

Magyar Tudomány

KÉMIA A FENNTARTHATÓ
FEJLŐDÉS SZOLGÁLATÁBAN
vendégszerkesztő: Szépvölgyi János

A koponya–gerinc kapcsolat
A közgazdaságtan válsága
A tudomány és az oktatás felelőssége

2010•3

Főszerkesztő:

CSÁNYI VILMOS

Vezető szerkesztő:

ELEK LÁSZLÓ

Olvasószerkesztő:

MAJOROS KLÁRA

Szerkesztőbizottság:

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

A lapot készítették:

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

Lapterv, tipográfia:

MAKOVECZ BENJAMIN

Szerkesztőség:

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

Előfizethető a FOK-TA Bt. 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., Bártfai u. 65.

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

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

TARTALOM

Kémia a fenntartható fejlődés szolgálatában

vendégszerkesztő: Szépvölgyi János

Szépvölgyi János: Bevezető	258
Szépvölgyi János: Fenntartható fejlődés – ipari ökológia – kémia	260
Sevella Béla: Biológiai alapú kémia	270
Horváth István Tamás: Gamma-valerolakton, a fenntartható vegyipar egyik lehetséges folyékony alapanyaga	275
Iván Béla: Polimerek mint másodlagos nyersanyagok	280
Salma Imre: Tendenciák a városi levegőtisztaság alakulásában	288
Papp Sándor: Biogeokémiai körfolyamatok és antropogén módosításuk	298

Tanulmány

Pásztor Emil: A koponya–gerinc kapcsolat	309
Móczár József: A közgazdaságtan válsága (Neoklasszikus <i>versus</i> keynesi közgazdaságtan) ...	318
Magda Sándor: A tudomány és az oktatás felelőssége a globális gazdasági válságban	331
Erdősi Ferenc: Megelőzni, befolyásolni vagy/és alkalmazkodni?	344
Kovács Győző: A stózi mérték jelentősége	354

Vélemény, vita

Kabai Péter: Egy sikeres iskolai integrációs program elemzése	360
---	-----

Megemlékezés

Köpeczi Béla (<i>Pomogáts Béla</i>)	370
---	-----

<i>Kitekintés (Gimes Júlia)</i>	372
---------------------------------------	-----

Könyvszemle (Sipos Júlia)

Hányféle nyelvész van? A nyelvészetről I. szám I. személyben II. (<i>Pléh Csaba</i>)	376
Út a megbékéléshez (<i>Gönczöl Katalin</i>)	380
Feltárul a Világegyetem (<i>Horvai Ferenc</i>)	382

Kémia a fenntartható fejlődés szolgálatában

BEVEZETŐ

Szépvölgyi János

az MTA doktora, egyetemi tanár,
MTA Kémiai Kutatóközpont Anyag- és Környezetkémiai Intézet,
Pannon Egyetem Műszaki Informatikai Kar Műszaki Kémiai Kutatóintézet
szepvol@chemres.hu

Inczedy János akadémikus 2005-ben javasolta, hogy az MTA 2006. évi rendes közgyűléséhez kapcsolódóan a Kémiai Tudományok Osztálya rendezzen előadói ülést a kémiai kutatások szerepéről a fenntartható fejlődés megvalósításában. Az osztály támogatta a javaslatot, és 2006 májusában *Kémia a fenntartható fejlődés szolgálatában* címmel sor is került erre a tudományos ülésre. A téma azért volt különösen időszerű, mert az ezredforduló környékén egyre nyilvánvalóbbá vált: az emberi társadalmak eddigi működési modelljei és az emberiség mai életvitele hosszabb távon nagy valószínűséggel nem biztosítanak megfelelő életfeltételeket és életminőséget a Föld valamennyi lakója számára.

