leu CUG Leu	CCA Pro CCG Pro	CAA Gln CAG Gln	CGA Arg CGG Arg
A	AUU Ile AUC Ile	ACU Thr ACC Thr	AAU Asn AAC Asn	AGU Sar AGC Sar
	AUA Ile AUG Met	ACA Thr ACG Thr	AAA Lys AAG Lys	AGA Arg AGG Arg
G	GUU Val GUC Val	GCU Ala GCC Ala	GAU Asp GAC Asp	GGU Gly GGC Gly
	GUA Val GUG Val	GCA Ala GCG Ala	GAA Glu GAG Glu	GGA Gly GGG Gly

	savas
	alkil csoport
	alkil csoport
	amid csoport
	aromás csoport
	bázikus
	hidroxil csoportot tartalmazó
	kéntartalmú
	STOP

10. ábra • A kanonikus genetikai kód (Knight és mstai, 1999). Figyeljük meg a középső bázis domináns befolyását a rokon aminosavak kémiai természetére. Az ismert eltérések e genetikai „nyelv dialektusainak” tekinthetők.

Már sok évvel ezelőtt felismerték (pl. Woese, 1967), hogy a középső bázisok nagyon erősen meghatározzák a rokon aminosavak kémiai természetét. Az eredet mechanizmusának figyelembevétele nélkül, ez a mintázat alkalmazkodott legjobban a környezethez. Ha a szomszédos kodonok valóban kémiailag rokon aminosavakat kódolnak, akkor ez meg tudja magyarázni, hogy miért kevésbé ártalmas számos – nukleinsavakban bekövetkező – mutáció az élőlényre: a rokon jellemű aminosav könnyebben betöltheti ugyanazt a funkciót, mint egy taláalomra kiválasztott. A kutatások statisztikusan megerősítik, hogy a kanonikus kód mintázata a lehetséges csillagászati számú hozzárendelés közül kimagaslóan jó, csökkentett mutációs terheléssel, valamint a translációs (a fehérjeszintézis során bekövetkező) hibák tompított következményével (Knight et al., 1999, ismertetője). A rengeteg alternatív genetikai kódot az aminosavak triplettekhez való véletlenszerű hozzárendelésével hozták létre.

Egy másik mintázatot is meglehetősen korán felismertek (Wong, 1975): észrevették a rokonságot az aminosavak bioszintézis útjai és a genetikai kód aminosav kodonokhoz történő hozzárendelése között. Valóban látható összefüggés a kodon első betűje és a rokon aminosavakat tartalmazó aminosav családok bioszintézis útjai között. Mivel az aminosavak két jellegzetessége, a kémiai természet és a bioszintetikus utak közötti rokonság, úgy tűnik, asszociálódott a különböző kodon pozíciókhoz (a középső és az első kódbázishoz), így kevésbé meglepő az a megfigyelés, hogy független statisztikai hatások kimutatható a genetikai kód szerveződésében (Szathmáry – Zintzaras, 1992)

A bioszintézis utak mintázatán alapuló csoportosítás érvényessége újabban kérdésessé vált, és csakugyan, a hipotézis erős formája nem tartható. Az „erős verzió” szerint az aminosavak hozzárendelődése a szomszédos kodonokhoz az előanyag-termék kap-

csolat alapján valósult meg. Történetesen ez maga után vonta a kodonok és az aminosavak közötti koevolúciót: a kód pedig visszatükrözné az aminosavak megjelenését a bioszintézis során (Wong, 1975). Terres A. Ronneberg és munkatársai mostanában azt találták, hogy az előanyag-termék közti rokonsági kapcsolatokat régebben túl engedékenyen definiálták, és emiatt vált erősebbé a hipotézis. Tárgyilagosan szemlélve az erős változat láthatóan elpárolg.

#### *6/b Az RNS-világtól az RNS-fehérje világig*

Erősen korlátoznom kell magamat a RNS-világba ágyazott genetikai kód keletkezésének megvitatásában a következő megfontolások miatt: (1) bizonyítékaink vannak rá, hogy az RNS-világ anyagcseréje bonyolult lehetett; (2) az RNS-világból kivezető evolúciós út megvalósíthatónak látszik; (3) a most megoldásra váró probléma könnyebben bemutatható; (4) a hely hiánya megakadályoz abban, hogy más forgatókönyveket is tárgyaljak.

Majdnem közhely, hogy az RNS-világban keletkezett kezdetleges kódoló rendszer összes kritikus összetevőjének RNS természetűnek kellett legyen. Feltételezhetően a ribozimek felismerték és módosították az aminosavakat (Szathmáry, 1990). Ez új fényt vet a genetikai kód hipotézisére, mely a régebbi sztereoekémiai hipotézis egyfajta újjászületése, melynek értelmében a kódolás az aminosav és a kodon/antikodon között kialakuló közvetlen kapcsolaton alapul, hasonlóan a kulcs és a zár illeszkedéséhez. Az RNS-világ elmélete szerint egy ilyen kapcsolat be tud ágyazódni a nagyobb ribozimek alkotta anyagcserébe. Ez lenne a sztereoekémiai felfogás erős formája, amely összefüggne az RNS-világgal. A gyenge változat azt mondaná, hogy a szintetáz ribozimek képesek az aminosavakhoz a kodon/antikodon hozzárendelést katalizálni, azonos módon, ahogyan ezt a mai fehérje szintetázok végzik. A szintetáz két különböző kötőhelyén felismeri az aminosavat és a megfele-

lő tRNS-t. Így ez indirekt sztereokémiai illeszkedés lenne a szintetáz ribozim RNS-motívuma és az aminosav között, ugyanakkor ez a kapcsolat sem a kodon, sem az antikodon részvételén nem alapulna (Szathmáry, 1993).

Michael Yarus (2000) kísérletei alapján azt javasolja, hogy az evolúció az RNS-világban az erős változattól a gyenge változat irányába mehetett. Úgy találta, hogy az aminosavak megkötésére mesterségesen szelektált RNS-molekulák aminosav kötőhelyein statisztikusan szignifikánsan gyakoribb a kodon (néha antikodon) szekvencia megjelenésének valószínűsége. Igaz ez az argininra, tirozinra és az izoleucinra, de nem igaz a fenilalaninra, habár az RNS képes az utóbbit is felismerni (Illangasekare – Yarus, 2002). Ezért a fenilalanin hozzárendelés során a gyenge változat érvényesülhetett.

Mindezek nyitva hagyják a kérdést, hogy mi az aminosav-kötés és -használat *szelektív előnye* az RNS-világban. Valószínűleg tartható az a javaslat, hogy az aminosavak (Szathmáry, 1993) vagy oligopeptidok (kevés aminosavból álló kovalens vegyületek) előnyösen összekapcsolódhattak az RNS-ekkel úgy, hogy a ribozimek katalitikus hatékonysága növekedjék (további részletek: Szathmáry, 1999). A hipotézis értelmében szintetáz ribozimek kicsi, tRNS-szerű molekulákhoz kapcsolták az aminosavakat, az anyagcsere ribozimeit pedig ezeket az RNS „fogantyúkat” ragadták meg, amikor az aminosakra mint koenzimekre volt szükségük. A rövid RNS hajtjuk csak a megfelelő aminosavhoz kapcsolódhattak (ez a „kódoló koenzim fogantyú” elképzelés: Szathmáry, 1993). A kódolás így előnyös lehetett fehérjeszintézis nélkül is, ami helyes magyarázata lehet ennek a nehéz evolúciós átmenetnek.

Idővel aztán több és több ilyen koenzim kapcsolódott a ribozimek szomszédos, egymást követő pozícióihoz (a tripletekhez). Így a szomszédos aminosavak még kötődtek a fogantyújukhoz, de ugyanakkor kiegészít-

hatték egymás működését. Az aminosavak közül sokan az ősi peptidil-transzferáz ribozim – a mai egyik riboszomális RNS őseinek – segítségével kapcsolódhattak össze egymással. A polipeptidok így méretben növekedhettek, míg a legtöbb ribozim hírvívő RNS-sé alakulhatott át.

Ez a forgatókönyv tisztán hipotetikus, de tesztelhető. Biztató, hogy Adam Roth és Ronald R. Breaker kísérlete szerint egy nukleinsav enzim hatékonyságát a sokszorosára lehetett növelni hisztidin kofaktor alkalmazásával. Nagyon sok kísérletre lesz még szükség, amíg a transláció keletkezésének bizonyult problémáját kielégítően megoldjuk.

## 7. KOMBINÁLT MEGKÖZELÍTÉSI MÓD: EGY KÍSÉRLETES ELŐSEJT (ŐSSEJT) FELÉ

### *7/a Mikor léptek színpadra az ősi sejtek?*

Hasznos kérdés, hogy a chemoton logikai felépítése segíthet-e az életkeletkezés *történeti* folyamatának megértésében – mint azt az 1/drészben körvonalaztuk. Gánti lényegében empedoklészi álláspontra helyezkedett: elképzelése szerint a chemoton lehetséges alrendszerei egymástól függetlenül keletkeztek, majd az alrendszerek különféle kombinációi között szelekció mehetett végbe. Ez könnyen lehet, hogy téves megközelítés. Bár ígéretes próbálkozások történetek chemotonszerű rendszerek létrehozására, a nem enzimatikus anyagcsere sikeres létrehozása talán eleve lehetetlen feladat. Ezzel szemben számos vizsgálat alátámasztja azt a nézetet, hogy a sejt előtti evolúció egészen a ribozimek megjelenéséig folyhatott, jóval a chemotonszerű rendszerek spontán megjelenése előtt (vö. Maynard Smith – Szathmáry, 1995). Ha ez a nézőpont valóban helytálló, akkor a legtöbb kezdetleges, de valamelyest életképes chemoton már a kezdetektől ribozimeket tartalmazhatott.

Pier Luigi Luisi és munkatársai kísérletesen igazolták, hogy templát polimerizáció folyhat szaporodó lipid vezikulákon belül. Van két bökkenő. Először is, a templát polimerizációt egy kívülről adott fehérje enzim végezte. Másodsor, a templát polimerizáció nem volt összhangban a vezikula növekedésével és kettéosztódásával. Az anyagcsereciklus létrehozása szinte áthidalhatatlanul nagy probléma, mert a templát polimerizáció építőkövekkel való ellátása enzimek nélkül nem biztosítható megfelelő tisztaságban (l.: a Bevezetőt).

*7/b Elősejtek anyagcsererendszer nélkül: a legrészletségesebb heterotrófok?*

Legújabbán Jack W. Szostak és munkatársai (2001) körvonalaztak egy kísérleti programot, melynek célja az élet létrehozása egyszerű sejt formájában. Az elképzelt rendszer egy autokatalitikusan növekedő és kettéosztódó membránból és két specifikus ribozimból áll. Az első ribozim egy általános replikáz, amely képes saját maga, valamint a másik ribozim másolatának előállítására. Utóbbi a lipid szintézisben vesz részt. Így a templát és a membrán dinamikája katalitikusan kapcsolott. A komplex előanyagokat, mint például az RNS replikáció monomerjeit, valamint a lipid prekursorokat a vezikula készen venné fel a közegből. Számos kísérlet egyértelműen ebbe az irányba halad.

Lehetségesnek tűnik ilyesféle működő rendszert építeni, bár a membránon keresztüli anyagszállítás, valamint a templát replikáció és a membránnövekedés összehangolása további speciális problémákat vet fel (emlékezzünk, hogy a chemotonban e két alrendszer sztöchiometrikan volt összekapcsolva).

## 8. KÖVETKEZTETÉSEK

Az élő rendszerek definíciójának munkahipotézise nélkülözhetetlen az életeredet elméleteinek megalkotásában és értékelésé-

ben. Az élő rendszer nem szükségszerűen evolúciós egység, és fordítva, az élőtől különböző egységek populációja is keresztülme-  
 het a természetes szelekció által hajtott evolúción. De mivel bennünket elsősorban bioszféraunk keletkezése érdekel, az első figyelemreméltó élőlény szükségképpen evolúciós egység is kellett hogy legyen. A legegyszerűbb élet egy hasznos és világos modellje a chemoton, mely három autokatalitikus rendszert tartalmaz: az anyagcsere-, a genetikai és a határoló alrendszereket. A rendszer mint egész képes a térbeli szaporodásra. Változatos elméleteket mutattunk be ezeknek az alrendszereknek a keletkezéséről és különböző összekapcsolásairól. A kémiai evolúció területén végzett számos sikeres kísérlet ellenére még nem teljesen értjük a nukleinsavak és lipidek keletkezésének problémáját (ezek ma fontos összetevői az örökítő és határoló rendszereknek). E hiányosságok ellenére sokan hisznek abban, hogy az evolúciónak voltak átmeneti állapotai, mint például az RNS-világ, ahol az RNS-ek mint gének és mint enzimek funkcionáltak, ámbar prebiológiai szempontból elfogadható nem enzimatikusan RNS önreplikációs mechanizmus még nem állt rendelkezésükre. A szerkezeti megfontolásokon kívül e rendszerek dinamikája is lényeges. Valószínű, hogy a kompartmentalizáció első passzív szakaszát (adszorpció az ásványi felszínhez) követte az aktív fázis (membrán általi elhatárolás), ami a kezdetleges genom felépülése szempontjából is elengedhetetlen lehetett. A genetikai kód valószínűleg egy olyan rendszerben születhetett, melyet már élőnek tekinthetünk. Az aminosavak a ribozimek koenzimjeként kerülhettek az RNS-világba.

---

Kulcsszavak: *élet keletkezése, replikátor, kémiai evolúció, autokatalis, templát replikáció, membrán, evolúció, RNS-világ, hibaküszöb, felületi anyagcsere*

## IRODALOM

- Czárán Tamás - Szathmáry Eörs (2000): Coexistence of Replicators in Prebiotic Evolution. in Dieckmann, Ulf – Law, Richard – Metz, Johan A. J. (eds.): *The Geometry of Ecological Interactions: Simplifying Spatial Complexity*. IIASA – Cambridge University Press, 116-134.
- Crick, Francis H. C. (1968): The Origin of the Genetic Code. *Journal of Molecular Biology*. **38**, 367-379.
- Crick, Francis H. C. – Brenner, S. – Klug, A. – Piecznik, G. (1976): A Speculation on the Origin of Protein Synthesis. *Origins of Life*. **7**, 389-397.
- Eigen, Manfred (1971): Self-Organization of Matter and the Evolution of Biological Macromolecules. *Naturwissenschaften*. **58**, 465-523.
- Gánti Tibor (1971): *Az élet princípiuma*. Gondolat, Bp.
- Gánti Tibor (2003): *The Principles of Life*. Oxford Univ. Press, Oxford
- Illangasekare, Mali – Yarus, Michael (2002): Phenylalanine-Binding Rnas and Genetic Code Evolution. *Journal of Molecular Evolution*. **54**, 298-311.
- Kiedrowski, Günter von (1986): A Self-Replicating Hexadeoxy Nucleotide. *Angewandte Chemie International Edition in English*. **25**, 932-935.
- Kiedrowski, Günter von (1993): Minimal Replicator Theory I: Parabolic Versus Exponential Growth. *Bioorganic Chemistry Frontiers*. **3**, 113-146.
- Kiedrowski, Günter von (1999): Molekulare Prinzipien Der Artifiziiellen Selbstreplikation. in Ganten, Detlev (ed.): *Gene, Neurone, Qubits & Co. Unsere Welten Der Information*. S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 123-145.
- Kiedrowski, Günter von – Szathmáry Eörs (2000): Selection Versus Coexistence of Parabolic Replicators Spreading on Surfaces. *Selection*. **1**, 173-179.
- Knight, Robin D. – Freeland, Stephen J. – Landweber, Laura F. (1999): Selection, History and Chemistry: Three Faces of the Genetic Code. *Trends in Biochemical Sciences*. **24**, 241-247.
- Luisi, Pier Luigi (1998): About Various Definitions of Life. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*. **28**, 613-622.
- Luther, Anatol – Brandsch, Romana – Kiedrowski, Günter von (1998): Surface-Promoted Replication and Exponential Amplification of DNA Analogues. *Nature*. **396**, 245-248.
- Maynard Smith, John (1979): Hypercycles and the Origin of Life. *Nature* **280**, 445-446.
- Maynard Smith, John (1986): *The Problems of Biology*. Oxford University Press, Oxford
- Maynard Smith – Szathmáry (1995): *The Major Transitions in Evolution*. Freeman, Oxford
- Maynard Smith, John – Szathmáry Eörs (1999): *The Origins of Life*. Oxford University Press, Oxford
- Oparin, Alexander Ivanovich (1961): *Life: Its Nature, Origin and Development*. Academic Press, N.Y.
- Orgel, Leslie E. (1968): Evolution of the Genetic Apparatus. *Journal of Molecular Biology*. **38**, 381-393.
- Orgel, Leslie E. (2000): Self-Organizing Biochemical Cycles. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. **97**, 12503-12507.
- Rebek, Julius (1994): Synthetic Self-Replicating Molecules. *Scientific American*. **271**, **1**, 34-40.
- Segré, Daniel – Ben-Eli, D. – Deamer, D. W. – Lancet, D. (2001): The Lipid World. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere*. **31**, 119-145.
- Szabó Péter – Scheuring I. – Czárán T. – Szathmáry E. (2002): In Silico Simulations Reveal that Replicators with Limited Dispersal Evolve towards Higher Efficiency and Fidelity. *Nature*. **420**, 360-363.
- Szathmáry Eörs (1993): Towards the Evolution of Ribozymes. *Nature*. **344**, 115.
- Szathmáry Eörs (1991): Simple Growth Laws and Selection Consequences. *Trends in Ecology and Evolution*. **6**, 366-370.
- Szathmáry Eörs (1993): Coding Coenzyme Handles: A Hypothesis for the Origin of the Genetic Code. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. **90**, 9916-9920.
- Szathmáry Eörs (1999): The Origin of the Genetic Code. Amino Acids as Cofactors in an RNA World. *Trends in Genetics*. **15**, 223-229.
- Szathmáry Eörs (2000): The Evolution of Replicators. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*. **355**, 1669-1676.
- Szathmáry Eörs (2002): Units of Evolution and Units of Life. in Pályi Gyula – Zucchi, Claudia – Caglioti, Luciano (eds.) *Fundamentals of Life*. Elsevier, Paris, 181-195.
- Szathmáry Eörs – Demeter László (1987): Group Selection of Early Replicators and the Origin of Life. *Journal of Theoretical Biology*. **128**, 463-486.
- Szathmáry Eörs – Gladkih, I. (1989): Sub-Exponential Growth and Coexistence of Non-Enzymatically Replicating Templates. *Journal of Theoretical Biology*. **138**, 55-58.
- Szathmáry Eörs – Maynard Smith, John (1995): The Major Evolutionary Transitions. *Nature*. **374**, 227-232.
- Szathmáry Eörs – Maynard Smith, John (1997): From Replicators To Reproducers: The First Major Transitions Leading To Life. *Journal of Theoretical Biology*. **187**, 555-571.
- Szathmáry Eörs – Zintzaras, Elias (1992) A Statistical Test of Hypotheses on the Organization and Origin of the Genetic Code. *Journal of Molecular Evolution*. **35**, 185-189.
- Szostak, Jack W. – Bartel, David P. – Luisi, Pier Luigi (2001): Synthesizing Life. *Nature*. **409**, 387-390.
- Wächtershäuser, Günter (1988): Before Enzymes and Templates: Theory of Surface Metabolism. *Microbiological Reviews*. **52**, 452-484.

Wächtershäuser, Günter (1992): Groundworks For An Evolutionary Biochemistry: The Iron-Sulfur World. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*. **58**, 85-201.

Woese, Carl R. (1967): *The Genetic Code*. Harper & Row, New York

Wong, J. T.-F. (1975): A Coevolution Theory of the Genetic Code. *Proceedings of the National Academy of Science of the U.S.A.* **72**, 1909-1912.

Yarus, Michael (2000): RNA-Ligand Chemistry: A Testable Source For the Genetic Code. *RNA*. **6**, 475-484.

Zintzaras, Elias – Santos, Mauro – Szathmáry Eörs (2002): "Living" Under the Challenge of Information Decay: The Stochastic Corrector Model Versus Hypercycles. *Journal of Theoretical Biology*. **217**, 167-181.



# A VILÁGEGYETEM FEJLŐDÉSE

Németh Judit

az MTA levelező tagja, nyugalmazott egyetemi tanár, ELTE TTK – [judit@drj.elte.hu](mailto:judit@drj.elte.hu)

*„Az Univerzumban az a legérthetlenebb, hogy megérthető.”  
(Einstein)*

Sokan közülünk elgondolkodnak néha az Univerzumból, amiben élünk, és arról, milyen lehet a csillagos ég olyan messze tőlünk, ahol már nem látjuk, mi van. De még izgatóbb kérdés, hogy milyen volt a Világegyetem régen és milyen lesz sok milliárd év múlva. Olyan volt valaha, mint ma, és olyan is marad? A válasz sokszor az, hogy ezt úgyse tudjuk megmondani, nem érdemes ezekről a kérdésekről gondolkodni, vagy esetleg az, hogy hagyjuk ezeket a kérdéseket a megválaszolását a szakértőkre. De a gondolkodó emberek egy részét foglalkoztatják ezek a kérdések, és szeretnének a tudomány mai szintjén választ kapni rájuk. A huszadik században rendkívül sokat fejlődtek kozmológiai ismereteink, és ma már azt hisszük, főbb vonalakban egyszerűen le tudjuk írni a Világegyetem fejlődését.

## *A Világegyetemről alkotott régi elképzelés*

A XX. század elejéig az Univerzumot statikusnak képzelték, ami az időben nem változik. Természetesen a statikus megoldással kapcsolatban merültek fel problémák. A három legfontosabb ezek közül a következő:

1.) A csillagok egymásra vonzóerővel hatnak. Az erő hatására gyorsulás jön létre, tehát a csillagoknak mozogniuk kell, nem állhatnak. Isaac Newton ezt az ellentmondást úgy akarta feloldani, hogy azt mondta, az Univerzum végtelen, minden csillagra minden irányból

egyforma vonzás hat, így azok nem mozdulnak el. Ez azt jelenti, hogy a Világegyetemnek nem lehet közepe és nem lehet széle.

2.) A hőhalál problémája. A termodinamika törvényei szerint a rendszerek változása során csak olyan mozgás jöhet létre, amelyben az entrópia (a rendszerek rendezettségére jellemző adat) vagy állandó, vagy növekszik. Természetesen lokálisan lehetséges, hogy valahol nagyobb rend alakul ki, de annak az az ára, hogy másutt még nagyobb lesz a rendezetlenség. (Például felmelegszik a rendszer. Nagyobb hőmérséklet nagyobb rendezetlenséget, azaz entrópia-növekedést jelent.) Ha a Világegyetem végtelen ideje létezne, az entrópia már régen kiegyenlítődött volna (hőhalál). Ma viszont nem ez a helyzet (például sugárzások vannak). Ez azt jelenti, hogy a Világegyetem kora nem lehet végtelen, mert még nem értük el a termodinamikai mennyiségek teljes kiegyenlítődését.

3.) A legérdekesebb felmerült ellentmondás talán az Olbers-paradoxon volt. Ha végtelen a Világegyetem, végtelen nagy számú csillag sugároz, ezeknek a fényét látnunk kellene. Igaz, hogy ezek messze vannak tőlünk, így kevésbé fényesek, de végtelen sok van belőlük. Ha ennek a sugárzásnak az átlagát kiszámoljuk, az éjszaka (még a sugárzást csökkentő mennyiségeket figyelembe véve is) olyan fényes kellene hogy legyen, mint ha az ég minden pontján egy Nap lenne. Nem lehet tehát a Világegyetem végtelen nagy. De egy további probléma is felmerül: ha ezek a csillagok végtelen idő óta sugároznak, fel kellett hogy melegítsék a csillagközi anyagot

legalább olyan fényesre, mint a csillagok felzíne. Mivel ez nem következett be, a csillagok nem sugározhatnak végtelen ideje.

Jellemző a csillagászat és kozmológia fejlettségére a XIX. században, hogy noha a problémákat ismerték, választ adni rá a múlt század húszas éveig nem tudtak.

### *A régi elképzelés módosulása – az Univerzum tágulása*

A modern kozmológia kezdete Albert Einstein nevéhez fűződik, aki 1915-ben megalkotta az általános relativitáselméletet. Eszerint a bolygók Nap körüli mozgásuk során a legegyszerűbb pályát követik, de a Nap által meggömbített téridőben. Newton törvényei továbbra is jól leírják a gravitációt, de csak akkor, ha a tárgyak nem nagy sebességgel mozognak, és a gravitáció nem ultraerős. Az általános relativitáselmélet szerint a téridő görbülete okozza a gravitációt, azaz a tér hat az anyag mozgására, és ugyanakkor az anyag okozza a görbületet, a tér szerkezetét tehát a tömeg alakítja ki.

Az általános relativitáselmélet egyenletei alkalmasak voltak arra, hogy az Univerzum fejlődését is leírják. Az Einstein-egyenletek következményeit kutató fizikusok (maga Einstein is) meglepetve állapították meg, hogy a megoldások nem statikus teret írnak le: az Univerzum vagy tágul, vagy összehúzódik. Egészen addig senki nem kételkedett a tér állandóságában. Ez annyira mélyen gyökerezett a tudományos világképben, hogy még Einstein is, mikor rájött, hogy egyenleteinek megoldása egy olyan Világegyetem, amely vagy tágul, vagy összehúzódik, bevezetett egy állandó tagot, az ún. kozmológiai állandót, hogy statikus megoldást kapjon. Alekszander Friedmann mutatott rá, hogy ez instabil megoldást jelent: a stabil megoldás az, hogy a tér vagy tágul, vagy összehúzódik.

Az általános relativitáselmélet fenti megállapításának igazolása a csillagászati megfigyeléseknél használt eszközök fejlődése ré-

vén következett be. A húszas években a távcsövek javulásával Edwin Hubble-nak sikerült megfigyelnie a környezetünkben levő galaxisokat, és azt állapította meg, hogy azok nagy része távolodik tőlünk, akármilyen irányban is vannak. Megfigyelései során a galaxisok atomjai által kibocsátott fényt vizsgálta. A galaxisok gerjesztett atomjaiban az elektronok mélyebb energiaállapotokba átmenve adott hullámhosszú fényt bocsátanak ki. Földi viszonylatban tudjuk, melyik atomnál mekkora a kibocsátott fény hullámhossza, illetve a frekvenciája. Ha egy objektum, ami a sugárzást kibocsátja, távolodik tőlünk, a hozzánk érkező fénynek ugyanannyi kibocsátott rezgés esetén nagyobb utat kell megtennie, tehát a hullámhossza megnő. Növekvő hullámhossz esetén vörösebbnek látjuk a sugárzást. Ezt nevezik vöröseltolásnak.<sup>1</sup> Ha a fényforrás közeledik felénk, kékeltoolásról beszélünk. A hullámok a térrel együtt összehúzódnak vagy megnyúlnak.

Hubble azt figyelte meg, hogy a galaxisok majdnem mind vöröseltolódást mutatnak. Minél messzebb volt egy galaxis, annál nagyobb sebességgel távolodott tőlünk. Hubble tehát felfedezte, hogy a Világegyetem tágul. Ez a huszadik századi tudomány egyik legfontosabb felismerése.

Az, hogy minden galaxis távolodik tőlünk, természetesen nem azt jelenti, hogy mi vagyunk a Világegyetem közepe: a térben minden pont távolodik minden ponttól, azaz maga a tér tágul.

Ezt a jelenséget két dimenzióban könnyű megérteni. Gondoljunk el egy kis léggömböt, amelyre kis köröket rajzolunk. Ha a léggömböt felfújjuk, nő a sugara, a felszínén minden kör távolodik mindegyiktől, noha közben nem mozdulnak el, és a körök sugara nem nő: maga a tér tágul. A távolság változása a tér tágulására jellemző értéktől (a

<sup>1</sup> A vöröseltolódásról Christian Doppler és Edwin Hubble emlékezte kapcsán lásd Szabados László cikkét e számunk 1256. oldalán.

léggömb sugarától), a távolodási sebesség a tér időbeli változásától és két kör távolságától fog függeni. Tehát minél messzebb van egymástól két galaxis, annál gyorsabban távolodnak egymástól.

Felmerül a kérdés, mi lesz az általunk ismert Világegyetem jövője. Jelenleg a galaxisok távolodnak egymástól, akárcsak egy Földről kilőtt rakéta a Földtől. Rakéta esetén a távolodás sebessége lassulni fog, mert a Föld gravitációs ereje vonzza a rakétát. Ha elég nagy a kezdeti sebesség, a rakéta végleg eltávolodhat a Földtől, míg kisebb kezdeti sebesség esetén visszaesik rá. A rakéta sorsa függ a kezdeti kilövési sebességtől, továbbá a Föld tömegétől, hiszen a Föld gravitációs vonzása a tömegétől függ. Van egy kritikus Föld-tömeg, ami meghatározza, adott kezdeti sebességgel kilőtt rakéta elmegy-e a végtelenbe, vagy visszajön. Ezt az értéket nevezzük kritikus tömegnek. A Világegyetem jövője az összes, az Univerzumban található anyag-mennyiségtől függ. Ha ez a tömeg nagyobb a kritikus tömegnél, a Világegyetem elliptikusan tágul, azaz egy maximális érték után zsugorodni kezd. Kisebb tömeg esetén a távolodás végtelen. Mai ismereteink szerint a tömeg nem éri el a kritikus értéket, így az Univerzum anyaga örökké tágul.

A Világegyetemben található anyag mennyisége nemcsak a tágulás mértékére, hanem a tér szerkezetére vonatkozóan is nyújt információt (hiszen a relativitáselmélet értelmében az anyag alakítja ki a teret). Ha a tömeg éppen a kritikus értékkel azonos, a tér sík. Ha nagyobb a kritikus értéknél, elliptikusan zárt, ha kisebb, hiperbolikus, azaz nyeregyszerűen nyitott.

Az Univerzum tágulási sebessége nagyon közel van a kritikus értékhez: vagy éppen annyi, vagy kicsit kisebb annál. Érdeemes hangsúlyozni, hogy csak ilyen kezdeti sebességgel táguló Világegyetemben lehet életet elképzelni. Ha a kezdeti tágulási sebesség jóval nagyobb lett volna a kritikus értéknél,

a gravitáció hatása nem lett volna elég erős ahhoz, hogy galaxisok alakuljanak ki, ha sokkal kisebb, akkor a tágulás leállt és az Univerzum összehúzódott volna, még mielőtt a csillagok kialakulhattak.

Menjünk visszafelé az időben. Ha most tágul a Világegyetem, időben visszafelé menve egyre kisebb sugarúnak kellett lennie, míg közel egy pontra össze nem zsugorodott. A tágulás innen indult el. Ezt a kezdeti időpontot nevezik Nagy Bummnak. Ebben az időpontban az Univerzum nagyon kicsi és nagyon forró volt. Ettől az időponttól számoljuk ma az Univerzum korát, holott ez természetesen csak az időszámítás kezdetét jelenti. A számítások szerint az Univerzum kora kb. 13,5-15 milliárd év.

A tágulásnak van még egy fontos következménye, ami segít megismerni a Világegyetem fejlődését. Ha ma egy messze levő objektumot nézünk, annak a fénye nagyon régen bocsátódott ki, hiszen a fénynek el kellett hozzánk érkeznie. A galaxisok távolodási sebességét ismerjük a Világegyetem tágulásából. A kibocsátott fény vöröseltolódását mérve meg tudjuk határozni, hogy az adott sugárzást a kibocsátó objektum mennyi idővel ezelőtt bocsátotta ki. Minél messzebb van az objektum, annál régebben indult el a sugárzás. Ilyen módon a múltból kaphatunk információt. Megfigyelhetjük például azt, hogy milyenek voltak a galaxisok, mekkora volt a galaxissűrűség az Univerzum mai korának felénél, harmadánál. Ahogy nő a megfigyelési eszközeink élessége, egyre többet tudunk meg az Univerzum múltjáról.

#### *A kozmikus háttérsugárzás*

Az 1940-es évek végén George Gamow és munkatársai elkezdték komolyan elemezni az ősi Világegyetem kezdeti állapotát. Ha kezdetben az Univerzum nagyon kicsi volt, és abból tágult ki a mai méretére, akkor ott nagyon sűrű és forró anyagnak kellett lennie.

Ez az anyag mára nagymértékben lehűlt és kitágult. A hűlés során a forró anyagnak valamilyen sugárzást kellett kibocsátania. Ez a sugárzás azóta nagymértékben lehűlt; kiszámították, hogy a mai hőmérséklete 5 K körül kell hogy legyen (a K az abszolút hőmérsékleti skála zérus pontja -273 °C). Ezt a sugárzást észlelni kell. Azt is megállapították, hogy a hűlés kezdetén elég forró volt a rendszer ahhoz, hogy a legelemibb magreakciók végbemenjenek.

Noha a legtöbb asztrofizikus számára Hubble megfigyelése döntő bizonyíték volt a Nagy Bumm létrehozására vonatkozóan, voltak, akik nem fogadták el a táguló Univerzum feltételezését. Döntő fontosságú változást hozott 1965-ben a kozmikus háttérsugárzás felfedezése. Azt figyelték meg, hogy az Univerzumban egy egyenletes, 2,7 K hőmérsékletű sugárzás észlelhető. A sugárzás hőmérséklete, ha a Föld mozgását leszámítjuk, minden irányból öt nagyságrenden belül izotróp volt. Ezzel megtalálták a Gamowék által megjósolt, a Nagy Bumm felléptére utaló sugárzást.

### *A Nagy Bumm elmélet*

A részecske- és magfizika eredményeinek felhasználásával a relativitáselmélet és a tapasztalati megfigyelések alapján alakult ki a kozmológia Nagy Bumm (vagy standard) elmélete. A huszadik század nagy részében ez volt az elképzelés az Univerzum fejlődéséről. Ennek lényege a következő: A Világegyetem egy adott pillanatban, amit a kezdetének nevezünk, egy forró, pontszerű helyre koncentráldott anyagból állt. A pontszerűt úgy kell érteni, hogy maga az egész tér volt pontszerű. Ahogy a forró, táguló anyag lehűlt, egyre összetettebb részecskék, anyagformák alakultak ki, ugyanis a rendezetlen mozgású részecskéknek már nem volt elég energiájuk ahhoz, hogy az összetettebb rendszereket ütközések révén alkotórészeikre bontsák szét.

### *Az Univerzum fejlődésének időskálája*

Részecskefizikai, magfizikai és termodinamikai ismereteink segítségével meg tudjuk mondani, hogy a tágulás és a hűlés során milyen részecskékből állt a Világegyetem anyaga.

Kezdetben ma még meg nem figyelt és a részecskefizika által vizsgált különböző részecskék voltak jelen.

1.) Ahogy hűlt a rendszer, a kvarkok (a protonok és neutronok alkotórészei), az elektronok és a neutrínók lettek a legfontosabb anyagformák.

2.) További hűlésnél a kvarkokból a köztük ható vonzóerő révén protonok és neutronok alakultak ki.

3.) Ahogy még jobban hűlt a rendszer, a protonok és neutronok atommagokká egyesültek. A domináló erők ekkor a magerők voltak. Ekkor alakultak ki a legkönnyebb atommagok: a deuteron (a deutérium atom atommagja), a hélium és a lítium. Mivel a neutronok bomlékonyak, csak egy részük tudott a protonokkal atommagokká, elsősorban héliummá alakulni. Nehezebb atommagok a gyors tágulás miatt nem tudtak kialakulni. A számítások szerint a héliumanyag 23%-a a protonanyag. Ez az érték kiválóan megegyezik a tapasztalattal. Az atommagok három perccel a Nagy Bumm után alakultak ki.

4.) További hűlés során a pozitív töltésű protonok, illetve atommagok az elektronokkal elektromágneses kölcsönhatás révén semleges atomokká alakultak át. A semleges atomok az ősrobbanás után 300 ezer évvel keletkeztek.

5.) A gravitációs vonzás révén az atomok lassan galaxisokba tömörültek.

### *Az ősrobbanás-elméletet igazoló megfigyelések*

Összefoglalva, a Nagy Bumm elméletét a következő megfigyelések igazolják:

- 1.) az Univerzum tágulása;
- 2.) a kozmikus háttérsugárzás fellépte;
- 3.) a könnyű elemek aránya (a galaxisokban talált könnyű elemek mennyisége megegyezik az elméletileg számolt értékkel);
- 4.) a galaxisok és a nagy-skálájú szerkezetek kialakulása megegyezik a várttal.

Érdeemes megjegyezni, hogy ezek a megfigyelések mind az első másodperc utáni eseményekre vonatkoznak, és semmit nem mondanak az első másodperc előtt történtekről.

#### *Az ősröbbanás-elmélettel kapcsolatban felmerülő legfontosabb problémák*

Az elmélet rendkívüli sikere ellenére kezdetektől fogva felmerült néhány probléma. Ezek közül a legfontosabbak a következők:

1.) A síkság problémája. Tapasztalatunk szerint a Világegyetem közel sík. Ez csak akkor lehetséges, ha a kezdeti időben a tömeg 10-15 számjegyig megegyezett a kritikus értékkel. Miért volt a tömeg éppen a kritikus érték?

2.) A háttérsugárzás izotrop, azaz minden irányból egyforma a sugárzás. Ez csak úgy magyarázható, hogy minden tartomány, ahonnan a sugárzás jön, kapcsolatban volt a többivel, különben érthetetlen lenne, miért azonos sugárzást bocsátanak ki. Az Univerzumnak azonban csak azok a tartományai lehetnek kapcsolatban egymással, amelyeket a fény a kezdet óta össze tudott kapcsolni, azaz amelyek  $d=ct$  távolságra vannak egymástól, ahol  $c$  a fény terjedési sebessége és  $t$  a Világegyetem kora. A megfigyelések szerint azonban a Világegyetem mérete, ahonnan a fény hozzánk jön, nagyobb, mint  $d$ . Hogy lehetséges akkor az izotrópia?

Ahhoz hogy az anyag galaxisokká tömörüljön a gravitációs erők hatására, kezdeti anyagcsomósodások kellett hogy létezzenek. Honnan származnak ezek a kezdeti anyagfluktuációk?

3.) Említettük a korábbiakban, hogy kezdetben egy forró anyag volt a kis térre korlátozódott Világegyetemben. Hogy alakult ki ez a forró anyag?

#### *A felfűvódó Világegyetem*

A standard kozmológia problémáinak a megoldására vezették be a nyolcvanas években a felfűvódó Világegyetem fogalmát, az inflációt.

Az infláció elmélete szerint a Nagy Bumm utáni első pillanatokban a kvantumgravitáció törvényei uralkodtak. Ennek során parányi kvantumos fluktuációk alakultak ki. Bonyolult térelméleti okok miatt az Univerzum ekkor hihetetlenül kitágult,  $10^{33}$  s alatt ötven nagyságrendet nőtt a sugara, miközben óriási felmelegedés következett be. Ezt a tágulást és felmelegedést nevezik inflációnak. Ez a felfűvódó periódus csak nagyon rövid ideig tartott, utána már a fentiekben leírt, Nagy Bumm utáni fejlődés következett be. A tér tágulása lecsökkent a korábbi értékre, és az anyag lassan hűlni kezdett.

Az infláció fellépte megmagyarázza a Nagy Bummal kapcsolatos problémákat.

1.) A hihetetlen nagy tágulás azt okozza, hogy bármi volt korábban a tér görbülete, az infláció során az kisimult. Az infláció előrejelzése tehát az, hogy a tér sík.

2.) Mivel a Világegyetem első pillanataiban, a felfűvódás előtt a Világegyetem minden része kapcsolatban volt a többivel, a sugárzás izotrópiája nem meglepő.

3.) A kvantumos fluktuációk a felfűvódás során megnöttek, és a gravitáció hatására ezekből alakultak ki évmilliárdok során a csillagok, galaxisok, galaxishalmazok.

4.) Az anyag felmelegedése a felfűvódás során következett be.

Az infláció fellépte ma általánosan elfogadott, létrejöttének az okát és pontos kialakulását azonban a kozmológusok és a részecskefizikusok még vizsgálják.

*Az Univerzum anyagsűrűsége  
– a barionos anyagmennyiség*

A csillagászatban, akár csak a természettudományok többi ágában, egy objektumot kétféle módon lehet észlelni: vagy közvetlenül figyeljük meg, vagy a többi objektumra való hatása révén.

Nagysebességű, illetve gyorsan forgó rendszereket csak nagy erők tudnak összetartani, a csillagászati rendszerekben pedig egyedül a gravitációs erő hatása lényeges. A galaxisok vizsgálatánál a csillagok sebességéből a galaxisokban és a galaxisok mozgásából a galaxishalmazokban tudjuk, hogy legalább 6–8-szor annyi anyag van bennük, mint amennyi látható. Ellenkező esetben a gravitációs erő nem lenne elég ahhoz, hogy a gyors mozgású csillagokat a galaxisokban tartsa.

Eleinte azt gondolták, hogy úgynevezett barna törpék vannak a galaxisokban. A barna törpe olyan anyag, ami barionokból áll (barionok a protonok, a neutronok és az atommagok együttesen), de nem elég meleg, és így nem világít (tehát nem bocsát ki fotonokat a látható tartományban).

Hamarosan kiderült, hogy ez a magyarázat nem kielégítő: lényegesen kevesebb barionos anyag van a galaxisokban, mint várnánk. A Világegyetem barionsűrűségét a különböző galaxisokban levő, ma található deuteronok gyakoriságából lehet a legjobban meghatározni (akár atommag, akár deutérium atomok formájában vannak jelen). Ennek az oka a következő: Egy proton és egy neutron deuteronná tud egyesülni. A deuteron gyengén kötött rendszer, nagy energiájú fotonokkal bombázva alkotórészeire szakad szét. Két deuteron egy alfa részé tud átalakulni, az alfa rész feltűnően erősen kötött részecske. Természetes ezért, hogy ha két deuteron annyira közel kerül egymáshoz, hogy a rövid hatótávolságú magerők már hatnak közöttük, alfa részé alakulnak át. Ahogy az ősrobbanás után a

Világegyetem hült, és a részecskék mozgási energiája egy kritikus érték alá csökkent, deuteronok jöttek létre. Ha az anyagsűrűség ennél a kritikus hőmérsékletnél nagy volt, a deuteronok nagy valószínűséggel ütköztek és alfa részé egyesültek. Ha a sűrűség kicsi volt, lényegesen több deuteron maradt meg. Ha meghatározzuk az intersztelláris anyagban a deutérium sűrűségét, a fentieket figyelembe véve meg tudjuk határozni a Világegyetem teljes barionos anyagsűrűségét a deuteronok kialakulásakor, és ebből a teljes anyagsűrűsége tudunk következtetni. A barionsűrűség nagyon jó közelítésben a kritikus anyagsűrűség 4 %-a.

A fenti megfontolásokból arra lehet következtetni, hogy galaxisokban kell olyan anyagnak lennie, amelyik gravitációsan kölcsönhat, és nem barionos anyag. Újabb rejtély előtt álltak az asztrofizikusok: ha a sötét anyag nem barionos, akkor miből áll?

*A sötét anyag*

Mi lehet a sötét anyag? Ma még nem tudjuk pontosan, ennek mibenlétére is a kozmológia már említett új ága, a részecske-asztrofizika keresi a választ. Két dolgot tudunk csak: a sötét anyag gravitációsan kölcsönhat, és nem barionos anyag.

Egy évtizeddel ezelőtt a kozmológusoknak megnyugtató elképzelésük volt a világról: az infláció. Az inflációelméletnek megfelelően az Univerzum közel sík. Ez azt jelenti, hogy a barionos anyag mellett rendkívül nagy mennyiségű sötét anyag van jelen, annyi, hogy a barionos és a sötét anyag együttesen kiadja a kritikus értéket. A sötét anyagról nem tudták, miből áll, de ezt a problémát majd megoldják a részecskefizikusok. A tér sík és örökké tágul, állandóan lassuló mértékben.

Ezt a harmonikus képet zavarta meg az a felismerés, hogy a gravitáló, azaz a sötét és a barionos anyag összege együttesen nem lehet több, mint a kritikus tömeg értékének egyharmada. Ha ennél nagyobb lenne, a

galaxisok kialakulása a nagyobb gravitáció miatt sokkal gyorsabban következett volna be, tehát ma már nem nőne jelentősen a galaxisszám, mert azok már a múltban kialakultak volna. Márpedig a messze levő galaxissűrűséget (ezek időben jóval korábban alakultak ki, hiszen a fénynek el kellett érkeznie hozzánk) összehasonlítva a közelivel (az újabban keletkezettekkel) azt kapjuk, hogy a galaxiskeletkezés gyakorisága időben nő. Ez a felismerés megdönthette volna az inflációban és annak előrejelzésében (az össztömeg ~ a kritikus tömeg) való hitet, ha a kilencvenes évek során két nagyon fontos új kísérleti eredmény nem erősítette volna meg azt. Az egyik a háttérsugárzás fluktuációjának pontos megmérése, a másik a szupernóvarobbanások egy típusának megfigyelése volt.

#### *Az új kozmológia – a háttérsugárzás fluktuációja*

Amint már említettük, a háttérsugárzás öt nagyságrendig egyenletes, ami azt jelenti, hogy bármilyen irányból jövő sugárzást vizsgálunk, öt nagyságrendig azonos lesz a hőmérséklete, eltérés csak az ötödik tizedesben található. Amíg az anyag atommagokból és elektronokból állt (a hőmérséklet olyan nagy volt, hogy semleges atomok nem tudtak kialakulni, mert a beléjük ütköző részecskék hatására elbomlottak), a fotonok kölcsönhatottak a töltött elektronokkal, az elektronok a protonokkal, a protonok a neutronokkal. Amilyen mértékben fluktuált az anyag (azaz bizonyos helyeken több atommag és elektron volt, bizonyos helyeken pedig kevesebb), ugyanolyan mértékben fluktuáltak a töltött részecskék kölcsönható fotonok is. Amióta azonban az atommagok és az elektronok semleges atomokká egyesültek, a helyzet megváltozott. Mivel a fotonok csak töltött részecskékkel tudnak kölcsönhatni, semlegesekkel nem, így azóta a sugárzás változatlanul terjed. Az a fluktuáció, amit a háttérsugárzásban ma megfigyelünk, a Nagy

Bumm után ~300 ezer évvel keletkezett, amikor a semleges atomok kialakultak.

A fluktuáció csökkenő amplitúdójú szinuszos típusú hullámokkal írható le. Az inflációelmélet részletes és pontos előrejelzést ad az amplitúdók nagyságára, illetve a maximumok egymástól való távolságára. A megfigyelések egyik legfontosabb eredménye az volt, hogy a tér sík, ahogy azt az infláció alapján vártuk. A másik elég pontos adat a barionmennyiség mértékére vonatkozott. Az a megnagyító eredmény adódott, hogy ez az érték a hibahatáron belül megegyezik a galaxisokban levő deutériumatomok meghatározásából kapott értékkel. A teljesen különböző elveken meghatározott értékek azonossága az elméleti és tapasztalati kozmológia nagy sikere volt.

Hogyan lehetséges az, hogy az össztömeg megegyezik a kritikus tömeggel, azaz a Világegyetem sík, és még sincs elég anyag? Nem teljesen igaz Einstein általános relativitás-elmélete? Ez nem nagyon képzelhető el (noha az elmúlt évben ilyen jellegű gondolatok is születtek). Nem elég jók az Einstein-egyenletek megoldásánál alkalmazott közelítések? (Ilyen jellegű elképzelések éppen magyar szerzőktől születtek az elmúlt hónapokban – ez rendkívül vonzó lehetőség.) Ehelyett azon kezdtek a kilencvenes évek végén gondolkodni a kozmológusok, hogy a sötét energia nem kell hogy a szokásos értelemben vett anyag legyen. Egyetlen lényeges tulajdonsága van: a gravitációs kölcsönhatáshoz a galaktikákban nem ad lényeges járulékot.

#### *A szupernóvarobbanások*

Említettük a legelején, hogy ha egy rakétát fellövünk, az lassulva távolodik a Földtől, mivel a Föld vonzóereje visszahúzza. Hogyan magyarázható azonban az, ha a rakéta egyre nagyobb sebességgel kezd el távolodni tőlünk (és természetesen a Föld gravitációs erején kívül semmi más erő nem hat

rá)? Csak egy magyarázat marad: a Föld taszítja a rakétát. Ilyen taszító erőket ismertünk eddig is, például azonos elektromos töltésű testek között, de a gravitációs erők négy évvel ezelőttig mindig vonzóan adódtak. 1998-ban megfigyelték, hogy nagyon távol tőlünk bizonyos csillagok (Ia típusú szupernóvák) gyorsulva távolodnak tőlünk. Részletes számítások azt bizonyítják, hogy ez a jelenség is csak sötét energia fellépésével magyarázható.

Ma még nem tudjuk, mi ez a sötét energia. De a hatását látjuk. Az Einstein-egyenletekben fellépő kritikus energiasűrűség kétharmada sötét energia. Nagyon simán oszlik el, mert ha csomósodna, meg tudnánk figyelni. Egy dolog látszik: a sötét energia a tudomány egyik legizgalmasabb és legfontosabb rejtvénye.

#### *Véletlen, hogy kialakulhatott az élet?*

A kozmológiai ismereteinkben a megfigyelések és kísérletek hatására bekövetkezett forradalmi változások nemcsak az anyagról kialakított nézeteinket módosították, hanem a jövőről való elképzeléseinket is. A sötét energia véget vehet annak a korszaknak, amelyben csillagok és galaxisok keletkeztek. A tér egyre gyorsabban fog tágulni, a galaxisok egymástól távolodnak, és egy űres Világegyetem marad vissza. Ezeknek a kérdéseknek az eldöntése a jövő tudósaira vár.