Az emberiségnek belátható időn belül több súlyos problémára kell megoldást találnia. Ezek közé tartozik, hogy a világ népességének demográfiai, egészségügyi, gazdasági és jóléti mutatói rendkívül egyenlőtlenül alakulnak az egyes földrészek és országok között. Napjainkra rá kellett jönnünk arra is, hogy a

Földön a természeti erőforrások, mindenképp a nyersanyagok és az energiahordozók korlátozottan állnak rendelkezésünkre, és gondok vannak természeti környezetünk állapotával, nem kis részben az emberi beavatkozások eredményeként. Hogy e problémákon úrrá legyünk, változtatnunk kell a természethez, a társadalomhoz, a gazdasági kérdésekhez és embertársainkhoz való hozzáállásunkon. A megoldást a természet, a társadalom és a gazdaság működésének eddigieknél hatékonyabb összehangolása jelentheti. Ennek egyszerűsített ábrázolása az ábrán látható. Csakis ily módon biztosítható a fenntartható állapot, amely az utánunk jövő nemzedékeknek is megfelelő életkörülményeket és életminőséget biztosít. A környezet – társadalom – gazdaság hármasságában a kapcsolatok számottevő része kémiai folyamatokon keresztül valósul meg, ezért talán nem túlzás azt állítanunk, hogy a kémiának és a vegyészmérnöki tudománynak különleges szerepe van a fenntartható fejlődésben.

Tematikus összeállításunkban, amely a fentiekben említett előadói ülésen elhangzott előadások átdolgozott és szerkesztett változatait foglalja össze, e kérdéskör néhány elemét kívánjuk bemutatni.

Szépvölgyi János írása a fenntartható fejlődés, az ipari ökológia és a kémia kapcsolatáról szól. Sevela Béla a megújuló alapanyagokat felhasználó kémiai technológiák helyzetéről és fejlődési irányairól értekezik. Horváth István Tamás tanulmánya a jövő vegyiparában várhatóan fontos szerepet játszó, egyik újszerű, fenntartható folyékony alap-

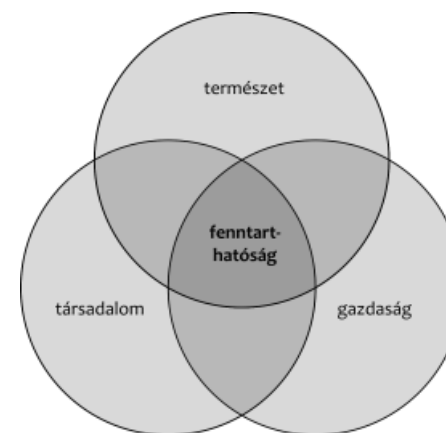
anyag előállítási és alkalmazási lehetőségeit mutatja be. Iván Béla a polimerek mint másodnyersanyagok hasznosítási lehetőségeit tekinti át; napjainkban a szintetikus polimereket már olyan nagy mennyiségben használjuk fel, hogy az elhasznált, és a szokásos

környezeti feltételek mellett le nem bomló műanyag hulladékok újbóli feldolgozása, másodlagos nyersanyagként történő hasznosítása a vegyipar és a környezetvédelem egyik

fontos problémájává vált. További környezetvédelmi kérdésekkel, nevezetesen a városi levegőminőség alakulásával és az azt befolyásoló tényezőkkel foglalkozik Salma Imre tanulmánya. Végezetül Papp Sándor az eddigieket mintegy keretbe foglalva azt mutatja be, hogy a kémiai elemek biogeo-kémiai körfolyamatait, azaz az egyes elemek és vegyületeik mozgá-

sát az élő szervezetek és a fizikai környezet között, majd vissza az élő szervezetekbe, az emberi tevékenység mi módon és milyen mértékben változtatja meg.

Összeállításunkat melegen ajánljuk az érdeklődő olvasók figyelmébe.