Érdeemes elgondolnodni azonban azon, mennyire hajszálon múltott az, hogy a Földön élet keletkezésére alkalmas feltételek alakultak ki. Már az eddigiekből is látható volt, hogy bizonyos szám adatok, kezdeti feltételek finomhangolása nélkül az élet soha nem jöhetett volna létre. Azt, hogy kezdetben az összenergiának a kritikus energiával sok tízesig meg kellett egyeznie, már említettük. Egy másik ilyen fontos szám az elektromos és a gravitációs kölcsönhatás viszonya. Ha ez csak egy százalékkal kisebb lenne, a gravitáció olyan erős lenne, hogy bogárnál

nagyobb teremtmények nem alakulhattak volna ki. Egy csillag felépítéséhez milliárd-szor kevesebb atomra lenne szükség, életkora csak kb. 100 ezer év lenne, a Nap ötmilliárd éves eddigi életkora helyett. Ilyen csillag körül nem alakulhatott volna ki élet.

Egy másik jellemző fontos szám a nukleáris erők erősségének és egy proton nyugalmi energiájának viszonya. Jelenleg a csillagokban az energiefelszabadulás négy proton héliummaggá való átalakulása révén következik be. Két proton közt a kölcsönhatás nem elég erős ahhoz, hogy kötött állapotot alkothassanak, a héliummá alakulás csak lassú, úgynevezett gyenge kölcsönhatások révén alakulhat ki. Másrészt két proton elektromosan taszítja egymást, a köztük levő vonzó kölcsönhatás csak akkor érvényesülhet, ha hőmozgás révén elég közel kerülnek egymáshoz.

Ha a fenti viszony csak 2 %-kal erősebb lenne, a protonok már az Univerzum fejlődésének kezdeti időpillanatában egyesülhetnének volna, nem lehetnének a csillagokban energiatermelő magreakciók. Ha viszont 2 %-kal gyengébb lenne, a proton nem kötődne a neutronhoz, a deuteron nem lenne stabil, összetett magok nem keletkezhetnének.

A hasonló viszonyokat még tovább sorolhatnánk. Az Univerzumban az élet lehetőségének kialakulását néhány szám értéke határozza meg. Tudatos ez, vagy véletlen? Mert a véletlenre is alapos magyarázat van. A Világegyetemről való mai tudásunk szerint sok, a mienkhez hasonló más világegyetem alakulhatott ki, a természeti állandók véletlenszerű eloszlásával. Ezek közül bizonyos kombinációk esetén kialakulhatott élet az Univerzumban, bizonyos kombinációk esetén nem. Isteni gondviselés a mi Világegyetemünk, vagy véletlen? – mindenki hite szerint döntse el.

---

Kulcsszavak: *Világegyetem, kozmológia, asztro-részecskefizika, ösrobbanás, sötét anyag, sötét energia*

# A FELFEDEZÉSTŐL A KITELJESEDÉSIG – DOPPLER ÉS HUBBLE EMLÉKEZETE –

Szabados László

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

Kétszáz éve született és százötven éve halt meg Christian Johann Doppler osztrák matematikus-fizikus, aki megjósolta a fény hullámtermészetéből fakadó furcsa viselkedését – a később róla elnevezett effektust –, és kereken ötven éve halt meg Edwin Powell Hubble amerikai csillagász, akinek a nevéhez köthető a Doppler-effektus talán legismertebb alkalmazása, amely az Univerzum tágulásának felismeréséhez vezetett.

*Egy osztrák matematikus  
beszél a fizikába*

Christian Doppler egy salzburgi kőműves fiaként látta meg a napvilágot. Természetes lett volna, hogy apja mesterségét folytatva a jól menő vállalkozást vigye tovább, ám hamar kiderült, hogy törekeny egészsége miatt az ifjú Dopplernek más mesterséget kell választania. Szerencsére hamar megmutatkozott a matematika iránti fogékonysága, így Dopplert kiköveztet út vezette a matematikus (1825), majd a fizikus-csillagász (1829) egyetemi oklevél megszerzéséhez.

Diplomásként rögtön a bécsi egyetemre került, ahol felsőbb matematikát és mechanikát oktatott. Álláshelye azonban csak ideiglenes volt, így harmincéves fejjel kellett biztos megélhetést jelentő állás után néznie. Akkoriban már pályázati úton választották ki a professzorokat – írásbeli vizsgán elért eredményeik és próbaelőadásokon való szereplésük alapján. Doppler próbálkozásait nem kísérte szerencse. Átmenetileg még

könyvelői állást is elvállalt egy fonalkészítő üzemben. A professzori alkalmassági vizsgákon elszenvedett kudarcok hatására már azt fontolgatta, hogy áttelepül Amerikába, amikor 1835-ben végre elnyert egy technikumi tanári állást Prágában. Az elemi matematika középiskolai oktatása azonban nem elégtette ki, egyetemi katedrára vágyott. Szerencséjére a következő évtől már óraadóként oktathatott a prágai műegyetemen. Sőt, 1837-ben ugyanott megürült egy professzori állás, s bár Doppler azonnal átvette az azzal járó oktatási feladatokat, hivatalosan csak 1841-ben nevezték ki professzorá.

Egyáltalán nem volt könnyű időszak ez Doppler számára, de a jelek szerint tanítványainak sem. A hallgatók ugyanis nehezményezték a vizsgák szigorát, amiért az egyetemi előjárók felelősségre vonták Dopplert, ráadásul újra kellett vizsgáztatnia a több száz hallgatót. A fegyelmi határozatot 1844-ben kényszeredetten visszavonták ugyan, de közben Doppler egészsége annyira megromlott, hogy már nem is tartott egyetemi órákat, sőt egy lehetőséggel élve állást is változtatott.

Így került Selmecbányára, a híres Bányászati és Erdészeti Akadémiára a matematika, fizika és mechanika professzorának. Az 1848-as forradalmat követő bizonytalan politikai helyzet miatt azonban itt sem maradt sokáig. Az addigra megszerzett tekintélye hatására viszont már könnyen talált új állást: a bécsi műegyetemre került, 1850-ben pe-

dig a bécsi egyetem újonnan alapított fizikai intézetének első igazgatójává nevezték ki. Pályafutásának ez volt a csúcspontja.

Noha pályafutása során a legtöbb időt a matematika professzoraként töltötte, az utókor nemigen emlékszik a lánctörtekkel és az analitikus geometriával kapcsolatos matematikusi munkásságára – annál ismertebb Doppler, a fizikus. Kortársai szerint nem tartozott a kiemelkedő matematikusok közé, és az 1843-ban Prágában megjelent aritmetika- és algebratankönyvéből is kiviláglik, hogy még a matematika alapkérdéseiben sem mindig igazodott el. Ugyanakkor Doppler fel nem ismert zseni volt, illetve egyvalaki akadt csupán – Bolzano, a híres matematikus –, aki felismerte kortársa zsenialitását. Bolzanót lenyűgözték Doppler eredeti elgondolásai. Doppler nevét is egyik ilyen ötlete alapján ismeri az utókor.

Azon elmélkedve, hogy miért különböző színűek a csillagok, Doppler arra következtetett, hogy a színbeli eltérés oka a csillagok látóirányú mozgása. A fénysugár ugyanis hullám, amely a kibocsátó forrás közeledése esetén összesebb torlódik, azaz megnő a frekvenciája, míg a távolodó csillag sugárzása alacsonyabb frekvenciájú hullámokká húzódik szét. A következtetés helyes, a felismerés zseniális, Doppler magyarázata mégsem aratott osztatlan elismerést. Ennek csak egyik oka volt, hogy állítását nem tudta bizonyítani – a csillagok színképében csak évtizedekkel később sikerült megfigyelni a Doppler-efektust. A szakmai kételyekhez az is hozzájárult, hogy az 1842-ben tartott előadásában Doppler elnagyoltan fogalmazta meg a felismerést. Az effektust egyaránt érvényesnek tekintette a hanghullámokra és a fényre, mondván, hogy mindkettő longitudinális hullámként terjed. Ez utóbbi érv azonban egyszerűen nem igaz, mert a fény (és általában az elektromágneses sugárzás) transzverzális hullámként viselkedik. A Doppler-efektus megfogalmazásakor ráadásul ez már

ismert volt szakmai körökben, Augustin Jean Fresnel (1788-1827) ugyanis már korábban közzétette a fény diffrakciójával kapcsolatos felismerését. Maga Doppler is tudott róla, de nem fogadta el Fresnel eredményét.

Más gyenge pontja is volt Doppler hipotézisének: már a kiindulásnál alaptalan feltevésről élt. Téves ugyanis az az állítás, hogy a csillagok csak az optikai hullámhossztartományban sugároznak. William Herschel (1738-1822) már 1800-ban felfedezte az infravörös sugárzás létét, Johann Wilhelm Ritter (1776-1810) pedig 1801-ben az ibolyántúli sugárzást – mindkettő a Nap (tehát egy csillag) színképének vizsgálata során. Elképzelhető, hogy e felfedezések híre nem jutott el Dopplerhez. Másik feltevése azért helytelen, mert ha a csillagok csak optikai sugarakat bocsátanak ki, akkor ahhoz, hogy a Naphoz hasonlóan sárga csillag fényét vörösnek vagy kéknek lássuk, a csillagnak több tízezer km/s értéket meghaladó sebességgel kell távolodnia, illetve közelednie a megfigyelőhöz viszonyítva. Ez két eltérő színű, de összetartozó csillag, azaz kettőscsillag esetében a mechanika akkor már ismert törvényei szerint is irreális helyzet. A Nap környezetében található csillagok csupán néhányszor tíz km/s sebességgel mozognak a Naphoz viszonyítva.

Tegyük máris hozzá, hogy a 20. század utolsó harmadában viszont rengeteg olyan kozmikus forrást találtak a csillagászok, amelyek százezer km/s értéket meghaladó, olykor a fénysebességet megközelítő sebességgel távolodnak tőlünk. Ezek persze nem a Tejútrendszerhez tartozó csillagok, hanem nagyon távoli extragalaxisok, amelyek létéről Doppler korában nem is tudtak. A hatalmas távolodási sebesség az Univerzum tágulásának következménye, amelyre Edwin Hubble munkásságának kapcsán még részletesen kitérünk.

Egyvalamiben azonban teljesen igaza volt Dopplernek: a fény terjedési sebességének véges értéke miatt a közeledő vagy

távolodó testek színe tényleg megváltozik. Ezt a jelenséget ő maga a fény James Bradley (1693-1762) által 1728-ban kimutatott aberrációja általánosításának tartotta.

A fényre vonatkozó Doppler-effektust a 19. század közepén laboratóriumi eszközökkel azonban nem lehetett igazolni, és akkoriban a csillagászati megfigyelési technika sem érte még el az effektus kimutathatóságához szükséges szintet. Kortársai közül ezért többen is nyíltan kritizálták Doppler elgondolását. Leghevesebb bírálói a magyar Petzval József (1807-1891) és a holland Christophorus Buys-Ballot (1817-1890) voltak. A szakmai nézeteltérésből végül is a fizika került ki győztesen: Buys-Ballot egy furcsa kísérlettel igazolta, hogy a Doppler-effektus hanghullámok esetén tényleg fellép. A hollandus 1845-ben fűvöszenészeket ültetett egy vasúti kocsiba, és a mozgó vonat felől érkező zenei hangok magasságát a pálya mellől figyelő közönség valóban észlelte a hang hirtelen mélyülését abban a pillanatban, amikor az addig közeledő vonat távolodni kezdett.

Doppler híres-hírhedt cikkében a csillagok színváltozásáról értekezett, de hullámhosszról, frekvenciáról vagy spektroszkópiáról nem tett említést. Pedig a színképelemzés akkoriban már bekerült a tudomány eszköztárába. A csillagászati spektroszkópia terén azonban az 1840-es évekig – Joseph Fraunhofer (1787-1826) Nap-észlelésein kívül – nem történt említésre méltó esemény. Fraunhofer még 1817-ben sötét vonalakat figyelt meg a Nap színképében. A Fraunhofer-vonalak közönséges kémiai elemek (kalcium, nátrium, hidrogén, stb.) laboratóriumban is előállítható emissziós vonalainak felelnek meg, de a Nap légkörében (az ottani alacsonyabb hőmérséklet miatt) a vonalak abszorpcióssá válnak. Azonban akár elnyelési, akár kibocsátási a vonal, hullámhossza alapján egyértelműen azonosítható.

Armand Hyppolite Louis Fizeau (1819-1896) francia fizikus egy 1848-ban tartott előadásában mondta ki elsőként, hogy a csillagok fényében fellépő Doppler-effektust a csillagszínképekben látható spektrumvonalak hullámhossz-eltolódásának mérésével érdemes igazolni. Az akkori kis távcsövekkel és a hozzájuk illesztett kézi spektroszkóppal azonban nem lehetett érdemi mérést végezni a csillagok színképében, ezért nem meglepő, hogy Fizeau ragyogó ötletét csak 1870-ben közölte írásban.

A Doppler-effektus csillaga csak lassan ívelt felfelé. Az ötletadó Doppler pedig nem sokáig élvezhette a bécsi professzorságot. Addig is beteges szervezete gyorsan gyengült. 1852 őszén Velencébe utazott, azt remélve, hogy az enyhébb klímájú városban majd csak rendbe jön, de a hátralevő fél évben ennek éppen az ellenkezője történt. Doppler is a gyönyörű olasz kisváros híres halottai közé tartozik.

#### *A Doppler-effektus kimutatása csillagoknál*

Alighogy 1870-ben Fizeau közzétette több mint két évtizeddel korábban felvetett ötletét, még ugyanabban az évben az olasz Angelo Secchi (1818-1878) rájött arra, hogyan lehet egyszerűen kimutatni a látóvonal menti mozgás által okozott hullámhossz-eltolódást legalább egy csillagnál, a Napnál. A napfoltok mozgásából már régóta tudták, hogy a Nap forog. Secchi ötlete az volt, hogy a forgás által kijelölt egyenlítő két átellenes pontját kell nézni a napkorong peremén, azt, amelyik éppen a Nap látható felére fordul be, és azt, amelyik rövidesen eltűnik a szemünk elől. Ekkor ugyanis a Nap leginkább felénk tartó, illetve távolodó pontját vizsgáljuk. Secchi el is végezte a mérést, amellyel kimutatta, hogy a két színképhez tartozó azonos vonalak hullámhossza kicsit különböző. A Doppler-effektust számszerűen Hermann Karl Vogelnek (1841-1907) sikerült igazolnia

1872-ben, amikor a hullámhossz-eltolódás alapján számított forgási sebességet összevetette a napfoltok mozgásából kapott tengelyforgási idővel.

Távolabbi csillagoknál nem a forgás hatását, hanem a Naphoz viszonyított térbeli mozgás látóirányú komponensét kellett kimutatni (hiszen a csillagok pontszerűeknek látszanak). Ehhez pontos mérésre volt szükség, amelyet attól kezdve lehetett végrehajtani, amikor a színeképet fotólemezen is meg tudták örökíteni. Ez ugyancsak az 1872. év egyik fontos csillagászati előrelépése volt. Maga Vogel több száz csillag színeképet vette fel az elkövetkező években, és ötvenegy csillagra sikerült megmérnie a Doppler-efektust is. Az ő nevéhez fűződik az egyik legelső spektroszkópiai kettőscsillag felfedezése is. Az ilyen csillagok színeképeben periodikusan változik a vonalak hullámhossza, mivel a páros mindkét csillaga kering a rendszer közös tömegközéppontja körül.

A 20. század elejére az évszázadokon át szinte csak Európára koncentráltó csillagászat kétpólusúvá vált, az Amerikai Egyesült Államok néhány évtized alatt csillagászati nagyhatalommá lépett elő, s ez elsősorban új, nagy távcsövek létesítésével magyarázható. Különösen nagy előrelépést jelentett a 2,5 méter átmérőjű tükröt tartalmazó Hooker-teleszkóp elkészítése (1917) a kaliforniai Mount Wilson Observatóriumban.

#### *Az Univerzumról alkotott kép kitégítőja*

Az 1889-ben, a Missouri állambeli Marshfieldben született Edwin Powell Hubble iskolás korában rengeteget olvasott, de még több időt szentelt a sportolásnak: atletizált, futballozott, kosárlabdázott. Sportbeli képességeit jelzi, hogy chicagói középiskolásként megdöntötte az Illinois államban érvényes magasugrócsúcsot. Igazgatója 1908-ban így búcsúzott a végzős diáktól: „Edwin Hubble, négy éven át figyeltelek, de soha nem láttalak tíz percnél tovább tanulni.” Majd egy kis

hatásszünetet követően az igazgató a chicagói egyetemre szóló ösztöndíjat nyújtott át Hubble-nak.

Az egyetemista Hubble-t már megérintette a fizika, mert – ugyan csupán ösztöndíjnak kiegészítésére – abban a laboratóriumban asszisztenskedett, amelyet Robert Millikan (1868-1953), a későbbi Nobel-díjas vezetett. Továbbra is a sport érdekelt, a korábban is művelt sportágak mellett, de néha azok helyett az ökölvívás. Az egyetemi baccalaureus fokozat megszerzése után (1910) Rhodes-ösztöndíjjal a híres oxfordi Queens College-ba került, joghallgatónak. Diplomáját megszerelve (1913) el is helyezkedett a jogi pályán (más forrás szerint tanári állást vállalt – Hubble fiatal éveire vonatkozóan nem ez az egyetlen bizonytalanság), de hamar rájött, hogy nem ez érdekli, mert a szíve a csillagászat felé húzta. 1914-ben visszatért a chicagói egyetemre, hogy doktori fokozatot szerezzen – csillagászatból.

Még doktori értekezésén dolgozott, amikor állást ajánlottak neki a Mount Wilson Observatóriumban. Micsoda lehetőség! Hubble táviratilag választott Georg Ellery Hale-nek (1868-1938), az akkori igazgatónak: „Ajánlatát sajnos nem fogadhatom el. A háborúba megyek.” 1917-et írtak akkor... Hubble 1919 nyarán tért vissza az I. világháborúból, s amint leszerelt, azonnal a Mount Wilson Observatóriumba sietett. Kutatói pályáján aztán mindvégig hű maradt ehhez az intézményhez, amely az 1940-es évek végétől az akkortól legnagyobb, ötméteres Palomar-hegyi távcső gazdája is volt – csak a II. világháború idején töltött újabb katonai szolgálata vonta el átmenetileg a tudománytól.

Kutatói pályájának első évtizedében elért felfedezéseivel Hubble alapjaiban változtatta meg a Világegyetemről alkotott képet. Galilei óta nem következett be ehhez fogható fejlődés a csillagászatban ilyen rövid idő alatt, ráadásul egyetlen személy munkássága folytán. Itt nem is tudjuk áttekinteni

Hubble valamennyi hozzájárulását a kozmosz megismeréséhez, csak azokkal foglalkozunk, amelyek a Doppler-effektus csillagászati alkalmazásával kapcsolatosak, vagy elvezettek ahhoz.

Hubble az 1920-as évek közepén ismerte fel, hogy a világ nem ér véget a Tejútrendszer határainál. A 2,5 méteres távcsövel ugyanis sikerült csillagokra bontania néhány spirálködöt (közte a legközelebbit, az Androméda-ködöt). Hogy ezek a csillagrendszerek a Tejútrendszer megfelelői, azaz szomszédos galaxisok, azt úgy sikerült bizonyítania, hogy távolságjelző csillagokat talált bennük. Ilyen távolságindikátorok a cefeida típusú változócsillagok, amelyek sajátregzést végezve radiálisan pulzálnak, s eközben periodikusan változtatják fényességüket. Ezen oszcilláció természetéből következik, hogy a pulzáció periódusa a csillag méretétől, s azon keresztül a sugárzási teljesítményétől függ. A periódus és az abszolút fényesség közötti kapcsolat ismeretében (amit tejútrendszerbeli cefeidákkal lehet kalibrálni) a mérésekből meghatározott látszó fényességből és a pulzáció periódusából kiszámítható a cefeida, illetve az őt tartalmazó extragalaxis távolsága.

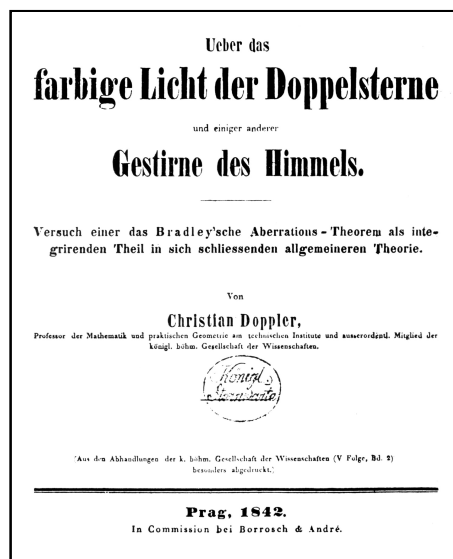
A világ ismert határai egy csapásra az addigianak sokszorosára tágtak ezzel a felismeréssel. De Hubble azt is kimutatta, hogy az Univerzum nemcsak átvitt értelemben tágul.

Az extragalaxisok színeképe az őket alkotó milliárdnyi csillag spektrumának együttese. Az Univerzum leggyakoribb elemére, a hidrogénre jellemző színképvonalak minden galaxis spektrumában feltűnnek, de a csillagrendszerek mozgása miatt fellépő Doppler-effektus hatására ezek a vonalak nem a laboratóriumi hullámhosszuknál figyelhetők meg. Számos galaxis látóirányú sebességét meghatározva Hubble 1929-ben figyelte fel arra, hogy minél messzebb van egy galaxis, annál nagyobb sebességgel távolodik tőlünk. Ez a felfedezés a modern kozmológia kezdetének számít, és az azóta más megfigyelési

tényekkel is alátámasztott *ősrobbanás* egyik észlelési bizonyítéka. Ha a világ egy szingularitásból keletkezett az ősrobbanással, és azóta tágul, akkor megfelelően nagy térbeli skálán minden alkotóeleme távolodik a tőle távol levő összes kozmikus objektumtól. A Hubble által felfedezett összefüggés – a Hubble-törvény – szerint a galaxisok tőlünk való távolsága és távolodási sebessége között egyenes arányosság áll fenn. Az arányossági tényező az ún. Hubble-állandó, amelynek értéke mai ismereteink szerint kb. 70 km/s/megaparszek (1 parszek = 3,26 fényév). (A Hubble-törvény a gravitációsan kötött rendszereken belül, például a Naprendszerben, a Tejútrendszerben, de még az egy rendszert képező galaxishalmazokban sem érvényesül.)

A Hubble-állandó értékéből kiindulva meghatározható az Univerzum kora, a Hubble-idő is, vagyis hogy mennyi idővel ezelőtt történt az ősrobbanás. Az Univerzum kialakulása, fejlődése pedig érthető módon a tudomány egyik legfontosabb kérdése. Maga Hubble azonban nem foglalkozott saját kutatási eredményeinek e témára gyakorolt hatásával.

Hubble nevéhez még számos eredmény fűződik, egyebek között ő alkotta meg a ga-



laxisok osztályozási rendszerét is. Az alapjaiban ma is használatos morfológiai felosztásban három fő típus szerepel: a spirális, az elliptikus és a szabálytalan galaxisok. Bár a legnagyobb tudományos elismerést, a Nobel-díjat nem kapta meg, Hubble-t minden idők legnagyobb csillagászaik között tartják számon.

### *Doppler-effektus nagyban és kicsiben*

Tekintsük át röviden, hogy másfél évszázaddal Doppler és fél évszázaddal Hubble halála után milyen kutatások épülnek a Doppler-effektus vizsgálatára!

Ma már olyan egészen távoli extragalaxisok színeke is vizsgálható, amelyek hatalmas sebességgel távolodnak tőlünk. Kis sebességek esetén – nagyjából a fénysebesség egy tizedéig – a Doppler-effektus miatt kialakuló hullámhossz-eltolódás ( $\Delta\lambda$ ) – amit távolodás esetén *vöröseltolódás*nak szokás nevezni, és a csillagászatban  $z$ -vel jelölnek – egyenesen arányos a látóirányú sebességgel ( $z = \Delta\lambda/\lambda = v/c$ , ahol  $c$  a fény terjedési sebessége vákuumban). Nagy sebességek-nél relativisztikus effektusok lépnek fel, amelyekről a vöröseltolódás és a távolodási sebesség közötti kapcsolat bonyolultabb ( $z = [(c + v)/(c - v)]^{1/2} - 1$ ). A relativisztikus hatás egyik érdekes következménye az is, hogy ha egy test a látóvonalra merőlegesen mozog, akkor is nő az általa kibocsátott sugárzás hullámhossza (transzverzális Doppler-effektus). Egy másik hatás az ún. gravitációs vöröseltolódás, amelynél a sugárzást kibocsátó test tömege miatt nő a kibocsátott sugárzás hullámhossza (a tömegvonzás miatt lecsökken a testről távozó foton energiája, tehát ennek a relativisztikus hatásnak nincs köze a Doppler-effektushoz). Az ezredfordulón megfigyelt legnagyobb vöröseltolódások már meghaladják a  $z = 6$  értéket. Ez tehát nem hatszoros fénysebességgel távolodó forrást jelent, de a fénysebességet alaposan megközelítő mozgásra utal. A fény véges terjedési sebessége miatt viszont ezeket a nagyon

távoli extragalaxisokat olyanoknak látjuk, amilyenek a most felfogott sugárzás kibocsátásakor, azaz tízmilliárd évnél is régebben voltak. De azt, hogy a látható fényben hogyan néztek akkor ki, azt most az infravörös tartomány vizsgálatából tudhatjuk meg – ugyancsak a Doppler-effektus által.

A minél nagyobb vöröseltolódások kimutatása iránti vágy nem öncélú; így juthatunk egyre közelebb az Univerzum múltjának megértéséhez, hisz a legelsőként kialakult kozmikus struktúrák a legnagyobb vöröseltolódású képződmények között keresendők.

A másik véglet, a minél kisebb Doppler-effektus kimutatása ugyancsak jellemző napjaink csillagászatára. A parányi Doppler-effektus az idegen csillagok körül keringő bolygók kimutatására alkalmas. A jelenség ugyanaz, mint a kettőscsillagoknál, de a bolygó kis tömege miatt az anyacsillag alig mozdul el a rendszer tömegközéppontjához képest. Míg Hubble idejében a színképvonalak Doppler-eltolódásából 1-2 km/s pontossággal lehetett meghatározni a csillagok látóirányú sebességét, addig mára különleges spektroszkópai technikákat alkalmazva már néhány méter/másodperc a detektálva pontossága. A látóirányú sebesség mérésének pontosságát azonban nem lehet minden határon túl növelni. A csillagok fizikai tulajdonságai és a csillaglégrében zajló folyamatok (turbulencia, konvekció, oszcillációk, stb.) kiszélesítik és eltorzítják a színképvonalakat. 1995 óta így is több mint száz bolygó létét tudták közvetve kimutatni más csillagok körül, de ezek mindegyike óriásbolygó, amelyek tömege a Jupiteréhez hasonló. A csillagászok célja pedig a Föld típusú bolygók felfedezése. Úgy tűnik, hogy ilyeneket nem a Doppler-effektus által fognak találni.

### *Doppler-effektus a Földön és a Föld körül*

Doppler a csillagászatból merítette felfedezésének ötletét, és a Doppler-effektus a csillagászatban futotta be a legnagyobb karri-

ert, de számos más területen is alkalmazzák, és nem csak kutatási célokra.

A *Doppler-hűtést* a kísérleti fizikusok alkalmazzák atomok hőmozgásának lassítására, amit megfelelően hangolt lézerefénnyel érnek el. Az 1980-as évek közepén kidolgozott eljárással 240 milliomod K hőmérsékletre sikerült hűteni bizonyos atomokat, s ezért Steven Chu (sz. 1948) és William Phillips (sz. 1948) amerikai valamint Claude Cohen-Tannoudji (sz. 1933) francia fizikus Nobel-díjat is kapott (1997).

A hanghullámokkal, pontosabban az ultrahanggal kapcsolatos Doppler-effektuson alapul a szív- és érrendszeri betegségek diagnosztikájában alkalmazott eljárás, a *Doppler-ultraszonográfia*. A kibocsátott ultrahang visszaverődik a véráram alakos elemeiről, s a visszaszórt hullámok Doppler-eltolódása

nemcsak a véráram létét és irányát jelzi, hanem a vér áramlásának sebessége is meghatározható a jel elemzéséből.

*Doppler-követés* a neve a mesterséges holdak pályájának meghatározására szolgáló módszernek, amelyet a mesterséges hold fedélzetén kibocsátott stabil frekvenciájú rádiójel észlelt frekvenciaeltolódására alapoznak.

S hogy végül teljesen visszazökkenjünk a hétköznapi földi valóságba: az országutak, autópályák mentén végzett radarkontroll a megengedett haladási sebesség túllépésének kimutatására szintén a Doppler-effektuson alapul.

---

Kulcsszavak: *Doppler-effektus, hullámhossz, frekvencia, vöröseltolódás, Hubble-állandó, kozmológia*



# A GÉNKUTATÁS-GENOMIKA SZEREPVÁLLALÁSA A NÖVÉNYEK NEMESÍTÉSÉBEN

Dudits Dénes

az MTA rendes tagja; főigazgató, MTA Szegedi Biológiai Központ – Dudits@nucleus.szbk.u-szeged.hu

Az élő szervezetek fejlődési fájának bonyolult elágazásai ellenére az életet megvalósító molekulák, működési mechanizmusok jelentős konzerváltságot mutatnak a vírusoktól az emberig. Az alapvető életfolyamatok rendező elvének általános érvényesülése gyakran felismerhető rendszertanilag igen távoli élőlények tanulmányozásakor. A számos meggyőző példa között talán kiemelt figyelmet érdemel az öröklődés mikéntjének problémája, hiszen minden sejt, élőlény utódként szülői tulajdonságokkal is rendelkezik. A nemzedékeket összekötő öröklődési folyamat törvényszerűségeinek keresése *Gregor Mendel* borsó kísérleteit követően vezetett el a gének mint a tulajdonságok öröklődéséért felelős funkcionális egységek meghatározásához. Bár a gének szerepét, működését széleskörűen bizonyították a kutatások is, az *Ivan Micsurin* és *Trofim Lizenkonevé*hez fűződő irányzat képviselői mégis előszeretettel használták a növényeket az öröklődés génelméletének megsemmisítését célzó, gyakran politikai indíttatású háborújukban. Magyarországon is virágzott ez a szemlélet 1953-ban és az azt követő évtizedben, annak ellenére, hogy már korábban transzformációs kísérletek (Avery et al., 1944) igazolták a DNS mint örökítésért felelős molekula jelentőségét, és a *Watson-Crick*-modell rávilágított az alapvető strukturális és funkcionális jellemzőkre (Watson –

Crick, 1953). Természetesen az évtizedek múlásával a tévutak elvesztik jelentőségüket. Különösen a rekombináns DNS módszerek bevezetése járult nagyban hozzá ahhoz, hogy a gének misztikus világa kémcsőben kezelhető anyagi valósággá szelődött. Így kerülhetett sor a nyolcvanas évek elején növényi gének izolálására, funkcionálisan működőképes génkonstrukciók létrehozására és azok növényekbe történő beépítésére. Új fejezet kezdődött a növényi világ kutatásában, és természetesen a növények nemesítésében. A *Watson-Crick*-modell hiányában nem jutottunk volna el a genomika korszakába, amikor számos élő szervezet, így a lúdfű (*Arabidopsis*), rizs, kukorica teljes DNS-állományának megszekvenálása utat nyitott a genomszintű megközelítések számára.

## *A láthatatlan gének és több évszázad növénynemesítési gyakorlata*

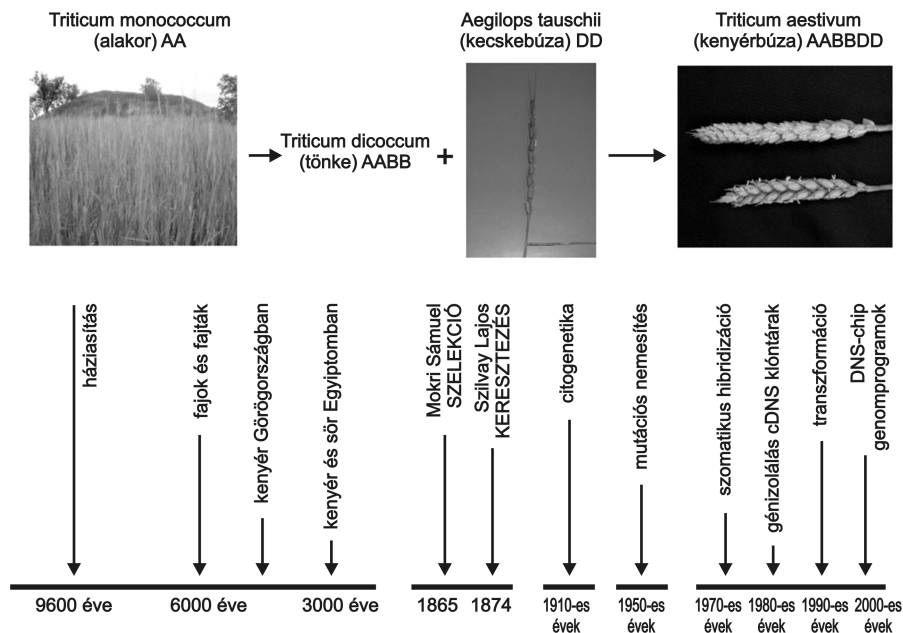
A növények emberi érdekek, célok szerinti alakítása, nemesítése a génmanipuláció művészete. A fajta-előállítás mindennapi gyakorlatában a kívánt génkombinációk létrehozása és megtalálása azért bonyolult művelet, és azért igényel intuitív képességeket, mert a felszínen megjelenő tulajdonságok fenotípusos vizsgálatával csak közvetve tájékozódhatunk a gének jelenlétéről, működésének mikéntjéről. Mint az *1. ábra* szemlélteti, ez a folyamat a búza esetében évezre-

dekkal ezelőtt az *alakor* formák természetbe vételével elkezdődött. Spontán keresztezések és a poliploidizáció vezettek a kenyérünket adó gabona mai változatainak kialakulásához. A XIX. század közepétől a természetes evolúciós folyamatok még inkább háttérbe szorultak, hiszen a tudatos szelekció, később pedig a szülői növények megválasztása és keresztezése tette hatékonyabbá a búza génösszetételének célirányos befolyásolását.

A növénynemesítés sikerességét sokban szolgálta a genetikai, növényélettani és a kórtani kutatások eredményeinek felhasználása. Jól érzékelhető hatása volt a citológiai módszerek tökéletesítésének, amelyek lehetővé tették a kromoszómák számának meghatározását és a strukturális átrendeződésének kimutatását. A mesterséges poliploidizációra alapozott nemesítés kiemelkedő eredményeket hozott például a cukorrépatermesztésben. A gének hirtelen megváltozásai, mutációi nemcsak a természetes

evolúció során játszanak szerepet, hanem a genetikai variabilitás fontos forrásai a nemesítési tenyésztanyagok esetében is. A mutációk gyakoriságának besugárzással vagy mutagén vegyületek felhasználásával történő megemlése durva és véletlenszerű beavatkozás, amely ennek ellenére eredményezheti hasznos genotípusok kialakulását.

Általános megfigyelés, hogy a természet növényeinkkel rokon, vadon élő fajok számos, agronómiai szempontból értékes génnel rendelkeznek. Különösen gazdag forrásai lehetnek betegségekkel vagy szélsőséges környezeti tényezőkkel (szárazság, fagy) szembeni rezisztenciát biztosító géneknek. Ezért a távoli keresztezések evolúciós korlátait a nemesítői találékonyág folyamatosan próbálja megkerülni. A testi sejtekből izolált protoplasztok fuzionáltatásával létrehozott szomatikus hibridek jelentősen kiszélesítették a nem rokon növények közötti génátvitel lehetőségeit. Mind a faj- és nemzetségkereszteзések, mind a sejt-hibridi-



1. ábra • A búzagének manipulálásának módszerei az évszázadok során

záció során a gének tízezrei véletlenszerűen rekombinálnának, így csak utólag, a növények tulajdonságait értékelve lehet a kívánt génkombinációkat megtalálni és hasznosítani.

*A növényi gének szerkezetének és működésének titkait őrző DNS-molekulák*

A rekombináns DNS módszerek kidolgozását követően kézenfekvő volt a növényekből izolált DNS-minták tanulmányozása az új metodikák birtokában (Dudits, 2000). Elkészültek az első genomikus gén klóntárak. Egyedi gének szekvenanciaadatai alapján be lehetett határolni a növényi gének főbb funkcionális elemeit, amelyek a már ismert állati gének szerkezeti elrendeződéséhez sokban hasonló felépítést mutattak. Igazolódott, hogy a kódoló DNS-szakaszt megelőző (5' végi) ún. promoterrégiók sajátos szekvenciamotívumokkal (cisz elemekkel) rendelkeznek, amelyek fénytől, szövettípustól vagy környezeti hatásoktól függő génkifejeződést biztosítanak. A cisz elemekkel kölcsönható akár gátló, akár aktiváló fehérjék (transzkripció faktorok) megismerése elengedhetetlen a szabályozott génkifejeződés törvényszerűségeinek megismeréséhez. A legújabb kutatási eredmények fényében kiemelt hangsúlyt kap az a tény, hogy az egyes gének promotereinek működési állapotát alapvetően meghatározza a kromatin szerkezete. Változások a DNS metiláltságában, a hisztonfehérjék acetiláltságában, foszforiláltságában egyaránt szerepet játszanak a kromatin átstrukturálódásában. Mindinkább igazolást nyer, hogy az átrendeződésért (Chromatin-remodelling) felelős fehérjék mutációs hibái elvezethetnek a fejlődési program összezavarásához. Így fordulhat elő, hogy kimarad a növényi életciklus vegetatív fázisa, és a mutáns növények csírázás után azonnal virágot hoznak. Hibás kromatinszerkezet megtermékenyítés nélkül is okozhatja

az endospermium-szövet kialakulását. A kromatinszerkezettel kapcsolatos kutatások is világosan mutatják, hogy a DNS-molekulák nukleotidszekvenciájában tárolt információk a sejtfunkciók működtetéséhez való felhasználhatósága a magasabb szintű szabályozási rendszer ellenőrzése alatt áll.

A gének elsődleges termékei, az mRNS-molekulák vezérlik a sejtfunkciókhoz szükséges fehérjék, enzimek szintézisét. Az mRNS felhasználásával szintetizált ún. cDNS-molekula populációk egy adott sejt- vagy szövettípus aktív génjeit reprezentálják, és így fontos jellemzői az aktuális funkcionális vagy fiziológiai állapotnak. A növények különböző szöveteiből származó cDNS-bankok sokban segítik a génezolálási programokat. Beteg és egészséges, illetve stresszhatásnak kitett és kezeletlen növényi szövetekből származó cDNS-bankok klónjainak összevetése sok esetben vezetett el agronómiai értékeket felmutató gének azonosításához. A különböző eredetű cDNS-ekkel végzett differenciális hibridizáció mellett mind gyakrabban nagyszámú cDNS-klónt megszekvenálva ún. EST (Expressed Sequence Tag) adatbázisokat hoznak létre, amelyek megbízható alapot adnak az *in silico* végzett génvadászatokhoz.

*Génkutatás in silico és növény-nemesítés molekuláris markerek segítségével*

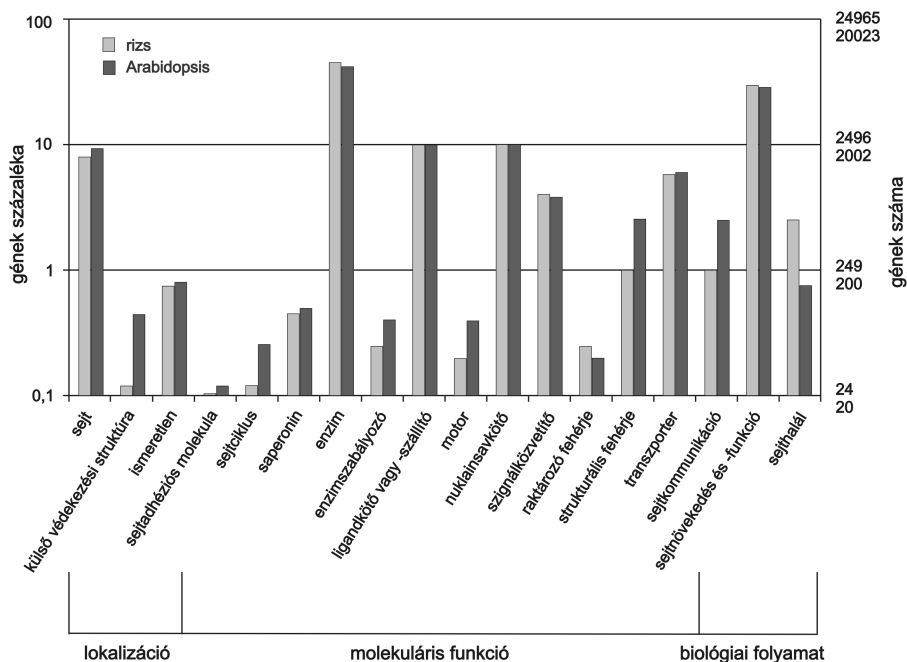
Az „Arabidopsis Genom Kezdeményezés 2000” eredményeként széles nemzetközi együttműködéssel valósult meg a lúdfű (*Arabidopsis thaliana*) DNS-ének megszekvenálása (The Arabidopsis Genome Initiative, 2000). A számítógépprogramokkal végzett génpredikció szerint ez a gyomnövény – a növény molekuláris biológiai kutatás *Drosophila* – 25 500 gént tartalmaz. Érdekes megfigyelés, hogy a gének többsége két példányban található meg, és mintegy 11 ezer géncsalád ismerhető fel. A genomikai kutatásban az egyszikű gabonafélék mo-

dellnövénye a rizs, amelynek mintegy 430 millió nukleotidból épül fel a genomja. Mind az „*indica*” típusú rizs szekvenálását végző pekingi intézet, mind a „*japonica*” típusú genomot szekvenáló Syngenta cég kutatói szerint a rizsnek hozzávetőlegesen 50 ezer génje van. (Yu, 2002; Goff, 2002). Az *Arabidopsis*-gének 36 %-a, a rizsgének 20 %-a esetében lehetett az *INTERPRO* vagy *Gene Ontology* programcsomagokkal a kódolt fehérje szerepét megjósolni. Az azonosított géntermékek molekuláris funkciók szerinti megoszlása nagymértékben hasonló a két növény esetében.

A törzsfajdés során, az egy-, illetve két-szikú fajok 200 millió évvel ezelőtti szétválását követően a genomok jelentős átrendeződése következett be. Így viszonylag kismértékű egybeesés (syntheny) figyelhető meg a gének kromoszómális elhelyezkedésében. Ugyanakkor a rizs molekuláris térképe nagyfokú megegyezést mutat a búza-, árpa- vagy

kukoricakromoszómák genetikai markereinek elrendeződésével. Az *Arabidopsis* és a rizs génkészletének hasonlóságában jelentős aszimmetria figyelhető meg. Míg az *Arabidopsis*-gének 80 %-a tartalmazza a rizsben megtalálható homológ gént, addig a rizsgéneknek csak a fele mutat homológiát valamelyik *Arabidopsis*-génnel. Növénynevelési szempontból figyelmet érdemel, hogy közel hatszáz rizsgén kódol betegségezisztenciát biztosító fehérjét, amely az ún. apoptózis-rezisztencia doménnel rendelkezik. Ezen túl négyszáz ún. R gén mutatható ki a rizsben. A rezisztenciagének termékei leucinban gazdag ismétlődéseket tartalmazó fehérjék. Érdekes adat, hogy számos, a virágzás idejét, illetve a virág fejlődést szabályozó *Arabidopsis*-gén megfelelője megtalálható a rizs genomjában.

A növényi genomprogramok sikerességét nagymértékben elősegíti, hogy jó néhány gazdasági növényünk (búza, kukorica,



2. ábra • A rizs- és Arabidopsis-gének funkció szerinti osztályozása (Yu et al., 2002)

árpa, lucerna, borsó, szója) bevonásával folyamatosan bővítik a kutatók és nemesítők a genetikai térképeken elhelyezett marker-körét. A részletes kromoszómaterképek elkészítésekor fenotípusos vagy élettani bélyegek génjei mellett a molekuláris markerek helyzetét is megállapítják. A kapcsoltság mértékét a rekombinációs gyakoriság alapján lehet megbecsülni. A molekuláris markerek széles választéka használható fel a géntérkép megszerkesztéséhez. Így a polimorfizmus a restriktációs enzimmel végzett hasításból származó DNS-fragmentek hosszában (RFLP) vagy specifikus primerekkel történt amplifikációs termékek méretében (AFLP) szolgálhat markerként. A mikroszatellitiek sajátos nukleotidkombinációk egymás utáni ismétlődéseiből épülnek fel, és amplifikációjuk jellegzetes DNS-terméket ad a térkép elkészítéséhez. A specifikus DNS-szakaszok amplifikációja a polimeráz láncreakcióval (PCR) valósítható meg. Igen hasznos molekuláris markerek az EST klónok, amelyek ismert szekvenciájú cDNS-ek. A genom szintű molekuláris variabilitás, amely egyedek vagy rendszertani kategóriák azonosítását is lehetővé teszi, jellemezhető egyetlen nukleotidot érintő polimorfizmussal (SNP: single nucleotide polymorphism). A tranzíciós (A/G vagy C/T), valamint transzverziós (A/G/C/T vagy C/T/A/G) változások akkor jelentenek polimorfizmust, ha a populáció több egyedének vizsgálatakor kimutathatók. Az SNP markerek jól használhatók rekombinációs térképek készítéséhez, továbbá mennyiségi tulajdonság kialakításában szerepet játszó kromoszómaregiók (Quantitative Trait Loci, QTL) behatárolásához. A növény nemesítő által javítandó tulajdonságok (terméshozam, minőség, tenyészidő, stb.) zöme több gén által befolyásolt mennyiségi bélyeg. Minden molekuláris marker, amely összefüggésbe hozható agronómiai értékű tulajdonságokkal, például betegség-ellenállósággal, szárazságtűréssel, terméskomponensekkel, jelen-

tős megbízhatóságbeli és hatékonyságbeli javulást tesz lehetővé a szelekciós munkában. A fenotípus helyett a közvetlen genetikai alapok értékelhetők a környezeti tényezők zavaró hatásai nélkül. A molekuláris markerekre alapozott nemesítési gyakorlat mindinkább széleskörűen elterjed, hiszen a növények egzaktabb értékelésével a tulajdonságok javítása sikeresebbé válik.

A molekuláris markerekre alapozott genetikai térképeken behatárolható a mutációt szenvedett gének helye is. A térképezésen alapuló génizolálás számos esetben vezetett a gének klónozásához még a komplex genommal rendelkező fajok esetében is, mint a lucerna (Endre, 2002).

#### *A transzgenikus növények nélkülözhetetlenek a gének szerepének kutatásában*

Tradicionálisan egy ismeretlen gén szerepét csak közvetett információk alapján tudjuk megjósolni. Ha hiba, mutáció következik be a gén szerkezetében, akkor a megváltozott fenotípusos bélyegek árulkodhatnak a funkcióról. A keresztezésekből származó új génkombinációk is megváltoztathatják a morfológiai, élettani sajátosságokat. Az izolált gének birtokában például cDNS-klónok felhasználásával teljesen új génekutatási stratégiák kidolgozására nyílt lehetőség, amelyek során a vizsgálandó gének működőképes formában visszaépíthetők a gazdanövény genomjába. A génbeépítés műveletét transzformációnak, az *in vitro* rekombináns DNS módszerekkel megszerkesztett DNS-molekulát transzgenének, és az új gént hordozó növényt transzgenikus növénynek nevezük.

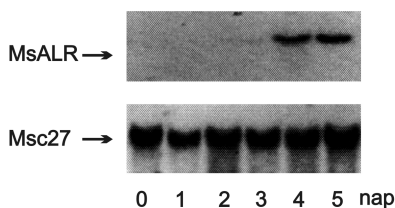
Napjainkra szinte minden, gazdaságilag jelentős növény esetében hatékony transzformációs módszerek állnak rendelkezésre. Leggyakrabban a talajbaktérium, az *Agrobacterium* természetes génátviteli rendszerét kihasználva építenek be géneket a növé-

nyekbe. Ez a megközelítés sikeresen alkalmazható mind kétszikű, mind egyszikű fajok génösszetételének megváltoztatására. A párányi aranyzemcskékre rögzített DNS-molekulák beléphetők a sejtekbe, és így biztosítható az idegen gén beépülése. A jelenlegi transzformációs módszerek elsősorban a testi, szomatikus sejtekbe juttatják be a vizsgálandó génkonstrukciókat. Ezért a transzformált sejtekből *in vitro* tenyészetekben növényeket kell regenerálni, ami gyakran metodikai korlátot is jelenthet. A növények egyedfejlődési sajátosságaiból is fakadóan a differenciált sejtek az osztódások indukciójával átprogramozhatók, kialakíthatók bennük a totipotens állapot, amely embriók vagy hajtáskezdemények kialakulását teszi lehetővé. Így fertilis növények nevelhetők fel a transzformált testi sejtekből (Dudits – Heszky, 2000).