A fenntartható fejlődés feltétele a természet, a társadalom és a gazdaság működésének összehangolása



FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS – IPARI ÖKOLÓGIA – KÉMIA

Szépvölgyi János

az MTA doktora, egyetemi tanár,
MTA Kémiai Kutatóközpont Anyag- és Környezetkémiai Intézet,
Pannon Egyetem Műszaki Informatikai Kar Műszaki Kémiai Kutatóintézet
szepvol@chemres.hu

*Egyetlen probléma sem oldható meg
abban a szemléletben, amely létrehozta azt.*
Albert Einstein

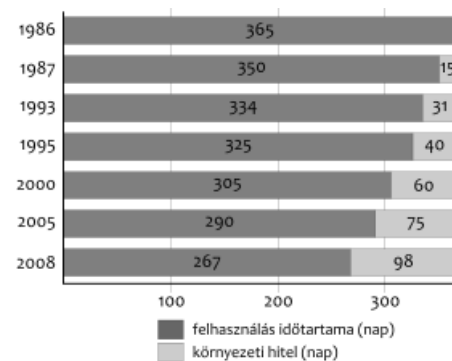
Bevezetés

A modern piacgazdaság a természeti folyamatokhoz hasonló mértékben, olykor azokat felülmúlva befolyásolja az ökoszféra állapotát. A helyzetet bonyolítja a mikro- és makrogazdasági szinten egyaránt erős növekedési kényszer, melynek hatására a gazdasági szereplők a legutóbbi időkig kevés hajlandóságot mutattak az önkorlátozásra, akár az erőforrások igénybevételét, akár a termelés nagyságát, akár a környezet terhelését tekintjük.

Konrad Lorenz az 1980-as években a következőket írta: „Miközben az emberiség az öt körülvevő természetet vandál módon pusztítja, saját magát is ökológiai katasztrófával fenyegeti. Ha már a gazdasági vonzatait is érzi, talán felismeri hibáit, de akkor valószínűleg már túl késő lesz.” (Lorenz, 1988). Húsz évvel később, a WWF nemzetközi természetvédelmi alapítvány *Living Planet Report 2008* című tanulmányában (Hails, 2009) – mintegy az előzőek megerősítéseként – a következőket olvashatjuk: „A világgazdaság legutóbbi visszaesése nyomatékosan felhívja a figyel-

met arra, milyen következményekkel jár, ha lehetőségeinket meghaladó módon élünk.” 1986-ban az emberiség éppen 365 nap alatt használt fel annyi megújuló természeti erőforrást, amennyi abban az évben képződött. Azóta egyre rövidebb idő alatt éljük fel a természeti folyamatokban évente újratermelődő erőforrásokat (1. ábra). Immár több mint húsz év óta minden évben az emberiség a *Túllövés Napjának* (Earth Overshoot Day) elnevezett időponttól az adott év végéig egy valójában nem létező környezeti hitelből él. A *túllövés* 2008-ban szeptember 23-án következett be, ami azt jelenti, hogy 2008-ban mintegy 40%-kal több természeti erőforrást használtunk fel, mint amennyi a Földön újraképződött. Ha ez az irányzat folytatódik, a 2030-as évek közepére már két földgolyónyi területre lenne szükség életmódunk fenntartásához.

Egyre nyilvánvalóbbá válik természeti erőforrásaink véges volta, és számos jel utal arra, hogy korlátlanul nem terhelhetjük tovább környezetünket. Az elmúlt százötven év minden korábbit felülmúló műszaki és gazdasági fejlődésének motorja a növényi és állati maradványokból évmilliók alatt kialakult fosszilis energiahordozók, azaz közvetetten a



1. ábra • Az évente képződő megújuló felhasználásának (a *Túllövés Napjának*) alakulása 1986–2008 között

– kémiai energiává átalakult – napenergia felhasználása volt. Mindez oda vezetett, hogy napjainkban a világon használt energia közel 90%-át fosszilis energiahordozóból állítjuk elő. E helyzetnek viszonylag rövid időn belül meg kell változnia, több okból is.