A gének, illetve az általuk kódolt RNS- vagy fehérjemolekulák szerepét lehet tanulmányozni a vizsgálandó DNS-molekulák átmeneti, transziens kifejeztetésével vagy a genomba integrálódott formában, amikor a beépült transzgen az utódgenerációkra öröklődik. Széleskörűen használt génmanipulációs stratégia, hogy a transzformációs vektor promotereinek segítségével megmérjük a géntermék mennyiségét, és értékeljük a túltermelt fehérje hatásait. A fehérjét kódoló DNS-szakasz származhat a transzformált fajból, de egyaránt lehetőség van virális, bakteriális, nem rokon növényi vagy állati gének kifejeztetésére is. A génműködés fel-fokozását nagy aktivitású, többnyire folyamatosan működő promoterek felhasználásával lehet biztosítani. A gén eredeti promotereit kicserélve kiválasztott regulátor DNS-szakaszra, megváltoztatható a génkifejeződési mintázat, új vagy több fehérje termeltethető a növények sejteiben. A céltudatosan megtervezett géntechnológiai beavatkozások eredményessége sokban függ a promoterkészlet gazdagságától. A génizolálási prog-

ramok a kívánt cDNS-ek megtalálásán túl külön figyelmet fordítanak a promoterrégió azonosítására és jellemzésére. Minél pontosabban szabályozható a géntermék mennyisége illetve irányítható keletkezésének helye vagy ideje, annál gazdaságosabb a génsebészeti beavatkozás. Ha a nemesítés célja például a búzaszem tápértékének javítása, akkor indokolt endospermium specifikus promoterral kifejeztetni a beépített gént. Igen nagy jelentősége van a szövet- vagy szervfüggő kifejeződést eredményező promotereknek. Intenzíven kutatják az ún. indukálható promotereket, amely környezeti tényezők megváltozásakor (fagy vagy hőhátás, vízhiány, kórokozók támadása) biztosítják a védekezéshez szükséges fehérjék szintézisét. Míg az ún. első generációs gyomirtó szer vagy kártevőerezisztens transzgenikus fajták többnyire folyamatos kifejeződésű (konstitutív) promoterekkel készültek, addig a jövőbeni termékek fejlesztésekor mérnöki precizitással tervezik meg a génműködés szabályozottságát.

A kívánt promoter megtalálásához, a gének funkciójának tisztázásához elengedhetetlen a génkifejeződés sokoldalú jellemzése. Egyedi génekről szintetizálódó RNS-molekulák mennyiségéről az ún. *northern* hibridizáció módszerével nyerhetünk adatokat.



3. ábra • Az aldózreduktáz (MsALR) gén aktiválódása a lucernanövényekben a szárazságstressz 4-5. napján. Az Msc27 gén mRNS mennyisége konstitutív génkifejezést mutat (Oberschall et al., 2000)

A 3. ábrán (Oberschall, 2000) látható, hogy a lucerna aldózreduktáz mRNS szintetizálódik a vízhiány okozta szárazságstressz hatására. Ugyanakkor az Msc27 jelű gén valamennyi vizsgált növényi mintában aktív. A sejtek fiziológiai vagy működési állapotának jellemzéséhez célszerű nagyszámú gén kifejeződési paraméterét ismerni. Az ún. DNS-chip technológia egyetlen vizsgálattal több ezer génről nyújt információt. Az üveg tárgylemezre robot segítségével rögzített ezernyi génpórához hibridizált és fluoreszcens festékkel megjelölt minta DNS-ek mennyiségét lézer leolvasó határozza meg. A fluoreszcencia-jelek feldolgozása után a komputerprogramok csoportosítják a géneket aszerint, hogy a működésük fokozódott vagy gátlódott a vizsgált sejtekben, szövetekben. A komplex génkifejeződési mintázatok diagnosztizálják a növény funkcionális képességeit.

A transzgenikus technológiák több alternatívát is kínálnak a gének hatástalanításához. Egy gén működésképtelenné válhat, ha idegen DNS-szekvenciák elrontják a funkcionális elemeket. Az ún. inszerció mutagenézis programok nagyszámú transzgenikus vonalat hoznak létre az *Agrobacterium* T-DNS-ének beépítésével. A véletlenszerű beépülések szomszédságában található DNS-szakaszok megszekvenálásával megtudható, hogy milyen génben történt a hiba, illetve megállapítható az okozott biokémiai, fiziológiai vagy fejlődési hatás. Ez a rendszer fordítva is működik, ugyanis ha egy ismert szekvenciájú gén szerepét kívánjuk tisztázni, akkor a szekvencia alapján a mutánsgyűjteményből megkérhetők azok az inszerciósvonalak, amelyek esetében az adott génbe történt a beépülés. Az ilyen mutánsgyűjteményeket elsősorban az *Arabidopsis*-gének funkcionális vizsgálatában használják kiterjedten, de folyamatban van a rizs- vagy lucernamutáns-parkok előállítására is. A mobilis DNS-elemek, a transzpozonok, szintén ered-

ményesen használhatók a gének szerepének kutatásában és a génezolálási programokban.

A gének elhallgattatásának hatékony eszközt kínálja az ún. antiszensz megközelítés. Ahhoz, hogy valamely növényi gén termékét, a képződő RNS-molekulákat szekvenciaspecifikus enzimek lebontsák, kettős szájú RNS-hibridek keletkezését kell biztosítani. Ilyen molekulaszervezet kialakulhat úgy, ha a célgént egy újabb példányban, de megfordított formában építjük be a gazdage-nomba. Így a transzgenről képződő RNS-molekulák hibridizálhatnak a belső gén termékeivel, ami azok degradációjához vezethet. Ez a géntechnológiai stratégia idegen DNS-szekvenciák felhasználása nélkül is jelentős és specifikus hatásokat tud létrehozni a transzgenikus növényekben. Az ún. interferáló RNS-molekulák megszintetizálhatóak vírusvektorokkal vagy kémiai szintézis után bejuttathatók a növények sejtjeibe. A genomszintű génfunkció-vizsgálatok céljára, kihasználva a génelhallgattatás jelenségét, nagy kapacitású tesztrendszereket fejlesztenek ki.

#### *A géntechnológiával módosított, nemesített (GM) fajták térhódítása*

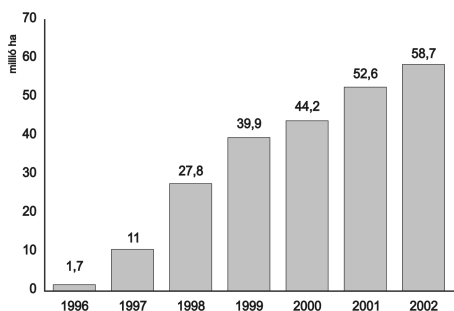
Az 1. ábra már felhívta a figyelmet arra, hogy az évszázadok folyamán a növény-nemesítés eredményességét nagymértékben segítette az új genetikai módszerek és tudományos elméletek alkalmazása. Így teljesen indokolt, hogy az utóbbi évtizedek növénybiológiai kutatásait alapjaiban meghatározó géntechnológia szerves részévé váljék a fajtaelőállító munkának. Soha nem látott szellemi és anyagi kapacitásokat fordítottak növényi gének izolálására, transzgenikus genotípusok előállítására. A genomszekvenálások eredményeként még intenzívebbé és hatékonyabbá váltak ezek a programok. Szinte nincs olyan növényi szerv, funkció, amellyel kapcsolatban ne lenne folyamatban génezolálási és

transzformációs kísérlet. Természetes és magától érthető, hogy ha a génbeépítés következményeként hasznos, új tulajdonságú növényeket sikerül előállítani, akkor azok növénynemesítési hasznosítását is megkísérlik. A laboratóriumban létrehozott genotípusok első értékelését általában üvegházakban végzik. A javított tulajdonságokat mutató variánsok azután átkerülnek a növénynemesítő tenyészkertjébe, ahol még kiterjedtebb, szigorúbb minősítés történik, akár éveken keresztül is. A fajtabejelentésre érdemes vonalak, törzsek további vizsgálatát az állami fajtaminősítő rendszerben végzik, és külön szabályok alapján vizsgálják a transzgenikus fajtajelölteket. A transzgenikus technológia a növénynemesítés folyamatának kezdeti fázisában jut szerephez, elsősorban új génkombinációt jelentő alapanyagok előállításával.

Két rizsnövény keresztezésekor 50 ezer gén véletlenszerű rekombinációjával jön létre az új genotípusú utód, amely számos nemkívánatos tulajdonságot is örökölhet a szülőktől, ezért éveken át tartó visszakeresztezésekre és szelekciókra van szükség az optimális génkombinációval rendelkező növények megtalálásához. Az *in vitro* kialakított transzgén beépítésekor egyetlen új genetikai elem kerül be a növény többi génjei közé. Ismert a felhasznált DNS szekvenciája, értékelhetők a kódolt fehérje várható tulajdonságai. A gyakorlatban több száz független transzformációs eseményt analizálnak, és kiválasztják azokat a transzgenikus termékeket, amelyek mellékhatások nélkül hordozzák a kívánt tulajdonságot. A forgalmazható terméké válást szükség esetén széles körű toxikológiai és allergiavizsgálatok is megelőzhetik. A transzgén a gazdanövény genomjába történt integrációja után a mendeli szabályok szerint öröklődik, és ebben nem különbözik a befogadó faj saját génjeitől. A transzgenikus fajták használatával kapcsolatban gyakran megfogalmazódó

aggodalom, hogy ezek a genotípusok kereszteződés esetén beszennyezhetik a vadon élő rokon fajok génállományát. Ez fontos ökológiai kérdés, ami azonban korántsem új keletű, hiszen például a lucernába vagy repcébe beépített transzgén mellett több tízezer másik lucerna- vagy repcegen is hasonló valószínűséggel átkerülhet a vad fajokba. Ha évszázadok során nem törődünk azzal a lehetőséggel, hogy a természet növények „nemesítik” majd a természetes populációkat, úgy a transzgenikus fajták használata sem jelent új helyzetet. Nem tapasztaljuk a gyomok nemesedését, inkább ellenkezőleg, elkenyézett természet növényeinknek lenne szükségük a vad rokonfajok génjeire.

A nemzetközi szóhasználatot követve a géntechnológiával nemesített növényeket GMO (genetikailag módosított szervezet) rövidítéssel jelölik. Ez a megkülönböztetés szakmailag félrevezető, hiszen valamennyi természet növényünk, és így a belőlük származó élelmiszereink is genetikai módosítások sorozatának szüleményei, és ezért GMO termékek. Genetikai módosításnak kell tekintenünk a keresztezést, mutánsok előállítását vagy akár a poliploidizációt. Így a transzgenikus és a hagyományos fajták egyaránt génmanipulációkból származnak. A GMO megjelölés nem a termék sajátosságait minő-



4. ábra • A géntechnológiával nemesített (GM) fajták vetésterületének folyamatos növekedése (James C.: 2002)

síti, hanem a fajta-előállítás során alkalmazott többféle módszer közül egynek a felhasználásáról tájékoztatja a fogyasztót. A géntechnológia mint nemesítési módszer ugyanolyan, ha nem nagyobb biztonsággal kivitelezhető, mint a többi növénygenetikai beavatkozás. Ezt igazolja a csaknem tízéves természetési tapasztalat: ez idő alatt több mint 230 millió hektáron termesztettek géntechnológiával nemesített növényeket minden egészségügyi vagy ökológiai katasztrófa nélkül.

A 4. ábra (James, 2003) adatai is megerősítik, hogy aligha ismert olyan, a mezőgazdaságot érintő technológiai forradalom, amely hasonló gyorsasággal terjedt volna el a világon. Az előnyök között elsőként említhető az olcsóbb és környezetkímélőbb növénytermesztési technológiák alkalmazhatósága. A betegségeknek és állati kórokozóknak ellenálló fajták termesztése sokban segítheti a biogazdálkodást. A rendelkezésre álló statisztikai adatok szerint a géntechnológiával nemesített, GMO növények révén

14 %-kal csökkent a felhasznált rovarirtó szerek mennyisége. Nagyszámú kutatási eredményre alapozva állítható, hogy a fenntartható fejlődést biztosító mezőgazdasági gyakorlat megvalósításában a géntechnológiával nemesített növények használata meghatározó tényezőként jelenik meg. A DNS szerkezetének megfejtésétől a rekombináns DNS módszerek kidolgozásán át a funkcionális genomika nyújtotta információk felhasználásáig vezető kutató-fejlesztő tevékenység fontos és nélkülözhetetlen eszközt szolgáltat egy környezet- és egészségbarát növénytermesztés számára.

#### Köszönetnyilvánítás

A szerző ezúton is kifejezi köszönetét Kecznán Józsefné Czakó Zsuzsannának a kézirat elkészítéséhez nyújtott segítségéért.

Kulcsszavak: *növényi gének, kifejeződési mintázat, molekuláris markerek, szárazság, betegség, ellenállóság, genetikai módosítás, transzgenikus fajták*

#### IRODALOM

- Avery, Oswald T. – MacLeod, Colin M. – McCarty, Maclyn (1944): Studies on the Chemical Nature of the Substance-inducing Transformation of Pneumococcal Types. Induction of Transformation by a Desoxyribonucleic Acid Fraction Isolated from Pneumococcus Type III. *The Journal of Experimental Medicine*. 79, 137-158.
- Dudits Dénes – Heszky László (2000): Növényi biotechnológia és géntechnológia. *Agroinform*, Budapest, 312. p
- Dudits Dénes (2000): Új korszak a növénybiológiában és -nemesítésben. *Magyar Tudomány*. 5, 537-554.
- Endre Gabriella – Kereszt A. – Kevei Z. – Mihacea, S. – Kaló P. – Kiss G. B. (2002): A Receptor Kinase Gene Regulating Symbiotic Nodule Development. *Nature*. 417, 962-966.
- Goff, Stephen A. – Ricke, D. – Lan, T. H. – Presting, G. – Wang, R. – Dunn, M. – Glazebrook, J. – Sessions, A. – Oeller, P. – Varma, H. – Hadley, D. – Hutchison, D. – Martin, C. – Katagiri, F. – Lange, B. M. – Moughamer, T. – Xia, Y. – Budworth, P. – Zhong, J. – Miguel, T. – Paszkowski, U. – Zhang, S. – Colbert, M. – Sun, W. – Chen, L. – Cooper, B. – Park, S. – Wood, T. C. – Mao, L. – Quail, P. – Wing, R. – Dean, R. – Yu, Y. – Zharkikh, A. – Shen, R. – Sahasrabudhe, S. – Thomas, A. – Cannings, R. – Gutin, A. – Pruss, D. – Reid, J. – Tavtigian, S. – Mitchell, J. – Eldredge, G. – Scholl, T. – Miller, R. M. – Bhatnagar, S. – Adey, N. – Rubano, T. – Tusneem, N. – Robinson, R. – Feldhaus, J. – Macalima, T. – Oliphant, A. – Briggs, S. (2002): A Draft Sequence of the Rice Genome (*Oryza Sativa* L. Ssp. Japonica). *Science*. 296, 91-100.
- James, Clive (2003): Global Hectarage of GM Crops in 2002. *Biotech Briefs*. Vol 3. No. 1 [http://www.isaaa.org/kc/Services/Biotech\\_briefs/brief\\_files/kc\\_brief8.htm](http://www.isaaa.org/kc/Services/Biotech_briefs/brief_files/kc_brief8.htm)
- Oberschall Attila – Deák M. – Török K. – Sass L. – Vass I. – Kovács I. – Fehér A. – Dudits D. – Horváth V. G. (2000): A Novel Aldose/Aldehyde Reductase Protects Transgenic Plants Against Lipid Peroxidation under Chemical and Drought Stresses. *The Plant Journal*. 24, 437-446.
- The Arabidopsis Genome Initiative (2000): Analysis of the Genome Sequence of the Flowering Plant *Arabidopsis Thaliana*. *Nature*. 408, 796-815.

Watson, James D. – Crick, Francis H. C. (1953): A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature*. 171, 737-738.

Yu, Jun – Hu, S. – Wang, J. – Wong, G. K. S. – Li, S. – Liu, B. – Deng Y. – Dai, L. – Zhou, Y. – Zhang, X. – Cao, M. – Liu, J. – Sun, J. – Tang J. – Chen, Y. – Tong, W. – Cong, L. – Geng, J. – Han, Y. – Li, L. – Li, W. – Hu, G. – Huang, X. – Li, W. – Li, J. – Liu, Z. – Li, L. – Liu, J. – Li, L. – Li, T. – Wang, X. – Lu, H. – Wu, T. – Zhu, M. – Ni, P. – Han, H. – Dong, W. – Ren, X. – Feng, X. – Cui, P. – Li, X. – Wang, H. – Xu, X. – Zhai, W. – Xu, Z. – Zhang, J. – He, S. –

Zhang, J. – Xu, J. – Zhang, K. – Zheng, X. – Dong, J. – Zeng, W. – Tao, L. – Ye, J. – Tan J. – Ren, X. – Chen, X. – He, J. – Liu, D. – Tian, W. – Tian, C. – Xia, H. – Bao, Q. – Li, G. – Gao, H. – Cao, T. – Wang, J. – Zhao, W. – Li, P. – Chen, W. – Wang, X. – Zhang, Y. – Hu, J. – Wang, J. – Liu, S. – Yang, J. – Zhang, G. – Xiong, Y. – Li, Z. – Mao, L. – Zhou, C. – Zhu, Z. – Chen, R. – Hao, B. – Zheng, W. – Chen, S. – Guo, W. – Li, G. – Liu, S. – Tao, M. – Wang, J. – Zhu, L. – Yuan, L. – Yang, H. (2002): A Draft Sequence of the Rice Genome (*Oryza sativa* L. Ssp. *Indica*). *Science*. 296, 79-91.



# A JÓLÉTI ÁLLAM: VÁLSÁG ÉS KIUTAK

Berend T. Iván

az MTA rendes tagja, egyetemi tanár, UCLA – [iberend@history.ucla.edu](mailto:iberend@history.ucla.edu)

Napjaink témával foglalkozó nemzetközi irodalmából tucatjával idézhetnék a jóléti állam vészharangját kongató álláspontokat. „A piaci verseny követelménye arra kényszeríti a kormányokat – állapította meg legutóbb egy angol szerző, Mark Rupert – hogy a világ legalacsonyabb közös nevezőjére szorítsák le a társadalmi felelősség vállalkozókra nehezedő terheit.” Steen Mangen arról beszél, hogy a világgazdasági változások „alapvetően aláásták... a jóléti elvek, a társadalmi szolidaritás, egyenlőség és egyetemesség érvényesítését”. Kornai János már az 1990-es évek elején arról írt, hogy a „koraszülött” államszocialista jóléti állam nem életképes és nem tartható fenn. A II. világháború után egész Nyugat-Európában kiépült jóléti állam és a szegényes, de a maga eszköztárával nagyvonalú államszocialista jóléti intézmények tehát, mint sokan állítják, válságba jutottak.

Két legfőbb tényezőt szokás emlegetni a válság okaként. Egyrészt, a fenti idézetben már említett gyilkos világgazdasági versenyt, ami a globalizált, szabadkereskedelmi világban minden országot versenyre kényszerít, és a nagy szociális terhek csökkentését követeli meg a versenyképesség érdekében. Másik legfőbb okként a demográfiai folyamatok változásait emelik ki: a születési ráták egyszerű népességi reprodukció alá zuhanását, valamint az átlagéletkor egyidejű jelentős meghosszabbodását, mintegy 76-78 évre emelkedését, ami egyszerre növelte meg az idős, inaktív korosztályok létszámát és csökkentette lényegesen az aktív népesség

arányát. Ez egyre elviselhetlenebb anyagi terheket hárít a társadalomra, amit az nem képes elviselni. Ha a demográfiai trendek nem változnak, a következő húsz év során – mutatják a számítások – a nyugdíjkiadások megkétszereződnek. A jelentős számú bevándorló ugyancsak megnövelte s tovább növeli a szociális kiadásokat, hiszen a bevándorlók tömege nagyban erősíti a társadalomból való kirekedés tendenciáját is: az 1980-as évek közepén Nyugat-Európában mintegy 50 millió ember élt a nemzeti kereseti szint felét sem elérő jövedelmi szinten. A társadalomból való kihullás különösen megdöbbentő adatai jellemzik a piaci viszonyok közé illeszkedő volt államszocialista országokat.

Hogy megvizsgálhassuk a jóléti állam megkérdőjelezésének okait, mindenelekőtt tekintsünk vissza a jóléti állam születésére és jellemzőire. Az intézmény gyökerei a 19. század végére nyúlnak vissza. A szociáldemokrácia elleni harcban ugyanis Bismarcknak, a német „vaskancellárnak” hamar fel kellett ismernie, hogy a szociáldemokrácia betiltásának fegyvere visszajára fordult, és fokozatosan a legnagyobb párttá tette a szociáldemokráciát. Ekkor úgy akarta kifogni a szelet ellenzéke vitorláiból, hogy átvette annak szociális programját, és nekilátott megvalósításának: így került sor 1883-ban a világ első kötelező nemzeti betegbiztosítási programjának bevezetésére. A következő évben ezt követte a kötelező ipari balesetbiztosítás meghonosítása, majd 1889-ben a nyugdíj és rokkantsági nyugdíj intézményeinek beve-

zetése. Mindez nem állampolgári jognak járt, csak a szocialisták tömegbázisát célozta meg: az ipari munkásokra vonatkozott.

Az intézkedések nemzetközi hatása felmérhetetlennek bizonyult. A svéd király már 1884-ben bizottságot hívott életre a német rendszer tanulmányozására, amit a következő évben Dánia is követett. A skandináv országokban 1891 és 1913 között azután mindenhol meghonosult a betegség- és balesetbiztosítás, valamint a nyugdíj intézménye. Peter Baldwin szerint e demokráciákban főleg a középosztály és a parasztság érdekei és politikai képviselői játszották a fő szerepet, s ezért a jóléti intézmények az egész társadalomra kiterjedtek. Érdekes módon, a jóléti törvényhozásban a szocialista, liberális és konzervatív pártok egyaránt kezdeményezőként léptek fel.

Donald Sassoon azonban mégis a szociáldemokráciának ítéli a pálmát. Az ő programjuk és megerősödött pártjuk, valamint szakszervezeteik kényszerítették versenyre, állítják, a polgári, sőt arisztokratikus pártokat is. Mi több, az 1891-ben XIII. Leó pápa által kibocsátott *Rerum Novarum* a hívekért folytatott verseny révén a katolikus egyház szociális doktrínáját is megalapozta.

A jóléti állam kibontakozásának igazi korszaka azonban a nagy válság és a II. világháború éveivel jött el. A Nagy Válság nemcsak a nyomor és munkanélküliség addig ismeretlen mélységeit nyitotta meg, de versenyre kényszerítette a fejlett nyugati demokráciákat a jobb- és baloldali populizmusok szélsőségeivel. Az Egyesült Államokban, ahol a jóléti intézmények addig ismeretlenek voltak, Roosevelt elnök ekkor jelentette ki: hogy a „demokráciának be kell bizonyítania, hogy kormányai felelősséget vállalnak népeik szociális biztonságáért”, s ennek jegyében vezette be az úgynevezett *social security* intézményét. Az első valóban komplex jóléti állam azonban Svédországban jött létre a nagy válság nyomorúsága idején, az 1932-

ben kormányra került szociáldemokrácia vezetése alatt.

A világháború még nagyobb nyomatékot adott a társadalmi szolidaritás elvének. John Steinbeck amerikai író, aki a háború alatt haditudósítóként Európában tartózkodott, 1943-ban arról számolt be, hogy „az egyszerű emberek rendkívül sokat tanultak... Meg akarnak szabadulni a szükség rabszolgaságától, azt akarják, hogy mire hazamennek a frontokról, legyen államilag biztosított iskola gyermekeiknek és egészségi ellátás családjaiknak.” Ebből a tömegigényből, s a társadalmi szolidaritás háborús tapasztalatából az 1930-40-es évek nyomorúsága közepette emelkedett azután fel a nyugat-európai jóléti állam. Magát a jóléti állam kifejezését is ekkor, 1941-ben vezette be az angol Temple érsek, aki a demokráciák *welfare* elkötelezettségét állította szembe a diktatúrák *warfare*, háborús és erőszakra épülő rendszereivel. Az első átfogó törvényhozási tervet jellemző módon a konzervatív Churchill-kabinet tagja, Lord William Beveridge dolgozta ki 1942-es híres jelentésében. A katonai „győzelem célja – szögezte le –, hogy a háború után jobb világban élhessünk, mint korábban. Meg kell szabadulni a szükségtől.” Minden állampolgár ingyenes egészségi ellátáshoz kell, hogy jusson. A gyermekek után támogatást kell nyújtani a családoknak, s az idősebb generációknak biztonságot teremtő nyugdíjat kell folyósítani. Így került sor Angliában 1945 és 1948 között, amikor még jegyre osztották az élelmiszert és nélkülözött a lakosság, az átfogó jóléti törvényalkotásra, ami megvalósította a Beveridge-bizottság által kidolgozott tervet. Thomas Humphrey Marshall, a Cambridge-i Egyetemen tartott 1949-es előadásában fogalmazta meg a „szociális állampolgárság” elvét, ami az egyéni és politikai szabadság biztosítása után a szociális biztonságot is állampolgári jognak minősítette.

Hasonló jóléti intézményeket vezettek be Belgiumban, Franciaországban, Svájcban

és Németországban is. A jóléti állam újrafogalmazta az állampolgári jogokat, s valóban beleillesztette azokba a jóléti ellátás jogát, hogy – mint fogalmazták – a nemzeti közösségek „teljes jogú tagjává” emeljenek minden állampolgárt. A biztosított juttatások köre egyre szélesedett, a fizetett szabadság egyre hosszabb, a munkaidő egyre rövidebb lett, az ingyenes, állampolgári jogon biztosított iskolázás, egészségi ellátás és nyugdíj mellett átképzési költségeket nyújtott, fizetett szülési szabadságot, szubvencionált lakásbérletet s számos más juttatást is biztosított. Jól ismert, hogy szegényesebb eszközeivel az államszocializmus hasonlóan járt el.

Nem lehet elvonatkoztatni e folyamat elemzése során a hidegháború hatásától sem. A katonai és gazdasági verseny mellett ugyanis jóléti verseny is kibontakozott a két párhuzamosan létező és egymással szemben álló világrend között. A szocializmus egyenlősítő elveivel és – szegény országokról lévén szó – szegényes gyakorlatával vette fel ugyanis a versenyt a Nyugat az „emberarcú kapitalizmus” létrehozásával. A szociális kiadások a háború előtti évekhez képest Olaszországban már 1957-re tizennégyszeresükre emelkedtek, Franciaországban és Svédországban hat-, illetve hétszeresükre, és Nyugat-Európa egészében is négyszer annyit költött az állam erre a célra, mint a háború előtt. A nemzeti jövedelem nem kevesebb, mint 40-50 %-át fordították jóléti kiadásokra.

A jóléti állam magas adóztatással és a jövedelmek újraelosztásával törekedett a társadalmi egyenlősítésre. A Nobel-díjas Gunar Myrdal 1960-ban állapította meg: „A gazdasági egyenlősítés törekvése mindenhol megfigyelhető és általánosan meghirdetett elv.” Az ingyenes társadalmi juttatások és a progresszív adóztatás együttes hatására a jövedelmi polarizáltság érdemben csökkent: Dániában és Svédországban például a lakosság legmagasabb jövedelmi kategóriájába tartozó 5 %-a 1939-ben az összes jövedelem

27-28 %-át kapta, s ez az arány 1964-re 17-18 %-ra zuhant. Angliában az e jövedelmi kategóriába tartozók részesedése 30 %-ról 19 %-ra esett. Az egyéni fogyasztás egyötödét-egynegyedét a költségvetés finanszírozza a jövedelmek átcsoportosítása révén.

A mégoly vázlatos történeti áttekintés is három igen fontos kérdés megválaszolásának feladatát állítja elének:

1. Vajon a jóléti állam csak a gazdag országok luxusa lehet, mégpedig ott is csak a nagy prosperitás időszakában?

2. Vajon a szociális terhek közösségi, állami vállalása hátrányos-e a gazdasági növekedésre, és rontja-e a jóléti államok versenyképességét?

3. S vajon az adóztató, egyenlősítési tendenciákat hordozó jóléti állam azokat a rétegeket sújtja-e, melyek nagyobb jövedelmük révén a felhalmozás pillérei, s ezzel tovább fékezi a lehetséges növekedést?

Ami az első kérdést illeti, a vázlatos történelmi áttekintés is világossá teszi, hogy a jóléti állam kiépítése éppen akkor indult történelmi útjára, amikor a bevezetését kezdeményező országok éppen mély válságokkal és háborús nyomorúsággal küzdöttek. Németország a 19. század végén, amikor az alapvető jóléti intézményeket bevezette, változatlan és összehasonlítható 1990. évi áron számítva kereken 3000 dollár egy főre jutó bruttó nemzeti termékkel (GDP) rendelkezett. Svédország 1932 és 1939 között, amikor a jóléti államot kiépítette, 3600 \$ és 5000 \$ között növekvő egy főre jutó GDP-vel rendelkezett. Nyugat-Európa egésze 1950 és 1960 között, amikor a jóléti állam általánossá vált, kereken 5000-7000 \$ egy főre jutó jövedelmet számlált. Az elmaradottabb mediterrán Európa, valamint Közép- és Kelet-Európa 1950 és 1973 között 2000 \$ és 7000 \$ közötti jövedelemmel rendelkezett, vagyis – mivel összehasonlítható ákról van szó – ugyanabba a jövedelmi sávba esett, mint Németország, Svédország, s az 1950

körüli Nyugat-Európa, amikor a jóléti állam kiépült. Ebben az értelemben tehát aligha beszélhetünk „koraszülött” kelet-európai jóléti államról, vagy arról, hogy ezek az országok nem engedhetik meg maguknak ezt a luxust.

A második kérdés, vajon hátráltatta-e a szociális terhek vállalása a gazdasági növekedést, ugyancsak kvantitatív választ követel. Ebből a szempontból különlegesen tanulságos az amerikai és nyugat-európai összehasonlítás: az Egyesült Államok, mely nem épített ki jóléti államot, 1950 és 1973 között kerekén 60 %-kal növelte egy főre jutó jövedelmét, a jóléti Nyugat-Európa ugyanezen évek során viszont közel két és félszeresére, vagyis mintegy háromszor olyan gyorsan. A 20. század második felét egészében figyelembe véve, 1950 és az ezredforduló között, az USA 286 %-os, Nyugat-Európa 390 %-os növekedést ért el. A munka termelékenység szintjét Nyugat-Európa az amerikai mintegy feléről, 1970-ig annak kerekén elérte. A tények tehát nem igazolják a mítoszt, a jóléti állam növekedésfékező hatását.

Különösen érdekes a harmadik kérdés: vajon gazdasági hátránnyal jár-e a jómódú lakosságot terhelő adóztató, újraelosztó, jövedelmet kiegyenlítő jóléti állam? E kérdésre adandó válaszhoz az angol Nicholas Barr röviddel ezelőtt megjelent kutatási eredményeihez fordulok. Ő ugyanis szellemesen szétválasztotta a jóléti állam két alapvető funkcióját. Az egyiket, a jómódúaktól elvevő és a szegényebbeket támogató, újraelosztó funkciót „Robin Hood-funkciónak” jelöli (mi nevezzük így: Rózsa Sándor-funkció), míg a másikat „malacpersely-funkciónak”. Ezen azt érti, hogy a jóléti állam nemcsak a társadalom különböző rétegei között osztja újra a jövedelem egy részét, és ezzel kiegyenlítő szerepet játszik, hanem minden egyes állampolgár életciklusán belül is újraelosztó szerepet gyakorol. Ez azt jelenti, hogy bizonyos jóléti

intézmények finanszírozásához az állam ugyanattól a személytől veszi el az összeget, akinek azután visszajuttatja azt. Például a biztosított nyugdíj esetében az állam az életciklus középső szakaszában elvesz, hogy a későbbi szakaszában visszaadja azt. Az ingyenes iskola esetén az életciklus középső szakaszában elvesz, de – családon belül számítva – korábbi szakaszára vonatkozóan visszaad. Ezt a funkciót úgy tekinthetjük, mintha az illető állampolgár maga tenné be a pénzét a malacperselybe, hogy azután kivehesse, amikor szükséges. Jane Falkingham és John Hills Angliára vonatkozó számításai szerint a jóléti állam kiadásainak mintegy kétharmada az életcikluson belüli újraosztás, vagyis nem más, mint kényszerített takarékoság, s a „Rózsa Sándor-funkció” csak a kiadások egyharmadára vonatkozott. Ezt az arányt nagyjából hasonlóan tekinthetjük egész Nyugat-Európára vonatkozóan. Az állami beavatkozás és a jóléti állam politikai ellenfelei – Ronald Reagan, Margaret Thatcher, George W. Bush, hogy e politika legismertebb képviselőit idézzem – azt állították, állítják, hogy a paternalista beavatkozás helyett ezt a kérdést magánügyként kell kezelni, és rá kell bízni az emberek egyéni döntésére. Csak hogy az ember nem tud évtizedekre előre kalkulálni, s nem is rendelkezik a megfelelő információkkal ehhez. A bizonytalanság és kockázat túl nagy a hosszú távú döntések esetén. A jóléti intézmények privatizálása, a magániskola, magán egészség- és nyugdíjbiztosítás, amit most az amerikai kormányzat sürget, elkerülhetetlenül arra vezet, hogy a társadalom bizonyos rétegei kiesnek a szociális védőháló hatalmas lyukain, s kizárják magukat a társadalomból. Magánügy, miért nem voltak körültekintőbbek – mondhatják és mondják is e politika hívei. A valóságban azonban nem az, hiszen az utcán elhullókat is kórházba kell vinni, gyermeiket iskolába kell adni, stb., vagyis végül is a társadalmi gondoskodás más formái válnak szükségessé.

Félreértés ne essék: nem állítom, hogy a hosszú munkanap és az évi két hét szabadság embertelensége nem vezet több jövedelem termelésére. Nem állítom, hogy az ingyenes iskolai és egészségi ellátás olcsóbb az államnak, mintha mindezt az állampolgárra bízna. Természetesen nem. De határozottan állítom, hogy a jóléti állam biztonságot és valamelyest kiegyenlítést teremtő hatása tudja csak megteremteni azt a kiegyensúlyozott belső piacot, mely hosszú távon végül is növekedést előmozdító szerepet játszik. Közgazdasági közhely, hogy minél szélsőségesebb a társadalmi polarizáció, minél több a szegény ember és a társadalomból kiszorultak száma, annál törekenyebb, sérülékenyebb egy ország gazdasága és hosszú távú növekedése. Hadd támasszam ezt is alá néhány beszédes adattal: a lakosság legnagyobb jövedelemmel rendelkező felső 10 %-ának Japánban, Koreában és Svédországban mintegy nyolcszor akkora jövedelme van, mint a társadalom legkisebb jövedelmű alsó 20 %-ának. Németországban, Hollandiában, és Angliában 9-10-szer akkora, míg Amerikában ez a különbség már kerekén 15-szörös, Brazíliában 20-szoros, Mexikóban és Venezuelában 25-szörös. A jövedelemkiegyenlítő országok nem szenvedtek hátrányt, sőt, előnyt nyertek a kiegyensúlyozott belső piacból.

Érdemes egy pillantást vetni az 1973 utáni Nyugat-Európára. A jóléti állam úgynevezett válsága ellenére mindenütt az észlelhető, hogy az alapvető jóléti intézmények nem szenvedtek nagyobb csorbát, sőt, a legtöbb esetben a jóléti kiadások tovább növekedtek. Az Európai Unió közös valutazonájában, vagyis tizenegy országban az 1980 és 1990-es évek közepe közötti évtizedben az egy főre jutó szociális kiadások összege 13 %-kal emelkedett, Írországból pedig egyenesen 35 %-kal, míg a családi és gyermekek utáni juttatások egy főre jutó összege 56 %-kal. Közismert, hogy mindezenközben Írország,

mely az Európai Unióba való felvételekor 1973-ban az Unió átlagjövedelmének 58 %-át érte csak el, napjainkra teljesen felzárkózott az Unió szintjére, sőt, Európa egyik leggazdagabb országává vált. Olaszországban és Franciaországban a jóléti kiadások 31, illetve 25 %-kal nőttek. Válságban van-e egyáltalán az európai jóléti állam? Osztom a nézetét azoknak, akik azt hangsúlyozzák, hogy nincs válságról szó, csak kétségtelenül jelentkező új, megoldást követelő, de egyben megoldható gondokról. Bizonyos, hogy néhány túlhajtást, úgyszólván luxusgondoskodást le kell nyesegetni, s különösen a demográfiai fenyegetettségre időben fel kell figyelni, hogy megoldást dolgozhassanak ki.

A jóléti állam megkérdőjelezése azonban napjainkban nem annyira a valóság tényein alapszik, mint inkább ideológiai mítoszokon és azokra alapozott politikai meggyőződéseken. E mítoszok egyik tényekben gyökerező eleme úgy írható le, hogy az 1973 utáni strukturális válság időszakában az Egyesült Államok gyorsabban és sikeresebben tudott alkalmazkodni az átalakulás technikai-szerkezeti követelményeihez, mint a fejlett Európa. Ez sok tényezőtől, többek között különösen magas gazdasági szintjéből, különleges, történelemben gyökerező flexibilitásából, az állandó tömeges bevándorlás révén egyes szektorokban biztosított különlegesen alacsony munkabérekéből fakadt. A neoliborális gazdasági iskola és az arra alapozott politika azonban mindezt úgy hirdette, mint az állami beavatkozással meg nem zavart szabad piac diadalát, az egyetlen helyes és általánosan követendő politika mintáját.

Az osztrák-angol Friedrich Hayek, a keynesi gazdaságtan és politika ősellensége meggyőződéssel hirdette, hogy az államnak csak az a feladata, hogy védje az egyéni szabadságot, valamint a piac és a verseny szabadságát – semmi több. Emberi, politikai szabadság és szabadpiac nála elválaszthatatlan előfeltételei egymásnak, s mint egyik

könyvének címével is kifejezte, az állami beavatkozás „út a szolgaságba”. Az amerikai Milton Friedman a roosevelti politikai utat a Nagy Válság ellen megteremtett *New Deal* politikáját „a szabad társadalomból elvezető útnak minősítette, ami, ha folytatódik – szögezte le 1977-ben –, Amerika elveszíti szabadságát”. Friedman a jóléti állam filozófiáját úgy jellemezte, hogy az rendőrök küldése más emberek pénzének kizsebelésére. Ebben az előadásában Friedman egy általános, gazdagra, szegényre egyaránt érvényes rendkívül alacsony, 16 %-os adót javasolt, igen minimális állami kiadásokkal ügyszólván minden állami funkció privatizálásával, ami „a családokat és egyéneket teszi felelőssé az iskolázásért, egészségi biztosításért és nyugdíjakért”. Ezeket a nézeteket mind Hayek, mind Friedman esetében Nobel-díj emelte a magasba az 1970-es években. A javaslatokat azután Friedman politikai hívei azóta is nagy igyekezettel ültetik át a gyakorlatba. Ahogy Eric Helleiner nevezte, az 1980-as évektől valóságos „deregulációs verseny” indult meg a világban. Soros György ezt a közgazdasági-politikai világnézetet és deregulációs lázat találóan „piaci fundamentalizmusnak” nevezte, ami „a pénzügyi tőkét ültette a vezetőülésbe”. A piaci mechanizmus és profitmotiváció, érvelt Soros, az élet azon szféráira is kiterjeszkedtek, ahova egyáltalán nem tartoznak. Talán meglepő, hogy a multimilliárdos pénzügyi vállalkozó elitéli azt a közeget és politikát, amelyben felemelke-

dett. Soros György azonban napjainkban magát a kapitalista rendszert és a demokráciát félti e nézetektől és gyakorlattól. „Az ideológiai szenvedéllyel hirdetett piaci szupremácia”, ahogy Joseph Stieglitz, a Világbank korábbi gazdasági főtanácsadója, Nobel-díjas Harvard-közgazda nevezte legutóbbi könyvében, veszedelmes hiba. Soros is, Stiglitz is nélkülözhetetlennek tartja az állam szerepét, szabályozótevékenységét, és a piaci mechanizmust alkalmatlannak ítéli társadalmi problémák megoldására.

A jóléti állam a piaci fundamentalizmus számára azonban a bajok forrása, megszűntetendő anomália. A jóléti állam *válságának* koncepciója és felszámolásának sürgetése ebből a világnézetből fakadt. Ismét hozzá kell azonban tennem a félreértések elkerülése érdekében: a gazdasági és társadalmi változások a jóléti intézmények számos elemének újragondolását és reformját követelik meg, ami azonban nem vonja és vonhatja kétségbe az intézmények életképességét és alkalmazkodni tudását. Önök, kedves hallgatóim, előadásom végkövetkeztetése alapján talán elfogultsággal védolhatnak. Megvallom, elfogult is vagyok. Nézetem szerint ugyanis a jóléti állam a 20. század legnagyobb társadalmi vívmánya.

---

Kulcsszavak: *jóléti állam, demográfiai kihívás, globalizációs versenykihívás, malacpersely funkció, Robin Hood (Rózsa Sándor)-funkció*

# A GAZDASÁGI, SZOCIÁLIS ÉS KULTURÁLIS JOGOK NÉHÁNY SAJÁTOSSÁGA – EGY MEGKÖZELÍTÉS –

Kardos Gábor

az állam- és jogtudományok kandidátusa, egyetemi docens, ELTE – kardos@ajk.elte.hu

A gazdasági, szociális és kulturális jogokat az emberi jogok második generációjának nevezik, az első nemzedéket a polgári és politikai jogok jelentik. Amint ezt már többen is megállapították, a generáció fogalmának használata az emberi jogok kapcsán nem helyes, hiszen a nemzedékek váltják egymást, és a tizenkilencedik század második felében megfogalmazott, majd a huszadik században alkotmányos és nemzetközi védelmet nyert gazdasági, szociális jogok semmiképpen sem cserélik le a polgári és politikai jogokat, és nem is lépnek a helyükre. A gazdasági jogokat a munkához való jog és általában a munkaviszonyhoz kapcsolódó jogok jelentik, a szociális jogok közül a legfontosabb a szociális biztonsághoz való jog, amely a társadalombiztosításhoz és a szociális és egészségügyi segítségnyújtáshoz való jogot tartalmazza. Idetartozik az egészséghez való jog vagy az egyes sérülékeny társadalmi csoportokat védő jogok, a kulturális jogokhoz tartozik az oktatáshoz való jog és a szűkebb értelemben vett jog a kultúrához. A továbbiakban, hacsak a szövegkörnyezetből más nem derül ki, a szociális jogokat mind a három csoport együttes megnevezésére használom. Stilisztikai okokból azonban használom a gazdasági, szociális és kulturális jogok elnevezést is.

A gazdasági, szociális és kulturális jogokat két csoportba sorolhatjuk. Az egyik csoport

tot a gazdasági, szociális és kulturális tartalmú szabadságjogok jelentik, amelyek önállóvá vagy legalábbis külön nevesítetté váltak anyajogukhoz képest. Idetartozik például a szakszervezeti szervezkedés szabadsága. Ezek kapcsán az állami kötelezettség alapvetően negatív jellegű – el kell tűrnie azok gyakorlását, és csak annyiban tevőleges, hogy védenie kell az adott jogot, illetve esetlegesen hozzá kell járulnia a gyakorlás előfeltételeinek megteremtéséhez. A gazdasági, szociális és kulturális szabadságjogoknak jogi kikényszerítése nem különbözik alapvetően a polgári és politikai jogokétól. A másik csoportot azok a – „valódi” – gazdasági, szociális és kulturális jogok jelentik, amelyek esetében az állami magatartás lényege pozitív, és valamilyen szolgáltatás nyújtására való jogosultságot teremt. Fontos azonban, hogy elsősorban a piaci mechanizmusok elégitik ki a szociális jogok által lefedett szükségleteket. Olyan szolgáltatásokról van szó, amelyek – piacgazdaságban és tipikus esetben – más magánszemélytől is beszerezhetők lennének, ha a jogosultnak megfelelő anyagi eszközök állnának rendelkezésre. A hiánygazdaság, tehát megfelelő piaci kínálat nemléte esetében, az adott szolgáltatás csupán az államtól remélhető. Megfelelő kínálati piac esetén az állami materiális szolgáltatás átfordítható pénzbelivé, így a jogosított maga vásárolhatja meg a versengő szolgáltatók egyi-

kénél, amire szüksége van. Ugyanakkor még egy piacgazdaságban is előfordulhat, hogy az igényelt szolgáltatás nem vásárolható meg, mert ritka, nagyon költséges vagy helyben nem hozzáférhető. Ilyenkor nem marad más, mint a szolgáltatás materiális kielégítése.

A gazdasági, szociális és kulturális jogok alapján elvárható állami szolgáltatás viszonylagos természetű, a kormányzatnak a rendelkezésére álló erőforrásoknak megfelelően kell azt nyújtania. Tényleges tartalmukat alacsonyabb szintű jogszabályok útján a törvényhozás és a kormány szabja meg, amelyek lehetőséget teremtenek bíróság előtti egyéni jogérvényesítésre. Minden gazdasági, szociális vagy kulturális szolgáltatási jog esetében léteznek tehát olyan, a jog érdemének érvényesülését elősegítő, szatellita jogsítványok, amelyek segítik az anyajog megvalósulásának minél magasabb szintjét, és egyfajta megvalósítható állapot megteremtését írják elő. Így például a munkához való jog érvényesülését segíti a mindenki számára hozzáférhető – nyitva álló – szakoktatáshoz való jog, amelynek megteremtése reális, pontosabban reálisabb elvárás lehet az állammal szemben. Reálisabb, mint a munkához való jogból eredő ideális (utópikus) állapot, azaz mindenki képzettsége szerinti foglalkoztatásának biztosítása. Azt sem szabad azonban elfelejteni, hogy a szolgáltatási jogok esetében is – noha a dolog lényegét, a szolgáltatást illetően az állami kötelezettség relatív –, azért vannak olyan járulékos elemek, amelyek esetében megállapítható a kötelezettség abszolút jellege. Ilyen az államnak a védelmi, illetve az eljárási és egyéb jogbiztonsági kérdések esetében fennálló kötelezettsége. A védelmi jogosultság kapcsán érdemes megjegyezni, hogy az nem jelenti az alacsonyabb szintű jogszabályok által előírt szolgáltatások csökkenthetetlenségét, de azt sem feltétlenül, hogy milyen intézményrendszer útján kell azokat nyújtani. A szociális biztonsághoz való jog eseté-

ben tehát a társadalombiztosítási szolgáltatások csökkenthetőek, és az állam kombinálhatja a társadalombiztosító szolgáltatásait az általa támogatott magánbiztosítók ellátásaival. Azt viszont nem teheti meg, hogy a társadalombiztosítást mint intézményt eltörli, illetve nem védi meg annak mindenki számára történő hozzáférhetőségét. Nem teheti meg tehát azt sem, hogy megszünteti a társadalombiztosítási járulékot, viszont nincs garantált nyugdíj, munkanélküli-segély és így tovább.

A gazdasági, szociális és kulturális szolgáltatási jogokat több szempontból szembeállítják a polgári és politikai jogokkal. Az egyik, már érintett ilyen különbség a belőlük eredő állami kötelezettség eltérése. Ez az eltérés azonban nem annyira jelentős, mint amennyire az első pillantásra tűnhet. Ez a helyzet a megkívánt magatartás pozitív illetve negatív jellegét illetően. George S. Katrougolos mutat rá, hogy Georg Jellinek, amikor különbséget tett a *status negativus* illetve a *status activus* jogok között, nem a politikai, illetve a szociális jogokra gondolt. Jellinek az aktív állami kötelezettséget keletkeztetőnek tekintette az igazgatási jogot, így például bizonyítvány kiállítás esetében. Sőt, ide sorolta a bírósághoz fordulás jogát, tehát egy klaszszikus első generációs jogot is. (Katrougolos, 1996, 141–142.). A polgári és politikai jogok esetében is egyre fontosabb az állam pozitív cselekvése, például az élethez való jog, a méltányos bírói eljáráshoz való jog, a véleménynyilvánítás szabadsága vagy a választójog esetén, elsősorban szervezési értelemben. Gondoljunk csak a választások lebonyolítására. Az Emberi Jogok Európai Bírósága a *Marckx*-esetben a magán- és a családi élethez való jog (Marckx, 1979), míg a *McCann és mások* esetében az élethez való jog kapcsán hangsúlyozta ezt (McCann, 1995). Noha az állam általában széles cselekvési szabadságot élvez a szociális jogok garantálása területén, bizonyos esetekben pontosan meghatáro-

zott magatartást kell tanúsítania, így például az egészséghez való jog érdekében általános ellátórendszert, járványügyi szolgálatot, csecsemő- és nővédelmi rendszert kell fenntartania. A gazdasági, szociális és kulturális jogok ellenőrzését végző ENSZ-testület általában az emberi jogok, így azok második generációja esetében is, három eltérő állami kötelezettséget lát. Ezek: az egyén gazdasági erőforrásainak a tiszteletben tartása, amelyek segítségével kielégítheti szükségleteit, az egyén gazdasági, szociális és kulturális cselekvési szabadságának védelme továbbá a teljesítés, amely az ilyen igények kielégítésének elősegítését, illetve az erről való gondoskodást jelenti. (Committee, 1999).