Az egyik ok, hogy a fosszilis energiahordozók véges mennyiségben állnak rendelkezésre. Arról lehet vitatkozni, hogy elértük-e már az *olajcsúcsot*, azaz azt a pontot, amikor a valaha felfedezhető kőolajkészletek felét már ismerjük, és a készletek, jóllehet még messze vannak a teljes kimerüléstől, már csökkenni kezdenek, vagy ez tíz, húsz, esetleg harminc év múlva következik be. Az azonban biztos: rövid időn belül elérjük ezt az állapotot, azzal együtt is, hogy az ismert és viszonylag könnyen kitermelhető előfordulásokon túl jelentős kőolajkészletek találhatók olajpalákban és aszfalthomokokban. Becslések szerint a Föld szénkészletei is még mintegy kétszáz évig fedezik az emberiség energiaigényeit. A fosszilis energiahordozókkal kapcsolatban ugyanakkor nem feledkezhetünk meg kitermelésük esetenként súlyos környezeti hatásairól sem. Csupán idő kérdése, mikor mondjuk azt,

hogy elég az effajta környezetrombolásból, ne tovább ezen az úton!

A másik tényező a klímaváltozás. Az elmúlt száz évben a földi átlaghőmérséklet 0,6 °C-kal emelkedett. A legutóbbi időkig ezt kizárólag a gazdasági fejlődéssel, azaz az emberi társadalom működésével hozták kapcsolatba. Ám újabban egyre több szakembernek az a véleménye, hogy a földi átlaghőmérséklet és a napfolttevékenység szorosan összefügg egymással (*New Scientist*, 2006). Noha a globális felmelegedés kizárólag a Nap mágneses jellemzőinek változásával nem magyarázható, egyetértés kezd kialakulni arról, hogy a felmelegedésben természeti és emberi hatások is jelentős szerepet játszanak. További érdekes kérdés: a jelenlegi felmelegedés egy újabb „kis jégkorszak” előjelének tekinthető-e, amint arra az 1400-as években és az 1600-as évek második felében már volt példa a Földön.

Ami az emberi tevékenység környezeti hatását illeti, a globális melegedés egyik kiváltója kétségtelenül az üvegházhatású gázok légköri koncentrációjának – elsősorban a fosszilis forrásokon alapuló energiatermelésből eredő – növekedése. Manapság minden percben 12 ezer tonna szén-dioxid kerül a földi légtérbe, és 17 tonna kénsav hull – savas esők formájában – az északi féltekére. E folyamatok hatásait már érzékeljük, gondoljunk csak a gleccserek zsugorodására, vagy az óceánok felső rétegében a savas jelleg erősödésére. Ha akár csak a jelenlegi szinten akarjuk tartani a légkörben a szén-dioxid koncentrációját, a 21. század közepéig számottevően csökkenteni kell annak kibocsátását. (Ennek sebességéről és mértékéről – éppen az előzőekben leírtakkal összefüggésben – megoszlanak a szakértői vélemények.)

Az emisszió csökkentésének egyik célszerű módja lehet az energiafelhasználás haté-

konyságának javítása. Tudomásul kell vennünk azonban, hogy az energetikai hatékonyság növeléséhez jelentős befektetésekre van szükség, és ezek a ráfordítások meghaladják az energiacsökkentésből származó megtakarításokat.

A megváltozott természeti feltételekhez történő alkalmazkodást tovább nehezíti, hogy a társadalom lassan és nehézkesen reagál az ökológiai problémákra, és az idő előrehaladásával egyre nagyobbak lesznek a környezeti kockázatok. A kialakult helyzetben minél előbb felelősségteljes és hatékony döntésekre és intézkedésekre van szükség, mert „A mostani irányban maradván az emberi társadalom és az őt fenntartó környezet pozitív visszacsatolásban pusztul.” (Vida, 2007).

Fenntartható fejlődés

Mindeme problémákra általános értelemben a társadalom, a gazdaság és a természeti környezet működésének összehangolása jelenthet megoldást. A társadalom és a gazdaság működése során a geoszférából, a hidroszfé-

rából, az atmoszférából és a növény- és állatvilágból származó javakat, erőforrásokat használnak fel, és oda anyagokat és energiát juttat vissza, egy bonyolult kapcsolatrendszer keretében (2. ábra).

Ez a kapcsolatrendszer még néhány évtizeddel ezelőtt is többnyire helyi szinten működött: a környezeti hatások egy-egy jól körülhatárolható térségben jelentkeztek. Az utóbbi fél évszázadban azonban az ipari termelés világszerte óriási mértékben növekedett, és a környezeti hatások már globális léptékűvé váltak. Ezzel párhuzamosan folyamatosan nőtt az ipari rendszerek viszonylagos súlya a környezethez képest. Már az 1980-as évek végén a világ ipara évenként közel azonos tömegű nitrogént és foszfort mozgatott meg, mint amennyi – ugyanazon idő alatt – a természetben mozgott. Egyes fémek, így a kadmium, a cink, az arzén, a higany, a nikkel és a vanádium ipari tömegáramai pedig közel kétszer nagyobbak természetes áramaiknál.

A gazdasági, társadalmi és környezeti tényezők között hosszabb távon csak akkor

biztosítható kellő összhang, ha a jövőnk elsősorban fejlődésen és nem korlátlan növekedésen alapul. Fejlődés alatt olyan változásokat értünk, amelyek a meglévő modellek és rendszerek mellett vagy helyett valami mást, újszerűt és hatékonyabbat hoznak. A fejlődés egyik kulcsszava az innováció, a korábbiaktól eltérő megoldások keresése és bevezetése.

Az innováció társadalmi vonatkozásai közé az életminőség javítása, a fejlődés és a növekedés konfliktusának feloldása, a jövő generációk érdekeinek figyelembevétele, a környezettudatos gondolkodásmód elterjesztése és a megfelelő ellenőrzési, döntési és beavatkozási mechanizmusok kialakítása sorolható. A gazdasági elemek közül a piacgazdaság növekedési kényszerének mérséklését, a nyitott termelési rendszerek alakítását, a környezeti költségek beszámítását és a gazdasági szereplők környezeti viselkedésének megváltoztatását emeljük ki. Végül a környezeti tényezők közé a környezeti hatások minimalizálása, a nem megújuló erőforrások felhasználásának csökkentése, a megújuló erőforrások kimerülésének elkerülése, a gazdasági és természeti folyamatok időállandóinak egymáshoz közelítése¹ és az újrahasznosítás gyakorlatának kiszélesítése tartozik.

A természet–társadalom–gazdaság hármas rendszer összehangolásának igényét és alapelveit először az ENSZ által létrehozott ún. Brundtland-bizottság 1987-es, *Közös jövőnk* című jelentése fogalmazta meg.² Ezek az elvek később a fenntartható fejlődés alapelveiként terjedtek el világszerte. A fenntartható fejlődés lényege: oly módon biztosítjuk a jelenkor igényeit, hogy közben nem veszé-

lyeztetjük az utánunk jövő generációk lehetőségeit saját szükségleteik kielégítésére. Herman E. Daly (1991) és J.(Hans) B. Opschorr (1992) szerint a fenntartható fejlődésnek négy alapfeltétele van:

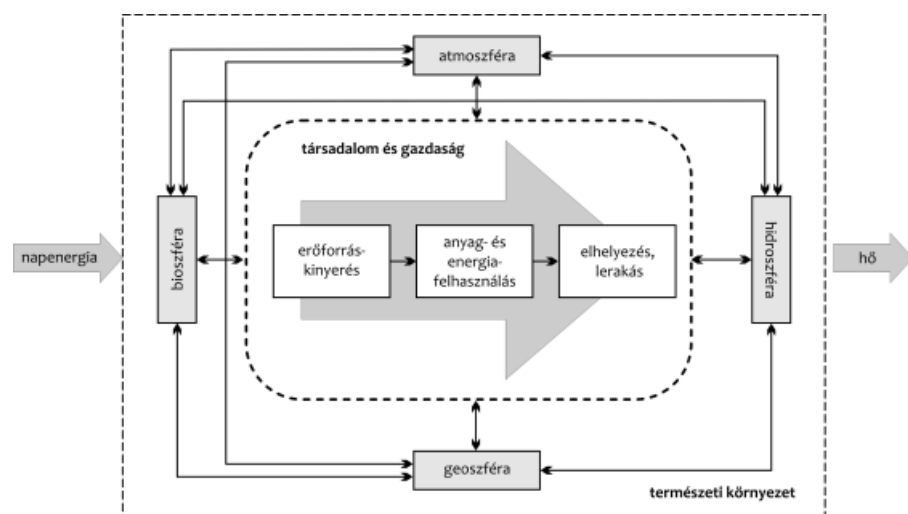
- a megújuló erőforrásokat nem használhatjuk nagyobb ütemben, mint ahogy azok újraképződnek;
- a nem megújuló erőforrásokat nem használhatjuk nagyobb ütemben, mint ahogy a megújuló helyettesítők újraképződnek;
- nem bocsáthatunk ki több szennyezőanyagot annál, amennyit környezetünk be tud fogadni;
- az emberi beavatkozások időtényezőjének összhangban kell lenni a természeti folyamatok időtényezőjével, azaz a megújuló nyersanyagok képződési ütemével és a hulladékok lebomlási sebességével.

Ahhoz, hogy e négy feltétel teljesüljön, a mai állapotokhoz képest mélyreható változásokra van szükség tudományos és műszaki vonatkozásban, gazdasági és társadalmi, valamint szemléletmód terén is. Érdemes újragondolnunk – többek között – értékrendünket, fogyasztási szokásainkat, hozzáállásunkat a természethez, a társadalmi kérdésekhez és embertársainkhoz is.

Az utóbbi időben a fenntarthatósághoz kapcsolódóan gyakran hangzik el az *utolsó csepp* kifejezés. Legyen szó a földi éghajlatról, a sarki jégmezők zsugorodásáról, vagy az északi tundra állandóan fagyott talajának felengedéséről és az ott bezárt metán kiszabadulásáról, az *utolsó csepp* szimbolikusan arra a kritikus állapotra utal, amikor bizonyos paraméterek már megközelítik a pozitív visszacsatoláshoz szükséges értékeket. Ez azért veszélyes, mert ha e visszacsatolások működésbe lépnek, az adott paraméter kis változása is jelentősen felgyorsíthat, vagy akár visszafor-

¹ A gazdasági folyamatok időállandói jóval rövidebbek, mint a természeti folyamatok időállandói.

² A Brundtland-bizottság munkájában Magyarországról Láng István akadémikus vett részt.



2. ábra • A társadalom, a gazdaság és a természeti környezet kapcsolatrendszere

díthatatlanná is tehet bizonyos kedvezőtlen folyamatokat.

A következőkben a fenntarthatósággal kapcsolatban néhány műszaki és környezeti vonatkozást kívánunk röviden érinteni, különös figyelmet szentelve a kémia és a vegyipar szerepének.

Ipari ökológia

A mai ipari technológiák döntően lineáris, nyitott rendszerként, a természeti erőforrások (nyersanyagok és energia) intenzív igénybe vétele és a környezet számottevő terhelése mellett működnek. Ezzel szemben a természeti rendszerek körfolyamatokat alkotnak (3. ábra). Utóbbi esetben a rendszeremlék kétirányú anyag-, energia- és információáramokkal kapcsolódnak egymáshoz. A 3. ábra alsó részében néhány jellemző anyagáram feltüntetésével érzékeltetjük a kapcsolatrendszerét.