A harmadik idetartozó probléma az állami kötelezettség abszolút illetve relatív jellege. A polgári és politikai jogok egy része még kivételes helyzetben sem korlátozható – a többi azonban a demokratikus társadalom klauzulájának megfelelően, garanciák mellett, igen –, tehát viszonylagos jellegű. Igaz, hogy ez a korlátozhatóság nem a rendelkezésre álló anyagi erőforrások miatt áll fenn, hanem más emberi jogok és jogilag méltányolható érdekek miatt, és fölötté bírói ellenőrzés gyakorolható. A gazdasági, szociális és kulturális jogokból eredő állami kötelezettség viszonylagos, a rendelkezésre álló erőforrásokhoz mért. Jellege egyébként rámutat arra a polgári és politikai jogok kapcsán gyakran, éppen az állam látszólag abszolút kötelezettsége által elfedett tényre, hogy az emberi jogok érvényesülése nem csupán az egyén és az állam közötti absztrakt jogviszony tartalmától függ, hanem azon kívüli kollektív erőktől is. Ezeket a kollektív erőket nem csupán az emberi jogok garantálására rendelkezésre álló anyagi eszközök jelentik, hanem *a társadalom széles értelemben felfogott működése* is. Ennek a hatásnak az érzékeltetésére érdemes idézni az emberi jogok tekintetében egyébként szkeptikus Edmund Burke-t. „E metafizikai jogok úgy

lépnek a közéletbe, akár a sűrű közegbe hatoló fénysugarak, s a természet törvényeinek megfelelően letérülnek egyenes pályájukról. Az emberi szenvedélyek és érdekek súlyos és bonyolult szövevényében ezek az eredeti jogok valóban olyan töréseken és tükröződéseken mennek keresztül, hogy nevétséges úgy beszélni róluk, mintha továbbra is egyszerűen, eredeti irányukba tartanának.” (Burke, 1990, 149.) Következésképpen, – végső soron – mind a polgári és politikai, mind a gazdasági, szociális és kulturális jogok viszonylagos jogi természetűek. A közös relatív természet az emberi jogokra vonatkozó nemzetközi szabályozásban azt kifejező és párhuzamba állítható fogalmakban fejeződik ki. Az Emberi Jogok Európai Bírósága által a tagállamoknak hagyott értékelési zóna, amely a nemzeti sajátosságok érvényesülését szolgálja egy védett jog kapcsán, összehasonlítható a szociális jogokat tartalmazó nemzetközi egyezményekből eredő végrehajtási kötelezettség gazdasági erőforrásoktól függő jellegével, hisz mindkettő egyfajta toleranciát fejez ki az állammal szemben.

További eltérés az állami kötelezettség közvetlen jellege a polgári és politikai jogok esetében, míg fokozatossága a gazdasági, szociális és kulturális jogok esetében. Szembeállítható tehát az időbeli dimenzió is. A polgári és politikai jogok biztosítása azonnali állami feladat, míg a gazdasági, szociális és kulturális szolgáltatási jogokat fokozatosan kell megvalósítani. A polgári és politikai jogok tekintetében fennálló közvetlenség a gyakorlatban késedelmet szenvedhet, gondoljunk csak az Alkotmánybíróság által hagyott türelmi idő sokszoros parlamenti túllépésére, vagy arra, hogy az európai államok egy része megvárja, amíg az Emberi Jogok Európai Bírósága egy panasz nyomán elmarasztalja ahelyett, hogy hozzáigazította volna jogrendszerét az azt megalapozó korábbi döntéshez. A gazdasági, szociális és kulturális jogok fokozatos megvalósítása nem jelent

passzivitást, az e tárgyban született ENSZ-egyezségokmány végrehajtását ellenőrző bizottság álláspontja szerint közvetlen cselekvést követel. „Noha az idevonatkozó jogok teljes megvalósítását fokozatosan lehet elérni, a cél érdekében szükséges lépéseket az egyezségokmánynak az adott állam tekintetében történt hatálybalépését követő ésszerű időn belül meg kell tenni.” (General, 1991).

Az előzőkből következik a jogi úton történő kikényszeríthetőség problémája. A szolgáltatási jogból eredő ideális állapot megteremtésének elmulasztása – jogi úton – nem kérhető számon. Ami lehetséges, azoknak a tartalmi elemeknek – konkrét állami kötelezettségeknek – a peresítése, amelyeket alacsonyabb rendű jogszabályok mondanak ki. A gazdasági, szociális és kulturális jogok jogi kikényszeríthetősége tehát a támogató normáktól függ. Az ilyen normáknak azonban nagy jelentőségük van a polgári és politikai jogok esetében is. Amint Sári János rámutat, még a klasszikus alapjogok is feltételezik, legalábbis a kontinentális hagyományú jogrendszerek esetében, részletesebb kibontásukat. (Sári, 1995, 5. old.) Igaz, hogy ez nem változtat azon, hogy a polgári és politikai jogok esetében a bíróság adott esetben a kibontó szabályok segítségével, de az anyajog megsértését érdemében reparálja, míg a gazdasági, szociális és kulturális jogok kapcsán ez a tevékenysége csupán egy részjogra terjed ki. Lehetséges a közvetett bírói védelem is, amikor a bíróság egy polgári és politikai jog – így a méltányos bírói eljáráshoz való jog – segítségével védi egy szolgáltatási jog egyes elemeit. Ehhez hasonló tulajdonképpen a közvetett védelem másik fajtája, ha az Alkotmánybíróság intézményvédelmet és a jogbiztonság érvényesülését garantálja.

Az előbbiek fényében a következő szembeállítás, az, hogy a polgári és politikai jogok valódi emberi jogok, míg a gazdasági, szociális és kulturális jogok nem azok, hanem állam-

célok. Maurice Cranston szerint a gazdasági, szociális és kulturális jogok emberi jogként kezelése ez utóbbiakról szóló vitát az utópikus vágyak homályos világába kényszeríti. (Cranston, 1973, 68. old.) Felvetődik tehát a kérdés, hogy milyen feltételek – minőségi követelmények – megvalósulása esetén beszélhetünk emberi jogokról. Ha az *alany* (a jogosított) egyértelműen azonosítható. Így például „mindenki” vagy a hátrányos helyzetű egyén (ez utóbbi és ehhez hasonló alany esetében szükséges a pontos definíció). Ha a *kötelezett* (az állam) egyértelműen azonosítható és *valóban kötelezett*. Valódi kötelezettség alkotmányban, törvényben, az állam tekintetében hatályos nemzetközi szerződésben jelenik meg. Ha a kötelezettség *tartalma* magából egy jogforrásból vagy értelmezéséből (például az Emberi Jogok Európai Bírósága ítéletéből) egyértelműen megállapítható. Ha a kötelezettség tartalma *bírói úton* kikényszeríthető, illetve *olyan mértékig*, ameddig a kötelezettség tartalma bírói úton kikényszeríthető. Ha az egyéni jog mögött definiálható jogterület található. A vázolt feltételek tekintetében a gazdasági, szociális és kulturális jogok csupán a bírói kikényszeríthetőséget illetően okoznak problémát. Bírói kikényszerítésük csupán részben lehetséges, egyes részjogok tekintetében alacsonyabb szintű jogszabályok illetve egyes polgári és politikai jogok segítségével, az intézményvédelem és a jogbiztonság tekintetében. Következésképpen a gazdasági, szociális és kulturális jogok természete kettős. Részben valódi jogok, illetve a szolgáltatás optimális megvalósulását illetően államcéllok. Az, hogy részben államcéllok tekintetűek, nem jelenti azt, hogy ebben a vonatkozásban ne lennének megsérthetők, a demokratikus politikai folyamat mellett a nemzetközi felülvizsgálat ennek a – jogilag nem kötelező – megállapítását végzi el. A szociális jogok mint államcéllok legfontosabb megsértését az anyagi erőforrások indokolatlan

elvonása, illetve elfecsérlése jelenti. Az első magatartásra a legjobb példa az ésszerűtlen mérvű fegyverkezés, továbbá az állam gazdasági teljesítőképességéhez mérten, folyamatosan aránytalanul szerény mértékű költségvetési előirányzat a *vállalt* szociális jogi kötelezettségek megvalósítását illetően, a másodikra a korrupció.

Különbségek állnak fenn a különböző jogok védelmének költségeit illetően. Egyes megállapítások szerint a polgári és politikai jogok nem jelentenek súlyos anyagi terhet a közösség számára, míg a gazdasági, szociális és kulturális jogok biztosítása drága, és komoly mértékű állami újraelosztást kényszerít ki. A polgári és politikai jogok védelme valójában nem olcsó, az államnak fenn kell tartania a széleskörű jogállami intézményrendszert. A széles értelemben felfogott jogorvoslat költséges. Ahogyan Stephen Holmes és Cass R. Sunstein megfogalmazták, minden jog pozitív jog, és a szabadság végső soron az adóktól függ. (Holmes – Sunstein, 2000, 260-261.) Az élethez való jog abszolút jellegű, a nemzetközi jog szabályai szerint még kivételes helyzetben sem korlátozható, mégis, tiszteletben tartása a gyakorlatban azon is áll, hogy mennyire vannak az intézkedő rendörnek a gyanúsított ártalmatlanná tételére a löfgyverhasználatot kiváltó eszközök, így például elektromos sokkot okozó kézi készülék. Természetesen, a gazdasági,

szociális és kulturális állami szolgáltatások sokkal többre kerülnek, és finanszírozásuk kétségkívül együtt jár az állami újraelosztás és az azt végző bürokrácia kiterjedésével. Ha kiindulópontunk a Nietzsche által megfogalmazott tétel, „*so wenig Staat wie möglich*”, amit Milton Friedman így fogalmazott meg: a kormányzat „fő funkciója kell hogy legyen szabadságunk megvédése a kapuink előtti külső ellenségétől és polgártársainktól” (Friedman, 1962, 2.), akkor el kell fogadnunk, hogy az állam feladatai a rendvédelemre szűkülnek. Ha többet várunk az államtól, és szükségesnek tartjuk azt is, hogy egyéb szolgáltatásokat is nyújtson a polgárainak, akkor elkerülhetetlen az általa levezényelt újraelosztási folyamat, amelyben a gazdasági, szociális és kulturális jogok az egyik jogcímként szolgálnak. A szociális jogok együtt járnak az állam gondoskodási kötelezettségével. Ennek alapja, mutat rá Niklas Luhmann, egy olyan antropológiai koncepció, amely a középpontba állítja a személyiség saját érdekét annak kiformalásában. Az emberi jogok címzettje így nem csupán a jogában sértett lesz, hanem az is, aki segítségre szorul (Luhmann, 2000, 184.).

Kulcsszavak: *alkotmányjog, emberi jogok, emberi jogok második generációja, emberi jogok nemzetközi védelme, jogelmélet, nemzetközi jog*

## IRODALOM

- Burke, Edmund (1990): *Töprengések a francia forradalomról*. Atlantisz, Budapest
- Committee on Economic, Social and Cultural Rights, *General Comment No. 12*. (1999), UN doc, E/2000/22.
- Cranston, Maurice (1973): *What Are Human Rights?* Broadley Head, London
- Friedman, Milton (1962): *Capitalism and Freedom*. Chicago University Press, Chicago
- General Comment No.3, UN doc. E/1991/23.
- Holmes, Sephen – Sunstein, Cass R. (2000): The Cost of Rights: Why Liberty Depends on Taxes. in Steiner, Henry J. – Alston, Philip: *International Human*

- Rights in Context. Law, Politics, Morals*. Oxford University Press, Oxford, 2<sup>nd</sup> ed.
- Katrougolos, George S (1996): *Human Rights in the Welfare State*. in *Jahrbüch des Öffentlichen Rechts der Gegenwart*. 96/44.
- Luhmann, Niklas (2000): Das Recht der Gesellschaft. in Karácsony András: *Jogfilozófia és társadalomelmélet*. Pallas Stúdió/Attraktor Kft., Budapest
- Marckx-eset, 1979. június 13-i ítélet, ECHR, Series A, No 31.
- McCann and Others eset, 1995. szeptember 27-i ítélet, ECHR, Series A, No. 324.
- Sári János (1995): *A gazdasági, szociális és kulturális jogok alkotmányos alapjai*. Kézirat. MTA Állam- és Jogtudományi Intézete, Budapest

# ÚJ ÁLLAMI SZEREPEK A MAGYAR INNOVÁCIÓPOLITIKÁBAN

## VÉLEMÉNYEK A KUTATÁSVEZETŐI ELITBEN AZ INNOVÁCIÓS TÖRVÉNY ELŐKÉSZÍTÉSÉRŐL ÉS CSOMÓPONTJAIRÓL

Tamás Pál

igazgató, MTA Szociológiai Kutatóintézet – h8756tam@ella.hu

Az Innovációs Törvény előkészítéséhez, egy átfogóbb kutatáspolitikai vizsgálatsorozat részeként az OM K+F Helyettes Államtitkárság megbízásából az MTA Szociológiai Kutatóintézet beszélgetéssorozatát szervezett a hazai kutatási menedzsment elitjéből választott mintával. 2003 márciusában ötvenhárom előzetesen felkért vezető kutatóval, vállalatirányítóval készült hangszalagra rögzített beszélgetés. Az általában egy-másfél órás beszélgetésekhez a kérdéssorokat a felkeresett szakértők előre megkapták. Az alábbiakban elsősorban e találkozás anyagából a törvényelőkészítéshez felhasználható tanulságokat foglaltunk össze.

*Az állam és az állami beavatkozás-  
támogatás káépéról  
a kutatásvezetói elitben*

Az interjúk tartalmi elemeinek megjelenítése, illetve az azokra építő törvénytervezet gazdagító megjegyzéseink előtt egy általánosabb megfigyelésünkre szeretnénk felhívni a figyelmet. Szinte valamennyi megkérdezett készséggel vett részt a beszélgetéseken, fontosnak tartja a törvény kidolgozását, örült, hogy ezzel kapcsolatban őt is megkérdezik, és részletesen felmondta, mi mindent tehetne az általa belátható területen az

állam. Az idősebbek között, akiknek még a 80-as évekből vagy közvetlenül a rendszerváltás idejéről is voltak kutatáspolitikai emlékeik, még él az erős, befolyásos, komoly összeg felett rendelkező OMFB emléke, és ha rákérdezzünk, szívesen reflektáltak erről. Szükségesnek látják a kutatási szektor jobb politikai képviseletét, miniszteriális érdekérvényesítő lehetőségeinek növelését. Ebben az értelemben jó hírnek tartják a hivatal induló helyreállítását. Mindezzel együtt azonban az interjúkból kirajzolódó hangulati, saját helyzetüket jellemző általános tendenciákat kellene bevezetésképpen jelezni:

a.) Szinte valamennyien végigélték a 90-es évek első felének kutatás-fejlesztési „összeomlását”, s megfigyelhették, hogy azt a hazai miniszteriális kutatási bürokráciának (valamennyi szereplőt ideértve) látható erőfeszítései ellenére sem sikerült leállítania. Sok helyütt ez a leépülés-bomlás az ipari kapacitások feloldódásával is párhuzamos volt. Tulajdonképpen a megkérdezettek igen nagy csoportja az ezután is megmaradt K+F szigeteken működik. Az új piac – hazai vállalati megrendelések, tanácsadás és EU-projektek – egységét, laboratóriumát életben tartja, de a kutatásvezető maga a jelenlegihez képest már drámaian mást nem akar

(esetleg nem igen tudna elképzelni), vagy radikálisan új életben már nem reménykedik. S persze elmondja, elvben mi mindent tehetne az állam, hogy a korábbi helyzetet helyreállítsa, vagy a meglévő maradékkapacitásokat még használni lehessen, és képes – megragadhatóan inkább általános igazságok és jelszavak szintjén – nemzeti kutatáspolitikáról is beszélni, van véleménye, de igazán, a maga számára komolyan, ha szívére teszi a kezét, az államtól már szinte semmit sem vár. Az nem volt képes megvédeni a 90-es években a K+F rendszert, és többnyire nem volt képes igazán hathatós segítséget nyújtani az életben maradáshoz az új világban, akkor most mi várható tőle? Az ügyesek, erősek, kapcsolati tőkével rendelkezők számára az állam mellékszereplő – fontos rész kérdésekben, elvben persze kiegészíthet, de hát igazán számítani nem lehet rá, s így nem is nagyon érdemes. Nélküle kell boldogulni, sikeresnek lenni. Áttörésekre már tizenöt éve nem képes, hát akkor miért lenne éppen most másként? Ráadásul – részterületeket, mint a mezőgazdaságot vagy a környezetvédelmet leszámítva – vezető politikusok, kormánytisztviselők szájából egészében és általában nem is hallja, hogy az állam a műszaki politikában végre valamilyen nagyot és szépet akarna. Ellenkezőleg, inkább arról van szó, hogy megint nincs pénz, hogy az egyébként tervezett átfogó reformok egy részét időben el kell tolni. Hát akkor miért higgye, hogy a megszülető törvény vagy a hivatali fordulatot jelentene? Mindez, persze, inkább valamilyen jóindulatú, rokonszenvező közömbösségként, s nem ellenségességként vagy idegenkedésként érzékelhető.

b.) Ha fordulatot nem is várnak, létező parciális szabályzások, a kutatás logikájától idegen pénzhozzáférsi formák „domesztikálását”, „humanizálását” azonban feltétlenül igen. Ebből következően – s ez az új hivatal számára tulajdonképpen könnyebbség –, ha ezt teljesíteni tudja, már ezzel a minimum-

programmal is sikeresnek minősülhet. S tulajdonképpen ez vonatkozik a törvényre is. Az ezen felüli teljesítmény, a kutatóközösség ezt meghaladó szolgálata már pluszajándéknak fog minősülni.

c.) A megkérdezettek a hazai innovációs szektor sikeresebb szektoraiból, intézményeiből kerülnek ki. A részletesebb beszélgetésekből is majdnem mindenütt előbukkannak konkrét közös projektek, jól kiépített, szolid kapcsolódás európai hálózatokhoz, egy, a hazai viszonyok között egyáltalán nem provinciális stabilitás. Érezhető egyfajta magabiztosság is. Olyan, amelynek nincs szüksége a hazai kutatáspolitikai elmúlt évtizedének két retorikai alapfogására. A beszélgetőpartnerek nem ismételték a 90-es évek két alapszlogenjét. Nem volt szó arról, hogy a „kis támogatás ellenére is nemzetközi csillagok vagyunk”, és majdnem senki sem emlegette a „régiből mi érünk a nyugatiak szerint a legtöbbet” harci jelszót sem. Reális képük van az EU-programoktól, de itt sem várnak fordulatot. Egyáltalán, leginkább úgy érzik, a hazai kutatás és az ő intézményük is ezen belül a helyén van. Ettől az innovációs rendszertől a jelenlegi ipar tulajdonképpen – a 80-as évekhez képest – keveset vár, de ezeknek a várakozásoknak a kutatás jelenlegi rendje már meg tud felelni. S aligha várható valamilyen radikális ipari szerkezetváltás, amely hirtelen másmilyen teret tudna teremteni a K+F rendszer körül. A helyzet legfeljebb lassan javulhat. Egyes személyek, kutatócsoportok helye ezen belül, persze, akár gyorsan és pozitívan változhat a nemzetközi kutatási rendszer forrásait használva, az ország egészének K+F potenciáját illetően drámai helyzeti elmozdulás a jelenlegi vonalról azonban valahogy nem is jön a beszélgetésekben szóba (bár igyekeztünk rákérdezni).

d.) Ez a kétségtelen defetizmus, amely nem a kiütöttek, hanem a szorgos aprómmunkával életben maradtak (de közben azért

halálosan elfáradtak) vilásképe, talán a beszélgetéssorozat legfontosabb szociológiai tanulsága. Ezek az emberek tudják, mi az ő helyük ebben az új világban. S mert az viszonylag nem is olyan rossz, s mert a pozíciók megtartásához is nagyon sok napi munka, erőfeszítés kell, úgy érzik, tulajdonképpen a helyükön vannak. Itt a szűk mintába nem kerültek be a pillanatnyilag is külföldön dolgozó, a rendszerbe így vagy úgy ott beépülő hazai kutatók, és nem jelentek meg az ifjú titánok sem (ők most egyébként is magukat építik, s a magyar K+F egészével mint rendszerrel – érthetően – mintha egyébként is keveset törődnének). A K+F intézményvezetői elitben a csoportok egyébként is igen alacsony számban vannak jelen. A kutatás további fázisaiban – majd nagyobb felvételeket (készül egy ezerfős aktív vezető kutató felvétel és egy doktorandusz-kérdőív is) követően számok is megjelennek. De ebben az elit csoportban a jelzett hangulat most így is meghatározónak tűnik. Azoknak, akik szervezeti változásokat terveznek, ezzel az új realizmussal feltétlenül számolniuk kell.

#### *Az állami beavatkozás célja és színterei*

Az újabb megközelítések el- és felismerték, hogy a K+F egy olyan profitmotivált beruházási tevékenység, amely feltételezi, hogy az innováció üteme és iránya relatív árváltozásokra reagál. Miután számos esetben a társadalompolitika célja a különböző káros hatások közömbösítésében, vagyis megnehezítésében, tehát esetenkénti viszonylagos megdrágításában ragadható meg, technológiai szempontból érdemes itt „indukált innovációról” beszélni. A kifejezést először John Hicks (1932) használja. Hipotézise szerint valamilyen egyre drágábbá váló termelési tényező kiváltásának programja szüli magát az innovációt. A kutatási folyamatot a gazdasági programhoz csak a későbbi irodalom kapcsolja (összefoglalását lásd Binswanger – Ruttan, 1978-nál). Jelen összefoglalónk

szempontjából szinte mindegy, ahogy az indukált innovációt vállalati, mikrogazdasági környezetben új beruházásokkal modellezzük. Ami lényegesebb, hogy a vállalati innovációnak itt jellemzett típusai társadalmilag is közvetlenül hasznosulnak (környezetminőséget javítanak, élelmezési gondokat oldanak meg, tájakat tartanak fenn, közegészségi anomáliákat oldanak fel, periferikus csoportok tanulási problémáit segítik megoldani, stb.). Egyre több területen erősödik a kapcsolat a célok megvalósításához rendelhető költségek és a kapcsolódó technológiai területek szabadalmi tevékenységének növekedése között. Egyes területeken (pl. a környezetvédelemben) a kapcsolat erősebb, másokon, mint az oktatási technológiákban a kapcsolat egyelőre gyengébb. A gazdaságban az ilyen analógiák elsősorban a hatékonyság növekedésében jelentkeznek, de itt is világos, hogy a hosszabb távú hatások jelentősebbek, mint ahogyan arról a napi innovációs irányítás kapcsán beszélni szoktunk. Következésképpen a szűkebb gazdasági haszontermeléstől független, a szélesebb társadalmi hatások és a hosszabb távú, az egész gazdaság szerkezetét érintő technológiai újdonságok támogatása leginkább az államra marad.

Másik oldalról – az innováció újabb evolúciós elméleteiből azt is tudjuk, hogy az általunk megfigyelt területeken meglehetősen gyakoriak a piaci hibák, és hogy ezek esetleges csekélyebb száma növeli a társadalmilag hatékonyabb megoldások jelenlétének valószínűségét. A K+F profitközpontú felfogásából itt a bizonytalansági probléma kerül a középpontba. Richard Nelson és Sidney Winter (1982) klasszikus munkájában a K+F folyamat alternatív modelljének felépítéséhez használta Herbert Simon gondolatát arról, hogy a „kötötten racionálisan” gondolkodó vállalat inkább „kielégítően”, mintsem optimálisan viselkedik. Ebben az „evolúciós” modellben a vállalatok külön-

böző rutinokat és tapasztalati szabályokat használnak K+F vagy új technológiákkal összefüggő döntéseiknél. Mert a vállalatok itt nem optimalizálnak, az evolúciós modell logikai következményeként nem feltételezhető, hogy egy új külső körülmény – mondjuk egy új környezeti szabályzás – a hasznot kikerülhetetlenül csökkentse. Elvben legalábbis lehetséges, hogy a vállalat képes arra, hogy stratégiáját módosítva hatékonyságát növelje. Így előállhatnak azok a „nyerő-nyerő” helyzetek, amelyekben a társadalom és a vállalat is jól jár. Ezek előállításához azonban a mi szervezeti és műszaki kultúránkban általában állami beavatkozás is kell – természetesen a szabályozás alakításánál, de a vállalati tanulás befolyásolásánál is. Az optimáló vállalat helyett a „kielégítő” megoldásokat kereső vállalat fogalmának előtérbe állításával megnő mind a vállalat, mind a szabályozás elvi mozgásteré. Egyes helyzetekben külső sokkhatások generálásával, más-kor más sokkok lefojtásával (ráadásul egyre nagyobb mértékben az előbbieket és utóbbiak egyaránt követik, integrációs szervezeti tag-ságokból következnek), és az állami akarattól függetlenül) a technológiapolitika fontos újabb terei nyílnak meg. Mind az indukált innovációs hipotézisből, mind a „nyerő-nyerő” helyzetek kezelésével kapcsolatban az állami feladatok adottak és normatívan is jól megfogalmazhatóak. A kínálkozó eszközök, például az adók, támogatások, engedélyek, puha normák és szabályok hatásai, sőt feltételezett határfoka egyes típushelyzetekre az irodalomból jól azonosítható.

#### *Kiemelt állami felelősségvállalási területek*

A prioritásokról ebben az értelemben kétféleképpen is lehet beszélni. Hagyományos értelemben ez témalistákat jelentene, amelyekre az állami akarat a figyelmet összpontosítja és a kutatóközösség figyelmét kedvezményezettként ráirányítja. Tudjuk, hogy az állami igazgatásnak hagyományosan a hoz-

zánk hasonló gazdaságokban és politikai rendszerekben a legritkább esetekben vannak saját, az egyes társadalmi szférákból érkező nagy kutatási megrendeléseik. Prioritásokat, tematikai súlypontokat persze az ilyen rendszerek is megfogalmaznak. Ezek forrásai vagy a nemzetközi minták (például most „mindenkinek” élettudományi prioritásai vannak a mintaadó külföldön, ezért nekünk is azok lesznek), vagy a kutatópolitikához közeli tanácsadói csoportok természetes lobbyérdekeit tükrözik. A megkérdezettek egyrészt meglehetősen idegenkednének olyan új állami alapoktól, amelyek elosztásánál nem léteznek már előre kijelölt nagy felhasználási célok (itt nem tematikus listákra, hanem nagy felhasználási csomópontokra gondolnak). Végül is ezeket az alapokat nagyjából vállalat befizetések töltenék fel. Így érthető, hogy a versenyszféra valamilyen képpel mégiscsak rendelkezni szeretne arról, milyen célokra gyűjti be és osztja el majd az állam az ő pénzét. Ugyanakkor a megkérdezettek nagy többsége láthatóan mégiscsak idegenkedne attól, hogy a prioritások meghatározásánál a fent jelzett hagyományos megközelítéseket alkalmazzzák. Elképzeléseik a lehetséges prioritáskijelölési módokról meglehetősen pragmatikusak és két nagy csoportba oszthatók:

a.) Az EU kutatópolitikái és más programjai mégiscsak kijelölnek valamilyen irányokat. Ezeket nekünk is el lehetne fogadnunk kiindulópontként. Persze, ezen túl, vagy inkább ezek elérésénél a magyar vállalatoknak vannak különleges nehézségei vagy megoldandó feladatai. Ezek megoldását képezhetnék a „nemzeti prioritások”. Végül is az EU-belépéssel a magyar vállalatok felzárkóztatási programja nem fejeződött be, és ennek specifikus súlypontjai automatikusan nem vezethetők le a nagy EU programokból.

b.) Az átmenet befejeződésével egy újabb időszakra kialakult a hazai K+F szerkezete. Egyes kapacitások megmaradtak és

továbbfejlődtek, mások eltűntek. A lábön maradásban bizonyára minőségi kritériumok is szerepet játszottak, de szinte mindenki elismeri, hogy ezek mellett privatizációs stratégiák, kommunikációs készségek, meglévő vagy kiépített nemzetközi kapcsolatok, politikai döntések és nem kevészer egyszerűen a szerencse is szerepet játszott. Senki sem hisz – visszamenőleg sem – az egyszerű tudománypolitikai darwinizmusban, mely szerint egyszerűen elpusztultak a rosszak és életben maradtak a jók. De szinte mindenki egyetért abban, hogy a szelektív szakasz lezárult. Nem gondolja, hogy – néhány kivételtől eltekintve – valamilyen nagy intézményépítési vagy rekonstrukciós szakasz kezdődne. Következésképpen, bármennyire is töredékes (és talán esetleges is) tematikailag vagy akár részdiszciplínáit is tekintve a megmaradt életképes kapacitás, egyszerűen most már ezt kell támogatni vagy helyzetbe hozni. Elég világosan lehet látni, hol vannak ennek (mégis, mindennek ellenére?) legéletképesebb, leginkább produktív részei. Tudjuk, hogy ezek szerkezetében sok az esetlegesség, hiszen a nagy hagyományú, több nemzedéken átívelő kutatási iskolák mellett sokszor a teljesítmények mögött csak egy-egy jeles kutatót találunk. De mégis ők jelentik a realitást. A nemzeti prioritásoknak egyszerűen rájuk szabva kellene működniük, őket kellene támogatniuk.

E két megoldás életszerűségét elismerve azonban az innovációs törvény valószínűleg nem kerülhet ki egy harmadik prioritáskijelölő gondolati sémát sem.

A gazdaság szerkezetben vagy a társadalom működésében vannak olyan helyzetek, amelyekben fontos játékosok cselekedetei kényszerűen költségeket generálnak más aktorok számára (egyszerűbben olyan károkat okoznak, amelyek felszámolása jelentős költségekkel jár). Hagyományosan ilyenek a környezeti szennyezések kezelésének költségei, de számos más hasonló lo-

gika szerint működő példát is találunk. Ezek egy része új technológia fejlesztésével, adaptációjával kezelhető, talán meg is oldható. A cél mások (az állam és az egyes társadalmi aktorok) szociális kárkezelő költségeinek csökkentése új technológia beállításával. Tehát a negatív externalitások kezelésével kapcsolatos technológiai feladatok kezelése minden bizonnyal állami prioritás marad. Az új technológia fejlesztése önmagában mások számára előnyöket jelent, pozitív externalitásokat generál. Az ilyen tiszta esetekben, az innovációs haszon egyértelmű jelentkezésénél – az előző esettől eltérően – az állami szerepvállalásra vonatkozó semmiféle automatizmus sem létezik. Az itt támogatandó tanulási folyamatok egy része mások ilyen adaptációs folyamatokkal kapcsolatos tapasztalatainak terjesztéséből áll majd (itt olyan pozitív externalitásokról van szó, amelyeket az állami politika kezelni tud). Egyáltalán, a törvényben külön rész foglalkozhatna a tanulás (vállalati és más szervezeti tanulás) problémáival. A jelenlegi K+F aktorok zöme láthatóan nem igazán érdekelt – saját egofejlesztési ambícióin túl – eredményeinek terjesztésében. Az elnyert grantoknak, persze, legtöbbször – az EU-ban mindig – van „tudás-terjesztési kötelezettségük”. A témázáshoz szükséges teljesítést azonban nem túl bonyolult produkálni. Ez fél szemmel is megy, s különben is a kutató már a következő projekten, illetőleg témabeadáson dolgozik. A témák az igazán sikeres teamekben torlódhatnak, publikálni is csak annak egy kis, a további grantokhoz elengedhetetlen részét publikálják (és mintha már az akadémiai intézetekben sem telne többre), és rohannak tovább. Az állami innovációs politikának itt szükségszerűen magára kell vállalnia a disztribúciót (vagyis inkább annak tudományon kívüli, gyakorlatra orientált részét). Persze, a kutató nélkül nem megy. De ha ráhagynák a projektekre, az ott termelt tudás legtöbbször egyszerűen nem jutna el a gazdasági akto-

rokhoz. Ez gyakran még olyan esetekre is érvényes, ahol egyébként szabadalmi mechanizmusok komoly jövedelemhez juttathatnák a kutatókat.

#### *Alapok, formák, ellenőrzés*

A törvénytervezet egyik alapötletét – az új központi alapok létrehozását – a beszélgetések több oldalról is érintették. Egyértelmű, kemény elutasítással nem találkoztunk, különböző részproblémákat aláhúzó kitételekkel, szkepszissel azonban igen sokféle formában. Néhányat, amelyek mögötti racionalitás könnyen belátható vagy védhető, külön is felsorolunk:

a.) Mindenekelőtt a versenyszféra meg lehetőségen szkeptikus olyan állami programokkal szemben, amelyek alapjait meghatározó módon az ő forrásaiból szeretnének feltölteni, de amelynek elosztásában a forrásnak az állami akarattal vagy az általa gerjesztett intézményesített bölcsességgel szemben már feltehetően kevés szava lesz. Ha a befizetések mellé a Kincstár is letesz egy komolyabb összeget, akkor az alap is másmilyen fényben jelenik meg az ipari közvélemény előtt. Hiszen akkor látható (lenne) egy olyan valóban közös felelősségvállalás szándéka, amely talán a versenyszféra hangulatára is komolyabban kihatna.

b.) Azok – elsősorban a kutatási szférából –, akik az alapot határozottabban támogatnák, ahhoz már az első pillanattól átlátható prioritásokat, esetleg nagy fejlesztési programokat rendelnének. Így egyrészt az alap eladhatósága is javulna, és megnyugtatóbban megfogalmazható lenne annak programszerű tartalma. Néhányan itt pozitívan említik az értelmezésük szerint megszakadt vagy félbemaradt NKFP-t, és elsősorban annak folytatását tartanák kívánatosnak (nem ismerjük az ezt említők szakmai vagy pártpolitikai megfontolásait, illetve közvetlen érintettségét).

c.) A részletek iránt is érzékeny beszélgetőpartnerek elsősorban az alaptól, de egyál-

talán az állami támogatásoktól az éves ciklust meghaladó kiszámíthatóságot, az ideiglenes likviditási gondok megoldását és különböző kisegítő funkciókat várnának.

d.) A hazai, nagy volumenű finanszírozás nem állítódik szembe az EU-pályázatokkal, de kitapintható, hogy annak hiányát azért az elérhető EU-források mérsékelik. Azonban mégis, mintha úgy tünne, hogy a nagy volumenű – s nem egyszerűen kisegítő vagy infrastruktúra-fejlesztő – programok, ha a játékszabályokban az ilyesmi nincs külön kikötve – szinte kikerülhetetlenül egyszerűen, „családon belül megszerezhető” alternatívájává válnak a bürokratikusabb s nehezebben elérhető EU-forrásoknak. Mindenképpen elkerülendő lenne egy olyan helyzet, amelyben a hazai kutatópolitikával szivélyes kapcsolatban levők vagy a diszciplináris elit kényelmesen lekötne e források nagy részét (s közben kvalifikációja is romlana), miközben mások innen kizárva lényegében kizárólag nemzetközi források használatára kényszerülnének.

#### *Kutatási költségek, érdekérvényesítés*

A 90-es évek egyetemi reformjai újrafogalmazták az oktatási filozófiákat és a szűkebben az oktatásra vonatkozó *policyket*, de lényegében érintetlenül hagyták a kutatásra vonatkozó szabályozást és intézményrendszert. Ebből következően az évtizedben folyamatosan jelen vannak, sőt az évtized végére növekednek a feszültségek az egyre inkább tömegoktató reformegyetem és az egyetemi kutatás között. A kutatás feltételeit ráadásul általában külső források biztosítják, az egyetem ezekhez általában saját forrásaiból csak igen keveset képes hozzátenni. Az oktatási felelősségből és az erre a célra akkumulálódó forrásokból viszont az oktatási oldalon mégiscsak létrejönnek belső programok. Ezt a *polycyszerkezeti* aránytalanságot azután a programalkotási ambíciók leképezik. Míg az oktatási oldalon egyetemvezeté-

sek és miniszteriális bürokraták szinte folyamatos programformálással töltötték az évtizedet, a másik oldalon mindössze a saját oktató-kutató állomány pályázóképességének javítására lehetett ugyanezekben az években legfeljebb gondolni. Átfogó programokat, hatékony intézményépítést pedig ezen „aprómunka” mögé értelemszerűen nem lehetett rendelni. Az oktatás és a kutatás közötti kapcsolat pedig a mai irányítási gyakorlatban leképzettnél pedig bizonyítottan szorosabb.

A nemzetközi minták nyomán minden bizonnyal szükséges lenne az egyetemek tudományos teljesítményének valamilyen nyilvánvalóbb elismerése *output* indikátorként. Ez történhet egyetemeket összemérve és karonként, esetleg szakonként. Itt két alapindikátorra gondolhatunk – az egy kutatóra-oktatóra jutó elnyert kutatási támogatásra (hazai és nemzetközi), illetőleg a doktorandusz-kibocsátás volumenére. Különböző kombinációkban ezt használják külföldi rendszerekben is.

Tudjuk, hogy az egyetemi világban viharokat válthat ki, de mégis középtávon kikerülhetetlen az egyetemek tudományos teljesítményének valamilyen *cluster*be sorolása – nyilvánosan. Talán meg lehetne próbálkozni az amerikai kutatóegyetemi besorolások átemelésével – természetesen a konkrét besorolásokat hozzánk igazítva. Ha ebben most érzékenységre hivatkozva nem is lépünk, az EU a következő években úgyis megteszi majd – anélkül, hogy bennünket erről különösebben kérdezne. Például, egy 1994-es osztályozási sémában a Carnegie Alapítvány a PhD odaítélésére jogosult intézményeket négy osztályba sorolta: *Research I, Research II, Doctoral I, Doctoral II*. Az egyes osztályba sorolás nagymértékben a „behozott” kutatási forrásokból különbségekből következik. Az osztályozás – ott végül is igen jól mozgósított. Azóta újabb mérés is volt, és az intézmények hatá-

rozottan megkíséreltek korábbi pozícióikhoz képest előrébb kerülni. Más, hasonlóképpen népszerű osztályozások – így a Carnegie egy másik 2000-es felvétele – az aktuálisan kibocsátott doktorátusok száma alapján osztályoznak. A doktoranduszok száma egyelőre egyetemekre és karokra lebontva nálunk még kevés a finom bontáshoz. De a létszámoknak itt amúgy is növekedniük kell, ha csak minimálisan is igyekszünk a nemzetközi trendekkel lépést tartani. S előbb vagy utóbb elérjük azt a küszöböt, amikor már a doktori programokon belüli finomstatisztikának is lesz értelme.

Tudjuk, hogy a doktori képzés más törvény „fennhatósága” alá esik, de az innovációs törvénynek is érintenie kellene azokat a kutatási körülményeket, amelyek a sikeres doktoranduszképzést összekapcsolják a kutatással. Itt csak néhány ilyen lehetőséget említünk: 1. A nagy tömegű doktorandusz jelenlétéhez – valamilyen küszöbérték felett – a kutatópolitika hozzárendelhet emelt szintű kutatási infrastruktúra-támogatást. Ily módon támogatja egyfelől a létszámok egyébként is szükségszerű emelését, másfelől jelzi, hasznosnak tartja a koncentrációt. 2. Külön doktorandusz utaztatási alapot hoz létre. Nemzetközi konferenciákra elfogadott előadásokkal csak doktoranduszok pályázhatnának ide (utaznak a projektpénzezből is, de az nem elég). 3. Doktoranduszok jövőbeli oktatási tevékenységének intellektuális megalapozására egy kis külön alaphoz vagy programhoz pályázhatnának, amely, csak számukra, tantervfeljesztéshez, tananyagíráshoz, olvasókönyvek szerkesztéséhez, fordításához biztosítana forrásokat.

Igen fontosnak tűnik, hogy a kutatási és oktatási paraméterek ismét integráltassanak. Egyébként a mintaadó amerikai egyetemen ott nő leggyorsabban a kutatási bevétel, ahol a hallgató/oktató arány is a leggyorsabban emelkedik – s ez különösen igaz a magánegyetemekre (Ehrenberg, 2003, 13).

A növekvő doktoranduszlétszámok jobban bevonhatóak az oktatásba, s végül is „normális oktatókat” váltanak ki a kutatás számára. Ott, tekintettel a tandíjakra, nemhogy a doktoranduszok, de a „klasszikus” *undergraduate* hallgatók is részt vesznek – indirekt módon – a kutatás finanszírozásában. Úgy látszik, a hazai oktatói-kutatói kör számára meghatározó „elitgyetem-tömegegyetem” szembenállás dinamikus helyzetekben feloldható vagy legalábbis együtt kezelhető. Egyébként amerikai adatokból tudjuk, hogy a kutatási siker oktatási elismertségben is lecsapódik (ott ezt könnyű mérni, mert piac-érzékeny tandíj is létezik). De azt hisszük, ezt azért nálunk is még lehet majd fogni.

#### *Indirektköltség-elismerés*

Az infrastruktúra építésének és fenntartásának költségeit mindenütt, s más források híján nálunk különösen az intézményi *overhead*-ek fedezték meghatározó módon. De látszik egy új mozgás: az intézményi részese-  
dés elismerésének visszafogása a források elosztásánál. Ez is az USA-ban kezdődött, s féltő, hogy mint minden más – jó és kevésbé jó – kutatáspolitikai trend, ez is átvándorol majd Európába. A 90-es évek elején – egy széles körben publikált eset kapcsán – a Stanford Egyetemről visszavettek projekthez kapcsolódó intézményfenntartási állami forrásokat. Ebből trend generálódott, és az a 90-es években is folytatódott. 1997-ben 1983-hoz képest – a grantösszegek szinte folyamatos emelkedése mellett 8,3 %-kal kevesebb összeg folyt be az amerikai magán-egyetemekre adminisztratív költségekre és az infrastruktúrába.

Ha e modell megjelenik Európában, akkor egyre nagyobb mértékben a sikeres pályázat előfeltételévé válik, hogy jelen legyen egy jelentős mértékben hazai forrásokból kiépített infrastruktúra. Ebből következően e területen a 90-es évekhez képest mindenképpen jelentkeznie kellene valamilyen fordulatnak. A

„majd a pályázatból valahogy még marad infrastruktúrára” modell egyre kevésbé működik. Az innovációs törvénynek világos vízióval kellene itt rendelkeznie. Például, a kiépülő alapok egy részét az infrastruktúra fejlesztésére kellene fordítani (tulajdonképpen ez egy olyan „nemzeti prioritás” lehet, amely nem ágazat- vagy diszciplínaszpecifikus). S itt nem kis pályázatokon odaítélhető műszerekről (műszerecskékről), hanem műszerpark-hálózatokról lehetne szó. Ezek egyes helyszínei – megfelelő állami jelenlétet feltételezve – vonzó- vagy kikristályosodási helyeivé válhatnának magánszektorbeli beruházásoknak. Itt működhetnének strukturális üzletek is. Ha társberuházóvá válsz, te is használhatod az egész műszerparkot – tehát nem szponzor vagy, hanem szigorúan érdekeid mentén cselekszel.

A műszerproblémától függetlenül kellene az adminisztratív költségek kérdését kezelni. A K+F rendszer nem versenyágazati szegmenseiben szinte mindenütt gyorsan nőnek az adminisztratív költségek. Egyik ötletünk követi a másikat (az egyre komplexebb evaluációs rendszerekről az egész pályázati struktúra gyorsan bonyolultabbá válásáig és az EU hálózati költségekig, és tulajdonképpen nem tudjuk, mennyibe kerülnek ezek az újdonságok). Látjuk, hogy a jelenlegi – egyébként megnövelt bírálati díjak ellenére is – egyre nehezebb, egyes területeken szinte lehetetlen, hozzáértő bírálót találni. Az intézetek jelzik, hogy gazdasági osztályaikat növelni kell, hogy a pályázati rendszerek elszámolási igényeinek meg tudjanak felelni, de nincs a változások mértékéről világos képünk. Mindennek valahogy a hazai intézményfejlesztési programokban is meg kellene jelenniük.

#### *Kölcsönalapok*

Az interjúkban számtalan helyen megfogalmazódik a pályázati rendszeren belüli pénzügyi lyukak problémája. Ezekből, mint közis-

mert, kettő igazán fontos: a. az európai projektek nehézkes és hosszadalmas utólagos elszámolásaiból következő intézményi likviditási problémák támadnak (az egyetemeken kevésbé, inkább az intézetekben és a KKV-knál) és b. a valódi vagy virtuális – saját részesedések bemutatása egyre nehezekebb. Elképzelhető lenne, hogy az elnyert projektek jellegéből következően egy állami forrás ezekben az esetekben – az elnyert és teljesített projektek eredményeinek terhére – rövid távú áthidaló hitelt nyújtana, lényegében majdnem kamatmentesen. Elképzelhető lenne, hogy ezt a formát nem valamennyi projektre, hanem azok speciális, különösen segítségre szoruló csoportjainál (kis- és középvállalatokat, pályakezdő kutatókat, vagy nemzetközi hálózatokban friss csoportokat kiemelve, pozitívan diszkriminálva) lehetne csak alkalmazni.

#### *Általános költségérzékenység, stratégiák és állami ráségítő programok*

Tulajdonképpen igen keveset tudunk arról, milyen tipikus technikákat fejlesztenek ki a magyar kutatás legmeghatározottabb típusai ahhoz, hogy az elmúlt tizenöt év kutatási költségemelkedését (bizonyos területeken „robbanását”) valahog kezelni legyenek képesek. Hol vált uralkodóvá a kemény takarékoság az intézményi szolgáltatások visszafogásával vagy kemény materializálásával? Hol voltak még átcsoportosítható tartalékok a központi apparátusokban vagy az adminisztratív vezetők körül? Mekkora itt a rugalmasság? Milyen lesz az olyan adminisztratív, kutatásszervezési teljesítmény-visszafogás, amelyet a kutatóközösség még elfogad? Hol vannak azok a területek, ahol vissza lehet vonulni és hol nem? A Kincstár logikájából következő, egyre gyakoribb, s évről évre egyre több lobbizással és egyre részlegesebben kivédhető intézkedéseknek végül is milyen hatásai vannak vagy lehetnek? A válaszok szórtak, számszakilag bizony-

talannak, de alapjában egy irányba mutatnak: a helyzet romlását, a feltételek nehezedését várják.

A kutatási költségek növekedését egyébként az intézményi költségvetések a nemzetközi mintaadó szervezetekben sem képesek igazán követni. Például, feltételezhetnénk, hogy a kutatási költségek érintett növekedéséből következően az amerikai kutatóegyetemek (legalább azok!) más költségelemek, például az oktatói fizetések terhére, kénytelenek egyre többet átcsoportosítani kutatási programok felépítésére vagy legalább az azokat előkészítő infrastrukturális fejlesztésre. Az adatokból azonban ilyesmi nemigen látszik. Például egy ötszáz tanszék-re kiterjedő amerikai vizsgálatból húszéves intervallumra ilyen irányú mozgást nem lehet kimutatni (Ehrenberg – Rizzo – Jakubson, 2003). A számokból persze valószínűsíthető, hogy a bölcsészkarok rovására a kutatásigényesebb orvos- és műszaki karok kaptak több oktatót (bár a növekedés ott is inkább *soft*forrásokra épít, ezért a *budget*hagyományos részében nemigen jelenik meg). A magyar 90-es években hasonló mozgás nem látható. Az egyetemek a szakonként esetleg ugrásszerűen növekvő hallgatói létszámokat (amelyek természetesen a kutatástól távolibb területeken voltak a legintenzívebbek) is igen rugalmatlanul voltak csak képesek követni, s a kutatásintenzitás érvényesítéséről ezzel összefüggésben – néhány kivételtől eltekintve – szó sem lehetett.

#### *Közvetítőintézmények*

Az interjúk szinte mindegyikében kritikai szavak hangzanak el az innovációs közvetítőintézmények működéséről. Már másfél-két évtizede – külföldi mintákat másolva – a magyar technológia- és kutatáspolitikai kísérletezik ezek hazai kiépítésével, bevezetésével. Korábbi empirikus felméréseink szerint ezeket alig és a legsikeresebb innovációs folyamatoktól távolabb hasznosítják

csak. Az itt megkérdezett elit kutatás-*management*ezek nélkül sikeres, a különböző megoldások nem is igen kerültek számára hasznosítható alternatívaként elé, ahol mégis pontosabban tud róluk, általánosított véleménye ezekről igen rossz. Ugyanakkor azonban megfogalmaznak különböző olyan feladatokat – ezek száma legtöbbször véleménye szerint növekszik –, amelyeket a K+F szervezet környezetében kellene valakiknek – állami források felhasználásával vagy másképp – megoldaniuk. Szervezetileg ezek nyilvánvalóan beépíthetőek az innovációs közvetítő intézmények munkájába. A napirenden szereplő feladatok azonban, úgy tűnik, jelentős mértékben eltérnek azoktól, amelyekre másfél évtizede e szervezeteket eredetileg létrehozták.

A hálózatok és adatbázisok megjelenésével a műszaki tájékoztató munka érezhetően átalakult. A kutatási szektoron belül ezek számos részleme beépült a kutatásba vagy a tanácsadásba. Külön, „nyers” információs szolgáltatásként piaca igen szűk (persze, lehetséges, hogy nálunk, a nyilvánvaló retorika ellenére a hálózatok előtti időben is szűk volt). Egyre fontosabbá válik a különböző kutatási produktumokra, eredményekre vonatkozó szakirodalmi *output* ismeretek helyett az *input* tényezőkre vonatkozó tudás, tájékozottság. Ki foglalkozik még ilyen vagy komplementer projektekkel, hol és hogyan lehet forrásokhoz jutni, milyenek az adott pályázati forma vagy forrásosztó grémium aktuális divatos hívószavai, milyen versenytárral lenne most kívánatos összefogni, és mindezt a hazainál szélesebb porondon? S ha már megvan a projekt, hogyan lehetne azt a leghatékonyabban működtetni? A leg-sikeresebbek önmaguk kutatási vállalkozásának szervezői. De nekik is szükségük lehet a projektektől független, az integrációs vagy más nemzetközi forrás számára rutinszerűen nyilvántartásokat és elszámolásokat produkáló alvállalkozásokra. Egy egész más szín-

ten, elsősorban helyi hálózatokba kapcsolódásra, a náluk jelentkező és tudatosuló innovációs feladatok megoldására lenne szükség közvetítő kapacitás a kis- és középvállalkozásoknál. De ettől jelentős méretű belépést nagy európai programokba csak véletlenszerűen várhatunk. Félrevezető lehet – néhány tucatnyi esetet leszámítva – itt a kiépítendő vagy már létező hálózatokat „Európára járatni”. A közvetítő hálózatokra – most már a nemzetközi pályázatokhoz is – igazán a kutatói közép- és felső szinteken lenne szükség. Ahol valamilyen kapcsolat már létezik, vagy legalábbis személyi közvetítéssel megteremthetőek, de nincs erő a folyamatos jelenlétre a pályázati rendszerekben. A hálózatok számára ismeretlen hazai partnereket „vakon”, személyes kapcsolatok nélkül közvetíteni komoly nemzetközi projektekbe többnyire igen rossz határfokú vállalkozás. A tapasztalatok szerint a valós részvételhez a korábbi személyes kapcsolatok majdnem kikerülhetetlenek. De ha megvannak, a folyamatos papírmunka átvállalása valamilyen közvetítő struktúrákban igen lényeges közreműködés lenne. Az állami szerepvállalás leghatékonyabb és más állami K+F programok iránt is esetleg bizalmat gerjesztő formái minden bizonnyal e területeken és formákban jelentkeznek. A közvetítők átprogramozása, szervezeti feljavítása és országos rendszerbe szervezése minden bizonnyal az új törvény egyik meghatározó területe lehetne.

Nem mellőzhetőek azért a már létező, a nemzetközi mintáknak megfelelő egyetem (akadémia)-ipar közvetítő mechanizmusok sem. Ezek helye, súlya a jelenlegi magyar gazdaságszerkezetben azonban nehezen változtatható. A mai nyugat-európai kutatóhely-vállalati kapcsolatot a drámaian megnőtt közös tudományos cikktermelés jellemzi, ami jól szervesült kapcsolathálóról tanúskodik. Például Nagy-Britanniában a 80-as évek elejétől a 90-es évek végére a közös egye-

temi-ipari publikációk aránya a teljes ipari tudományos *output* egynegyedéről a felére nőtt – egészében meglehetősen nagy publikációs teljesítmény mellett. A legnagyobb együttműködési volument egyébként a legmagasabbra értékelt kutatási teljesítményű egyetemeken találjuk (Calvert –Patel, 2002). Adott iparszerkezet mellett nálunk most félrevezető lenne egy ehhez hasonló kapcsolati rendszer felépülését erőltetni.

Három kutatáspolitikai problémával (részben illúzióval) azonban itt szembe kellene néznünk:

a.) Kevésbé valószínű, hogy rövidebb távon változnának a nálunk működő nemzetközi nagyvállalatok eddigi attitűdjei a hazai kutatással kapcsolatban. Ebből következően kevésbé valószínűsíthető, hogy az eddigihez képest ugrásszerűen növekednének megrendeléseik az egyetemi-akadémiai intézményekben (egyébként, ha véletlenül mégiscsak ilyesvalamire sor kerülne, a legtöbb területen igen nagy zavar támadna azok átfogó rendszerének kiszérelésénél vagy akár csak nagyobb tömegű ilyen megrendelés kielégítésénél). A kapcsolatok igazán az oktatási programokon, különösen a már meglévő doktori és a felállítandó MA fokozatokon keresztül tarthatók fenn és tehetők intenzívebbekké. Ezeknek a nagyvállalatoknak alapjában jól képzett helyi szakemberekre és nem helyi, nehezen rendszerbe állítható kutatási ötletekre van szükségük. S ha a szakember előállításához kísérő beruházként valamilyen kutatásra is sor kerül – például a doktori iskolákban, akkor ennek egy része azért a partnerekkel megfinanszírozható lesz. Mindebből azonban az eddigiektől eltérő és a nemzetközi irodalomban is kevésbé leírt közvetítőmechanizmusok következnek.

b.) A KKV szektorban igen kicsi a technológiailag intenzív és potenciálisan nemzetközi, piacérett vállalkozások száma (korábbi felvételeink szerint – ha az 1-2 személyes

mikrovállalkozásokat kivesszük ebből a kategóriából, legfeljebb néhány száz ilyen vállalkozásról lehet országos szinten igazán szó). Ha számuk a közeljövőben megduplázódna, sem érné el valószínűleg az ezret. Ekkora szervezeti piacra pedig nem lehet nagyon specializált közvetítőszervezeti hálókat rátelepíteni. Ha figyelembe vesszük az ágazati és területi különbségeket, amelyek tovább fragmentálják a felhasználást, valószínűleg funkcionális szolgáltatási együtteseket lehetne leginkább itt működtetni (a falusi teleházak vagy a vidéki szolgáltatóközpontok távoli analógiájaként – de integráltan elérhető információs rendszerekkel). Ez alapötletként megjelenhetne a törvénytervezetben.

c.) A magyar közvetítőrendszer azonban segíthetne a hazai K+F bázis problémamegoldókénti, tanácsadói megjelenésében a kelet-európai „transzformációs” piacokon. A magyarországi rendszerváltás tapasztalatai – gazdaságiak, technológiaiak, társadalmiak – egy tulajdonképpen megszenvedett, de igen sikeres folyamatot követően, vagy akár még annak záró szakaszában is – érdeklődésre tarthatnak számot a környező, az átalakulási folyamatokban még korábbi szakaszoknál tartó balkáni, FÁK, de részterületeken akár közép-európai országokban is. Amelyekben vannak tudástranszfer mechanizmusok, segélyprogramok, amelyeket azonban a nyugati donorok működtetnek, s amelyek természetesen nem közvetítik azokat a befogadó számára kulturálisan érthető, közeli, megszenvedett tapasztalatokat, amelyekre tőlünk vagy más „visegrádi” országokból az ottani közigazgatás, de nem ritkán a versenyszféra is vevő lenne. S tudjuk, hogy az így létrejövő kapcsolatok a következő években felértékelődnek. Ha itt azonban nem jelennek meg magyar források – és talán közvetítőszervezetek – a meglévő kinti mechanizmusok mintájára, nagyobb volumenben ez az érdeklődés aligha realizá-

lódhat. A sikeres „visegrádi modell” még egy rövid ideig hazai exporttermék, és jövőbeli, innen kiinduló közvetítői versenypozíciókat erősíthet. Ha azonban most nem lépünk, legtermészetesebb közvetlen környékbeli kapcsolódási pontjainkról is kizoríthatnak bennünket a nyugat-európai tudástranszfer mechanizmusok, intézmények.

### *Regionális összefüggések*

Az utolsó tizenöt év nemzetközi kutatáspolitikai irodalmának egyik nagy slágere a regionális innovációs rendszerek, pontosabban az innovációs folyamatok regionális környezetének kérdése. E vonatkozásban az innovációs törvény is felvethetné az állam regionális szerepvállalásának kérdéseit. Az EU-támogatások regionális terítését 2006-ig még mindenképpen Budapest végzi. Lehet, hogy az EU továbbiakban is egyetlen régióként kezeli Magyarországot, de ha mégsem, az integrációs innovációs forrásokat mégiscsak valamilyen regionális szinten kellene megszerezni. Az erre alkalmas struktúrák maguktól – az egyébként is, önmagukkal is bizonytalan új regionális szinteken – nem épülnek ki. Azokat az országos műszaki politika – akár mekkora is lesz vagy lenne a helyiek nyitottsága ezen a területen – a következő 3-4 évben csak igen nagy erőfeszítéssel hozhatja létre, építheti ki. Tekintettel a feladat nagyságára és a központi műszaki politika számára valószínűsíthetően rendelkezésre álló szervezeti és intellektuális forrásokra, ez a profil az új struktúrák egyik kiemelt munkaterületévé válhatna. Feltehetően itt az állami K+F politika szintjén két feladat rajzolódik elsősorban ki:

a.) Valamilyen innovációs *cluster* felépítése mint kiemelt program: a hagyományos ipari zónákban ez lehet Székesfehérvárott vagy Győrött, esetleg egy biológiai-agrár-clusterben, mondjuk a Dél-Alföldön. Egy ilyen program a helyi és kapcsolódó nemzetközi források mozgósítása mellett igen átfogó, elsősorban nem forrásbiztosításra összpontosító, hanem igen komplex állami jelenlétet illetve a projekt erőteljes alakítását is feltételezné.

b.) A Budapest és agglomerációja kutatási rendszerének (az ország egyetlen nemzetközi mértékkel is jelentős kutatási potenciáljának) regionális kezelése. Egy ilyen program részét képezhetné Budapest regionális központtá növelési komplex programjának is. A program kétségtelen attraktivitását és aktualitását azonban csökkenti, hogy ahhoz a budapesti városvezetés és a kutatóközösség maximális részvétele is szükséges lenne. A retorikán kívül a városvezetést azonban ez a problematika egyfelől komolyabban nem érdekli; a megkérdéztet, s mintegy 70 %ban a budapesti térségben működő kutatási elitnek pedig ez a helyzet annyira természetes, hogy magát egyszerűen nem tekinti valamilyen régió részének, s így regionális politikai környezetben sem igen tudja magát elképzelni. Pedig egy Budapesti Tudástermelő Térség nagyszabású felépítése (pontosabban abba való beillesztése) és nemzetközi forgalmazása a következő évek innovációs politikájának egyik központi eleme lehetne.

---

*Kulcsszavak: kutatáspolitikai, K+F rendszer, európai projektek, vezetői interjúk*

### **IRODALOM**

Binswanger, Hans P. – Ruttan, Vernon W. (1978): *Induced Innovation: Technology, Institutions, and Development*. John Hopkins Univ. Press, Baltimore  
 Calvert, Jane – Patel, Pari (2002): *University: Industry Research Collaborations in the UK*. SPRU, September 2002, Brighton

Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching (2001): *The Carnegie Classification of Institutions of Higher Education: 2000 Ed.* Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching, Princeton  
 Ehrenberg, Ronald G. (2003): *Studying Ourselves: The Academic Labor Market*. *Journal of Labor Economics*. 21, 4, 267-289.

Ehrenberg, Ronald – Rizzo, J. Michael – Jakubson, H. George (2003): Who Bears the Growing Cost of Science at Universities? National Bureau of Economic Research, Working Paper No. W9627. Ápril 2003. Cambridge, MA

Hicks, John (1932): The Theory of Wages. London, Macmillan, 1932

Jaffe, Adam B. – Newell, Richard G. – Stavins, Robert N. (2003): Technology Policy for Energy and the Environment. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, Innovation Policy and the Economy Meeting, April 15, 2003

Nelson, Richard – Winter, Sidney (1982): An Evolutionary Theory of Economic Change. Harvard University Press, Cambridge, MA

Poltermann, Andreas – Kahler, Andreas (2002): „UniRegio Berlin-Brandenburg”. Perspektiven einer Wissenschaftsregion. Heinrich-Boll Stiftung, Berlin ([www.hochschuldebatten.de](http://www.hochschuldebatten.de))

Thursby, Jerry G. – Thursby, Marie C. (2000): Who is Selling the Ivory Tower? Sources of Growth in University Licensing? National Bureau of Economic Research, Working Paper No. W7718. May 2000, Cambridge, MA

---

## A SZAKNYELVEKRŐL

A Magyar Szakírók Szövetsége *A szaknyelvek helyzete 2003-ban, a legsürgősebb teendők* címmel rendezte első nagygyűlését a Magyar Tudományos Akadémián 2003. április 5-én. A Nagygyűlés célja, a címből adódóan, az volt, hogy – a teljesség igénye nélkül – felmérést végezzünk a szaknyelvek mai helyzetéről, szakavatottaktól kapjunk tájékoztatást a szaknyelvekről általában és az egyes szaknyelvek gondjairól külön-külön is. A rangos előadók igényes előadásai részletekben is elemezték a szaknyelvek nehézségeit és a teendőket. Ez olyan hatalmas tudásanyag, amelyet összefoglalni még érintőlegesen sem lehet. Nagy öröm, hogy az előadásokat teljes terjedelemben megjelenteti a *Magyar Nyelvőr*.

*Bősze Péter*

a Magyar Szakírók Szövetségének főtítkára, a nagygyűlés szervezője

---

## SZELÉNYI IVÁNT DÍSZDOKTORÁVÁ AVATTA AZ ERLANGEN-NÜRNBERGI FRIEDRICH-ALEXANDER EGYETEM

A díszdoktorrá avatásra 2003. június 18-án került sor. A laudációt a magyar származású Dr. Henrik Kreutz professzor, nürnbergi szociológus tanszékvezető mondta. Az ünnepi előadást Szelényi Iván, a UCLA emeritált és a Yale Egyetem aktív professzora *Változatok a poszt-kommunista kapitalizmusra és az általa létrehozott szegénység specifikus formái* címen tartotta meg. Augusztus 4-én szűk baráti körben idehaza is köszöntöttük Ivánt. Szociológiai teljesítményének „utó-laudációkénti” elemzését a hálás tanítványok nevében Szalai Erzsébet, a régi kollegák részéről Lőcsei Pál, Losonczy Ágnes, Nemes Ferenc, Rozgonyi Tamás, Kárpáti Zoltán és mások üdvözlétének átadásával Varga Károly tartotta. Az avatás indokai illetve a laudációk témái magukban foglalták Szelényi Ivánnak a kelet- és közép-európai rendszer-változás mint társadalomtörténetileg új jelenség szociológiatudományi feldolgozásának eredetiségét, illetve a „neo-klasszikus szociológiának” elnevezett iskola megalapításának a nemzetközi szociológia „fő árama” alakításában betöltött szerepét. (V. K.)

---

## Tudós fórum

Az MTA főttkára szeptemberben az alábbi elektronikus levelet intézte az MTA tagjaihoz és doktoraihoz:

### **MÉLYEN TISZTELT AKADÉMIKUS ÚR/HÖLGY!**

Örömmel tájékoztatjuk, hogy a novemberben Budapesten tartandó WORLD SCIENCE FORUM előkészületei a nyári hónapokban is folytatódtak. Eddigi figyelmét, együttműködését megköszönve, most különösen értékes hozzájárulásra szeretnénk Önt kérni.

Már megnyílt a novemberi rendezvényt megelőző nemzetközi elektronikus véleményváltások internetes fóruma ([www.sciforum.hu](http://www.sciforum.hu)). Nagyon fontosnak tartanánk, ha a magyar kutatói közösség képviselői is hallatnák hangjukat az elővitában. Ön mint a tudomány és a társadalom *interface*-ében tevékenykedő kutató bizonyára értékes és tudományszakjára nézve különösen releváns téziseket tud közreadni a novemberi rendezvény főtémájára vonatkozóan, amely

*a tudás, a szaktudományos ismeretek  
társadalmi/gazdasági összefüggéseit érinti.*

Akadémiánk mint a WORLD SCIENCE FORUM szervezője ezért tisztelettel arra kéri Önt, hogy idevágó gondolatait, konkrét szakterületét érintő tapasztalatait – az internetes kommunikáció sajátosságaihoz igazodva – legfeljebb 15 sorban, akár magyarul, akár angolul, akár mindkét nyelven a WORLD SCIENCE FORUM Nemzetközi Sajtótitkárságára eljuttatni szíveskedjék ([sciforum@office.mta.hu](mailto:sciforum@office.mta.hu)). Egyben előzetes hozzájárulását kérjük ahhoz, hogy téziseit (a megfelelő hivatkozásokkal és autorizálással) nemzetközi sajtómunkánkban is felhasználhassuk.

Köszönjük, hogy szakmai hozzájárulásával is megtisztelti a WSF nemzeti ügyét!

Tisztelettel:

*Kroó Norbert*

az MTA főttkára,  
a WSF Szervezőbizottságának elnöke

# A MAGYAR DOKTORI ISKOLÁK HELYZETE ÉS JÖVŐJE

Róna-Tas András

az MTA rendes tagja, a MAB Doktori Bizottságának elnöke – aronatas2@axelero.hu

## *Egy dokumentum*

A Magyar Akkreditációs Bizottság (MAB) 2003. júniusi plenáris ülésén egy több mint ötvenoldalas, számos melléklettel ellátott dokumentumot fogadott el. A több hónapos munka eredményeként született dokumentum átfogó képet ad a magyar doktori képzés helyzetéről, jövőjéről. A különböző, egyre bővülő változatokat minden érintettel többször is megvitattuk. A teljes szöveg, amely nyilvános és a MAB honlapján ([www.mab.hu](http://www.mab.hu)) mindenki számára hozzáférhető, minden lényeges kérdésben konszenzust tükröz. Azokban az esetekben, amelyekben nem sikerült egyetértést létrehozni, a szöveg magától az eltérő nézetekre. Azért tartom szükségesnek ezt a bevezetőben megemlíteni, mert a nyilvánosság és a konszenzus létrehozása a demokratikus társadalom működésének alapfeltétele. Hogy ez ilyen nagy mértékben sikerült, az minden érintett és résztvevő közös érdeme, ezért szeretnék e helyütt is mindenkinek, intézmények és nevek felsorolása nélkül, őszinte köszönetet mondani.

A dokumentum hét nagy fejezetből áll. A bevezető a magyar doktori iskolák kialakulását mutatja be, elhelyezi őket a magyar oktatás és kutatás rendszerében. Külön szól a művészeti és teológiai doktori iskolákról, amelyek helyzete igen speciális. A következő négy fejezet a nemzetközi gyakorlatban régóta elfogadott SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) elemzés rendszerét követi. A hatodik fejezet a teen-

dőket elemzi, mégpedig a doktori képzés közvetlen és közvetett szereplői szerinti bontásban. Végül a hetedik fejezet a magyar doktori iskolák jövőjét vázolja fel.

## *Rövid történet*

Már 1991-ben nyilvánvalóvá vált, hogy a doktori képzést és a doktori diplomák kiadását vissza kell adni az egyetemeknek. Az Európai Egyetemek Konferenciája (CRE) csak olyan egyetemeket vett fel tagjai közé, amelyeknek doktoráltatási joguk is volt. Már akkor világos volt, hogy ha Európában képzeljük el jövőnket, akkor vissza kell térnünk Magyarországon is ehhez az ősi egyetemi joghoz. Szükség volt erre azért is, mert veszélybe került a magyar tudományos fokozat nemzetközi elfogadhatósága. A „kandidat nauk” nemzetközileg nem volt kompatibilis. Így például a 70-es években egyes nyugatnémet egyetemek a kandidátusi fokozatot a német promócióval, mások a habilitációval tekintették egyenértékűnek. Másfelől világos volt, hogy a kandidátusi fokozat egy más életpálya és egy másik cél teljesülését jelentette. Míg a doktori fokozat az egyetemen elérhető legmagasabb és egyben az országunkban egyetlen tudományos fokozat, amely azt tanúsítja, hogy tulajdonosa alkalmas a magas szintű tudományos munkára, addig a kandidátusi fokozat egy hosszabb tudományos munkával elérhető állomás volt, „fehér tógás jelöltség” a tudósi pályán, az akadémiai tagság felé vezető lépcsők legal-

sóbbika. Míg a kandidátusi fokozatot a jelöltek általában életük negyvenes éveinek derekán érték el, a doktori fokozat elnyerése mindenütt a világon a jelölt húszas éveinek végén történik. Azt kell tehát mondanunk, hogy az egyetemi doktori fokozat nem a kandidátusi helyébe lépett, hanem az utóbbi megszűnésével egy időben egy új rendszerre való áttérést jelzett.

Félő volt azonban, hogy a doktoráltatási jog visszakerülése az egyetemekre jelentős minőségi romlással jár. Ezért a Magyar Rektori Konferencia már 1991-ben szorgalmazta, hogy a doktoráltatási jog valamilyen formában minőségi kritériumokhoz legyen kötve. A megoldás és ezzel együtt a magyar akkreditációs rendszer születése valójában egy alku eredménye volt. A magyar felsőoktatás katasztrofális anyagi helyzete ellenére a pénzügyi kormányzat nem kívánt külön forrásokkal a felsőoktatási intézmények segítségére sietni. Mégpedig azért nem, mert a felaprózott és rosszul, nem hatékonyan működő intézmények magas szellemi teljesítményük ellenére inkább „pénznyelő gépek” módjára viselkedtek. Ugyanakkor az akkori pénzügyminiszter, Kupa Mihály, azt az álláspontot képviselte, hogy ha sikerül egy olyan programot felmutatni, amely egyfelől új feladatot jelent, másfelől minőségi garanciákkal jár, akkor nyitott a többletfinanszírozásra. Ezt a javaslatot alapul véve dolgoztuk ki a doktori programok ideiglenes akkreditációját. A tervet a kormány elfogadta, és Ideiglenes Országos Akkreditációs Bizottság (IOAB) néven 1992-ben megalakult a MAB elődje, egyelőre mint pályázati bizottság. A kormány pedig az 1993-as költségvetésben 314 millió forint többletforrást biztosított a program megvalósításához.

A nem könnyű megalakulás idejére visszatekintve azt kell mondanom, hogy a sikert több tényező együttes megléte biztosította. Mindenekelőtt sikerült egy, a tudományok különböző ágait magas szinten re-

prezentáló személyekből álló testületet létrehozni az érintett szakmák és intézmények (egyetemek, Akadémia) teljes konszenzusaival. Sikerült az intézményt a politikai küzdőtérrel távol tartani. A felsőoktatási törvény 1993. július 13-i ülésnapján véglegesen elfogadott felsőoktatási törvénynek a magyar akkreditációs rendszerről szóló két szakaszát az akkori parlament mindkét oldala, kormánypárti és ellenzéki képviselők egyhangúlag szavazták meg. Sikerült az akkreditációs testület függetlenségét jogilag is biztosítani. Végül, de nem utolsósorban a magyar társadalom vezető tudósai belátták, ha nem is mindenki és nem is azonnal, hogy az ő érdekük is egy, a minőséget tanúsító független szervezet működése.

Az IOAK az első körben a beadott pályázatoknak csak 35 %-át fogadta el. Ez csak részben volt a pályázatok színvonalának következménye, oka volt ennek másrészt az intézmény újdonsága, a pályázatban való gyakorlatlanság és régi beidegződések. Mire 1994 elején megalakult a végleges Országos Akkreditációs Bizottság (OAB), az IOAB-tól több mint kétszáz A típusú (önálló) és B típusú doktori programot vett át és fogadott el véglegesen.

1993-ban tehát ideiglenesen, majd 1994-től végleges akkreditációval megindulhatott az új típusú magyar doktori képzés.

2000-re a doktori programok száma hat-száz fölé emelkedett. Ezek ugyan a formai követelményeknek megfelelték, de létrejöttüket sokszor személyes érdek, presztízs és nem tudományos szempontok vezérelték. Ez a tény is szerepelt azon okok között, amelyek miatt a felsőoktatási törvény módosítása 2000-ben előírta, hogy a doktori programok doktori iskolákba tömörüljenek. Egy kormányrendelet előírása szerint egyetemnek egy tudományágban csak egy doktori iskolája lehetett. Ugyanakkor minden tudományágban lehetőség nyílt multidiszciplináris doktori iskolák létesítésére. Mivel az új

doktori iskolák akkreditációjára a törvény nem biztosított megfelelő időt, a MAB előbb csak ideiglenesen, majd 2002. június végére véglegesen akkreditálta az egyetemek száznegyvenöt doktori iskoláját. Azóta újabb iskolák is létesültek, és ma a magyar doktori iskolák száma meghaladja a százötvenet is.

A 2000/2001-es tanévben a doktori iskolákba beiratkozott összes nappali hallgató létszáma 4548 volt, ebből állami ösztöndíjat kapott 2480 hallgató. A törvény nem zárja ki a levelező hallgatói formát, és természetesen lehetőséget nyújt, hogy valaki a doktori iskolán kívüli felkészüléssel és disszertációval nyerje el a doktori fokozatot. Az iskolán kívül felkészülők közül sokan jártak be a rendszeres PhD-oktatásra, míg a felvettek közül nem kevesen végül is nem jutottak el a harmadik év végéig sem. Mindezeket figyelembe véve, a különböző oktatási formákban egy időben részt vevő doktoranduszok száma becslések szerint meghaladta az évi hétézetet. A 2000/2001-es tanévben összesen 721 hallgató szerzett fokozatot. Ez annyit jelent, hogy az összes nappali beiratkozott hallgatóra jutó sikeres védések száma a nappali hallgatók közel 16 %-a, a becsült teljes hallgatói létszámnak pedig alig több mint 10 %-a. Érthető módon mind a szám, mind az arány lassan emelkedő tendenciát mutat.

#### *A magyar doktori iskolák helyzete*

*A magyar doktori iskolák erősségei* között kell felsorolnunk a magyar tudósképzés nagy hagyományait, a nemzetközi színvonalú oktatói gárdát, a szellemi háttér koncentrációjából adódó előnyöket, a fokozott lehetőséget a multidiszciplinaritásra, az egyes doktori programok és iskolák közti átjárhatóság lehetőségét, az aktív részvételt a nemzetközi pályázatokban és az ösztöndíjakban, tanárcecékben, az oktatók kiterjedt nemzetközi kapcsolatrendszerét, a jó graduális alapozást, az iskolarendszerű oktatás és az egyéni, tutorális vezetés összhangját, a tudományos

kutatás és az oktatás szoros kapcsolatát. A MAB tanulmány részletesen elemzi ezeket az erősségeket, ugyanakkor felhívja a figyelmet, hogy ezek a pozitívumok természetesen nem egyenletesen oszlanak el, nem mindegyik erősség van minden iskolában jelen.

Mivel a tanulmány célja elsősorban a magyar doktori képzés minőségének elemzése és a jelenlegi helyzet javítása volt, ezért sokkal részletesebben foglalkozik a *magyar doktori képzés gyengeségeivel*. A vita elején ezt többen szóvá tették, de általában egyetértés mutatkozott a gyenge pontok megítélésében akkor is, ha emberileg talán érthető módon, néhányan úgy gondolták, a gyengeségek az ő iskolájukra nem jellemzőek. S valóban, számos gyenge pont a doktori iskolák kis csoportjainál található csak meg. A tanulmány csak a konkrét vizsgálat alapján általánosítható jelenségeket emelte ki, ugyanakkor nem nevezett meg egy-egy konkrét iskolát, és természetesen nem állítja, hogy a negatív jelenségek mindenütt jelentkeznek.

Az alábbiakban a doktori iskolák gyengeségei közül csak néhányat emelek ki. Az iskolák többsége korábban már akkreditált programok egyesülése révén jött létre. *A programok együttműködése* azonban még sok helyen akadozik. Megjelentek új programok is, ezek egy része kitűnően illeszkedik be az iskola közös programjába, de nem kevés olyan van, ahol az új program gyenge színvonalú, létrejötté inkább köszönhető a kar vagy egyetem személyi viszonyainak, mint tudományos szükségleteknek vagy magas színvonalú tevékenységnek. Ez összefügg egy másik gonddal: a vezetés sok esetben erélytelen, nem meri felvállalni az alkalmatlanok elhárítását, azoknak kizárását, akik nem bizonyítottak. Igen kezdetleges az önértékelések színvonala. Nagy valószínűséggel ennek részben a MAB is oka, talán nem adott kellő segítséget az önértékelések

elkészítéséhez. De alapjában véve az önértékelések nem kis részében hiányzik a saját problémák feltárására való hajlandóság – talán attól való félelem miatt, hogy a gyenge pontok felmutatása árthat az intézmény, a doktori iskola presztízsének. Az önértékelések több esetben nem tudták elválasztani a külső, a doktori iskolától független korlátozottságot a belső, saját gyengeségből adódó gondoktól. Pedig a minőség biztosítása és fejlesztése csak ott lehetséges, ahol az érintettek maguk is tisztában vannak gyenge pontjaikkal és azok okaival. Azokat nem elfedni, hanem javítani akarják.

A vizsgálat és a viták során egyértelművé váltak a magyar *habilitációs rendszer gyengeségei*. Egyesek a vita során azt hangoztatták, hogy a habilitáció az oktatási képesség megmérésére kell hogy szolgáljon, mások úgy gondolták, hogy a habilitáció az oktatási és tudományos teljesítmény mérése ugyan, de az egyetem igénye a döntő és nem valamilyen külső szempontrendszer. Egyetértés volt ugyanakkor abban, hogy a habilitáció színvonala, ritka kivételektől eltekintve, fokozatosan süllyed, s hogy ezen a helyzeten valamilyen formában változtatni kell. A habilitáció kérdésében még további egyeztetésre lesz szükség az egyetemek, az Akadémia és a jogalkotásért is felelős Oktatási Minisztérium vezetői között. Egy területen azonban egyetértés látszik kibontakozni: a Magyar Köztársaságban csak egy tudományos mérce képzelhető el, olyan, amely egyre inkább közelít az európai, a nemzetközi mércehez, lehetőség szerint azzal azonos. A tudományos teljesítmény – megengedjük – bonyolult értékelése nem térhet el egyetemeinken és az Akadémián. Ezzel kapcsolatos az a vita, amely arról folyik, hogy a habilitációhoz, illetve az egyetemi tanári kinevezéshez kell-e az *Akadémia doktora* cím.

A MAB álláspontja a kezdetektől az volt, hogy itt a mérhető és megítélhető tudományos teljesítmény és nem a papír a döntő.

Ugyanakkor a testület úgy látta, hogy az *akadémiai doktori cím* odaítélésekor az Akadémiának egyelőre, kisebb kivételektől eltekintve, sikerült a cím odaítélésének tudományos feltételrendszerét kialakítania, és mind országosan, mind nemzetközileg elfogadtatnia és betartatnia. Ezért az akadémiai doktori fokozat, majd újabban a doktori cím meglétét úgy tekintette, mint egy már bizonyított teljesítmény elismerését. A doktori iskolák akkreditációja esetében ezért csak két dolgot vizsgált. Az akadémiai doktorok abból a tudományágból szereztek-e meg az akadémia doktora fokozatot (régebben), vagy abból a tudományágból írták disszertációjukat (újabbban) a doktori címért, amelyből a doktori iskolában vezető oktatói szerepet vállalnak. Másrészt azokban az esetekben, amikor a doktori fokozat megszerzése igen régen történt, hogyan alakult az illető tudományos teljesítménye a közelmúlt időben.

Míg a doktori iskolák jogi és akkreditációs környezete támogatja a *multidiszciplináris kutatásokat* és témákat, hiba lenne elhallgatni, hogy a valódi multidiszciplinaritás mellett nem kevés esetben jelentek meg olyan multidiszciplináris iskolák is, amelyeket nem a közös téma, hanem az önálló doktori iskolák alapítására való elégtelenség hozott össze. A MAB ezekben az esetekben, ha a minimális feltételek megvoltak, a támogatás és figyelem politikáját folytatta. A testület ugyanis úgy gondolta, hogy a lehetőséget széles körben kell biztosítani, de az azzal visszaélőket időben előbb figyelmeztetni kell, majd ha ez nem bizonyul eredményesnek, akkor szigorúbb eszközökkel a minőség megvalósítására kell szorítani vagy akár meg is szüntetni.

Bár a doktori iskolák oktatói kara az ország legkiválóbb kutatói és tanárai közül kerülnek ki, a tanulmány rámutatott az *oktatói kar gyengeségeire is*. A problémák első csoportja azzal függ össze, hogy az egyetemeken nem rendelkeznek minden tudományágban elegendő számú, magasan kvalifikált oktatóval.

A szabályok szerint legalább hét minősített oktatóra van szükség egy doktori iskola alapításához. Ezek közül háromnak kell rendelkeznie a tudományok doktora fokozattal vagy címmel, s e háromból legalább kettőnek az egyetemmel teljesidejű foglalkoztatottsági viszonyban kell lennie. Ez annyit jelent, hogy a százötven doktori iskolának ezerötven „alapító” minősített oktatója kell hogy legyen. Az Akadémia köztestületének jelenleg több mint 11 ezer minősített tagja van, tehát az országban tízszer annyi tudományosan minősített van, mint amennyire a minimális feltételrendszer szerint a doktori iskolákban minimálisan szükség lenne.

*A minősítettek korfája igen rossz.* Álljon itt csak egyetlen adat: 2002-ben az akkor működő 145 doktori iskola vezetői közül negyvenegyen születtek 1939-ben vagy korábban. A doktori iskolákban való oktatás nincs korhatárhoz kötve, kiváló tudósaink életük végéig oktathatnak a doktori iskolákban, sőt a három „alapító” nagydoktor közül egy lehet hetven év feletti. Ugyanakkor a doktori iskola vezetője, hallgatólagosan átlépve a törvény által előírt hatvanöt éves korhatárt, az engedélyezéskor nem lehetett hatvanhét évnél idősebb, tehát legalább egy oktatósi ciklusig még az egyetem teljes munkaidőben foglalkoztatott egyetemi tanára. Ez pedig azt jelenti, hogy az elkövetkező három évben a magyar doktori iskolák közel 30 %-ában vezetőváltásra lesz szükség.

*Az oktatói karnak is igen rossz a korfája,* a középső generáció alacsony képvisellete komoly gondokat okoz az egyetemeknek és a doktori iskoláknak. Ugyanakkor a minősítettek szakmai megoszlása sem követi a doktori képzés igényeit. E gondokon egyes egyetemek kétféle módon próbáltak segíteni. Egyrészt olyan személyeket szerepeltettek, akiknek szakmai színvonala ugyan jó volt, de aktív részvételük az oktatásban erősen problematikus. Bár a „papír” ezt mutatja, valójában az oktatásban nincsenek jelen,

„holt lelkek”. A másik típus „intercityoktatók” alkalmazása, egyes személyek több helyen bukkannak fel. A MAB a nyilvánvaló esetekben határozottan fellépett, de itt is a segítség és figyelem politikáját kívánja megvalósítani. Sok esetben ugyanis ez az indulás nehézségeit tükrözi. Az egyetem vezetői tisztában vannak avval, hogy záros határidőn belül ezen változtatniuk kell a minőség érdekében is. Amennyiben azonban ez nem következik be, a MAB intézkedni fog. A probléma azonban ennél tágabb. A magyar tudományos utánpótlás fejlesztése az ország, a tudás alapú társadalom és európai jó szereplésünk elengedhetetlen előfeltétele.

S itt rögtön szembesülünk a *hallgatókkal kapcsolatos problémákkal*. Bár vannak törekvések a doktorandusz hallgatók létszámának emelésére, nagyjából egyetértés alakult ki abban, hogy nem a hallgatók létszámát, hanem az ösztöndíjas helyek számát kell emelni. Ebben még a vitában igen aktív részt vállalt Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ) is egyetértett. Az a benyomás alakult ki ugyanis, hogy különböző formákban a doktorátusra készülő hallgatói létszám további emelése a színvonal csökkenéséhez vezetne. Ez természetesen országos és általános helyzet, elképzelhető, hogy egyes tudományágakban a hallgatók legjobbjai közül néhányan nem kerülnek be a doktori képzésbe, de nem ez a helyzet a jellemző. Sokkal inkább azt találtuk, hogy számos, kiemelkedően tehetséges diák nem a doktori iskolát, hanem jóval magasabb jövedelmet ígérő pályát választ.

Ugyanakkor fel kellett figyelniünk a doktorandusz *hallgatók igen magas lemorzsolódási arányára*. Itt a doktori iskolák két teljesen eltérő utat választottak. Egyes iskolák, egyébként sok esetben megengedhetetlen arányban, igen sok hallgatót vettek fel, akik nagy része természetesen önköltséges. De a színvonalat általában tartván ezek töredéke jut el az abszolutóriumhoz, s még keveseb-

ben a fokozathoz. Más iskolák csak a legjobbakat veszik fel, s közülük igen sokan jutottak már el a fokozathoz, s várhatóan még többen fognak. Elfogadva azt, hogy a minőség szempontjából a nagyobb mennyiségből történő szűrésnek lehetnek előnyei is, a MAB az első típusú esetben mégis komoly veszélyeket lát. Egyrészt világos, hogy a kirívóan magas létszámnak anyagi okai vannak, másrészt nyilvánvaló, hogy az oktatók nem tudnak érdemben ennyi hallgatóval körültekintően foglalkozni. Éppen az kerül veszélybe, amit céloz, a legjobbak kiválasztása.

A hallgatókkal kapcsolatos gondok közül kiemelném a *doktoranduszok terhelését*. A MAB egyetértett azzal, hogy a hallgatók vegyenek részt az oktatásban, hiszen tanítva is tanulunk, de néhány helyen az ezzel való gondos gazdálkodás helyett a visszaélés jeleit tapasztaltuk. Az oktatóknak e területen kiszolgáltató hallgatók sok helyen kétségbe vonták egy felmérés adatát, miszerint a hallgatóknak csak 10 %-a oktat heti négy óránál többet. A többi szerintük egyszerűen rejtve marad. Vizsgálni kell azt is, hogy az oktatott tárgy tematikája mennyire kapcsolódik a hallgató doktori témájához. Pozitív tapasztalat ugyanakkor, hogy a doktoranduszok aktívan részt vesznek a pályázatok előkészítésében és a szakhoz tartozó informatikai tevékenységben, ami, ha jelentős időráfordítást igényel is, jó befektetés a magyar tudomány jövőbeli versenyképességébe.

Bár a doktori fokozat elnyeréséhez két nyelv valamilyen fokú ismerete szükséges, a vizsgálat arra mutat rá, hogy a doktorandusz *hallgatók nyelvismerete* területén még igen sok a tennivaló. A formai követelmények (egy középfokú és egy alpfokú nyelvvizsga) természetesen teljesülnek, de ezek szintje nem mindig elegendő. Aggályos a nemzetközi tudományos közéletben való részvételre való nyelvi felkészítés színvonala. A társadalomtudományokban a hallgatók kétharmadának van legalább egy felsőfokú

nyelvvizsgálója, a többi tudományterületeken ez csak egyharmad. Azonban a papírral igazolt nyelvi készségek és a tényleges szükségleteknek megfelelő ismeretek között is sok esetben jelentős távolság van. Ezen mindenekelőtt a külföldi részképzés segíthet.

Igen egyenetlenek a *doktori fokozathoz megkövetelt teljesítmények*. A doktori fokozat elnyerésének feltételeként többek között általában három-öt publikációt írnak elő az egyetemi, kari és doktori iskolai szabályok. A legsúlyosabb gondokat azonban nem is a számszerűség, hanem a minőség területén találtuk. Több tudományágban a doktori iskolák vezetői eddig még nem tudtak megállapodni abban, hogy mely nemzetközi reputációjú és referált folyóiratban történt publikációt fogadják el a doktori fokozat követelményének teljesítéséhez. A következő oktatási év egyik fő feladata lesz ezeknek a listáknak összeállítása és elfogadása. Különösen a társadalom- és humán tudományokban igen sok az alkalmi kötetekben történt publikáció, például a tanárok évfordulóira írt ünnepi kötetekben, ahol nem minden esetben ügyelnek a publikáció újdonságára, színvonalára. A kérdés természetesen nem az, hogy ilyenekre szükség van-e (ez lehet egy másik vizsgálat tárgya), hanem hogy az ide írt cikkeknek milyen a színvonala. Sok gond van az idegen nyelvű publikációk körül is.

A vita során többen felvetették, hogy *a három év általában kevés* a doktori fokozat megszerzéséhez. Ebben egyetértés van, de a tanulmány kimondja: „Nincs szükség a hároméves doktori tanulmányi idő meghosszabbítására. A legjobbak számára predoktori ösztöndíjat kell biztosítani.” Bár a predoktori ösztöndíj kérdésében egyetértés van, vitatott az ösztöndíj odaítélésének, illetve finanszírozásának módja. Ebben az ügyben az illetékeseknek összefolytatniuk kell az egyeztetést.

Nincs mindenütt minden rendben a *vizsgák* körül. A vizsgák természetesen nyilvánosak, mégis ritkán tapasztaltuk, hogy a más

egyetemeken azonos tudományágban tanuló doktoranduszok elmennének egymás védésére. Nem is annyira az információ vagy az idő hiánya a fő ok, mint inkább az, hogy vezetőik nem követelik meg tanítványaiktól, hogy elmenjenek. A vizsgákkal, védésekkel kapcsolatos másik gondra több hozzászóló is felhívta a figyelmet. Fenyeget a belterjesség, annak ellenére is, hogy a vizsgabizottságba a szabályok szerint meghívunk külső tagot. Többen felvetették az angliai független vizsgabiztosi rendszer magyarországi bevezetésének kérdését.

A doktori iskolák *minőségbiztosítási rendszere* kialakulóban van. Az ideális állapot természetesen egy jól működő minőségbiztosító rendszer lenne, amelyet a MAB részletes ellenőrzés helyett csak kívülről ellenőriz és hitelesít. Jelenleg ennek alapjait fektetik le az egyetemek, s az ideális állapothoz még hosszú út vezet.

#### *A lehetőségek*

A lehetőségek közül a tanulmány kiemeli a valódi *multidiszciplinaritás* lehetőségét. Nemcsak az egyes doktori iskolákon belül, hanem közöttük is megvalósítható a hallgatók sokoldalú oktatása, közös témák kutatása.

Nagyon fontosnak tartotta a tanulmány, hogy a szakmai oktatás mellett erősödjék az *általános műveltségi alapok* lefektetése is. Közös tudományfilozófiai kurzusok, logikai, etikai vagy kultúrtörténeti témák gazdagítják a doktorképzést, s ebben nagy lehetőségek nyílnak az új, doktori iskolai rendszerben.

Az egyes doktori iskolák új lehetőségeket nyitnak az egy-egy tudományágon belüli *együtműködésre*, még akkor is, ha a doktori iskolák között verseny alakul ki. Másfajta együtműködésre van lehetőség az egyetemen belül a különböző tudományágak között valamint nemzetközi területen is. A doktori képzés már az oktatásnak az a szintje, ahol a diák nemcsak a tanárától, hanem a másik diáktól is sokat tanulhat.

Szinte végtelen lehetőségek nyílnak az *új információs technikák* felhasználására. Ezek bevonása a doktorképzésbe folyamatosan történik, a doktori iskola, illetve az egyetem doktori iskoláinak együttese igen alkalmas keret ezek alkalmazására.

A közös pályázatokban való részvétellel a doktori iskolák alkalmasabbak, mint a felaprózott doktori programok voltak. Az iskolák részvételével megalakuló konzorciumok nagyobb eséllyel pályázhatnak mind az itthoni, mind a közös európai kutatástámogatásra.

#### *Veszélyek*

Nagy figyelmet szentelt a tanulmány a doktori képzést fenyegető veszélyeknek. A veszélyek, a képzést gátló tényezők között is első helyen állnak az anyagiak. A tanulmány megállapítja, hogy az utóbbi időben a doktori képzésre és az egy hallgatóra fordított *állami pénzeszközök reálértékben jelentősen csökkentek*. Ehhez járul, hogy a meglévő pénz hatékony elosztását is több szabály korlátozza vagy nehezíti. Néhány egyetemen megengedhetetlenül magas a központi elvonások aránya. Joggal hívták fel a vita során a figyelmet arra, hogy a harmadik forrás, vagyis a vállalati pénzek bevonása mindkét részről vontatottan halad. Ez érinti a doktori iskolák mögött álló kutatásokat is. Az anyagi keretek túlzott szűkösége nem teszi lehetővé a külföldiek érdemi bevonását a minőség megítélésébe, pedig erre a minőség objektív mérlegelése miatt is szükség lenne.

Mindezek elősegítik a *kontraszelekción*. A tanulmány leszögezi, hogy a doktori képzés akkor jó, ha a legjobbak tanítják a legjobbakat. Az anyagi feltételeknek még közép-európai viszonylatban is rossz aránya (a GDP-hez viszonyított alacsony támogatások) a legtehetségesebbek elvándorlását okozzák, s ez a trend az európai uniós tagságunkkal csak növekedni fog. Mindez komolyan veszélyezteti a doktori iskolák minőségét.

Veszélyezteti a minőséget a *mennyiségi szemlélet előtérbe kerülése* is. A megfelelő minimuma mérhető, de a kiválóságot nehezen vagy sehogyan sem lehet számszerűsíteni. A hallgatói létszámtól függő finanszírozás torzító hatású. A teljesítményeket természetesen mérni kell, mert valamilyen objektivitásra szükség van, de a kollégák, a *peerek* mérlegelését nem lehet figyelmen kívül hagyni.

Nehezíti az értékelést a *rövid és a hosszú távú érdekek ellentéte* is. Egy most doktori kurzusra beiratkozó hallgató négy-öt év múlva lép a tudás piacára. S olyan kutatásokban fog részt venni, amelyek akkor indulnak és további öt-tíz évre szólnak. A tegnapi és tegnapi piaci igények akkorra már régen megváltoztak. Ezért a piaci igényeket más-képpen kell felmérni és elemezni, ha a tudós-képzés kimenete szempontjából tesszük ezt, mint ha azt a mai igények szempontjából a szakképzés számára végezzük el.

Veszélyezteti a doktori képzések sikerességét az *egyre növekvő adminisztráció, a merev tudományági beosztás*. Tudjuk, a kutatás sok szempontból tudásiparrá vált. De ha az egyik invenció, a kiemelkedő tehetség, az innováció nem maradhat meg, s elnyomja az üzemszerűség, akkor veszélybe kerül a tudomány és különösen az utánpótlás sikeressége.

#### *A teendők*

A konkrét elemzés természetesen kirajzolja a konkrét teendők körvonalait is. A tanulmány részletesen elemzi, hogy mit kell az egyes szereplőknek tenniük. S a vita során ezekkel, legalábbis elvben, az érintettek egyet is értettek.

*A doktori iskolákon belül* is megvalósítható teendők közül megemlíteném a doktori iskola vezetőinek és vezető oktatóinak kiemelt anyag megbecsülését, az iskolák műhely jellegének, csoportmunkájának megerősítését, a hallgatók készségeinek fejlesztését, a hallgatók fokozottabb bevonását a

minőség biztosításába, a nyilvánosság és a nemzetközi kapcsolatok bővítését.

*A Magyar Akkreditációs Bizottságnak* egyszerűsítene kell eljárásait, csökkentenie kell a doktori iskolák adminisztrációs terheit. Ugyanakkor követnie kell a végleges akkreditáció során adott ajánlások sorsát, s ott, ahol ez szükséges, közbe kell avatkoznia. A következő tanévben az érintetteknek ki kell dolgozniuk a tudományágak követelményrendszerét. Ezt a MAB-nak segítenie kell. A MAB rendszeressé teszi a doktori iskolák ciklikus vizsgálatát, és elkezdti az azonos tudományághoz tartozó doktori iskolák országos értékelését, elsőknek a *történettudomány* és a *pszichológia* területén.

*A kormánynak* mindenekelőtt a doktori képzés finanszírozását, annak szintjét, eszközeit és jogrendszerét kell felülvizsgálnia és megfelelő intézkedéseket hoznia. Szükség lesz a doktori képzést érintő jogszabályok, valamint a tudományági beosztást előíró kormányrendeletek áttekintésére is. Alapjaitól kezdve újra kell gondolni a habilitáció kérdését, beleértve azt a javaslatot, hogy a habilitáció a végleges egyetemi kinevezés feltétele legyen, vagy akár az intézmény esetleges megszüntetését is. Összhangba kell hozni az egyetemek kutatási támogatását és a doktori képzés támogatását.

*A Magyar Tudományos Akadémia* Doktori Tanácsának és osztályainak, elnökségének egyfelől és a Magyar Akkreditációs Bizottságnak másfelől tudományáganként összhangba kell hozni a tudományos teljesítmény értékelésének rendszerét. E követelményrendszerek kidolgozásánál abból kell kiindulni, hogy Magyarországon csak egyfajta, egységes tudományos követelményrendszer létezhet. Az egységes követelményrendszert azonban differenciálni kell a célok (kutatók nevelésére való alkalmassága, kutatói alkalmasság, tudományos teljesítmény, kitüntetésre való előterjesztés, képvi-selectorre való alkalmasság, kompetencia elis-

merése), illetve szintek (PhD, habilitáció, állás, vezetői beosztás, akadémiai előmenetel, doktori cím, akadémiai tagság) és az egyes szakmák sajátosságainak figyelembevételével. Az Akadémiának jelentős szerepe van az egyetemen működő kutatócsoportok fejlesztésében, a kutatási pályázatok összehangolásában. Fontos teendők vannak a tudományos ösztöndíjrendszer továbbfejlesztésében és a tudományos utánpótlás hosszú távú tervezésében.

### *A magyar doktori iskolák jövője*

Összefoglalva a magyar doktori iskolák helyzetéről és a teendőiről szóló elemzést, megállapítható, hogy az elemzés fő és alapvető megállapításairól konszenzus született. Ha az egyetértést aktív és közös cselekvés követi, akkor a magyar doktori képzés számára egyedülálló kilátások nyílnak.

*A hallgatók* olyan környezetbe kerülnek, ahol elsajátíthatják a kritikus gondolkodás, az újítókészség és a közös munka eszközeit, ilyen irányú készségeiket európai szintre fejleszthetik. Olyan tudást sajátíthatnak el, amely szakmájukban a legkiválóbbak számára fenntartott úton indíthatja el őket. Olyan oklevelet fognak kapni, amely versenyképes lesz nemcsak a magyar, hanem az európai piacon is. Képessé fogja tenni őket arra, hogy tanáraik nyomába lépjenek, s megfelelő időben átvegyék a szakma és az oktatás irányítását.

A doktori iskolák megfelelő vezető személyiségek irányítása mellett valódi *tudományos műhelyként* fejlődnek, illetve ilyen műhelyekké válnak, ahol sikerül megvalósítani az oktatás, az utánpótlás nevelése és a kutatás egységét. Ezek a doktori műhelyek az egyetem elitjét koncentrálnak, teljesítményük meghatározó lesz mind a szakma, mind az egyetem jövője szempontjából. E doktori iskolák vonzóvá válnak nemcsak a saját egyetemről kikerülő diákság legjobbjai, hanem az ország, az európai és az Európán kívüli térségek fiataljai számára is.