A természeti rendszerek működésének számos olyan vonása van, amelyeket az ipari termelésben is érdemes volna alkalmazni. Ezek közül néhány:

Nincs hulladékképződés: a természetben hulladék mint olyan nem létezik; nem képződik ugyanis olyan anyag, amelyet a rendszer

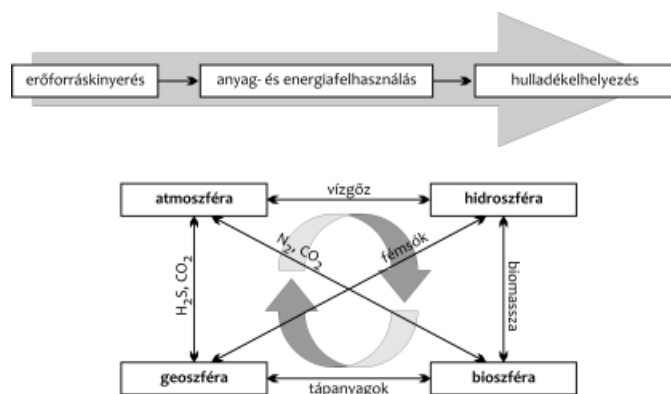
valamely más eleme ne hasznosítana (példa: az állatok által kielégzett szén-dioxidot a növények a fotoszintézis alapanyagaként használják fel).

Újrahasznosítás: egyes élőlények táplálékát más élőlények elpusztulása és lebomlása szolgáltatja (példa: a talajban levő baktériumok és gombák lebontják az állati és növényi maradványokat, és tápanyagot szolgáltatnak a növényeknek).

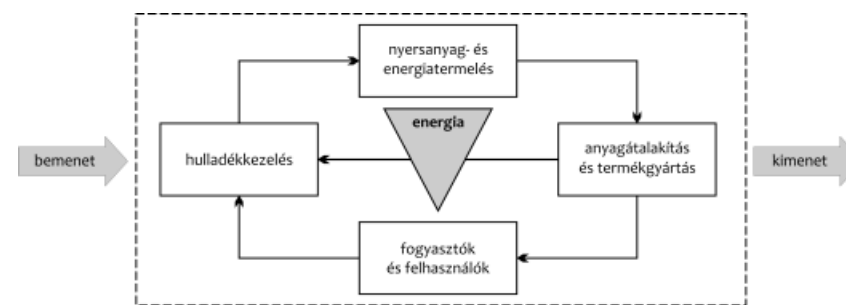
Anyag- és energiaáramlás: az anyag és energia állandóan és folyamatosan áramlik a természetben, és „környezetbarát” módon alakul át egyik állapotból a másikba; a rendszer működéséhez szükséges energiát a nap-sugárzás biztosítja (példa: a nitrogén körforgalma a légkörből az élő szervezetekbe és vissza a légkörbe a bakteriális, növényi és állati tápanyagláncon keresztül).

Folyamatos információcsere: a természet dinamikusan, folyamatos információáramlás mellett működik; a szereplők identitását a rendszerben betöltött szerepük határozza meg (példa: az egyes egyedek ösztönös tevékenységének kódját géneik tartalmazzák).

Egyidejű együttműködés és verseny: a természetben minden egyed önálló identitás-



3. ábra • Az ipari és természeti folyamatok általános modelljei



4. ábra • Az ipari ökoszisztemek elvi felépítése

ként, ugyanakkor más egyedekkel összhangban létezik; a fajok együttműködése és versengése egymással összekapcsolódik, és egyensúlyban van (példa: a fajok viselkedését interaktív módon befolyásolja a táplálék hozzáférhetősége, az időjárási körülmények alakulása vagy új fajok megjelenése).