A doktori iskolák között *munkamegosztás, együttműködés* és egészséges *verseny* fog kialakulni. A magyar doktori iskolák sok szempontból lépéselőnyben vannak az európai doktori iskolák rendszerében. Ezt is kihasználva hasznos együttműködés alakulhat ki részben munkamegosztási, részben közös oktatási és kutatási célból. Ennek előnyei beláthatók. Mindenekelőtt a hallgatók minél nagyobb számmal fognak más, európai egyetemeken részképzésben részesülni, oktatóink ott oktatni, de hallgatók fognak hozzánk jönni, professzorok nálunk oktatni. Mindennek egyik eredménye lehet, hogy a doktorandusz hallgatók más európai egyetemekkel közösen jegyzett diplomát kapnak. A tervek szerint ott, ahol több ország doktori iskolája ad ki egy közös diplomát, az már az Európai Unió által elismert *európai doktori diploma* lehet.

A doktori iskolák *minőségét* a szakmák, a tudományágak maguk fogják biztosítani, s cserébe a doktori iskolák biztosítják majd a szakmák, tudományágak minőségét. A MAB ebben fokozatosan egyre kisebb szerepet fog kapni. Elkerülhetetlen lesz ugyanakkor a doktori iskolák állandósuló nemzetközi megméréstetése.

A minőséget fogja biztosítani a *kiválósági helyek* (iskolák, programok) kialakuló rendszere. Ennek követelményrendszerét, pályázati eljárását a doktori iskolákkal együtt kell kidolgozni. A magyar kiválósági helyek azután bátran vehetnek részt az európai kiválósági helyek pályázatain.

A doktori iskolák *az egyetem büszkeségei*, az egyetemi azonosságtudat központi elemei lesznek, és értékükhöz anyagi következmények is kötődnek majd. Az egyetemek többet fognak áldozni a doktori iskolákra, onnan nem eszközöket fognak elvonni, hanem újakat fognak oda koncentrálni. Ha szükséges, külső források bevonásával is megteremtik a doktori iskolák oktatóinak anyagi elismeréséhez szükséges kereteket

és alapokat. Tiszteletben tartják a doktori iskolák autonómiáját, ugyanakkor számon kérik az eszközökkel és személyekkel való optimális gazdálkodást. Felügyelik az eljárások jogszerűségét, anélkül, hogy azok alkalmazásába beleszólnának. Az egyetemi doktori tanácsok a szabályozás eszközeivel gyakorolják a szakmai felügyeletet. Ugyanakkor figyelemmel kísérik az esetleges minőségi hullámzásokat, a negatív tendenciákra, ha szükséges, időben felhívják a figyelmet. Az egyetemi doktori tanácsok gyűjtik és elemzik, és szükség esetén továbbítják az Országos Doktori és Habilitációs Tanácshoz a doktori iskolák napi működésével kapcsolatos tapasztalatokat, javaslatokat.

A doktori iskolák a tudománypolitikai irányítás számára *stratégiai fontosságú helyekké* válnak. Itt képezik a tudományos utánpótlást, és a kutatóintézetek mellett, azokkal szorosan együttműködve itt folynak a jövőt meghatározó kutatások is. A doktori iskolák hálójának segítségével nélkülözhetetlen a nemzetközi, így az európai kutatási térségbe való bekapcsolódáshoz. Az ország előtt álló nemzeti távlati feladatok megvalósítása lehetetlen a doktori iskolák aktív közreműködése nélkül. Ezért a tudománypolitikának jelentős erőforrásokat kell a doktori iskolákhoz rendelnie. A tudományos pályázatok elbírálá-

sában, a támogatások elosztásában a doktori iskoláknak maguknak is fontos szerepet kell játszaniuk. Ez csak akkor lehetséges, ha a magyar doktori iskoláknak kellő érdekérvényesítő képességük van. Ehhez pedig meg kell teremteni a megfelelő eszközöket.

2004-ben Magyarország csatlakozik az Európai Unióhoz. A csatlakozó hozományunk legértékesebb része az a szürkeállomány, amely a kiművelt magyar emberfőkben jelen van. A tudásalapú társadalom megteremtése lehetetlen a tudósok teljesítményére alapozott új és megújulni képes tudás nélkül. A tudás megújulásának és megújításának egyik kiemelkedő színhelye a doktori iskola. Ugyanakkor az Európai Unió teljesítményünk alapján fog minket a központi támogatások nagyobbik felében részesíteni. Az európai támogatásoknak egy része éppen a doktori képzésben való részvételt, a közös európai doktori képzést és a közös diplomákat fogja sajátos eszközeivel támogatni. A támogatást azonban szigorú minőségi feltételekhez fogja kötni. Ezek teljesítése révén fognak a magyar doktori iskolák az európai oktatási és kutatási térség aktív részévé válni.

Ez az út nem automatikus. Szükség van minden szereplő közös munkájára és együttműködésére.



# TÍZÉVES A MAGYAR AKKREDITÁCIÓS BIZOTTSÁG

Michelberger Pál

az MTA rendes tagja, a MAB elnöke  
Magyar Akkreditációs Bizottság – titkarsag@mab.hu

## 1. Bevezetés

Tíz éve alakult meg a Magyar Akkreditációs Bizottság jogelődje. Az eltelt tíz év során a testület az egész magyar felsőoktatást, programokat, intézményeket áttekintette és hitelesítette. Feladatai, összetétele eközben folytonosan változtak, de a tevékenysége során összegyűlt tapasztalatokat továbbadta az új testületi tagoknak, akik saját munkájuk javítására hasznosították.

A MAB tevékenységében egyetemi és főiskolai oktatók, akadémiai kutatók és felhasználók, ipari és gazdasági szakemberek is részt vettek. Több mint száz tudományosan minősített – sőt, ha a MAB szakbizottságait, ad hoc bizottságait és szakértőit is számba vesszük, akkor közel ezer – oktató, kutató véleménye érvényesült a MAB állásfoglalásaiban.

Ennek ellenére kevés olyan köztestület van az országban, amelyről annyi téves vélekedés alakult volna ki, mint a MAB-ról. Pedig a szervezet létrehozását az egyetemi és főiskolai oktatók, pontosabban a Rektori és Főigazgatói Konferenciák kezdeményezték (és a kezdeményezők között szép számmal jelen voltak a Magyar Tudományos Akadémia tagjai is). Ezt a kezdeményezést kodifikálták az Oktatási Minisztérium vezetőinek egyetértésével a felsőoktatási törvényben. A MAB kezdeti munkájában rektorok és főigazgatók is részt vettek, véleményük a MAB szervezeti és működési szabályaiban is

tükröződik. Időközben azonban az akkreditálás módszere, követelményrendszere – nem utolsósorban a saját és nemzetközi tapasztalatok hatására – változott, és ezt a változást az egyetemi, főiskolai vezetők már kivülállóként ítélik meg.

Ez a visszatekintés nem történeti beszámoló, hanem szubjektív, egyéni véleményt és tapasztalatokat tükröz. A MAB története kiolvasható a MAB éves jelentéseiből, állásfoglalásaiból. A dolgozat szubjektív hangvételét remélhetőleg menti a szerző elkötelezettsége a magyar felsőoktatás ügye iránt, megalapozottságát pedig több mint ötvenéves oktatói tapasztalata és több mint negyvenöt éves ipari gyakorlata támasztja alá. Ennek ellenére a cikk mondanivalója nem megfellebbezhetően ítélet, hanem termékeny vitaindító kíván lenni, hiszen bármilyen hosszú tapasztalatra tekinthet vissza a szerző, szakterületét tekintve (a közlekedés- és járműipar – bár az egyik legjelentősebb iparág – a fejlett gazdaságok teljesítményének legfeljebb 15-20 %-át adja) korlátozott.

## 2. A felsőoktatás az ezredfordulón

A Rektori és Főigazgatói Konferenciák a rendszerváltás idején fő feladatuknak az intézményi autonómia helyreállítását, ennek keretében a doktori képzés egyetemi jogának visszaszerzését, a romló gazdasági helyzetben az egyetemi, főiskolai képzés elért minőségének megőrzését, sőt javítását tekintették. A felsőoktatás ezredfordulós hely-

zetét részleteiben nem elemezzük. Számos szerző e folyóirat hasábjain is kitünő cikkekben fejtette ki véleményét a részletekről, sőt jelenleg is éles vita folyik az oktatás továbbfejlesztéséről.

Az átfogó elemzés helyett mindössze két alapvető gondot emelek ki, melyek azonban szinte a világ minden országában megoldandó feladatként fogalmazódnak meg:

- a felsőoktatás tömegessé válása
- a felsőoktatás nem kielégítő finanszírozása.

### 2.1. A felsőoktatás tömegessé válása

A jelenség a 20. század második felének utolsó negyedében az informatika használatának elterjedésével kezdődött el. (Szokás az 1968-as nyugati diáklázadásokhoz is kötni, de a tömegesedés véleményem szerint elsősorban gazdasági kérdés.) A 21. században a „tudás társadalmát” és a hozzá tartozó igen bonyolult gazdaságot csak a felsőfokú képzettségűek arányának jelentős növelésével lehet fenntartani (ahogy a 20. század ipari társadalma is megkövetelte az írás-olvasás általánossá tételét).

A felsőoktatás tömegessé válása azonban egy sereg új gondot is okozott:

- a felsőoktatásba kerülők létszáma kétszer-háromszor nagyobb az intézmények tényleges férőhelyénél (kollégium, könyvtári ellátottság, laboratóriumi férőhely, stb.);
- a közoktatásban már korábban bekövetkezett tömegesedés (és pedagógusi kontraszelekció) rontotta a felsőoktatásba kerülők előképzettségét;
- az egyes korosztályok 40-50%-os részvétele a felsőoktatásban (korábban 10-15%) csökkenti a bekerülő hallgatók átlagszínvonalát a „kvázi elitképzéshez” képest;
- a hallgatóság szakmai, hivatási motiváltsága sajnos nagymértékben csökken, a hallgatók egy része „csak” diplomát akar szerezni, mindegy, hogy milyen tudományágban vagy szakon;

- a vezető oktatók és hallgatók személyes kapcsolata – a hallgató-oktató arány változása miatt – nagymértékben lazul, így a képzési folyamatban (szándékosan nem nevelési folyamatról beszélünk) sem alakulhat ki szakmai, hivatási motiváltság;

- az oktatók és hallgatók személyes kapcsolata részben a modern oktatási formák túlhangsúlyozása illetve válogatás nélküli alkalmazása miatt (székhelyen kívüli képzés, programozott oktatás, távoktatás, stb.) sem, vagy csak korlátozottan tud kialakulni, holott ez – különösen a közvetlen emberi kapcsolatokat igénylő hivatásokban (orvos, ügyvéd, pedagógus, stb.) nélkülözhetetlen.

### 2.2. A finanszírozás gondjai

A felsőoktatás alulfinanszírozottsága az oktatók fizetésének rendezésével nem számolható fel, bár legtöbbször ezt tekintik a fő kérdésnek. Sokkal súlyosabb probléma a hallgatói férőhelyek számának elégtelensége, az oktatás tárgyi feltételeinek, infrastruktúrájának gyors elavulása és a felsőoktatás színvonalas műveléséhez nélkülözhetetlen kutatás alulfinanszírozottsága.

Úgy tűnik, hogy e bővülő felsőoktatás teljes állami finanszírozása még a leggazdagabb államokban sem oldható meg csupán az adókból. A finanszírozásban az államon kívül a gazdasági élet főbb szereplőinek (beleértve az oktatási intézmények vállalkozásait is), a helyi önkormányzatoknak és a képzésben részt vevő hallgatóknak és családjuknak is részt kell vállalniuk. A finanszírozás megosztásának módját, arányait alapos felmérésre építve (más nemzetek tapasztalatait is felhasználva) kell kidolgozni, és 10-12 éves átmeneti idő alatt lehet bevezetni. A finanszírozási gondok a magyar felsőoktatás tekintetében még súlyosabbak, mint a nyugat-európai helyzet:

- alacsony a nemzeti jövedelem;
- a felsőoktatás átalakulása később kezdődött el;

- az agyelszívás a jövőben fokozódni fog;
- a magyar képzési nyelv korlátozott vonzóképessége külföldi (fizető) hallgatókra (az utóbbit egyre több magyar egyetem idegen nyelvű képzéssel pótolja).

### *2.3. A tömegesség és a finanszírozási gondok következményei*

- A végzett hallgatók szakmai, hivatási átlagszínvonala csökken;
- az elitképzésre vállalkozó hallgatókat is visszahúzza az alacsony átlag;
- az oktatói óraterhelés növekedik (egy-egy vezető oktatók már heti 12-18 kontaktórát is tartanak, részben idegen nyelven);
  - a nagy oktatási terhelés mellett önképzésre, kutatásra és fejlesztésre igen kevés idő marad;
  - a motiválatlan, nagy hallgatói létszámok tanítása új pedagógiai, módszertani kutatásokat igényel, ami egyébként kívánatos, de tovább csökkenti a szűkebb szakmai, diszciplináris kutatásra fordítható időt;
  - a felsőoktatásban részt vevő fiatalabb oktatók külföldre távozása miatt előregedik az oktatógárda, ez előbb-utóbb diszciplináris lemaradáshoz is vezet;
  - az időszakosan visszaesett, majd átalakuló magyar gazdaság még nem veszi igénybe az egyetemek, főiskolák kutatási és fejlesztési lehetőségeit;
  - a multinacionális cégek (kevés kivétellel eltekintve, például Ericsson, Nokia, Knorr-Bremse, stb.) nem is ismerik a magyar szellemi lehetőségeket, a helyi vezetés önállósága igen korlátozott;
  - a felsőoktatásban dolgozó kutatók, fejlesztők még nem ismerik a multinacionális cégek fejlesztési filozófiáját.

### *3. A MAB létrehozása és szerepe*

Az előzőekben felsorolt gondokkal találta szemben magát a Rektori és Főigazgatói Konferencia a rendszerváltás idején, és ezek a gondok jelenleg is. A tömegoktatásra és a

belőle szükségszerűen következő finanszírozási gondokra az egész világ keresi a megoldást. Amerikában az elitképzés és tömegképzés intézményes szétválasztása tűnik járható útnak (magas tandíjű elit egyetemek és állami tömegegyetemek), Európában ezzel szemben az ún. „Bologna-folyamat” kínál legalább részben megoldást. A kreditrendszer és a többlépcsős, egymásra épülő lineáris képzés bevezetése lehetővé teszi a gyengébb előképzettségű, illetve motiváltságú hallgatóknak az átlagosnál lassúbb előrehaladását, illetve a közbenső végzettséget adó kilépést, esetleg pályamódosítást. Úgy tűnik, hogy ez a kompatibilis és versenyképes európai felsőoktatási térség létrehozása érdekében számunkra is megkerülhetetlen.

E folyamatban európaszerű fontos szerep hárul a felsőoktatás színvonalának megtartása és javítása érdekében a minőségtanúsító és tanácsadó akkreditációs szervezetekre. A Rektori és Főigazgatói Konferenciák által javasolt – de az Oktatási Minisztériumtól és a felsőoktatási intézményektől is független – autonóm szervezet, időszakonként cserélődő szakértőivel biztosíthatja a hitelesítés objektivitását. Ez érvényesül az ENQA (Európai Minőségbiztosító Hálózat a felsőoktatásban) jelenlegi tagfelvételi előírásaiban is (nem utolsósorban a korábbi magyar tapasztalatok alapján).

Az 1992-ben megalakuló Ideiglenes, majd Országos Akkreditációs Bizottság kezdetől fogva autonóm testületként működött, működési feltételeit a Parlament által megszavazott – egyébként igen szűkös – költségvetés tette lehetővé. Az akkreditációs tevékenységgel az oktatási miniszterek kezdetől fogva mindannyian egyetértettek, és intézkedéseikben támaszkodtak a MAB állásfoglalásaira, véleményére. Kevésbé mondható el ez a minisztériumi apparátusról, mely nehezen viselte el egy autonóm testület sajátos, demokratikus módszereit, időigényét.

A felsőoktatási konferenciák természetesen nemcsak a MAB létrehozását szorgalmazták, hanem számos rektor és főigazgató maga is részt vállalt a MAB kezdeti munkájában, működési rendjének kialakításában. Ugyancsak kezdetől fogva a tudományosan minősített és akadémikusok széles köre – sokszor anyagi ellenszolgáltatás nélkül – vállalkozott akkreditációs tevékenységre.

A MAB segítségükkel – háromévenként változó összetételben – sikeresen elvégezte a teljes magyar felsőoktatás hitelesítését, kidolgozta a program-, illetve intézményi akkreditáció minimumkövetelményeit, a MAB működésének etikai alapelveit. Ez utóbbi az ország kis mérete miatt igen bonyolult összerendeltetlenségi kérdéseket vetett fel.

Az elmúlt tíz év során a MAB értékes tapasztalatokat gyűjtött. E tapasztalatok, valamint a CRE (Európai Rektori Konferencia) által 2000-ben elvégzett átvilágítás megállapításai alapján a MAB képes volt saját tevékenységét megreformálni. E hatalmas munka fáradhatatlan szervezője és irányítója a kezdetektől fogva Róna-Tas András akadémikus volt. Az utolsó három évben, mint a MAB tanácskozási joggal rendelkező tiszteletbeli elnöke, a MAB doktori iskolákkal foglalkozó bizottságát vezette, és sikerrel képviselte a magyar felsőoktatás és a MAB érdekeit az akkreditációval és a felsőoktatás minőségjavításával foglalkozó nemzetközi fórumokon (ENQA, INQAAHE, stb.).

### *3.1. A MAB törvényben előírt főbb feladatai*

Tájékoztatásul kivonatosan idézzük a felsőoktatási törvény MAB-ra vonatkozó rendelkezéseit:

#### **81. § (1) A MAB**

*a) jóváhagyja a doktori iskolák működését, és dönt arról, hogy az egyetem melyik tudományterületen, azon belül mely tudományágban folytathat doktori képzést, ítélhet oda doktori fokozatot;*

*b) állást foglal olyan kérdésekben, amelyek e törvény végrehajtása során az oktatás minőségét érintik.*

*(2) A MAB az oktatási miniszter, az FTT vagy felsőoktatási intézmény felkérésére véleményt nyilvánít*

*a) felsőoktatási intézmény létesítéséről illetve elismeréséről;*

*b) kar létesítéséről illetve elismeréséről;*

*c) a képzési követelményekről;*

*d) alapképzésben a szakindítási engedély megadásáról;*

*e) az egyetem doktori illetve habilitációs szabályzatáról;*

*f) arról, hogy a felsőoktatási intézményekben mely tudományágban illetve művészeti területen vannak meg a feltételek a szakirányú továbbképzés illetve a felsőfokú szakképzés indításához és folytatásához;*

*g) a kreditrendszer alkalmazásának szabályozásáról;*

*h) külföldi felsőoktatási intézmény magyarországi működésének engedélyezéséről;*

*i) az oklevelek honosításáról illetve egyenértékűsítéséről szóló nemzetközi egyezmények tervezetéről;*

*j) az egyetemi, illetve a főiskolai tanárok kinevezéséről a 17. § (4) bekezdése illetve a 18. § (2) bekezdése alapján.*

*(3) A MAB a felsőoktatási intézmény felkérésére közreműködik a doktori vizsgabizottságok és a habilitációs bizottságok külső tagjainak kijelölésében.*

*(4) A MAB rendszeresen, de legalább nyolcévenként hitelesíti (akkreditálja) az egyes felsőoktatási intézményekben a képzés és a tudományos tevékenység minőségét. Az alapképzési és a szakirányú továbbképzési szakok, továbbá a felsőfokú szakképzések, valamint a doktori iskolák működése alapján véleményt nyilvánít arról, hogy az egyetemen mely tudományterületen, művészeti területen, főiskolán mely*

*tudományágban, művészeti területen van meg az alapképzés, a szakirányú továbbképzés, a felsőfokú szakképzés, továbbá egyetemen a doktori képzés feltétele. Az oktatási miniszter felkérésére soron kívül folytatja le az említett körbe tartozó és felkérésben megjelölt vizsgálatot, és adja meg értékelését. Ha a MAB azt állapítja meg, hogy a képzés színvonala miatt a felsőoktatási intézmény vagy annak bizonyos szakjai, programjai nem felelnek meg a képzési célnak, dönt a doktori iskola működésének felfüggesztéséről, illetve javaslatot tesz*

*a) az adott szakon (szakokon) a záróvizsgáztatási és oklevélkiadási jog gyakorlásának meghatározott időre történő felfüggesztésére vagy visszavonására, illetve nem állami intézmények esetében az állami elismerés visszavonására,*

*b) a felsőoktatási intézmény megszüntetésére vagy az állami elismerés visszavonására;*

*c) a szükséges intézkedések végrehajtásának meghatározott időn belüli ellenőrzésére.*

*(5) A MAB az akkreditációs értékeléshez bekeresheti az intézmény képzési és tudományos tevékenységére vonatkozó adatokat. Megvizsgálja az 59. § (3) bekezdésében foglaltak szerinti jelentést az intézmény működésének és tevékenységének szempontjából, és felhasználja azt az intézmény következő akkreditációs értékelése folyamán.*

#### 4. Akkreditációs tapasztalatok

A tapasztalatok elsősorban a magyar felsőoktatás versenyképessége érdekében fontosak, de a MAB hatékonyságának javításához is hozzájárulnak.

##### 4.1. Felsőoktatásra vonatkozó főbb tapasztalatok

• A magyar felsőoktatás egésze még őrzi korábban kialakult jó színvonalát;

• a felsőoktatási intézmények önértékelése, minőségbiztosítási tevékenysége még kiforrotlan;

• a finanszírozási nehézségek és a kialakult szabályozók az intézményeket olyan vállalkozásokra ösztönzik, melyek csökkentik a képzés színvonalát (egymástól alig különböző szakok elburjánzása, székhelyen kívüli képzések indokolatlan bevezetése a térítéses hallgatói létszám növelése érdekében);

• esetenként megelégedés a MAB által előírt minimumkövetelmények teljesítésével;

• a személyi követelmények (tudományosan minősített oktatók aránya) formális teljesítése (néhány kurrens szak esetében második, ill. harmadik oktatói állás vállalása);

##### 4.2. A MAB belső tapasztalatairól

• A felsőoktatási intézményvezetők részvétele a MAB munkájában gyakran összeférhetlenségre vezethet, zavarva a testület hatékonyságát;

• a MAB kezdeti tevékenységében főleg az „akadémiai” (elitképzés) szemlélet érvényesült, hiányoztak a felhasználók szempontjait érvényesítő gazdasági, ipari, agrár, stb. szakemberek a MAB bizottságaiból;

• a MAB hitelesítő tevékenységét a követelményrendszerében előírt feltételek ellenőrzésére alapozta. E követelmények a képzés bemeneti oldalát (minősített oktatók száma, aránya, az intézmények infrastruktúrája (laboratórium, felszerelés, könyvtár, tanterem, kollégium, stb.), a képzési programok megfeleltetése a képesítési követelményeknek, stb.) irták elő.

Nem vizsgálta a MAB a képzés folyamatát és képzés kimeneti oldalát (elhelyezkedés, felhasználók véleménye a végzett hallgatókról, stb.);

• a felsőoktatás minőségének megőrzését és jövőbeni javítását leginkább a doktori képzés színvonala befolyásolja, ezért a MAB

tevékenységében a doktori iskolák gondos akkreditálása és segítése a legfontosabb feladat.

### 5. A MAB stratégiája

Az összegyűlt tapasztalatok hasznosításából adódik a MAB új feladatainak a zöme, melyet a stratégiai terv foglal össze. Ennek főbb elemei:

#### 5.1. A bemenet mellett a képzési folyamat és kimenet vizsgálata

Az akkreditációs eljárásokban a MAB a jövőben nagyobb figyelmet kíván szentelni az oktatók és a felvett hallgatók, valamint a rendelkezésre álló infrastruktúra minőségének értékelése (bemenet minősége) mellett az oktatási folyamat, illetve az oktatási kimenet minőségi vizsgálatának. Ezek érdekében – megfelelő módszerek és konkrét mutatók kidolgozásával – vizsgálni fogja:

- az adott intézménybe mindenkor felvett hallgatók minőségét (pl. az oktatók véleménye az első évet lezáró hallgatókról),
- az intézmények innovációs képességét, a curriculumok megújítását, naprakészen tartását,
- az intézmények oktatóinak oktatói és – ahol ez indokolt – kutatói teljesítményét, a hallgatói elégedettséget,
- a követelményrendszert (vizsgakérdések, diplomamunkák), a vizsgák tapasztalatainak visszacsatolását az oktatási folyamatba,
- a képzés során az intézmény által hozzáadott értéket,
- a végzett hallgatók tudását, készségeit, kompetenciáját, elhelyezkedését és
- a minőségbiztosítási terv elkészítését és betartását.

A kimeneti vizsgálatokhoz a MAB – először kísérleti jelleggel – javasolni fogja az intézményeknek, hogy kezdjék meg a végzett hallgatók, valamint azok munkaadóinak („felhasználók”) kérdőíves vagy más módszerrel végzett megkérdezését. Mindez idő-

vel az intézményeknél kiépítendő belső minőségbiztosítási rendszerek szerves részévé válhat.

#### 5.2. A felhasználók szerepének növelése

A jelenlegi Magyar Akkreditációs Bizottságban a felhasználói szféra lényegesen nagyobb arányban szerepel, mint a korábbiakban. A felhasználói szféra azonban már nem korlátozódik csak a tudományos szférára, tehát a kutatóintézetek területére, ezen belül is elsősorban a Magyar Tudományos Akadémiára, hanem megjelentek benne a kamarák, a gyáriparosok és különböző egyéb felhasználók képviselői is. A felhasználók teljes körét ugyan nem sikerült lefedni, hiszen egy harminctagú testületben nem lehet minden szakmát, minden réteget, minden foglalkozási ágat minden területen képviselni, de a választott és küldött Magyar Akkreditációs Bizottság tagjai széles látókörűek és a saját szűk területükön túlmenően is képesek a társadalom, az egész ország érdekeit képviselni.

#### 5.3. Értékelés mellett tanácsadás, segítség

A Magyar Akkreditációs Bizottság tevékenységének célja az intézményi akkreditáció első körének lezárása után meg kell hogy változzék. Az értékelés eddig engedélyezést vagy annak megtagadását, esetenként meghatározott feltételek mellett ideiglenes engedélyezést célzott meg. Ennek a típusú értékelésnek megvolt a maga történeti küldetése, a helyzet azonban mára megváltozott, és ennek az értékelés céljában is meg kell mutatkoznia. Ma pedig az látszik megfelelő célnak, hogy a Magyar Akkreditációs Bizottság abban segítse a működő intézményeket, hogy miképpen mozdíthatnak elő a minőség javítását. Így az akkreditáció feladata mindenképpen ki kell hogy egészüljön a tanácsadás motívumával.

Ezzel összefüggésben a második akkreditációs hullámban az intézmények minőségbiztosítási rendszerének áttekintése különösen fontos. Európában pillanatnyilag ez áll a minőségértékelés középpontjában, továbbá az Oktatási Minisztérium és a többi érintett is ezt várja el a Magyar Akkreditációs Bizottságtól. Hozzá kell azonban tennem, hogy a minőséget nem az Akkreditációs Bizottság, hanem az intézmények biztosítják. Az Akkreditációs Bizottság csak segítséget nyújt ahhoz, hogy a minőségbiztosítási rendszerek megfelelő szervezettel és intézkedési elképzelésekkel valóban működjenek és biztosítsák a fokozatos minőségjavulást és használhatóságot az egyes felsőoktatási intézményekben.

#### 5.4. Szelektivitás

Ahogy az értékelés átalakul lépésről lépésre tanácsadássá, úgy az akkreditáció tárgya is megváltozik. Az intézményi akkreditáció eleddig az intézmény minden szakját és minden képzési formáját egyforma intenzitással vizsgálta. Mostantól azonban sokkal nagyobb figyelmet fordít a Magyar Akkreditációs Bizottság az intézmény menedzsmentjének áttekintésére és annak vizsgálatára, hogy a menedzsment mennyire hatékonyan fejti ki tevékenységét. Emellett pedig nem vizsgál majd azonos intenzitással minden szakot, hanem valamilyen szempontok alapján kiválaszt néhány szakot, és immár csak ezeket veszi górcső alá.

#### 5.5. Az értékelési skála egyszerűsítése

A MAB tevékenységének irányultsága a jövőben is kettős lesz: akkreditáció és minőségértékelés. MAB tehát küszöbszinteket állapít meg, s ehhez viszonyítja az intézményeket és programokat („igen”, „feltételes igen”, „nem” állásfoglalás, a küszöbszintet éppen csak elérő programok és intézmények esetében mérlegelési lehetőséggel), a küszöbszint felett pedig szövegesen érté-

kel. Az értékelések során tanácsokat fogalmaz meg az adott intézmény/program jövőbeli működésének javítására nézve. Az ellenőrző-számonkérő (OM felé véleményező) tevékenység mellett tehát a minőségjavítást célzó, segítő (intézmények felé tanácsadó) funkciót is gyakorolja. A jövőben azonban a hangsúly a számonkérés felől eltolódik a minőségjavítás (értékelés, tanácsadás) irányába.

#### 5.6. Vertikális és horizontális vizsgálatok

Korábban a MAB az intézményeket és programokat önmagukban vizsgálta. A látogató bizottságok összetétele intézményenként változott, így különböző intézményeknél működő azonos szakok közvetlen összehasonlítására, következőképpen közvetlen tapasztalatátadásra sem kerülhetett sor. Ezt a továbbiakban vertikálisnak nevezett vizsgálatot a jövőben horizontális vizsgálatokkal is szeretnénk kiegészíteni, elsősorban a nagy szakokra kiterjesztve. E kísérleti vizsgálatot ez évben készítettük elő, eredményességét csak 2004-ben lehet megítélni.

#### 5.7. Nyilvánosság

A MAB tevékenységének és annak eredményeinek az eddiginél nagyobb nyilvánosságot kell kapniuk. Ennek érdekében a MAB:

- a.) rendszeresen közlést tesz majd a magyar felsőoktatás minőségére vonatkozó beszámolókat, elemzéseket;
- b.) kiemeli az egyes intézmények, szakok vizsgálata során tapasztalt követendő mintákat, a „jó gyakorlatot”;
- c.) rendszeres eszmecsereket, összejöveteleket szervez tevékenységének érintettjeivel;
- d.) naprakészen tartja honlapját.

A MAB kommunikációs stratégiájának célja egyfelől a MAB küldetésének eljuttatása a különböző célcsoportokhoz, tudatosítása a szélesebb értelemben vett köz-

véleményben, másfelől a MAB imázsának javítása.

#### *5.8. Nemzetközi feladatok:*

A hazai akkreditációs tevékenység az éppen átalakulását élő európai felsőoktatás és a Bologna-folyamat miatt csak úgy fejleszhető és módosítható, ha az európai eseményekről és trendekről első kézből származó ismeretekkel rendelkezünk.

Róna-Tas András munkájának eredményeképpen megalakult a közép-kelet-európai Minőségbiztosítási Ügynökségek Hálózata (CEE Network), majd a MAB-ot felvették a minőségbiztosító szervezetek európai hálózatába, az ENQA-ba is. A CEE az azonos geopolitikai régióhoz tartozó, ezért hasonló feladatokkal küzdő minőségbiztosítási ügynökségek megismerését segíti elő, valamint távolabbi célként egymás elismerését tűzte ki célul.

Nagy szerep hárul azokra a munkatársakra is, akik idegen országokban tanulmányozzák az ottani akkreditációs testületek munkáját. Elsősorban a kis országokban szerzett, tehát a dán, belga, holland tapasztalatokat próbáljuk munkánk során hasznosítani. Természetesen az angol, francia, német rendszereket is ismerni kell, de nem biztos, hogy ezek közvetlenül átültethetőek a magyar viszonyok közé.

#### *5.9. A MAB eredeti céljától eltérő feladat*

A felsorolt és szerteágazó tevékenységeken kívül a felsőoktatási törvény értelmében a MAB-nak véleményt kell nyilvánítani az egyetemi és főiskolai tanári pályázókról is: mennyiben felelnek meg a törvényben előírt hazai és nemzetközi tudományos elismertségnek, szakmai illetve tudományos tevékenységük színvonala, publikációik mennyisége és minősége kielégíti-e az egyetemi tanároktól, főiskolai tanároktól elvárható színvonalat.

Be kell vallanunk, hogy ez a feladat – bár a törvény előírja – idegen a MAB alapfeladataitól. Az egyes szakokhoz tartozó minimumkövetelmények részletezése még beilleszthető a MAB feladatai közé, de az egyének vizsgálatát az intézmények tudományos tevételeinek illetékességébe kellene adni. Természetesen érzékeljük az intézmények belső korlátait, a belterjesség veszélyeit, de úgy véljük, hogy néhány átmeneti év után az oktatási intézményeink képesek lesznek objektív, tudományos vélemény kialakítására. Nagyon sokat segítene, ha az intézményfenntartók időszakonként világosan megszabnák az adott intézmény tanárainak számát. A limitált keret a legjobb kiválasztására ösztönöz.

#### *6. Összegzés helyett*

A fentiekben áttekintettük a felsőoktatás néhány főbb gondját és a MAB ezen gondok egy részének megoldását célzó eddigi tevékenységét, valamint a továbbfejlesztés lehetőségeit. A MAB nem öncélú testület, a plénum tagjai – akár a felsőoktatásból, akár a felhasználóktól delegálták őket – mindig a magyar felsőoktatás színvonalának megőrzése és emelése érdekében tevékenykednek. Azért, hogy a magyar felsőoktatás a nemzetközi porondon erősítse piacképességét, és elősegítse a magyar gazdasági, kulturális és tudományos élet méltó európai elhelyezkedését.

E cél eléréséhez megkerülhetetlen a felsőoktatás reformja, strukturális, finansziális átalakítása, a felsőoktatás 21. századi céljának, módszereinek újrafogalmazása. Az átalakításokat az európai államokkal egyeztetve, de a magyar felsőoktatás maradandó értékeit megőrizve kell végrehajtani. Az egyeztetés nem jelenthet uniformizálást, hanem elsősorban illeszkedést, kompatibilitást. Minden európai ország felsőoktatásának vannak sajátos helyi értékei, és ezek megtartása jelentheti a globális oktatási versenyben egyes

területeken az előnyöket a teljesen egészségsített, arc nélküli módszerekkel szemben.

Külön gondot jelent – de elkerülhetetlen – a felsőoktatás hatékonysága szempontjából a kis nyelveken való oktatás fenntartása. A tudomány egyetlen nyelvű művelése óhatatlanul a középkor társadalmi megosztottságát vetíti előre, és a nem anyanyelvű tudósokat is másodrendű szerepre kárhóztatja. Az interdiszciplináris kutatásokat néhány angol anyanyelvű államra (a távolabbi jövőben Kínára?) korlátozza, hiszen saját tudományterületén a tudós elboldogul a tudomány közvetítő nyelvével, de az interdisz-

ciplináris területeken több tudományág nyelvét kell már ismernie. Úgy vélem, hogy a biodiverzitás szükségessége mellett ideje lenne felismerni a nyelvi diverzitás fontosságát is. Az angol (vagy száz év múlva a kínai) a középkori latin helyett nem a tudomány nyelve, hanem a tudomány közvetítő nyelve, melynek ismerete, használata természetes kell legyen, de új, eredeti gondolatok továbbra is a különböző logikájú anyanyelveken születnek.

---

Kulcsszavak: *akkreditáció, felsőoktatás, minőségbiztosítás, minőségitelesítés*



# A FELSŐOKTATÁS MINŐSÉGÉRTÉKELÉSE: NEMZETKÖZI KITEKINTÉS

Szántó R. Tibor

a szociológiai tudomány kandidátusa, főtitkár,  
Magyar Akkreditációs Bizottság Titkársága – szanto@mab.hu

## *Történeti-földrajzi háttér*

A felsőoktatás intézményközi és -feletti, nemzeti szintű minőségbiztosítása és minőségértékelése ma már évszázados múltra tekint vissza. Az 1900-as évek elején az Egyesült Államokban alakultak meg az első akkreditációs szervezetek, melyek a szaporodó intézmények, a bővülő felsőoktatás mennyiségi kihívásaira bizonyos garantált minőségi szint fenntartásában találták meg a megfelelő választ. A minőség biztosítására a többnyire tagsági elvű, „klubszerű” szervezetek ún. *minimum sztenderdek*et, elfogadási, akkreditációs (hitelesítési) alapkövetelményeket határoztak meg. A harmincas években a (ma is működő) *North Central Association* újabb szemponttípusként az adott intézmény *céljait* is felvette az értékelési-viszonyítási tényezők sorába. Ennek révén pedig hamarosan elterjedt a ma is széles körben alkalmazott, *önértékelésen alapuló* külső minőségvizsgálati módszer. (Young et al., 1983)

A világ többi táján néhány évtizeddel később jötték létre a felsőoktatási minőségértékelő szervezetek. Japánban 1947-ben alakult meg az egyetemi akkreditációs szövetség (*Japan University Accreditation Association*), az amerikai szervezetekhez hasonlóan az egyetemek önszerveződéséeként. Közép- és Dél-Amerikában Mexikó volt az első (Comisión Nacional de Evaluación de la Educación Superior, 1989), Argentínában 1995-ben, Chilében 1999-ben alakult meg

hasonló szervezet. Ázsiában Hong-Kongjárt az élen (*Hong Kong Council for Academic Accreditation*, 1990), Indiában és Új-Zélandon 1994-ben (*National Assessment and Accreditation Council*, illetve *New Zealand Universities Academic Audit Unit*), Ausztráliában 2000-ben (*Australian Universities Quality Agency*) jöttek létre a nemzeti szintű minőségértékelő szervezetek. Afrikában és a Közel-Keleten a 90-es évek vége felé jelentek meg a nemzeti ügynökségek (Dél-Afrika, Nigéria, Mauritius, Omán, stb.).

Európa néhány országában a nemzeti szintű egyetemi szervezetek kezdtek foglalkozni a kérdéssel, s vettek fel funkcióik közé minőségbiztosítással kapcsolatos tevékenységeket is. Így például Belgium (*Flemish Interuniversity Council* – VLIR, alapítva 1976), Hollandia (*Association of Universities in the Netherlands* – VSNU 1985 és *Netherlands Association of Universities of Professional Education* HBO-raad 1990), utóbbiban a két szervezet minőségértékelő tevékenységét az *Inspectorate of Higher Education* (alapítva 1984-ben) felügyelte, „validálta”. (Időközben kormányzati kezdeményezésre létrejött a holland Nemzeti Akkreditációs Szervezet, melynek feladata mind az egyetemek, mind a főiskolák minőségértékelése és akkreditációja.)

Az első európai, független, nemzeti szintű felsőoktatási minőségértékelő szervezet a CNÉ (*Comité National d'Évaluation*), melyet 1984-ben hoztak létre. 1989

júliusától teljes autonómiát élvez: éves jelentéseit közvetlenül a köztársasági elnöknek (!) továbbítja, nem tartozik a felsőoktatásért felelős miniszter felügyelete alá. Nagy-Britanniában a *Higher Education Quality Council* (HEQC, 1992) végezte ezt a munkát, melyet ma utódszervezete, a QAA (*Quality Assurance Agency for Higher Education*, 1997) folytat. Említésre érdemes még Dánia, ahol az 1992-ben alakított EVA, előbb *Evalueringcenteret*, majd *Evalueringsinstitut* (*Danish Evaluation Institute*) néven 2000-től már nemcsak a felsőoktatás, de a dán oktatás teljes vertikumának minőségértékelését végzi.

Közép- és Kelet-Európa országaiban nemzeti akkreditációs szervezetek alakultak a 90-es években, elsőként Csehországban és Szlovákiában (1990), majd Magyarországon (1992–1993, *Ideiglenes Országos Akkreditációs Bizottság*).

Ma már tehát a világ számos országában léteznek felsőoktatási minőségértékelő szervezetek, Albániától a Bahamákon és Mongólián át Vietnámig.<sup>1</sup>

#### *Szervezet- és tevékenységtípusok*

A felsőoktatás minőségbiztosításával, minőségértékelésével foglalkozó szupraintézményi szervezetek között vannak olyanok, mint azt fent esetenként láttuk, melyeket maguk az *érintett intézmények, illetve azok szervezetei* (például rektorkonferenciák) működtetnek, míg másokat az egyes *nemzeti kormányok vagy kormányzati szervek* hozták létre. Kis számban vannak továbbá üzleti alapon működő, *profitorientált magánszervezetek* is, ezek nemzetközi elfogadottsága azonban nem számottevő. Bárki

<sup>1</sup> További információk érhetők el az egyes szervezetekről a MAB honlapján ([www.mab.hu](http://www.mab.hu), a Külföld menüpontban), valamint az INQAAHE ([www.inqaahe.nl](http://www.inqaahe.nl)) portálján (*member database*). A Közép- és Kelet Európai országok szervezeteiről a [www.ceenetwork.hu](http://www.ceenetwork.hu) oldal, valamint Campbell – Rozsnyai (2002) tudósitanak részletesen.

legyen is azonban a létrehozó, a fenntartó, igen fontos az értékelést végző szervezet függetlensége mind a felsőoktatási intézményektől, mind az adott nemzeti kormányzattól vagy egyéb érdekelti csoporttól.

Ami e szervezetek tevékenységét illeti, itt többféle tipológia is lehetséges. Az ENQA, a minőségbiztosító ügynökségek európai hálózata által nemrégiben közzétett kutatási jelentés négy fő típust különböztet meg: értékelés, akkreditáció, audit és benchmarking (viszonyító értékelés) (ENQA 2003).

Az *értékelés* során az értékelendő tárgy minőségére vonatkozó megállapításokat tesznek. Az értékelés (viszonyítás) alapjául szolgálhatnak az intézmény (program) célkitűzései, továbbá bizonyos teljesítménymutatók vagy a nemzeti, nemzetközi tapasztalatok alapján általánosítható „jó gyakorlat”. Az értékelés sok esetben tanácsadó-auditáló jellegű, azaz jobbra a működés általános mechanizmusait vizsgálja (intézményi vezetés, belső minőségbiztosítási rendszer, hallgatói tanácsadás és szolgáltatások, stb.)

Az *akkreditációs* szintén értékelésen alapul, ám itt rendszerint előre definiált és közzétett minőségi követelményekhez történik a viszonyítás, s az eljárás eredményeként az értékelő megállapítások mellett a követelményeknek, „sztenderdeknek” való megfelelésre vonatkozó *igen* vagy *nem* állásfoglalás is születik. Az akkreditációt ezért olykor küszöbszint értékelésnek is nevezik.

Az *audit* szűkebb értelmezésben az intézmény (szak) belső minőségbiztosítását vizsgálja, annak erősségeit és gyengéit tárja fel. Meg kell itt jegyezni azonban, hogy szélesebb értelmezésben (és sok minőségértékelő szervezet gyakorlatában) az audit és az áttekintő (*review*) jellegű értékelés szorosan összetartozik.

Végül a *benchmarking* viszonyító, összehasonlító vizsgálatot jelent, melyben az értékelő megállapítások a vizsgálandó intézmény (szak, tárgy, téma) hazai vagy külföldi

megfelelőjét, illetve megfelelőit tekintve, ahhoz, azokhoz viszonyítva születnek.

A fenti értékelő tevékenységek általában nemcsak intézményi, hanem tudományági vagy program- (szak), sőt, akár tantárgy vagy téma- (például hallgatói tanácsadás) szinten is végezhetőek.

#### *Hálózatok, nemzetek feletti szerveződések*

A nemzeti szintű szervezetek általánossá válásával természetes módon jelentkezett az egymásról tudás, az egymástól tanulás, az együttműködés igénye. A legnagyobb, az egész világra kiterjedő szervezet e területen az INQAAHE (*International Network of Quality Assurance Agencies in Higher Education*), mely 1991-ben jött létre, s mára már közel kétszáz tagot számlál öt földrészről, a világ hatvankét országából. Tagjai között nemcsak minőségértékelő szervezetek, hanem – kisebb számban – felsőoktatási intézmények és egyéb szervezetek is vannak. A két évente (páratlan évek) tartott világkonferenciák és közgyűlések között 2000 óta, a Magyar Akkreditációs Bizottság kezdeményezésére és első rendezőjeként, minden páros évben kisebb létszámú munkaértekezletet is tart. ([www.inqaahe.nl](http://www.inqaahe.nl))

Európában egy 1994-95-ös nemzetközi projekt tapasztalatai és az Európa Tanács 1998-as javaslata alapján 2000 tavaszán alakult meg az ENQA (*European Network for Quality Assurance in Higher Education*). Kezdetben csak az EU-tagállamok minőségértékelő szervezetei (és felsőoktatási kormányzati képviselői) lehettek a tagjai, de hamarosan a társult országok számára is megnyitották. A 2002. májusi közgyűlésen a Magyar Akkreditációs Bizottságot is felvették a tagok sorába. Fontos különbség, hogy az INQAAHE-vel szemben az ENQA-nak csak olyan ügynökség lehet tagja, mely megfelel a tagsági követelményeknek. Ezek az adott ügynökség nemzetközi szintű „komolyságát”, megbízhatóságát garantálják. ([www.enqa.net](http://www.enqa.net))

A CEE Network (*Central and Eastern European Network of Quality Assurance Agencies in Higher Education*) 2000 novemberében Budapesten, szintén a MAB kezdeményezésére ült össze először, ekkor még az INQAAHE alszervezeteként. A 2001-es krakkói konferencia döntött az önállósulásról, 2002-ben, Bécsben pedig egy-egy osztrák és bajor ügynökséggel bővült a jelenleg tizennyolc tagú szervezet, melynek titkársága a MAB égisze alatt működik. ([www.ceenetwork.hu](http://www.ceenetwork.hu))

A skandináv országok minőségértékelő szervezeteit a *Nordic Network* fogja össze. Hagyományaik, földrajzi-nyelvi kötődésük és kapcsolataik bázisán számottevő nemzetközi érdeklődést keltett a közelmúltban a tevékenységüket bemutató (ENQA 2001), valamint az ügynökségek kölcsönös elismerésére vonatkozó projektjük. (ENQA 2002) Utóbbiban a már említett dán és a finn nemzeti minőségértékelő szervezet (FINHEEC) módszereinek, működésének összevetésére került sor. Ennek alapján az öt ország (Izland is) szakértői a kölcsönös elismerés lehetséges nemzetközi módszertanának kialakításához tettek javaslatokat. ([www.kka.fi/nordicquality/index.lasso](http://www.kka.fi/nordicquality/index.lasso))

A felsőoktatási intézmények nemzetközi szerveződései közül témánk szempontjából kiemelendő az EUA (*European University Association*), amely 2001 áprilisában két korábbi szervezet egyesülésével jött létre. Egyik elődszervezete, a CRE (Egyetemek Európai Szövetsége) azonban már 1995-től végzett tanácsadó-auditáló jellegű értékeléseket a jelentkező intézmények számára, önköltséges jellegű térítés ellenében. Magyarországról a *József Attila Tudományegyetem* (Szeged) és a *Kossuth Lajos Tudományegyetem* (Debrecen) vettek részt a programban, mely még ma is működik. Az EUA két évente tartott konventjeivel továbbá „nézetformáló” is, az európai felsőoktatási intézmények eszmecseréjének fontos fóruma. ([www.unige.ch/eua](http://www.unige.ch/eua))

Az egyik legfrissebb európai fejlemény a hálózatosodás terén, hogy az egyik éppen csak megalakult nemzeti ügynökség, a holland *National Accreditation Organisation* (2002) kezdeményezésére 2003 júniusában összehívták a szintén meglehetősen „fiatal” nyugat-európai akkreditációs szervezeteket, s bejelentették a *Consortium of European Accreditation Agencies* nevű szervezet megalakítását. Aggasztó, és az európai szellemmel ellentétesnek tekinthető az a tény, hogy a jóval régebbi, nagyobb tapasztalattal rendelkező közép- és kelet-európai akkreditációs szervezetek véleményét nem kérdezték, s nem hívták meg őket sem az ülésre, sem a hálózatba. Ennek fényében az „európai” jelző pontosítást igényelne.

S végül mindenképpen meg kell még említeni az Egyesült Államok különböző akkreditációs szervezeteit magába foglaló ernyőszerületet (CHEA – *Council for Higher Education Accreditation*). A CHEA több mint 3 ezer tagszervezete között persze többségében vannak a felsőoktatási intézmények, „csak” mintegy hatvan akkreditációs szervezetet számlál tagjai sorában. Éves konferenciái és különböző munkaértekezletei, valamint kiadványai és honlapja révén azonban igen fontos szerepet játszik a felsőoktatás minőségbiztosításában. Mi több, az amerikai akkreditációs szervezetek elismerését is végzi, azaz csak olyan ügynökséget vesz fel tagjai sorába, mely bizonyos rögzített feltételeknek megfelel. ([www.chea.org](http://www.chea.org)) A fenti szerveződések mellett természetesen több további, nemzetek feletti hálózat is működik, Közép- és Dél-Amerikában, Ausztrál-Ázsiában, Európában, s interkontinentálisan is.

A nemzetközi minőségértékelési hálózatok egy sajátos fajtája a *szűkebb szakmai alapú* szerveződés. Ezek a szervezetek mintegy klubszerűen működnek, s tevékenységük – esetenként egyebek mellett – egy-egy tudományág vagy képzési programtípus (például MBA-képzések) minőségérté-

kelésére irányul. Az egyik legismertebb ilyen együttműködés a *Washington Accord* egyezmény keretében 1989-ben jött létre, s az aláíró országok műszaki felsőoktatásának kölcsönös akkreditációs elismerésére irányul. ([www.washingtonaccord.org](http://www.washingtonaccord.org)) Több hasonló, jobbára intézményi szinten együttműködő szervezet alakult az üzleti tudományok területén (például AACSB – *Association to Advance Collegiate Schools of Business*, EQUIS – *European Quality Improvement System*, FIBAA – *Foundation for International Business Administration Accreditation*), illetve műszaki-természettudományos területen (ECIU – *European Consortium of Innovative Universities*).

### *Globális trendek*

A felsőoktatás minőségbiztosításával, minőségértékelésével kapcsolatos legfontosabb trendek a következők.

1. A felsőoktatásban világszerte tapasztalható a nemzeti határok átlépése, viszonylagossá válása, az *oktatás exportálása-importálása*. *Új oktatási formák* hódítanak egyre nagyobb tért (távoktatás, *online* képzés), *új*, sok esetben kérdéses minőségű, *oktatási szolgáltatók és akkreditálók* („*diploma mills*” és „*accreditation mills*”) jelennek meg, melyek többsége profitorientált. A nemzeti és nemzetek feletti minőségértékelő szervezeteknek megnyugtató választ kell találniuk erre a kihívásra. A munka folyamatban van, első eredményei már megszülettek.<sup>2</sup>

2. A fentiek miatt megnőtt a jelentősége a felsőoktatási programok, intézmények

<sup>2</sup> Lásd például nemzeti szinten a MAB távoktatási képzésekre vonatkozó követelményrendszerét ([www.mab.hu](http://www.mab.hu), a *Szabályok* menüpontban található követelményrendszer), vagy nemzetközi szinten a CHEA által kidolgozott alapelveket (CHEA, 2001), az ENQA tagfelvételi követelményeit (ENQA, 2002b), valamint az INQAAHE 2003. áprilisi közgyűlése által első változatban elfogadott ajánlást a külső minőségértékelő szervezetek jó működésének alapelveire vonatkozóan (INQAAHE, 2003).

*megbízhatóságára, minőségére* vonatkozó megalapozott ismereteknek. Az érintettek széles köre a hallgatóktól a nemzeti kormányokig biztos minőségi garanciákat vár el. (Fogyasztóvédelem, elszámoltathatóság, értéket a [magán- és köz-] pénzért.)

3. A felsőoktatás minőségbiztosítása, *minőségértékelése alapvetően nemzeti felelősség*. Minden országgal szemben nemzetközileg elvárt követelmény, hogy a szektor szereplői felelősségük tudatában legyenek, s a felsőoktatási intézményektől a minőségértékelő szervezeteken át a kormányokig minden tőlük telhetőt megtegyenek a minőségközpontú működésért és működtetésért, a minőség folyamatos javításáért.

4. A felsőoktatás *minőségértékelése* – a fenti trendekkel összhangban – *nemzetközi dimenziót* kapott. A nemzeti szabályozásokon túl szükség van a nemzetközi információ- és tapasztalatcserére, a nemzeti szervezetek nemzetközi együttműködésére, közös projektek és munkaértekezletek révén egyeztetett alapelvek és álláspontok kialakítására, közös módszertani fejlesztésekre. E tevékenységek természetes és hatékony kerete – amint azt fentebb láttuk – a *regionális és globális hálózatok* kialakulása.

5. A *felsőoktatás minőségértékelése mára szakmává vált*. (Woodhouse, 2003) Az Amerikában évszázados, Európában több mint egy évtizedre visszatekintő múlt során kialakult egy viszonylag jelentős elméleti és módszertani ismerethalmaz és gyakorlat-együttes, melynek elsajátítása és biztos tudásákezelése nélkülözhetetlen e szakma megalapozott műveléséhez. A nemzeti és nemzetközi rendszerleírások, kutatási és projektbeszámolók mellett rendszeresen jelennek meg ún. trendjelentések és különböző gyűjteményes kötetek. A szakmának több nemzetközi hírűsága, referált folyóirata is van.<sup>3</sup> Az egyes nemzeti ügynökségek

<sup>3</sup> A MAB könyvtárának katalógusa elérhető honlapunkon a *Könyvtár* menüpontban.

szakszerű működésének, hitelességének és nemzetközi elfogadottságának kulcsfontosságú eleme, hogy testületi tagjai, szakértői és/vagy főállású alkalmazottai e tudás, szakmai kompetencia birtokában vannak-e vagy sem.

### *Európai fejlemények*

1. A legfontosabb európai fejlemény természetesen a *Bologna-Prága-Berlin folyamat*, mely persze nemcsak a többciklusú képzés bevezetéséről szól, hanem minőségbiztosítási, minőségértékelési vonatkozása is jelentős. E cikk írásakor még nem ismert a miniszterek által 2003 szeptemberében Berlinben aláírandó nyilatkozat végleges szövege. A tervezetek azonban azt mutatják, hogy az Európai Felsőoktatási Térség egyik meghatározó eleme lesz a hiteles, megbízható, s egymással módszertanilag egyre inkább harmonizálódó nemzeti minőségértékelések rendszere.

2. Noha voltak, s talán még vannak is erre irányuló kezdeményezések Európában (és globális méretekben is), jelenleg úgy tűnik, hogy egyetlen omnipotens, központosított, *összeurópai* (világ) minőségértékelési szervezet felállítása *a közeljövőben nem valószínű*. A nemzeti felelősség és hatáskör, s a különböző társas-kulturális kontextusok (diverzitás) figyelembe vétele és megtartása mellett kívánatosak a kölcsönösen elfogadott alapelveken nyugvó működés és a módszertani harmonizáció.

3. Kétségkívül megfigyelhető Európában az utóbbi években egy *akkreditációs trend*. A kilencvenes években a nyugat-európai szervezetek túlnyomó többsége tanácsadó-auditáló jellegű értékeléseket végzett. A határozottabb eredményeket, elszámoltathatóságot és egységesebb követelményeket (minőségi szintet) igénylő érintettek (hallgatók, jó minőségű intézmények, kormányzati szervek) nyomására azonban Nyugat-Európa egyre több országában hoz-

nak létre akkreditációs szervezeteket.<sup>4</sup> Az ENQA friss kutatási jelentése szerint a vizsgálatban részt vevő (kelet- és nyugat-európai) minőségértékelő szervezetek fele végez már akkreditációs tevékenységet (is). (ENQA, 2003, 7.) Érdekes ugyanakkor, hogy – mintha csak a fent írt harmonizáció jegyében történne mindez – a kelet-európai klasszikus akkreditációs rendszerek kezdik felvenni, erősíteni a tanácsadó és összehasonlító jellegű értékelő tevékenységet.<sup>5</sup>

4. Ami az európai szervezetek tevékenységét, a vizsgálatok fókuszát illeti, egyrészt a hangsúly az intézményi auditálás felől a *programok, szakok értékelése* (akkreditációja) felé tolódik, másrészt az értékelések során a bemeneti tényezők és az oktatási-tanulási folyamat mellett előtérbe kerülnek a vizsgált szakon tanuló, illetve azt végzett hallgatók által elsajátított *kompetenciák* (ismeretek, képességek, értékvilág).

5. Végül feltétlenül meg kell említeni, hogy a felsőoktatási minőségbiztosítás, minőségértékelés fejlesztésének, harmonizációjának útját az *Európai Unió* is egyengeti. Említettem, hogy az ENQA létrejöttében az Európa Tanács ajánlása is szerepet játszott. Az EU adminisztráció magas rangú tisztviselői részt vesznek az ilyen tárgyú rendezvényeken, konferenciákon, javaslataikkal segítik a munkát. Az Európai Bizottság, továbbá az ENQA működésének, valamint nemzetközi részvételű projekteknek a finanszírozásában is részt vállal.

<sup>4</sup> Az elmúlt egy-két évben hozták létre újonnan vagy átalakítással például Hollandia, Norvégia, Olaszország, Spanyolország, Svédország nemzeti akkreditációs szervezeteit, de a német és az osztrák szervezetek is néhány évesek csupán.

<sup>5</sup> A MAB esetében például jól mutatja mindezt a 2002 februárjában elfogadott *Stratégiai terv* (honlapunkon a *Szabályok* menüpontban, illetve lásd *Michelberger Pál* írását e lapszámban a 1308 oldalon), valamint a pszichológia és a történelem szakok vonatkozásában tervezett párhuzamos, összehasonlító értékelések elindítása. (Szántó, 2003)

## Projektek

Ez a kis áttekintés nem volna teljes, ha nem mutatnánk be, ha csak futólag is, néhány fontosabb ide kapcsolódó nemzetközi projektet. A sorban az általánosabb tárgyúaktól haladunk a kifejezetten minőségértékelési fókuszúak felé. (Természetesen az előbbi projektek is minőségértékelési vonzataik miatt szerepelnek a felsorolásban.)

1. Első fázisában 1999-2001 között zajlott az *EuPsyt projekt*, melyben az ún. Európai Pszichológus Diploma követelményrendszerét kísérelték meg kidolgozni a diplomához vezető tanulmányok tananyagának egységesítésére vonatkozó ajánlás összeállításával. ([www.europsych.org/EuroPsyT](http://www.europsych.org/EuroPsyT))

2. A *Joint Quality Initiative* holland kezdeményezésre indított projekt, melynek első fázisa már befejeződött (2001-02). A projektben részt vevő szakértők az Európai Felsőoktatási Térség kialakításának célrendszerét szem előtt tartva a *bachelor* és a *masters* szintű diplomákkal szemben támasztható általános kimeneti elvárásokat fogalmazták meg. ([www.jointquality.org](http://www.jointquality.org))

3. Hasonlóképpen második fázisába lépett a *Tuning projekt*, melynek első fázisában (2001-02) több mint száz európai felsőoktatási intézményi szervezeti egység (tan-szék), s több ezer szakértő és hallgató vett részt – kérdőíves megkeresést is alkalmaztak –, s nyolc tudományágban vizsgálták meg a képzés harmonizációjának („összehangolásának”) lehetőségeit. Javaslatot tettek – egyebek mellett – a hallgatók által elsajátítandó alap- és tudományág-specifikus kompetenciákra. ([www.relint.deusto.es/TUNINGProject/index.htm](http://www.relint.deusto.es/TUNINGProject/index.htm))

4. Az EUA a fentebb már említett intézményértékelési tevékenysége mellett egy másik futó projektjében (*Quality Culture*) az Európai Bizottság támogatásával a felsőoktatási intézményi működés hat fő területének önrértékelésen alapuló javítási lehetősé-

geit kísérli meg feltárni, ötven felsőoktatási intézmény részvételével.

5. Említettem, hogy az *INQAAHE* 2003 áprilisi dublini közgyűlésén a tagszervezetek képviselői elfogadtak egy első szövegtervezetet a felsőoktatási minőségértékelő ügynökségek *jó működésének alapelveire* vonatkozóan. (INQAAHE, 2003) Az ülésen elhangzott észrevételek alapján a közgyűlés egy munkacsoport felállítását határozta el, mely a szövegen – a tagszervezetek szakértőinek bevonásával – tovább dolgozik.

6. A 2003 tavaszán Sitgesben (Spanyolország) tartott szakértői értekezlet nyomán az *ENQA* vezető testülete arról határozott, hogy tagszervezetei részére ugyancsak ki kell dolgozni a *működés jó gyakorlatának* kölcsönösen elfogadott alapelemeit, különös tekintettel az ügynökségek belső minőségbiztosítására. A tervezetet kidolgozó munkacsoportba a Magyar Akkreditációs Bizottság szakértőjét is meghívták.

7. Ez év őszére várható a szintén az *ENQA* égisze alatt futó *TEEP – Transnational European Evaluation Project* zárójelentésének közzététele. A projekt három diszciplína, az állatorvos-tudomány, a fizika és a történelem területén tanulmányozza a program (szak)szintű minőségértékelés nemzetközi módszertana kidolgozásának lehetőségeit. Ez a vizsgálat is a képzés kimeneti oldalára, valamint a belső minőségbiztosítás vizsgálatára koncentrál. A projektben Magyarországról a *Szent István Egyetem* Állatorvos-tudományi Kara vesz részt. (www.enqa.net, a *Publications* menüpontban)

#### *A MAB nemzetközi jelenléte*

E cikk eddigi tárgyyszerű hangneméhez látványosan talán nem illik, mégis, szerénytelen-ség nélkül (valóban tárgyyszerűen) megállapítható, hogy a Magyar Akkreditációs Bizottság nemzetközileg az ilyen célra fordítható költségvetési forrásainak súlyos korlátozottsága ellenére „jelen van”. Amint az eddigiek-

ből is kiderült, a nemzetközi hálózatok munkájában aktívan, gyakran kezdeményezőként veszünk részt. Az *ENQA* vezető testületében a közép- és kelet-európai régiót *Róna-Tas András*, a MAB tiszteletbeli elnöke képviseli. A testület és a titkárság egyes tagjai rendszeresen – lehetőségeink és a meghívások függvényében – előadásokkal szerepelnek konferenciákon, részt vesznek szakértői munkaértekezleteken, egyéb szakértői munkában, véleményezésben, külföldi intézmények, programok értékelésében (például az *EUA* intézményértékelési programja keretében).

A MAB megalakulása, 1993 óta 9-11 szakértőből álló *Nemzetközi Tanácsadó Testületet* működtet, melynek éves ülései, s az azon megfogalmazott ajánlások együttese folyamatos segítséget (és minőségi kontrollt) jelentenek számunkra.

A MAB a nemzeti minőségértékelő szervezetek sorában az elsők között kezdeményezte – többek között éppen a fenti Tanácsadó Testület javaslatára – saját működésének külső nemzetközi szakértői értékelését. A rendkívül alapos és részletes vizsgálat jelentős nemzetközi érdeklődést keltett. (Szántó, 2000)

Nemzetközileg egyre inkább elvárt, hogy az egyes nemzeti szintű intézmény- illetve programértékelésekben külföldi szakértők is részt vegyenek. Különösen így van ez a kis országok esetében. (Az észte Felsőoktatási Akkreditációs Központ például kizárólag külföldi szakértőket kér fel az értékelésekre!) E téren, erőfeszítéseink ellenére, sajnos nem tudunk olyan jó eredményeket felmutatni, mint az kívánatos volna. Nem tudunk kellő számú külföldi szakértőt felkérni. Talán nem kell mondani, hogy nem a szándék hiányzik.

#### *Összefoglaló megállapítások*

1. Egy-egy felsőoktatási intézmény és programjainak belső minőségbiztosítása és a minőségbiztosítási intézkedések (rendszer)

szisztematikus belső értékelése az adott intézmény feladata és felelőssége.

2. Mind nemzeti (fogyasztóvédelem, értéket a pénzért), mind nemzetközi szempontok (képzések és diplomák nemzetközi elfogadottsága) miatt kívánatos azonban, hogy az intézmények és programok minősége és minőségbiztosítási rendszerei e tevékenységre szakosodott, külső szervezet(ek) által is rendszeres felülvizsgálatra, értékelésre kerüljenek.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> A hallgatói önkormányzatok európai szövetsége az EUA *Quality Culture* projektje kapcsán szögezi le: „A minőségi kultúrát külső testületnek kell értékelnie, hogy a felsőoktatási intézmények ne használhassák azt pusztán a külső minőségbiztosítási rendszer szigorának elkerülésére.” (ESIB, 2002, 66.)

3. A külső értékelő szervezetekkel szemben tevékenységük hitelessége és elfogadottsága szempontjából a legfontosabb nemzetközi elvárások a következők:

- függetlenség mind a felsőoktatási intézményektől, mind a kormányzattól;
- az értékelések pártatlansága és objektivitása (külföldi szakértők bevonása);
- átlátható és hatékony működés;
- saját belső minőségbiztosítás;
- tárgyszintű (diszciplináris) és minőségértékelési szakmai professzionalizmus.

---

Kulcsszavak: *akkreditáció, felsőoktatás, minőségbiztosítás, minőségértékelés, nemzetközi szervezetek*

---

#### IRODALOM

- Campbell, Carolyn – Rozsnyai, Christina (2002): *Quality Assurance and the Development of Course Programmes*. UNESCO – CEPES, Bucharest
- CHEA (2001): *Principles for US Accreditors Working Internationally: Accreditation of non-US Institutions and Programs*. [www.chea.org/pdf/internatl\\_principles\\_01.pdf](http://www.chea.org/pdf/internatl_principles_01.pdf)
- ENQA (2001): *Quality Assurance in the Nordic Higher Education - Accreditation-like Practices*. European Network for Quality Assurance in Higher Education, Helsinki
- ENQA (2002a): *A Method for Mutual Recognition*. European Network for Quality Assurance in Higher Education, Helsinki
- ENQA (2002b): *Regulation of the European Network for Quality Assurance in Higher Education*. [www.enqa.net/texts/regula.lasso](http://www.enqa.net/texts/regula.lasso)
- ENQA (2003): *Quality Procedures in European Higher Education*. Helsinki: European Network for Quality Assurance in Higher Education
- ESIB (2002): *European Student Handbook on*

- Quality Assurance*. The National Unions of Students in Europe, Brussels
- INQAAHE (2003), „Principles of good practice for an EQA agency”. [www.inqaahe.nl/public/docs/Principles.doc](http://www.inqaahe.nl/public/docs/Principles.doc)
- Szántó R. Tibor (szerk.) (2000): *The External Evaluation of the Hungarian Accreditation Committee*. Hungarian Accreditation Committee, Budapest ([www.mab.hu/english/doc/extevalh.doc](http://www.mab.hu/english/doc/extevalh.doc))
- Szántó Tibor (2003): Azonos alapképzési szakok párhuzamos akkreditációja és értékelése. in Magyar Felsőoktatás. 4-5-6. 53-54.
- Részletesebben: Szántó R. Tibor: Programme Accreditation in Hungary: Lessons from the Past, Plans for the Future. In Quality in Higher Education. megjelenés alatt
- Woodhouse, David (2003): *The Quality of Quality Assurance Agencies*. [www.inqaahe.nl/public/docs/ThequalityofEQAs.doc](http://www.inqaahe.nl/public/docs/ThequalityofEQAs.doc)
- Young, Kenneth E. et al. (1983): *Understanding Accreditation*. Jossey-Bass, San Francisco – Washington – London

# *A világ tudománya magyar diplomaták szemével*

## **A KÖZVÉLEMÉNY A TUDOMÁNPOLITIKA FORMÁLÁSÁBAN – BRIT TAPASZTALATOK –**

Szalai-Szűcs Ildikó

tudományos és technológiai attasé, London – ISzalai-Szucs@huemblon.org.uk

*A társadalmi igények, elvárások képviselője a tudománypolitika alakításában az Egyesült Királyságban szakmapolitikai prioritás. A következő írás rövid áttekintése a címben megjelölt terület elmúlt tízévi fejlődésének: a tudomány közérthetőségének igényétől a közvéleménynek a tudománypolitika formálásába való bevonásáig. Nem kíván teljes áttekintést adni a terület minden intézményi szereplőjéről, illetve a kérdésben született dokumentumról, sokkal inkább egy szemléletmód megjelenését és fejlődését hivatott szemléltetni, melynek során három intézmény tevékenységét követi figyelemmel, ezek a Royal Society, vagyis a brit Tudományos Akadémia, a tudósokat és a tudománypolitika képviselőit tömörítő Royal Institution, és a hagyományosan a legszélesebb közvélemény informálására létrejött The British Association for the Advancement of Sciences.*

Az Egyesült Királyságban jelenleg meghatározó az a szemlélet, amely a szakmapolitikák alakításában figyelembe kívánja venni a társadalom különböző csoportjainak igényeit,

véleményét. A brit kormányzati politikában ez – a terület sajátosságainak megfelelően – a szolgáltató jelleg hangsúlyozásától (lásd: oktatás, ipar-kereskedelem) a társadalmi véleményeknek a szakmapolitikába, részben kormányzati, részben nem-kormányzati szereplők révén szervezeten történő beépítéséig, különböző formákban jelentkezik.

A társadalmi igények fokozott és intézményesen elősegített képviselője a tudománypolitika formálásában is erőteljesen érvényesül. A közvélemény szerepének fontosságát már az 1993-ban kiadott kormányzati tudománypolitikai stratégiai dokumentum rögzítette. Az innovációt mint a gazdasági növekedés előfeltételét megjelölő *Realizing Our Potential: A Strategy for Science, Engineering and Technology* (1) című kormányzati dokumentum a tudomány és technológia közvélemény számára való hozzáférhetőségét, érthetővé tételét tudománypolitikai prioritásként határozta meg. Azzal együtt, hogy a közvélemény és a tudomány kapcsolatát támogató gondolkodásnak az Egyesült Királyságban igen nagy hagyományai vannak, a dokumentum alapvető változást hozott e

tekintetben azáltal, hogy a korábban főként a társadalomtudományok által képviselt kérdéskört hivatalosan a *tudománypolitika részévé* tette. Az említett stratégiai dokumentum megjelenése óta a ma leginkább „Tudomány a társadalomban” elnevezéssel jelölt problematika kezelése jelentős fejlődésen ment keresztül, amennyiben a tudomány közérthetővé tételére irányuló tevékenységből mára a *közvéleményt a tudománypolitika formálásába intézményesen* bevonni kívánó magatartás vált. Jelenleg a tudománypolitikáért felelős államigazgatási szervek, illetve független testületek tevékenységének szerves részét jelentik a társadalmi vélemények, érdekek beépítését célzó programok.

Az Egyesült Királyságban a tudománypolitika alakítása csakúgy, mint más szakmapolitikáké, számos kormányzati és nem-kormányzati szereplő együttműködésében valósul meg. A „Tudomány a társadalomban” elnevezéssel jelölt célterület fejlődésének vázlatos ismertetése során számos, szintén jelentős, de kisebb intézmény, valamint a kormányzati tevékenység elismerése mellett három független tudománypolitikai intézmény: a *Royal Society*, a *British Association for the Advancement of Sciences (BA)*, a *Royal Institution*, illetve az egészen a közelmúltig létező *COPUS* tevékenységére térünk ki részletesebben.

A tudomány széles közvélemény számára való „hozzáférhetősége” mint elvárás, nem új keletű az Egyesült Királyságban. A tudomány és a laikus társadalom közötti távolság felszámolására jött létre a *Royal Institution* 1799-ben, illetve a *The British Association for the Advancement of Sciences* 1831-ben. E hagyományt teremtő intézmények párhuzamos tevékenysége mellett *nem-kormányzati intézményes összefogásról* a kérdés XX. századi történetében 1985-től beszélhetünk. Ebben az évben jelentette meg ugyanis a *Royal Society The Public Understanding of Science* (2) című tanulmányát,

melynek ajánlásai alapján a három nagy múltú intézmény, vagyis a *Royal Society*, a *Royal Institution* és a *BA* létrehozta közös programját. Az annak keretében megalapított *COPUS* bizottság (Committee on the Public Understanding of Science) célja a tudományos eredmények közvélemény számára történő hatékony interpretálása, a tudomány képviselői és laikus társadalom közti kapcsolat közvetlenebbé tétele volt.

A *tudomány és társadalom* témakörben jelentős változást hozott a brit kormány 1993-ban készült tudománypolitikai stratégiai dokumentuma. A megelőző húsz év tudomány- és technológiapolitikáját elsőként áttekintő dokumentum a tudomány szerepének társadalmon belüli tudatosítását tudománypolitikai prioritásként jelölte meg. A dokumentum hatására tudományos és tudománypolitikában érintett kormányzati és nem-kormányzati szervezetek stratégiájában egyaránt megjelent ez a prioritás, így például a hét Kutatási Tanács, a tudománypolitikáért felelős kormányzati hivatal – az *Office of Science and Technology* és a közfinanszírozású kutatóintézetek tevékenységében. Ekkor a kérdéskört elsősorban a *public understanding of science* elnevezéssel illették, ami a tudományos élet és a laikus társadalom közti kommunikáció javítását jelentette. Az ilyen jellegű programok egyrészt a laikus társadalom felé irányultak a tudomány és annak társadalmi-gazdasági hasznosulása közötti összefüggések ismeretetésével, a közvélemény tudomány iránti érdeklődésének felkeltésével, másrészt a kutatókat célozták meg tevékenységük kommunikálásának szorgalmazásával és támogatásával, a közvélemény fontos szerepének a kutatói társadalomban való tudatosításával.

A *COPUS* működtetése mellett, az azt létrehozó és abban részt vevő intézmények folytatták saját kommunikációs tevékenységüket. Ezek az intézmények hagyomá-

nyos szerepüknek megfelelően különböző megközelítésből foglalkoztak a kérdéssel, s ez az intézményi profil mára még észrevehetőbben elkülönült. A tudomány és társadalom eltérő megközelítésének kialakulását, de a tudomány „társadalmisítása” mellett leginkább a közvélemény bevonásának előtérbe kerülését is felgyorsította az Egyesült Királyságban lezajlott BSE (kergemarhacór) krízis, majd a génmódosított élelmiszerekről megjelenő ellentmondásos hírek és tanulmányok. A társadalom bizalomvesztésének hatására a tudomány és a tudománypolitika képviselőiben egyre inkább érvényesült az a gondolkodás, amely a tudományos kérdésekről hozott döntésekbe szükségesnek tartotta a közvélemény bevonását. Ennek nyomán mind kormányzati, mind nem-kormányzati szervezetek részéről olyan projekteket indítottak, amelyek fórumok, viták keretében a különböző társadalmi csoportok véleményének a szakmapolitikába való beépítését célozzák.

A Lordok Háza 2000-ben publikált jelentésének (3) hatására, amely a tudomány eredményeinek általános elismertsége mellett megállapította bizonyos tudományos kérdések vonatkozásában a társadalom jelentős bizalomvesztését, a *Royal Society* létrehozta saját *Tudomány a társadalomban* elnevezésű programját. A 2000-ben megkezdett ötéves program már az új gondolkodásmódot tükrözi, vagyis a tudomány elfogadottságának növelése mellett a társadalmi vélemények szakmai körökhöz való eljuttatását is célozza. A program legfőbb elemeit azok a rendszeres, az ország különböző pontjain szervezett beszélgetések jelentik, amelyek aktuális kérdések megvitatását teszik lehetővé kutatók, helyi politikusok, médiaszemélyiségek, az egészségügy és más érdekelt területek szakértőivel. A program másik eleme az országgyűlési képviselők és tudósok munkájának kölcsönös megismertetését célzó projekt, amely a gyakorlatban azt jelen-

ti, hogy képviselők valamely laboratórium-ban töltenek néhány napot, illetve a kutatók az országgyűlésben tesznek látogatást. A program fontos része egy országos szintű fórum sorozat, amelynek keretében kutatók, a tudománypolitika képviselői, laikusok és különböző érdekelt társadalmi csoportok között strukturált eszmecsere, viták szerveznek egynapos programok formájában. Végül a *Tudomány a társadalomban* program negyedik vetülete egy tanácsadó szolgáltatás, amelynek részeként a *Royal Society* aktuális témákban elemzéseket, tanulmányokat készít egyrészt a tudománypolitika, másrészt a közvélemény számára fontos, napirenden levő kérdésekről, mint például a génmódosított élelmiszerekről.

A *Royal Society*, amely kb. 1300 hazai és külföldi tudóst fog át, tagságán keresztül igen alkalmas arra, hogy különböző tudományterületek egy adott kérdésben való állásfoglalását képviselje, illetve azt a tudománypolitika kormányzati formálói felé közvetítse. Emellett a laikus társadalom számára rendezett programjai lehetővé teszik a közvélemény és a szakma közti párbeszéd eredményének beépítését a kormányzati döntéselőkészítésbe.

A *Royal Institution* tevékenységében ugyan jelen vannak a közvéleménynek szánt programok, ezek azonban inkább tájékoztató jellegűek, a társadalom és döntéshozók közti közvetítő szerep itt kevésbé érvényesül. A *Royal Institution* a tudomány és a tudománypolitika kiemelkedő képviselőit tömörítő testületként inkább magas szintű fórumot biztosít aktuális kérdések megvitatására, és rendszeres kapcsolatot teremt tudósok és a tudománypolitika képviselői között.

A *BA* hagyományainak megfelelően inkább a tudomány népszerűsítésével foglalkozik, programjai a legszélesebb közvélemény elérését célozzák. Tevékenységének kiemelkedő megjelenítője az évente rendezésre kerülő *Nemzeti Tudományos*

*Hét*, amelyben a BA társszervezőként vesz részt. Az egy hétig tartó rendezvénysorozatra bármilyen intézmény bármilyen témában jelölhet előadást, vagyis a rendezvény a legváltozatosabb témákban a legszélesebb közvéleményt próbálja elérni. A BA külön programokkal jelentkezik fiatalok, gyerekek számára, továbbá társasági eseményekhez kapcsolódó tudománynépszerűsítő programokat szervez.

Amint látható tehát, a COPUS-t alapító három intézmény a „tudomány és társadalom” problematika más és más vonatkozásait célozza meg, hagyományos szerepüknek megfelelően. Az elmúlt évek során, az intézmények saját programjainak erősödésével párhuzamosan, a COPUS-vesztett jelentőségéből. Az egyes intézmények fokozódó aktivitása mellett a COPUSszerepének csökkenését az is okozta, hogy a szervezet nem tudta magáévá tenni azt a szemléletmódot, amely a társadalom igényeit mint valóságos alakító tényezőt veszi figyelembe. Végül a COPUS-t alapítók arra a megállapításra jutottak, hogy a szervezet által alkalmazott, a felülről való irányítást előnyben részesítő megközelítés már idejétmúlt, s ezért 2002 decemberében megszüntették – ez a lépés a szemléletváltás intézményes deklarációjának is tekinthető.

A tudomány és társadalom kérdéskörben a kormányzati és a nem-kormányzati szervezetek által folytatott tevékenységet jól szemlélteti egy aktuális és sok vitát kiváltó kérdés kezelése, mégpedig a *génmódosított (GM) növényekkel*/kapcsolatos brit álláspont kialakítása. A GM-vita ugyanis alkalmas arra, hogy a megközelítésen túl szemléltesse az egyes intézmények együttműködését is adott kérdésben. A brit kormány 2002 májusában társadalmi párbeszédet kezdeményezett a génmódosított növények és élelmiszerek témájáról, azzal a céllal, hogy a párbeszéd eredményeit beépítse a szakmapolitikai döntésekbe. A kormányzat által összefogott pár-

beszéd három részből áll: a) egy független szakértők által szervezett vitasorozatból, amely a legszélesebb közvélemény tájékoztatására és a vélemények feldolgozására hivatott; b) a Miniszterelnöki Hivatalon belül működő Stratégiai Hivatal projektjéből, amely az érintettek bevonásával a kérdés gazdasági vonatkozásait dolgozza fel; illetve c) a problémakomplexum tudományos vonatkozásainak összegzéséből, amelyet a kormány tudományos főtanácsadójának irányításával készítenek el.

Bár a GM-vita kormányzati kezdeményezés, abban különböző mértékben részt vesznek független tudománypolitikai intézmények is. A *Royal Society* mindenekelőtt a tudományos főtanácsadó által vezetett tudományos rész rendezvényeinek társszervezését vállalja, emellett publikálja a kormányzati projekt megvalósítása során készült egyes tanulmányokat. Ezen kívül saját *Tudomány a társadalomban* projektjén belül is foglalkozik a kérdéssel, így például a közelmúltban tanulmányt jelentetett meg a génmódosított növények ételmisszer-célú felhasználásának egészségügyi vonatkozásairól (4), illetve rendszeresen vitákat, beszélgetéseket szervez a témában. A BA részvétele a nemzeti dialógusban formálisabb az előző intézményénél, amennyiben rendszeresen és hivatalosan szerepel rendezvények társszervezőjeként. Ezenkívül saját kezdeményezésként számos, a széles közvéleménynek szánt előadást, beszélgetést rendez. A *Royal Institution* programjában természetesen szintén szerepel a génmódosított növények és élelmiszerek témaköre, azonban formális kapcsolata nincs a kormányzati programmal.

\*

Az Egyesült Királyságban a szakmapolitikák alakítása a kormányzati és nem-kormányzati szervezetek legtöbb esetben nem formálisan rögzített, hanem hagyományosan kialakult együttműködése útján történik. Ez érvé-

nyes a tudománypolitikára is, amelynek területén a jelenlegi brit kormányzat igen aktív és kezdeményező szerepet játszik a független tudományos intézmények, testületek mellett. E kooperációnak jó példája a tudománypolitikai prioritásként a kilencvenes évek elején megjelölt *tudomány és társadalom kapcsolatának javítása*, ami ma már a hagyományos ismeretterjesztés mellett a társadalmi vélemények, érdekek rögzítését és figyelembevételét jelenti a tudománypolitika egyes kérdéseinek formálásában. Az *alulról építkezés* egyre inkább érvényesülő szemléletmódjának alkalmazásában a nagy múltú intézmények, mint a Royal So-

ciety, a BA és a Royal Institution, nélkülözhetetlen szerepet töltenek be.

---

Kulcsszavak: *tudomány közérthetősége, tudománypolitikai prioritás, társadalom bizalomvesztése, társadalmi szervezetek, szakmapolitikák alakítása, társadalmi igények képviselője, döntési folyamat*

---

Internetes címek:

Royal Society: <http://www.royalsoc.ac.uk/>

Royal Institution of Great Britain: <http://www.ri.ac.uk/>

British Association for the Advancement of Sciences: <http://www.britassoc.org.uk>

---

#### IRODALOM

- 1 *Government White Paper. Realizing Our Potential: A Strategy for Science, Engineering and Technology.* HMSO, 1993
- 2 *The Public Understanding of Science.* Royal Society, 1985

- 3 House of Lords, Science and Technology Committee: *Third Report. Science and Society.* 23 February 2000
- 4 Royal Society: *Genetically modified plants for food use and human health –an update,* February 2002



# AZ ELEKTRONIKUS KORMÁNYZÁS SZAKÉRTŐI TÁMOGATÁSA AZ USA-BAN

Takács István

tudományos és technológiai attasé, Washington

Az Egyesült Államokban 2002 decemберében született meg az „*e-Government*” bevezetéséről szóló törvény. Ennek minél hatékonyabb és minél szélesebb körű alkalmazását kívánja előmozdítani az a szakértői tanulmány, amelyet egy különleges civil szervezet – a Council for Excellence in Government (CEG) – készített az e-kormányzással összefüggő nemzetközi tapasztalatokról.

Az 1983-ban létesült, magyarrá csak nehezen fordítható nevű intézmény (Tanács a Kormányzati Kiválóságért?) sajátosan amerikai, pártoktól független, nagy befolyású nonprofit szervezet, amelynek célja az, hogy szakértői (háttér-) munkával segítse a kormányzati munka hatékony, magas színvonalú megvalósulását. Innovációbarát „környezetet” próbálnak teremteni a kormányzás számára, konkrét állami akciókhoz, kezdeményezésekhez társulva. A CEG tagjai jelentős kormányzati tapasztalattal rendelkező vezető szakemberek a gazdaság, az oktatás és a közélet egyéb területeiről.

Az elektronikus kormányzásról szóló törvény alkalmazása során számos kihívással kell szembenézni. 2002-ben végzett felmérések (*Hart-Teeter*) kimutatták, hogy az ország közvéleménye jelentős várakozással tekint az elektronikus kormányzás bevezetésére, majd tökéletesítésére elé, elsősorban a közegészségügy, a közbiztonság és a közlekedés területén. Úgy tűnik, az amerikai átlagpolgár hajlandó elfogadni még a személyiségi jogok bizonyos korlátozását is, ha ezért

cserébe a kormány a polgárok sokoldalú biztonságát magasabb szinten garantálja. Általános vélemény szerint az *e-Government* program a kormányzati szervek időnként akadozó együttműködésére, koordinációjára is kedvező hatást fog gyakorolni.

Tanulságos, hogy a CEG szakértői tanulmánya kidolgozásakor, széleskörű nemzetközi tapasztalatok felmérésére is támaszkodva, tíz olyan kritikus elemet, tématerületet azonosított, ahol az elektronikus kormányzás bevezetésétől jelentős „hozadékot” lehet várni. Ezek mindegyikénél megjelöltek olyan országokat, ahonnan az amerikai szakértők jó megoldásokat vehetnek át, illetve pozitív tapasztalatok hasznosítására van mód. A tíz kritikus terület a következő:

1. *Új kormányzati struktúra kialakítása a szolgáltatások megszervezéséhez.*
2. *A jelenlegi kormányzati folyamatok, döntési mechanizmusok és az információ-áramlás feltérképezése az integráció előkészítéséhez.*
3. *A hagyományos és az elektronikus szolgáltatási rendszerek párhuzamos fenntartása a legszélesebb hozzáférhetőség érdekében.*
4. *Az e-government bevezetéséhez szükséges beruházások költség/haszon elemzése.*
5. *A „digitális vízválasztó” – a társadalom elektronikus hozzáférés szerinti megosztottságának csökkentése.*
6. *Az üzleti szféra és a fogyasztói társada-*

lom elvárásainak összhangba hozása a kormányzati szándékokkal.

7. Szabványosított eljárások, szoftverek legjobb megoldásainak átvétele és bevezetése, különös tekintettel az elektronikus hitelesítésre és a digitális aláírásra.
8. A biztonsági szempontok és a személyi adatok védelmének összhangba hozása; a közbizalom megőrzése a kormányzattal való online kapcsolatokban.
9. A tudásgazdaság megvalósítását célzó képzési programok a közsférában dolgozók részére.
10. A kormányzat és a magánvállalatok kölcsönösen előnyös együttműködésének úttjai; kormányzati feladatok elvégztetése

magáncégekkel; a kormányzati ellenőrzés racionalizálása.

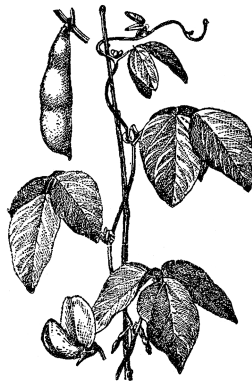
A CEG által a tárgyban készített tanulmányt 2003-ban az ENSZ munkaszerveinek is bemutatták.

---

Internetes címek:

Council for Excellence in Government: <http://www.excelgov.org/>

The New E-Government Equation: Ease, Engagement, Privacy & Protection conducted by Hart-Teeter on behalf of the Council for Excellence in Government and Accenture: [http://www.excelgov.org/usermedia/images/uploads/PDFs/egovpoll\\_2003.pdf](http://www.excelgov.org/usermedia/images/uploads/PDFs/egovpoll_2003.pdf)



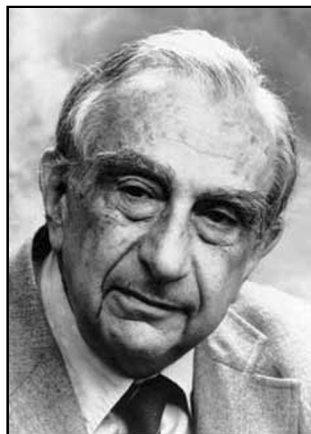
## Megemlékezés

Teller Ede professzor 96. életévében, ez év. szeptember 9-én, Stanfordban elhunyt. Személyében a 20. század zseniális természettudósát veszítettük el. Elsősorban fizikus volt, de gondolatai, eredményei hatottak és alkalmazást nyertek a természettudományok más területein is.

Teller Ede 1908. január 15-én született Budapesten, itt járt elemi iskolába és gimnáziumba. Édesapja (Teller Miksa) ügyvéd volt, aki fiának is jól jövedelmező pályát szeretett volna választani; vegyész mérnöknek szánta és

1925 szeptemberében beíratta a Budapesti Műszaki Egyetemre. Teller Ede egy félévig hallgatott itt előadásokat. A második félévet már a Karlsruhei Egyetemen végezte, ahol kémia, matematika és kvantummechanika előadásokat hallgatott. Az utóbbit Herman Mark professzor adta elő, és valószínű, ez volt az első hatás, ami a fizika felé irányította az ifjú Teller figyelmét.

Az 1928-as tavaszi szemeszterre már a Müncheni Egyetemre iratkozott be, ahol Arnold Sommerfeld előadásait is hallgatta. Ebben az évben tanulmányait megakasztotta egy müncheni baleset, amelyben elvesztette jobb lábát. A kórházi ápolás után Budapesten vakációzott, majd nem Münchenbe tért vissza, hanem a Lipcsei Egyetemre ment. Itt volt professzor Werner Heisenberg is, aki bevonta kutatómunkájába a magyar hallgatót. A hidrogénatom és ionizált hidrogénmolekulával kapcsolatos vizsgálá-



**TELLER EDE**  
1908 – 2003

tok eredményei képezték PhD téziseit, amelyeket 1930-ban védett meg. Lipcse után Göttingen követekezett, ahol James Franck munkatársa lett (1931-33). E periódus eredménye volt a Pöschl-Teller-féle egydimenziós potenciálfüggvény kidolgozása és levezetése (Pöschl-Teller, 1933), amely a hajlítási mozgások leírására szolgál.

1934-ben a Rockefeller Alapítvány támogatásával látogatott meg néhány intézetet és neves kutatót: Niels Bohrt Koppenhágá-

ban és Enrico Fermi Rómában. Niels Bohr intézetében ismerte meg az orosz származású George Gamowot, és a vele folytatott beszélgetések hatására kezdett foglalkozni a magfizikával. Amikor Gamow a George Washington Egyetemen professzor lett, 1935-ben Tellernek is szerzett itt állást. 1936-ban megjelent egy közös dolgozatuk (Gamow-Teller, 1936), amelyben leírták a béta-bomlás szelekciós szabályát, ezt azóta Gamow-Teller szabálynak hívják. 1938-ban közös dolgozatot publikáltak a termonukleáris reakciók elméletéről (Gamow – Teller, 1938). Teller egy visszaemlékezésében írta, hogy ebben az időben értették meg a Nap energiaforrását: a proton-proton fúziót és a pozitív béta-bomlás együttes megvalósulását. Ennek a magreakciónak a valószínűsége nagyon kicsi (a proton-proton ciklus átlagos ideje  $10^9$ - $10^{10}$  év), mégis a napban lévő protonmennyiséget figyelembe véve, elég ah-

hoz, hogy a Nap működését fenntartsa (még mintegy további  $5 \cdot 10^9$  évig).

Ezekben az években Teller professzornak volt elég energiája, hogy a magfizikához nem kapcsolódó, más tudományterületekre is kiránduljon és ott is maradandót alkosson. 1937-ben jelent meg dolgozata Hermann Arthur Jahn társaságában az elektronszerkezet és a molekulák geometriájának kapcsolatáról (Jahn-Teller, 1937). Ebben a dolgozatban kimutatták, hogy a degenerált elektronállapot torzul valamely normál koordináta mentén, és a rendszer energiaminimumának biztosításához a geometriának is torzulnia kell. Ezt a hatást azóta Jahn-Teller effektusnak nevezik. Az utóbbi időben a mágneses adattárolásra használt kolosszális mágneses ellenállást (KME) mutató anyagokban a KME jelenség mechanizmusának értelmezésére is felhasználják a Jahn-Teller effektust.

Egy teljesen másfajta jelenség, a nempórusos szilárd felületen lejátszódó több rétegű adszorpció is felkeltette Teller professzor érdeklődését. Ezzel a témával foglalkozik a Stephen Brunauer, Paul Hugh Emmett és Teller (BET) által publikált, 1938-ban megjelent dolgozat (Brunauer et al., 1938). Azóta a nempórusos szilárd anyagok felületét BET felületnek hívják, és az ilyen anyagok fajlagos felületét a BET egyenlet és a BET készülék segítségével határozzák meg. Ez az eredmény a színhagyomány szerint<sup>1</sup> úgy jött létre, hogy Brunauer (aki szintén magyar származású volt) egy hétvégén találkozott Tellerrel, és beszélt honfitársának témájáról, a gázok adszorpciójáról. Teller másnap átadta Brunauernek a jelenség matematikai leírását.

A rendszeresen megrendezésre kerülő Washingtoni Elméleti Fizikai Konferenciát (*Washington Conference on Theoretical Physics*) Gamow és Teller szervezte 1939

<sup>1</sup> Ezt a történetet Dr. Pászli Istvántól hallottam, akinek Nagy Lajos György professzor mondta el. Neki Shay Géza professzor továbbította a sztorit, aki ismerte Brunauert, az eredeti hírforrást.

januárjában. Itt számolt be Niels Bohr arról, hogy Otto Hahn és Fritz Strassman felfedezték a maghasadást. Ennek jelentőségét az Amerikában élő fizikusok azonnal felismerték, és ezután felgyorsultak az események.

Az akkor harmincegy éves Teller is ott volt a Long Island-i üdülőhelyen 1939. augusztus 2-án, ahol Albert Einstein és Szilárd Leó megírták az ismeretes levelet Roosevelt elnöknek, amelyben javasolták a Manhattan Terv létrehozását.

Teller professzor 1942-1946 között a Manhattan Project keretében tevékenykedett. Az atombomba etikai kérdéséről később könyvet is írt *The Legacy of Hiroshima* címmel (Teller – Brown, 1962).

Már a *Manhattan Project* idején felvette a termonukleáris (hidrogén) bomba kifejlesztésének lehetőségét, és folyamatosan szorgalmazta ennek megvalósítását. 1949 és 1952 között ő volt a Los Alamos Tudományos Laboratórium társigazgatója, ahol az első hidrogénbomba elkészült. Teller tevékenysége lényegesen hozzájárult ahhoz, hogy a Szovjetunió nem vált a termonukleáris bomba egyedüli birtokosává. A Reagan elnök idején elkezdett csillagháborús stratégia egyik kidolgozója, támogatója és propagálója szintén Teller Ede volt (Teller, 1987). Igen valószínű, hogy ez a program kényszerítette bele a Szovjetuniót egy olyan hidegháborús fegyverkezési versenybe, amelybe belerokkant. A hidrogénbomba kifejlesztésében és a csillagháborús stratégia kidolgozásában játszott kezdeményező szerepe révén *Teller professzor hatással volt a 20. század történelmére*.

1952-től idejét megosztotta a Radiation Laboratory, Livermore, a Lawrence Livermore National Laboratory intézetek és az University of California, Berkeley között. 1975-től a Stanfordi Egyetemen felállított Hoover Institution on War, Revolution and Peace-ben dolgozott haláláig.

Teller Ede egész életében kötődött a magyar kultúrához, a magyar nyelvhez, és figye-

lemmel kísérte a Magyarországon folyó eseményeket. Pontosan és precízen (angol szavak használata nélkül) beszélt magyarul, és kívülről tudott sok magyar verset. Kedvenc költője Ady volt.

Az 1989-90-es kelet-európai rendszer-változás után azonnal bekapcsolódott a magyar tudományos és társadalmi életbe. Ezután gyakran jött Magyarországra (volt olyan év, hogy kétszer is megtette a Stanford–Budapest utat) mindaddig, amíg egészsége engedte. Számos előadást tartott egyetemeken, az Akadémián és Magyarországon rendezett konferenciákon. Mindig gondolatébresztő, nagy élmény volt őt hallgatni. Így az 1991 augusztusában, Szombathelyen rendezett nemzetközi pozitronannihilációs konferencián előadást is tartott, a *Proceedings* előszavát is ő írta, és a diskussziókban is igen intenzíven részt vett. (Akkor nyolcvanhárom éves volt.) Az említett előszó utolsó két sora lefordítva így szól:

„A Szombathelyen rendezett, inspiráló konferencia, ha kis mértékben is, de hozzájárult hitünk megerősítéséhez, hogy a tudományos megismerés folyamata végtelen.”

A Kluwer gondozásában ez évben fog megjelenni az ötkötetes *Handbook of Nuclear Chemistry*. Januárban kértük Teller professzort, hogy írjon néhány bevezető gondolatot a sorozathoz. Az előszó márciusban megérkezett, első két mondata így szól:

„Az új gondolatokat nehéz befogadni; a bizalmatlanság és ellenállás gyakran gátolja az új tudomány és technológia feltárását és felhasználását. Elég, ha csak Galilei, Newton és Einstein művére és vesződségeire gondolunk, s azonnal látjuk, mekkora akadályokat kellett leküzdeniük.”

Teller Ede életműve hatalmas. Számos tudománnyal és annak népszerűsítésével foglalkozó dolgozatot írt, és mintegy ötven könyvet publikált. (Többnyire társszerzőkkel.)

Mintegy harminc egyetemnek és tíz akadémianak volt tiszteletbeli doktora, illetve tagja. A Magyar Tudományos Akadémia 1990-ben választotta tiszteleti tagjává, és az Eötvös Loránd Tudományegyetem díszdoktorává avatta 1991-ben.

Eredményeit hatvan díj és kitüntetés ismerte el. Elnöki kitüntetést kapott John Kennedy elnöktől (1962), két alkalommal Ronald Reagan elnöktől (1982 és 1989) és 2003 júliusában George W. Bush elnök tüntette ki az Elnöki Szabadság Éremmel (Presidential Freedom Award).

A Magyar Köztársaság Elnökétől 1990-ben A Magyar Köztársaság Rubinokkal Ékesített Zászlórendje és 1994-ben A Magyar Köztársasági Érdemrend középkeresztje a csillaggal kitüntetést kapta. Ő volt az első, aki 2001-ben megkapta az újra életre hívott Magyar Corvin-láncot a Magyar Köztársaság Miniszterelnökétől.

Teller Edét gyászolja a világ természet-tudományos társadalma.

Vértés Attila

#### IRODALOM

- Brunauer, Stephen – Emmett, Paul Hugh – Teller, Edward (1938): Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. *Journal of the American Chemical Society*. 309.
- Gamow, George – Teller, Edward (1936): Selection Rules for the Beta-Disintegration. *Physical Review*. **49**, 895.
- Gamow, George – Teller, Edward (1938): The Rate of Selective Thermonuclear Reactions. *Physical Review*. **53**, 608.
- Jahn, Hermann Arthur – Teller, Edward (1937): Stability of Polyatomic Molecules in Degenerate Electronic States I – Orbital Degeneracy. *Proceedings of the Royal Society of London Series A*. **161**, 220.
- Pöschl, G. – Teller, Edward (1933): Bemerkungen zur Quantenmechanik des anharmonischen Oszillators. *Z. Physik*. **83**, 143.
- Teller, Edward – Brown, Allen (1962): *The Legacy of Hiroshima*. Garden City, New York
- Teller, Edward (1987): *Better A Shield Than A Sword*. Free Press/Macmillan, New York

# Kitekintés

## A SÖTÉT ENERGIA LÉTEZIK

1998-ban szupernóafelvételek elemzéséből következtették ki, hogy a Világegyetem – a korábban gondolttal éppen ellentétesen – egyre gyorsuló ütemben tágul. A tágulás üteme csak úgy fokozódhat, ha valamilyen hatás a gravitáció ellen dolgozik, ez az ismeretlen valami kapta a „sötét energia” (dark energy) nevet, a sötét szó itt az ismeretlenségre utal. Nemrég újabb bizonyítékot találtak az antigravitációs hatás létezésére. Az általános relativitáselmélet szerint a nagy tömegek gödröcskét keltenek a téridő szerkezetében. Ha ebbe egy foton beesik, akkor beesése közben energiát nyer, kifelé jöve pedig ugyanannyit veszít, ha a gödröcske szimmetrikus. A sötét energia viszont eltorzítja a gödröcskét, a foton energianyereséggel jön ki a gödröcskéből. A foton több időt tölt a laposabb gödröcskében, emiatt is nő az energiája. Nem kell mást tenni, mint összehasonlítani a gravitációs gödröt megjárt fotonok és az ilyen akadállyal nem találkozott fotonok jellemzőit. A WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) műhold minden korábbinál pontosabban és részletesebben térképezte fel a Világegyetem mikrohullámú háttérsugárzásnak irányeloszlását. Ezt az eloszlást hasonlították össze a SDSS (Sloan Digital Sky Survey) térképeivel, amelyek a galaxisok eloszlását mutatják. Az összehasonlító elemzés szerint a mikrohullámú háttérsugárzás melegebb a galaxisokhoz közeli irányokból, ezek a fotonok tehát beleestek a torzult gravitációs kútba, vagyis a sötét energia létezik. Az SDDS-adatgyűjtés 2006-ban zárul, addigra a mai adatmennyiség a két és félszere-

sére nő. Megbízhatóbb összehasonlításra, finomabb elemzésre lesz lehetőség. Talán választ kaphatunk arra is, vajon a sötét energia erőssége változik-e az időben.

Seife, Charles: Dark Energy Passes Another Test. *Science*. 301, 25 July 2003. 449.  
<http://www.sdss.org/>  
<http://map.gsfc.nasa.gov/>

*J. L.*

## ÚJ ELEMI RÉSZECSKÉK

Új, korábban nem ismert részecskefeleségeket fedeztek fel több laboratóriumban, az új részecskék négy, illetve öt darab kvarkból állnak. Az erős kölcsönhatásban részt vevő részecskék valamennyien hatféle kvarkból és azok antikvark párjából épülnek fel. A mezonok egy kvark-antikvark párból, a baryonok (köztük az atommagot alkotó proton és a neutron) három kvarkból állnak. Mind-egyik tehát csak két, illetve három kvarkból álló részecskéket figyeltek meg. Az erős kölcsönhatás elmélete, a kvantum-szindinamika azonban nem zárja ki háromnál több kvarkból álló részecskék létezését sem.

Japánban (Osaka), az amerikai Newport Newsban, a Jefferson Nemzeti Laboratóriumban és Moszkvában, az ITEP Intézetben végzett ütközési kísérletekben a céltárgy atommagban a gerjesztés után átcsoportosultak a kvarkok, és a bomlástermékek között megjelent a „pentakvark”, egy öt kvarkból álló részecske, amely a  $\Theta^+$  nevet kapta. A három kísérletben más-más céltárgy atommagot és eltérő gerjesztési megoldást alkalmaztak,

ezért biztató és megnyugtató az egybehangzó eredmény. Az sem zárható ki azonban, hogy az új részecske nem egyetlen részecske, hanem egy kétkvarkos mezon és egy háromkvarkos barion kapcsolódott össze valamilyen molekulaszzerű képződménnyé. Egyértelmű választ az új részecskén végzett elektronszórási kísérletekkel lehetne nyerni, ez jelenleg még kivihetetlen.

Kaliforniában a SLAC (Stanford Linear Accelerator Center) kutatóközpontban újfajta, egy nehéz bájos kvarkból és egy könnyebb ritka antikvarkból álló mezont hoztak létre. (A *bájos* és a *ritka* név egyszerűen a kvarkféleségek megkülönböztetésére szolgál, nem jelent valós tulajdonságot.) Az új részecske létezése nem meglepetés, de tulajdonságai (például a vártnál kisebb tömege) alaposan eltérnek a modellszámítások alapján várttól. Lehetséges, hogy nem kétrészecskés mezon, hanem két-két mezon összekapcsolódásával létrejött négyrészecskés, molekulaszzerű képződményre bukkantak. Az adatgyűjtés folytatódik.

Seife, Charles.: Evidence for  $\bar{c}$ Pentaquark Particle Sets Theorists Re-Joyce-ing.<sup>1</sup> Science. **301**, 11 July 2003, 155.; Close, Frank: Strange Days. Nature. **424**, 24 July 2003. 376–77.  
<http://www.slac.stanford.edu/>

J. L.

---

## GYÉMÁNT FÉLVEZETŐ

A gyémánt kiváló félvezető anyag, sok tekintetben jobb, mint a ma széles körben használt szilícium. Az áramkörök 400 °C feletti hőmérsékleten is működőképesek maradnak, és a szilíciumnál jóval nagyobb teljesítményt viselnek el. A gyakorlati alkalmazásokhoz nagyfelületű egykristály gyémántlapkákra

<sup>1</sup> Szellems szójáték, a névadó, Murray Gell-Mann a kvark (quark) szót James Joyce *Finnegans Wake* című művéből vette.

lenne szükség. A gyémántszeleteket epitaxiális növesztéssel hozzák létre. (Epitaxiális növesztés: a növesztett réteg a hordozó kristályszerkezetének pontos leképezése.) Gyémántréteg természetesen növeszthető gyémántra, de így csak kis felületű szeleteket lehet előállítani. Sokféle kristályos anyag kipróbálása után az irídiumra való növesztés tűnt a legjobb megoldásnak. Egykristályos irídiumréteget azonban nem sikerült önmagában növesztetni, ehhez is hordozó kell. Magnézium-oxid és stroncium-titán-trioxid hordozóra jól növeszthető irídium, de kellően nagy felület ezekkel sem érhető el. Az epitaxiális növesztés befejeztével az anyagok eltérő hőtágulása miatt is gondok jelentkeznek. Más anyagot kellett keresni, újabban a zafir látszik a legígéretesebbnek. A zafir kémiailag és mechanikailag stabil, kristályai jó minőségűek és kellően nagy méretűek. A nagy felületű gyémánt félvezető lapka készítése tehát két lépésben zajlik: először zafir felszínre párolnak irídiumot, majd az irídium egykristály felületére gyémántot. A lapkakészítés technológiájának megoldásával párhuzamosan gyémántáramkörök kifejlesztésén is dolgoznak.

Lásd erről még: Gyémánttranszisztor. (Kitekintés – J. L.). Magyar Tudomány. 2003. 2, 275.  
Lee, S. T. – Lifshitz, Yeshayahu: The Road to Diamond Wafers. Nature. **424**, 31 July 2003. 500-501.

J. L.

---

## AMERIKAI FIZIKUSOK A TERVEZETT RAKÉTAVÉDELMI RENDSZERRŐL

Az Amerikai Fizikai Társulat (APS) tanulmánya szerint a tervezett rakétavédelmi rendszer megvalósíthatatlan. Az APS 1987-ben Reagan elnök csillagháborús tervét elemezte, és kimutatta, hogy az űrbe telepített nagy-

energiájú lézer- és részecskenyalábokkal tervezett rakétavédelem műszakilag kivihetetlen. Az USA jelenlegi nemzeti rakétavédelmi terve szerint az ellenséges ballisztikus rakétákat repülésük korai szakaszában, még a felszálló ágban fogják megsemmisíteni. Egyes szakértők szerint a rakétákat egyszerűbb lehet felszálló, mint a célra tartó, leszálló fázisukban megsemmisíteni, de az APS elemzése szerint ez egyértelműen lehetetlen. „A belátható jövőben az országot még az első generációs, szilárd hajtóanyagú interkontinentális ballisztikus rakétáktól (ICBM) sem lehet a felszálló ágban megvédeni.” A folyadék hajtóanyagú ICBM-k hajtóműve kb. négy percig, a szilárd hajtóanyagoké kb. három percig működik. Ebbe a néhány percbe kellene beleférnie az ellenséges rakétaindítás észlelésének, az ellenintézkedés megvalósításának, a felszálló rakéta elpusztításának. Az elemzés szerint egy Iránból indított rakétát csak egy a fellövési helyhez közeli országból indított ellenrakétával lehetne megsemmisíteni, de szilárd hajtóanyagok rakéta ellen még így is kevés lenne az idő. Észak-Koreából induló rakétát csak az országhoz közel állomásozó, állandóan riadókézsültségben levő hajóról lehetne kivédeni.

A szakértő fizikusok a rakéták levegőből (repülőgépről) történő lézeres lelövését is lehetetlennek tartják. Folyékony hajtóanyag rakétákat maximum hatszáz kilométer, szilárd hajtóanyagokat maximum háromszáz kilométer távolságból lehetne lézerral megsemmisíteni. A szilárd hajtóanyag rakéták masszívabbak, jobban ellenállnak a hőhatásnak, ideális körülmények között sem lehetne lézerral megsemmisíteni őket. Tovább bonyolítja a helyzetet, hogy a hajtóművek üzemelésének néhány perce alatt a rakéta pályája megjósolhatatlan, ami alaposan megnehezíti a rakéta nyomon követését és megcélzását. Hírszerzési becslések szerint Irán vagy Észak-Korea egy-két évtizeden belül fejleszthet ki szilárd hajtóanyagú raké-

tákat, addig pedig a mai védelmi technika is elavul. A rakétavédelem tervezett költségeit (2004-ben 9,1 milliárd USD) a tanulmány nem is minősíti.

Seife, Charles: Report Says Early Strikes Can't Shoot Down Missiles. *Science*. **301**, 18 July 2003. 287.

A jelentés: Report of the APS Study Group on Boost-Phase Intercept Systems for National Missile Defense - July 15, 2003. [www.aps.org/public\\_affairs/popa/reports/nmd03.html](http://www.aps.org/public_affairs/popa/reports/nmd03.html)

J. L.

## ARKHIMÉDÉSZ ÉS A SZUPERGYORS TENGERALATTJÁRÓ

Mi történik Arkhimédész törvényével (minden vízbe mártott test...), ha egy nagyon gyorsan mozgó testre alkalmazzuk? Tegyük fel, hogy egy nyugalomban levő tengeralattjáró sűrűsége pontosan megegyezik a vízével, a tengeralattjáró tehát lebeg. Ha a hajó a fénysebességhez közeli sebességgel mozog, akkor a relativitáselmélet szerint megnő a tömege és csökken a hossza. Kisebb helyen nagyobb tömeg, a sűrűség megnőtt, tehát a test lesüllyed. A hajón levő kapitány, nevezzük Nemónak, viszont úgy érzi, hogy a tengeralattjárója áll, miközben a víz közel fénysebességgel rohan el mellette. Megnő az egyes vízmolekulák tömege, kisebb helyre szorulnak össze, vagyis a víz sűrűsége megnő, a hajó tehát úszik. Paradoxonhoz jutottunk, a hajó nem süllyedhet és úszhat egyidejűleg. George Matsas fizikust (São Paulo Állami Egyetem, Brazília) hallgatója kereste meg a paradoxonnal, kiderült, hogy a problémát nem oldották még meg. Matsas az általános relativitáselmélet egyenleteibe illesztette be a mozgó tengeralattjárót. Az eredmény egyértelmű: a hajó lesüllyed. A felhajtóerő ugyanis a gravitáció függvénye, a gyorsan mozgó testre a Föld nagyobb gravi-

tációs erőt fejt ki, mint az állóra. A víz sűrűségének bármilyen növekedését a nagyobb gravitációs erő kompenzálja. Az álló megfigyelő a hajó megnövekedett sűrűségének, a mozgó hajón tartózkodó Nemo kapitány pedig a megnövekedett gravitációnak tulajdonítja a süllyedést. Az Arkhimédész-törvény nagy sebességű és gravitációjú esetekre való kiterjesztése felhasználható lesz a neutroncsillagok és fekete lyukak körül befelé áramló gáz viselkedésének elemzésére is.

Seife, Charles: Souped-Up Archimedes Equation Torpedoes Submarine Paradox. *Science*. **301**, 8 August 2003. 747.

J. L.

## ÖSSEJTBŐL TÜDŐSEJTEK

Első ízben sikerült elérni, hogy felnőtt csontvelőből származó vérképző őssejtek tüdősejtekké alakulva segítsék a beteg tüdő gyógyulását. A vizsgálatokat az amerikai *University of Vermont* orvosai végezték Benjamin T. Suratt vezetésével. Tudományos cikkük egy interneten is elérhető amerikai szakmai folyóiratban jelent meg, augusztus elején.

Férfiakból származó őssejteket nöbbe ültettek be, így a tüdőben létrejött új sejtekről egyértelműen meg lehetett állapítani, hogy valóban az őssejtekből származnak-e. Eredményeik azt mutatják, hogy csontvelői őssejtek képesek a tüdőben a bajt „felismereni” és meg is próbálják orvosolni, megpróbálják a beteg sejteket pótolni. A kutatók szerint remény van arra, hogy előbb-utóbb számos tüdőbetegség gyógyításában lehet alkalmazni ezeket. Példaként a súlyos örökletes betegséget, a cisztikus fibrózist említik.

Suratt, Benjamin T. et al.: Human Pulmonary Chimerism after Hematopoietic Stem Cell Transplantation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. Vol 168. Issue 3, 1 August 2003, 318-322.

G. J.

## ÚJ ELMÉLET A SKIZOFRÉNIÁRÓL

Nem az idegsejtek biokémiai egyensúlyának megbomlása, hanem kóros sejtek okozzák a skizofréniát és a bipoláris betegségnek is nevezett mániás depressziót. Brit kutatók számoltak be új elméletükről az egyik neves orvosi folyóiratban. A cambridge-i Babraham Intézetben Sabine Bahn vezetésével olyan elhunytak agyának genetikai elemzésével végeztek vizsgálatokat, akik életük során mániás depresszióban, skizofréniában vagy mindkettőben szenvedtek. 22 ezer gén elemzésével megállapították, hogy a betegek agyszövetében elégtelenül működik több olyan gén, amely az idegrostok szigetelőanyagának, a myelin hüvelynek kialakításában vesz részt. A kutatók feltételezik, hogy a szigetelés hibáinak következményeként az idegsejtek kommunikációjában zavarok lépnek fel, és ezek okozzák a tüneteket. Ha az elmélet igaz, egészen új típusú pszichiátriai gyógyszerekre van szükség: a mostaniak ugyanis bizonyos ideg-ingerület-átvivő anyagok mennyiségének növelésén keresztül érik el a betegek állapotának javulását, alkalmazásukat tehát enyhíti a tüneteken, de nem szünteti meg a betegségek okait. A *The Lancet* cikkéről a *Nature* internetes folyóirata, a *Nature Science Update* is beszámolt szeptember 5-én.

Tkachev, Dmitri et al.: Oligodendrocyte Dysfunction in Schizophrenia and Bipolar Disorder. *The Lancet*. Vol. 362, No. 9386, 6 September 2003, 798-805.

Pearson, Helen: Genes Point to Schizophrenia Cells. <http://www.nature.com/nsu/030901/030901-11.html>

G. J.

## TÜDŐRÁK ÉS GÉNEK

Vajon mi az oka annak, hogy habár a tüdőrákban szenvedő emberek kilencven százaléka dohányos, csak minden tízedik cigarettázó kapja meg a nagyon súlyos betegséget?

Erre a kérdésre próbáltak válaszolni az izraeli Weizmann Intézet ([www.weizmann.ac.il](http://www.weizmann.ac.il)) kutatói, akik találtak is egy olyan genetikai rizikófaktort, amely jelentősen növeli a tüdőrák kialakulásának esélyét.

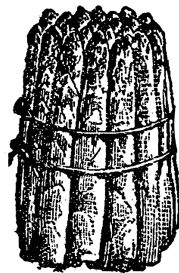
A kutatók, Zvi Livneh professzor és dr. Tamar Paz-Elizur vezetésével évek óta azt tanulmányozzák, hogy a sejtekben működő, az örökítőanyag hibáit kijavító mechanizmus milyen szerepet játszhat a rák kialakulásában. Szervezetünkben ugyanis a DNS-t naponta érik sérülések, és ha ezeknek a reparációja elmarad, daganatos sejtek keletkezhetnek. Livneh és munkatársai ennek a rendszernek egyik tagját, az OGG1 nevű javító enzimet vizsgálták, amely kihatja a DNS-ből azokat a darabokat, amelyeket egyes, a dohányfüstben is megtalálható szabad gyökök károsítottak. Kidolgoztak egy olyan tesztet, amelynek segítségével vérből mérhető, hogy valakinek a szervezetében milyen aktív az OGG1. Megállapították, hogy míg az átlagnépesség négy százalékában fordul elő, hogy ennek az enzimnek az aktivitása alacsony, addig a tüdőrákos betegek negyven százalékáról mondható ez el. A kutatók szerint ez azt jelenti, hogy azok az emberek, akikben az OGG1 nem dolgozik kielégítően, ötször-tíz-szer fogékonyabbak a rákos betegségekre.

Mivel a dohányzás tovább növeli a kockázatot, azt állítják: egy dohányos, akiben ez az enzim nem elég aktív, százhuszszor nagyobb eséllyel kap tüdőrákot, mint egy olyan ember, akinek OGG1 szintje átlagos, és nem cigarettázik. Azt állítják: az általuk kidolgozott vértesztet érdemes lenne elvégezni minden dohányosnál, hogy tisztában legyen vele, ha fokozott veszélynek van kitéve. Ugyanakkor hangsúlyozzák, hogy természetesen a pozitív vérteszt, azaz az alacsony enzimaktivitás nem jelenti azt, hogy valakinek biztosan tüdőrákja lesz, és a negatív sem biztosíték arra, hogy az illető védett a betegséggel szemben. Nem beszélve arról, hogy a cigarettázás más daganatok, illetve a szív- és érrendszeri kórképek kialakulásának esélyét is növeli, és hogy ezek milyen kapcsolatban vannak ezzel az OGG1 enzimmal, azt még nem tudni. Az izraeli kutatók cikke az Amerikai Nemzeti Rákintézet lapjában, a Journal of the National Cancer Institute szeptemberi számában jelen meg.

Paz-Elizur, Tamar: DNA Repair Activity for Oxidative Damage and Risk of Lung Cancer. Journal of the National Cancer Institute. Vol. 95, No. 17, 3 Sept. 2003, 1312-1319.

G. J.

Jéki László – Gimes Júlia



## Könyvszemle

### *Két könyv a pécsi tudományos műhelyből*

Két könyv, két téma, két tudományág, látószólag semmi közük egymáshoz. Mégis legalább két ponton találkoznak: a franciák és az arabok története a kora középkorban s napjainkban keresztezi egymást; a szerzők pályája pedig a Pécsi Tudományegyetemen fut össze. S a recenzens akár így is kezdhetné volna: két könyv a pécsi tudományos műhelyből.

Hahner Péter munkáját a Műszaki Könyvkiadó jelentette meg. S hogy miért a Műszaki? (A szépírók munkáit gondozó kiadók pedig lézertechnikáról, az épületek szerkezetéről, s ehhez hasonlókról adnak ki könyveket?) Akármilyen legyen is a válasz, a Műszaki jól tette, hogy elkezdett egy országtörténeti sorozatot, melynek legújabb darabja a Franciaország történetéről szóló munka. Azt pedig csak dicsérni lehet, hogy a könyvek megírását magyar szerzőkre bízta. Az országtörténet persze nem ismeretlen a magyar historiográfiában. Franciaország történetéről a hatvanas évek végén Zsigmond László (*Franciaország 1789-1968*. Budapest, Kossuth Kiadó, 1969) már írt, s csak sajnálni lehet, hogy Hahner Péter erről semmit sem jelzett bibliográfiájában. Ezen és más előzmények (a Maecenas országtörténeti sorozata külföldi szerzőkkel) ellenére a Műszaki vállalkozása újdonság, mert az adott országot a kezdetektől napjainkig mutatja be. Franciaország esetében Julius Caesar és a sokkoló 2002-es elnökválasztás a két határpont. A szerző erre 320 oldalt kapott, s ebbe a fejezetek végi kronológiának s a függeléknek is bele kellett férnie. (Apropó függelék! Az *idegen*

*nevek kiejtés* részben található Vincennes helyes kiejtése *venszenn*, s nem *venszann*.)

A több mint kétezer esztendő történetének megírása igazi kihívás történészek, kiadónak. Az utóbbi választhatta volna azt a megoldást, hogy az egyes fejezeteket az adott kor specialistájára bízta. Szerencsére nem ezt tette, hanem egyetlen szerzőt bízott meg a feladattal. S ez akkor is jó megoldás, ha tudjuk, hogy Hahner Péter a kora középkorban nem olyan otthonos, mint a 18. században vagy a francia forradalom történetében. Az egyszerűs változatnak az az előnye, hogy az olvasó egységes, kiegyensúlyozott képet kap Franciaországról. S ennek Hahner Péter valóban a specialistája. Nem csupán azért, mert jó tollú író, hanem azért is, mert jó történész, aki nem vész el a részletekben, aki tudja, miből mennyi kell ahhoz, hogy egy-egy periódust úgy rajzoljon meg, hogy politika, gazdaság, társadalom, sőt még a kultúra is beleférjen. Ez persze tömörségre kényszeríti a szerzőt, s közben előfordulhat, hogy egy-egy megállapítás félreértésre ad lehetőséget. „*Franciaország... szerződéseket kötött a trianoni szerződés hasznélvezőivel, Jugoszláviával, Romániával és Csehszlovákiával. (Ezt nevezték kisantantnak).*” – olvasható a könyvben. Kétséggkívül az említett három ország alkotta a kisantantnak, eredetileg *Apró-Antant*-nak nevezett tömörülést, de nem a Franciaországgal kötött szerződések hozták létre. Sőt, s ez nem igazán ismert, Franciaország ellenére, ellene alakult meg 1920-ban, hogy ellensúlyozza azt a Maurice Paléologue nevéhez kapcsolódó politikát, amely Budapestet akarta Párizs dunai politikájának központjává tenni. E politika elleni tiltakozás volt a kisantant mag-

vát jelentő csehszlovák-jugoszláv egyezmény 1920-ban, amelyben a trianoni béke által létrehozott Közép-Európa fenntartására szövetkeztek. Románia csak 1921 áprilisában köt szerződést a két országgal, s ekkorra már a francia külpolitika is a kialakult közép-európai status quo elvét és gyakorlatát képviselte, a kisantant pedig valóban Párizs keleti politikájának egyik pillére lett. Az előbbi eset persze semmit sem von le a könyv pozitívumaiból, amelyekhez még azt is hozzátehetjük: a kétezer éves francia történelem megrajzolása közben megismerjük a szerző saját véleményét is. Az persze nem biztos, hogy az olvasó majd mindennel egyetért. Az a szubjektivitás azonban, amit Hahner Péter megenged magának, csak jót tesz tudományak, ismeretterjesztésnek egyaránt.

Tudomány és ismeretterjesztés a két kulcsszó Kéri Katalin munkájában is. Helyzete azonban kedvezőbb, mint Hahner Péteré, mivel nem csupán ecsetvonásokra kapott lehetőséget, hanem arra, hogy alaposabban körbejárja a középkori muszlim művelődéstörténetet, s ezen belül a nevelés világát. A szerző az Iskolakultúra-könyvek 16. kötetében azt az iszlám civilizációt igyekszik bemutatni, amely jelentős hatással volt az európai tudományos gondolkodás alakulására. Időben ez a 7. századtól a 14-15. század fordulójáig terjedő szellemi kalandozásra ad lehetőséget. S ebbe Mohamed, az iszlám középkori története, az iszlám tanításai éppúgy beleférnek, mint az oktatás, a művelődés különböző területei. Kéri Katalin nem csupán a szakirodalom (angol, francia, spanyol és magyar nyelvű munkák, az interneten található feldolgozások) eredményei alapján készítette el összefoglalóját, hanem felhasználta a rendelkezésére álló publikált arab forrásokat is az előbb jelzett nyelveken. Azt sem árt megjegyezni, hogy a szerző az arab nyelvet is ismeri. Ennek köszönhető az arab nevek, kifejezések gondos és pontos használata, s az, hogy a nyelv segítségével

nemcsak érti, de érzi is az általa bemutatott világot, az európaítól eltérő mentalitást, és ezt az olvasónak is közvetíteni tudja. Amit a szerző nevelésügy cím alatt bemutat, valójában egy szűkebb, német értelmezésű civilizációtörténet, amely az emberi élet szellemi oldalát foglalja magában. S ha valaki nem ismeri ezt a világot, meglepődhet, hogy a 9. században már könyvesboltok voltak, s Bagdadban megépült a Bölcsesség Háza nevű tudományos központ, a világ első nyilvános könyvtárával. Az oktatásban nagy szerepet kapott a memorizálás, mert az iszlám világában fontos értéket képviselő tudás egyik pillérének tartották, s ezen a téren fantasztikusak a teljesítmények: egy ember akár 20 ezer, vagy ennél több sorból álló költeményt is képes volt megtanulni. Ez azért volt fontos, mert csak bizonyos ismeretanyag után képes a diák arra, hogy kérdezzen. S ha ezt nem tette, szégyenletes dolognak tartották. Mintha a számítógépes korszak előzményeit látnánk, hiszen a mai kor meghatározó eszközét is csak akkor tudjuk kihasználni, ha előtte rengeteg információt tápláltunk bele. Az iszlám főleg azzal gyakorolt hatást az európai gondolkodásra, hogy átmentette az ókori értékeket, megismertette a keleti civilizációkkal, miközben a saját értékeit is közvetítette. A mongol hódítás következményeként azonban a 13. században Khorasszántól Bagdadig több évszázad anyagi és szellemi értéke ment tönkre. Paul Valéryt igazolja ezzel a történelem, miszerint a civilizációk halandóak. Vagy, végigolvasva a könyvet, inkább Fernand Braudelnek adunk igazat, aki szerint a civilizációk túlélnek a megvázkódásokat, mert elemeik vándorolnak, átmentődnek, s beépülve más civilizációkba, megtermékenyítik azokat? (*Kéri Katalin: Nevelésügy a középkori iszlámban. Iskolakultúra, Pécs, 2002. 211 p. – Hahner Péter: Franciaország története. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2002. 320 p.*)

Majoros István  
egyetemi docens, ELTE

## A G-35-ösök útja

Honvári János: A gépállomások története

Egy 1815-ben, Keszthelyen rendezett mezőgazdasági bemutatóról írták: „... a különféle ánglus és német találmányú szerszámokkal, melyek itt számosan találhatók, ... inkább csak próba gyanánt élünk, mert inkább csak mérésre, mint haszonra valók a mi hazánkban.” A furcsa, maradi nézet nem könnyen szorult vissza Magyarországon. Mezőgazdaságunk gépesítése – számos helyi kezdeményezés ellenére – kezdetleges volt, és olyan is maradt egészen a 20. század közepéig, utolsó harmadáig. A kemény, nehéz emberi munka mellett az agrártermelés, az áruszállítás az ígáslovakra, a jármozott szarvasmarhákra támaszkodott. Az 1938. évi összeírásakor is számba vettek még 1370 járgányos cséplőt és 5865 „tüzesgépet”, a szörvényosan előforduló traktorok, szállítógépek mellett.

Honvári János a világháborús „örökséggel”, a megmaradt gépekkel, az új helyzetekkel indítja vizsgálatát. A földosztás utáni állapotokkal. Amihez viszont hozzátartozott – és nem felejtendő ma sem – viszonylagos elmaradottságunk. Magyarországon a „gépjárművek” száma – a korabeli statisztikai szóhasználattal élve – mindösszesen (személy-, teher- és egyéb „gépjármű”) 24 208 volt 1938-ban. A Dunántúl méretű Dániában 154 ezer, Hollandiában 152 ezer gurult. Jellemzőnek tekinthető, hogy az egy gépjárműre jutó lélekszám hazánkban 375 volt akkor, amikor Dániában csak 24, Németalföldön 57. (De Nagy-Britanniában már csak 18 lakos jutott egy gépegységre.)

Az önmagát agrárszágnak meghatározó Magyarországon mind a mezőgazdasági gépgyártás, mind az agrártermelés gépesítettsége – néhány művelet, technológiai szakasz kivételével – még a követő színvonal gondjaival küszködött. A latifundiumok 1945.

évi felosztását követően a gőzerőre épített nagytechnika már nem érvényesülhetett, a közép- és kisgazdasági gépeltetés pedig megoldatlan volt. A háborús frontok elvonulása után a kevés traktorból, gépből is alig maradt valami. A mintegy milliót kitevő ló- és igázott szarvasmarha-állomány száma is jelentősen megcsappant.

Háborús veszteséget is, százados elmara-  
dást is miként lehetett pótolni? Hogyan kellett-lehetett a parancsoló szükségen úrrá lenni, milyen módon teremtett az ország vonóerőt a mezőgazdaságban? Erről számol be – éveken át végzett kutatási eredményeit közreadva – a győri egyetem gazdaságtörténésze, Honvári János.

A szerző az Állami Mezőgazdasági Gépszolgálat megalakulásától, az 1945-1948 közötti években importált nyugati traktorok leállításától kezdve tárgyalja az eseményeket és az azokat – oda-vissza – befolyásoló politikai folyamatokat a vizsgált témakörökben. Munkája a gépállomások átalakulásának – két évtizeddel későbbi – leírásáról, a gépek eladásának megszervezéséről szóló fejezettel zárul. „Azt a célt tűztem magam elé, hogy a magyar agrártörténetnek ezt a meglehetősen elhanyagolt, ugyanakkor fontos kérdését monografikus mélységgel feltárjam” – írja az előszóban. (Feltárára vár az állami gazdaságok története is!) A feltáráshoz tekintélyes levéltári munkát, szakirodalmi elemzést végzett (2675 lábjegyzet!). A forráskritika ugyan jobbára az olvasóra marad, nem is könnyű azt ellátni, de az adatgazdagság kétségtelen kompenzál.

A munka – a vállalt feladatnak és címének megfelelően – a gépállomási szervezet kialakulásának, működésének, a társadalmi (politikai) - gazdasági érdekek ütközésének szenteli a fő figyelmet, de helyet kapnak a különlegességek, a magyar sajátosságok is. Külön fejezetben található például *A minta, a szovjet gépállomások leírása* című rész, vagy az 1953. évi „új szakasz” gépesítési jogalkotási tárgya-

lása. Szerepel az üzemanyagjegy vagy például a tehénistálló gépesítése is. Korabeli FM-adatok alapján bemutatja, hogy a mezőgazdaság vonóerő-kapacitása (igázott tehének nélkül számítva) 1957-ben kisebb volt, mint 1935-ben (261. p.). Tényszerűen, minden pátoszt mellőzve számol be a gépszerelők, traktorosok képzésének mindennapjairól, tanrendjükéről, szálláshelyükről. Megemlíti azt is, hogy előbb (vagy párhuzamosan) még az oktatókat is oktatni kellett, a tanfolyamok résztvevőit pedig tanítani a jegyzetelésre, esetenként az írás-olvasásra is. Igen, a járomszög, az ostornyél, majd a kormánykerék között fokozatok találhatók. Még a G-35-ös körmös traktorok használatakor is...

Hasonló adatsorok szólnak a női traktorosokról. A szólammá silányított egyenlőség mindössze azt jelentette a valóságban, hogy a traktorosok között 6-6,7 % volt a nő 1952-ben, majd 1953-ban. (Ténylegesen még kevesebb, mert többen csak a nyilvántartásban – és a sajtóban – szerepeltek reklám-traktorosként, azaz más beosztásban dolgoztak.)

Érdemes kiemelni, hogy a munka szinte észrevétlenül, adataival, következetes csoportosítási módszerével dokumentál több, a korra és a témára vonatkozatható történeti jellemzőt. Egyre már utaltam azzal, hogy milyen mértékű volt az agrár-műszaki elmaradottságunk, vagyis honnan kellett indulni, mit lehetett folytatni a magyar mezőgazdaságban. (A különbségek még regionálisan is számottevőek voltak, mind a magántulajdonban lévő gépek számát, mind azok kezelését illetően.) Szerencsésen mutatja be a kutatás a szakmai (műszaki) érdekek, valamint a politikai (ideológiai, esetenként vulgármarxista) felfogás ismétlődő ütközését. A „legalább minden járásba gépállomást” politikai követelménye váltakozó eredménnyel győzött a jól működő, igényes gépszolgálat műszaki szemléletével szemben.

Egy harmadik, visszatérő jellemzője a leírásnak a mezőgazdasági nagygépek állami

monopóliuma (külön fejezetben is tárgyalja), illetve bizonyos eszközök, méretek, tulajdonformák fetisizálása.

Évtizedeken át macacsul tartotta magát az a nézet, hogy a nagygép (a szállítóeszköz, sőt a lól!) magántulajdonban (csoporttulajdonban is, lásd tsz.) társadalmilag veszélyes; nem engedélyezendő. Még a vizsgált időszakon túl, a hetvenes években is ragaszkodtak ahhoz – nem mezőgazdasági, hanem közlekedési döntési szinteken –, hogy nagytraktort, tehergépkocsit a mezőgazdasági szervezetek tagja ne birtokolhasson, jóllehet már a mutatványosnak, a vándorméhésznek stb. jogszabály tette lehetővé a tehergépkocsi-vásárlást. (A tilalmat csak 1980 tavaszán oldotta fel a KPM.)

Láthatóvá teszi a szerző azt is, hogy a vizsgált két évtized politikai-gazdasági vezetői hogyan foglaltak állást egy-egy kérdésben, vagy éppen miképp uralták a terepet a minisztériumi szovjet tanácsadók, esetleg maga az apparátus. A levéltári források némelykor új megvilágításba helyezik egy-egy fellépését olyan korabeli vezetőknek, mint Erdei Ferenc, Keresztes Mihály, Hont János, Soós Gábor vagy Dimény Imre, Rázsó Imre, Keserű János. Kortársaik számára is jelenthet újat egy-egy levéltári lelet. Indokolt lenne ezért is – s egy új kiadást és a gazdaságtörténetet is gazdagítani – az egykori munkatársakkal való, talán még lebonyolítható eszmecsere.

Honvári János idézi Gerő Ernőnek az 1948. júliusi szervezeti konferencián elmondott beszédéből a következőket: „A gépállomás segítségével traktorra ültetjük a magyar dolgozó parasztot, magasabb szakismeretét, technikai kultúrát viszünk a faluba...” (89. p.). A könyv e voluntarista program megvalósításának módjáról, eredményéről és súlyos áráról ad – immár kellő távlatból – tételes leírást. A G-35-ösök különleges útjáról. A John Deer gépek, a későbbi, a versenyző magyar agrármodell megjelenése már egy másik történet. Valójában annak a vizsgálata: „hogyan épül be a gép az agrártársadalomba... Az egyik

alaprobléma: a termelés hogyan fokozható és hogyan tehető emberibbé a gép segítségével” (Glatz F. 1996-1997. 453. p.)

Honvári könyve hiánypótló és persze hiányokat is hordoz. Nem sokat, pótolhatókat. Megjelenése önmagában utal a mai nagy gondra, „hiányra”: a korszerű, komplex gépesítés és géphasználat megoldatlanságára mezőgazdaságunkban. Aminek szintén következménye, ára van. Akár a mai aratásnak.

A Magyar Mezőgazdaság című hetilapban jelent meg 2003 májusában: „Aratást vállala-

unk Claas kombájnokkal az egész országban, 10e Ft/ha. Fizetni gabonában is lehet.” (Tel. stb.) Egy másik ajánlat: „Aratást vállalom 10 db nagyteljesítményű kombájnjal, valamint szántást... és egyéb szolgáltatást.” Ez lenne a megoldás, a gépesítés jövője? Vándorbri-gádok, fél évszázaddal Móricz Zsigmond, John Steinbeck leírásai után? (Honvári János: *A gépállomások története 1947-1964. Távtan Kft., Budapest, 587 old.*)

Romány Pál

az MTA doktora

## Albert Hofmann: LSD

A magyar gyógyszeripar történetében jelentős szerepet játszottak az anyarozs-alkaloidák. A Richter Gedeon Rt.-nél az ergotamin tartarát termelése 1979-re meghaladta a 600 kg-ot. Az anyag jelentős része exportra ment, itthon *Gynofort* néven került forgalomba. További jelentős magyar készítmények: a *Redergam* és a *Bromokriptin*. A svájci Sandoz gyógyszergyárral együtt e területen a magyar ipar jelentős világszínvonalra emelkedett.

Mindezek a készítmények az ún. *lizersav-savszármazékai*, amint a kábítószerként elterjedt *lizersavdiethylamid*, röviden LSD is.

A Sandoz AG gyógyszergyármál dolgozott a könyv ma kilencvenhét éves szerzője, Albert Hofmann, aki 1943-ban felfedezte az LSD-t.

„Vannak olyan élmények, amikről a legtöbb ember fél beszélni, mert nem illeszkednek a hétköznapi valóságba, és kibújnak az értelem alapján történő magyarázat alól” – írja a vegyész szerző könyve előszavában. Ő nem fél beszélni. Leírja, hogy a lizersav számos származékának előállításakor, többek között a diethylamidra is sor került. Amikor az anyag tisztítását végezte, haza kellett mennie, ugyanis furcsa, könnyű szédüléssel párosuló nyugtalanság szállta meg. Otthon lefeküdt és bódultszerű állapotba merült, amire rendkívül élénk fantáziálás volt jel-

lemző, szakadatlanul fantasztikus, rendkívül plasztikus képek és intenzív, kaleidoszkópszerű forgatag lepté meg, Körülbelül két óra múlva ez az állapot megszűnt.

Nehezen tudta elképzelni, hogyan juthatott a szervezetébe bármennyi is ebből az anyagból, hiszen az anyarozsból származó anyagok közismerten mérgező volta hozzászoktatta a kínosan tiszta munkához, de talán egy kevés LSD az ujjhegyén keresztül mégis a szervezetébe kerülhetett. Tehát eddig ismeretlen erejű pszichoaktivitással rendelkező anyagról lehet szó. Hogy a dolog végére járjon, önkísérletnek vetette alá magát. Most már bemért mennyiséget, összesen alig látható 0,25 mg-ot vett magához. Ezúttal a korábbiánál sokkal erősebb volt a hatás, a látóterében minden hullámzott és torz volt, mint ha görbe tükörben látna mindent. A szobában minden forogni látszott, a jól ismert tárgyak groteszk, fenyegető alakot öltöttek, minden bútor folyamatosan mozgásban volt, mintha élne. Azonban a külvilág ilyen groteszk jelenségeinél sokkal rosszabbak voltak azok a változások, amiket saját magában, belső lényében érzett. Hiábavalónak tűnt akarátának minden megfeszítése, hogy feltartóztassa a külvilág széthullását és énjének felolvadását. Egy démon költözött belé, és átvette a hatalmat a teste, az érzékei és a lelke felett. Átvette felette a hatalmat az anyag, amivel kísérletezni kezdett. Az anyag volt az a démon,

ami gúnyosan győzedelmeskedett az akarat felett, iszonyú félelem szállta meg, hogy megbolondult. Másik világba érkezett, ahol más volt a tér és más volt az idő.

Olyan felfedező beszámolóját olvashatjuk a könyvben, akinek leírásai nem mások beszámolóin, hanem saját, mélyen átélt tapasztalatain alapulnak, és ez a tény teszi rendkívül érdekfeszítővé és mindenki számára melegen ajánlhatóvá a művet.

Az LSD kémiai szempontból és pszichikai hatása alapján a mexikói varázsdrogok csoportjába tartozik.

Felfedezésének kalandja tizenöt évvel később meglepő folytatáshoz vezetett, nevezetesen a varázsnövények izgalmas kutatásához, amelyek bemutatásának ez a könyv is jelentős teret szentel.

Az anyarozs-alkaloidák, a lizergsav-származékok kutatása hazánkban is tovább folyik, többek között a jelen recenzor aktív részvételével. (*Albert Hofmann: LSD. Edge 2000 Kft., Budapest, 2003. 195 p.*)

*Szántay Csaba*

az MTA rendes tagja

## *Emigráció és identitás* *Szerkesztette Kanyó Tamás*

Az iskoláit Svájcban végzett Kanyó Tamás huszonegy egykori ötvenhatos magyar disszidenssel folytatott hosszú beszélgetést. A többnyire magyar nyelvű, de olykor schwi-tzerdütsch szövegeket eleve bizonyos témákra bontotta szét (miért kivándorlás, miért Svájc, mit tudtak korábban az országról, stb.). Ez a szerkesztett anyag teszi ki a kötet nagyobb felét. A végén rövid formában megtalálható az ellenpár: Kanyó Tamás beszélgetett azokkal a svájciakkal, zömmel akkori egyetemi hallgatókkal, akik a menekülteknek többféle segítséget nyújtottak. A kérdést 2001-ben Budapesten kisebb konferencián (manapság *workshopnak* kell mondani) vitatták meg magyar szakértők, zömmel szo-

ciálpszichológusok vagy szociológusok (Pléh Csaba, Ehmann Bea, Gyáni Gábor, Kónya Anikó, László János, hogy a kötet sorrendjéhez tartsuk magunkat). A kötet néhány itt elhangzott előadás szövegét közli. Az előadások a műfaj, vagyis az úgynevezett *oral history* szempontjait érvényesítették a szövegekre, ezért került a kötet a kiadó történeti sorozatába, de a szociálpszichológia, a szövegelemzés, egyéb tudományterületek elméletét is alkalmazták, a laikus számára olykor messzire menő következtetéseket vonva le a szövegből. A kötet persze elsősorban az 1956-os forradalom és következményei iránt érdeklődők figyelmére tarthat számot, de a módszertani kérdések iránt fogékony olvasónak is számos tanulással szolgál. (*Kanyó Tamás szerk. Emigráció és identitás. L'Harmattan-MTA Kisebbségkutató Intézet, Bp., 2002. 189 p.*)  
(-r. -l.)

## CONTENTS

### *Study*

Eörs Szathmáry: The Origin of Life .....	1220
Judit Németh: Evolution of the Universe .....	1248
László Szabados: From Discovery to Accomplishment. Homage to Doppler and Hubble ...	1256
Dénes Dudits: The Role of Gene and Genome Research in Crop Improvement ...	1263
Iván Berend T.: The Welfare State: Crisis and Solution.....	1273
Gábor Kardos: Legal Nature Of Social Rights: A View .....	1279
Pál Tamás: New Roles of the State in Hungarian Innovation Policies .....	1285

### *Academy Affairs*

György Kroó: WSF .....	1297
András Róna-Tas: The Current Situation and Future of Hungarian Doctoral Schools	1298
Pál Michelberger: The First Ten Years of the Hungarian Accreditation Committee ...	1308
Tibor Szántó R.: Evaluating the Quality of Higher Education: The International Perspective .....	1317

### *The Science of the World as Seen by Hungarian Diplomats*

Ildikó Szalai-Szűcs: The General Public's Role in Shaping Science Policy – The British Experiences .....	1325
István Takács: Expert Promotion of E-governing in the USA .....	1330

### *Obituary*

Edward Teller ( <i>Attila Vértes</i> ) .....	1332
--	------

<i>Outlook (László Jéki – Júlia Gimes)</i> .....	1335
--	------

<i>Book Review</i> .....	1340
--------------------------	------

---

## 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 téma-összefoglaló, magas szintű ismeretterjesztő, illetve egy-egy tudományterület újabb eredményeit bemutató tanulmányokat; a társadalmi élet tudományokkal kapcsolatos eseményeiről szóló beszámolókat, tudománypolitikai elemzéseket és szakmai szempontú könyvismertetések.

2. A kézirat terjedelme szöveges tanulmányok esetében általában nem haladhatja meg a 30 000 leütést (a szóközökkel együtt, ez kb. 8 oldalnak felel meg a MT füzetében), ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat, képeket is tartalmaz, a terjedelem 20-30 százalékkal nagyobb lehet. Beszámoló, recenzió esetében a terjedelem ne haladja meg a 7-8 000 leütést. *A teljes kéziratot .rtf formátumban, mágneslemezen és 2 ki nyomtatott példányban kell a szerkesztőségbe beküldeni.*

3. A közlemények címének angol nyelvű fordítását külön oldalon kell csatolni a közleményhez. Itt kérjük a magyar nyelvű kulcsszavakat (maximum 10) is. A tanulmány címe után a szerző(k) nevét és tudományos fokozatát, a munkahely(ek) pontos megnevezését és – ha közölni kívánja – e-mail-címét 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*, (esetleg **félkövér** – bold) betű alkalmazható; ritkítás, VERZÁL betű és aláhúzás nem. A jegyzeteket lábjegyzetként kell megadni.

5. A rajzok érkezhetnek papíron, lemezen vagy email útján. Kérjük azonban a szerzőket: tartsák szem előtt, hogy a folyóirat fekete-fehér; a vonalas, oszlopos, stb. grafikonoknál tehát ne használjanak színeket. Általában: a grafikonok, ábrák lehetőség szerint minél egyszerűbbek le

gyenek, és vegyék figyelembe a megjelenő oldalak méreteit. A lemezen vagy emailben érkező ábrákat és illusztrációkat lehetőleg .tif vagy .bmp formátumban kérjük; értelemszerűen fekete-fehérben, minimálisan 150 dpi felbontással, és a továbbítás megkönnyítése érdekében a kép nagysága ne haladja meg a végleges (vagy annak szánt) méreteket. A közlemény szövegében tüntessék fel az ábrák kívánatos helyét.

6. Az irodalmi hivatkozásokat mindig a közlemény végén, abc sorrendben adjuk meg, a lábjegyzetekben legfeljebb utalások lehetnek az irodalomjegyzékre. Irodalmi hivatkozások a szövegben: (szerző, megjelenés éve). Ha azonos szerző(k)től ugyanabban az évben több tanulmányra hivatkozik valaki, akkor a közleményeket az évszám után írt a, b, c jelekkel kérjük megkülönböztetni mind a szövegben, mind az irodalomjegyzékben. Kérjük, *fordítsanak különös figyelmet a bibliográfiai adatoknak a szövegben, illetőleg az irodalomjegyzékben való egyeztetésére!* Miután a Magyar Tudomány nem szakfolyóirat, a közlemények csak a legfontosabb hivatkozásokat (max. 10-15) tartalmazzák.

7. Az irodalomjegyzéket abc sorrendben kérjük. A tételek formája a következő legyen:

- Folyóiratcikkek esetében:

Alexander, E. O. and Borgia, G. (1976). Group Selection, Altruism and the Levels of Organization of Life. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **9**, 499-474

- Könyvek esetében:

Benedict, R. (1935). *Patterns of Culture*. Houghton Mifflin, Boston

- Tanulmánygyűjtemények esetén:

von Bertalanffy, L. (1952). Theoretical Models in Biology and Psychology. In: Krech, D., Klein, G. S. (eds) *Theoretical Models and Personality Theory*. 155-170. Duke University Press, Durham

8. Havi folyóirat lévén a *Magyar Tudomány* kefelevonatot nem küld, de az elfogadás előtt minden szerzőnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát. A tördelés során szükséges apró változtatásokat a szerző egy adott napon a szerkesztőségben ellenőrizheti.

---

(A' természettudományi osztály' részére)

Gebhardt Ferencz idősbik rendes tag' helyettes elnöklete alatt:

Jelen Bugát, Frivaldszky rr. tt. — Nendvich, Schoepf II. tt. — Egyéb osztályokból: Bajza, Balogh, Döbrentei, Fesi, Kiss, Luczenbacher, Szilasy, Szitokay, Zsoldos, rr. tt. — Erdélyi, Henszlmann, Peregriny, Széchy, Tasner, Walther II. tt. — Schedel titoknok, Lukács hely. segédjegyző. — Vendég Frommhöld Károly orvos dr.

— A' titoknok vendégül bemutatván Dr. Frommhöld Károly orvoskari tag urat, 's jelentvén, hogy a' fenálló határozatok' engedelménél fogva kész lenne a' beteg burgonyákban általa észlelt és lerajzolt ázacsokat megismertetni; a' tisztelt vendég az elnöklő r. tag' felszólítására a' következőkben adta elő tapasztalásait.

„Szándékom volt—u. m. — a' Tek. Társaságnak a' burgonyakór körül tett észrevételeimet bővebben előterjeszteni; de időközben Tognio pesti tanárnak jeles munkája e' tárgyról megjelenvén, szerencsém lesz, mintegy ezt kiegészítőleg, azon ázacsok' megismertetésére szorítkozni, mellyek a' beteg burgonyákban találhatnak, 's egyzersmind ezeknek általam természet után vett másaikat bemutatni.

\* \* \*

Tekintvén az ázacsokat, mellyeket a' természet a' rothadt burgonyákban a' kór' lefolyta alatt teremt: köztök legszámosabbban kétség kívül az *angolnácska* (*anguillula*) fordul elő, mellyről nem tudom: észleltetett-e, leiratott-e már? A' két nem külön egyénekben külön fordul elő, mint azokat természet után, görcső' segedelmével, oly szempillantásban festettem le, midőn a' kis állat legelőnkebben mozgott; a' rajzot ime szerencsém van bemutatni.

\* \* \*

Sokkal ritkább a' közönségesen ismert, de Fooke által roszul rajzolt *atka*. Ez épen olyan, mint itt a' rajz' első sorában látható. E' rajzom is egy, a' görcső' alatt elevenen mozgott, állat után készült úgy, hogy annak nem csak háti, de hasi, sőt oldali részét is papirosra tehetém.