Amint a fentiekből is kiténik, a *természeti környezet mint rendszer* igen elmésen működik, és nagy az alkalmazkodóképessége. Nem kétséges azonban, hogy a még benne kis mennyiségben megtalálható anyagokból is csak véges mennyiségeket tud befogadni, nem beszélve a nagy tömegben jelenlevőkről. Sajnos hajlamosak vagyunk erről megfeledkezni, és környezetünket sokszor végtelen kapacitású lerakóhelynek tekintjük. Azt sem mindig tartjuk szem előtt, hogy mai ipari és mezőgazdasági technológiáink csak egészséges ökoszisztemben működhetnek megfelelően. Az egészséges ökoszisztem nemcsak tiszta levegőt és vizet, megfelelő mennyiségű csapadékot és termékeny talajt jelent, hanem fontos szerepe van például az időjárási szélsőségek tompításában vagy a természetes és ipari hulladékok lebontásában.

Egyre nyilvánvalóbb, hogy ha a globalizálódó világ igényeit az utánunk jövő nemzedékek életfeltételeinek ellehetetlenülése nélkül kívánjuk kielégíteni, a lineáris termelési

modelleket fel kell váltani a természeti környezetbe sokkal jobban integrálódó modellekkel, az ún. ipari ökoszisztemekkel.

Az *ipari ökológia* (amelyet gyakran a *fenntarthatóság tudományának* is hívnak) célja, hogy feltárja a természeti rendszerek működési elveit, és azokat alkalmazza az ember által létrehozott, mesterséges rendszerekre, adott esetben az ipari technológiákra. Így az ökológiai rendszerekhez hasonló, azokkal összehangolt, zártciklusú, műszakilag és gazdaságilag hatékony, a természeti környezet tűrőképességét figyelembevevő, ezáltal hosszabb távon is megfelelően működtethető termelési rendszereket lehet megvalósítani (4. ábra).

Az ipari ökológia tehát lényegében a műszaki fejlesztés, valamint a technológia-, folyamat- és terméktervezés újfajta közelítésmódja. Legfontosabb sajátosságai a következők:

- az ipari és környezeti rendszerek kölcsönhatásainak rendszerszemléletű vizsgálata (holisztikus szemlélet);
- az anyag- és energiaáramok, és ezek átalakulásainak együttes figyelembevétele (ipari metabolizmus);
- a nyitott termelési rendszerek átalakítása zártakká úgy, hogy az egyik technológiában képződő hulladék egy másik technológiában alapanyagként hasznosuljon (közel zérus hulladékkibocsátás);

- törekvés az ipari folyamatok környezeti hatásainak csökkentésére (ökotervezés);
- az ipari rendszerek és a környezet működésének összehangolása (ipari szimbiózis).

Az ipari ökológia fontos vonása a teljes életciklusban való gondolkodás. Ennek egyik eszköze a *teljeséletciklus-értékelés*, egy olyan módszer, ami lehetővé teszi a környezeti hatások mennyiségi értékelését a termékek és szolgáltatások teljes élettartama alatt. A teljes életciklus a nyersanyagok kitermelését és feldolgozását, a termékek és szolgáltatások előállítását és felhasználását, a fenntartást és az életciklusukat befutott termékek elhelyezését egyaránt magában foglalja. Az értékelés figyelembe veszi a ciklus elemei közötti anyag- és energiaáramlásokat és a kiegészítő folyamatokat, így az újrafeldolgozást, az újrahasznosítást és a hulladékok kezelését és feldolgozását is.

Teljeséletciklus-elemzéssel elkerülhető, hogy az életciklus egyik szakaszából a másikba áttevődő környezeti hatást elhanyagoljunk. Ez azért fontos, mert előfordulhat, hogy az egyik fázisban végrehajtott, környezeti szempontból kívánatos változtatás az életciklus egy másik fázisában esetleg sokkal súlyosabb környezeti hatást eredményez.

Az ipari ökológia vázolt elveit a gyakorlatban igen széles körben lehet és célszerű alkalmazni, így

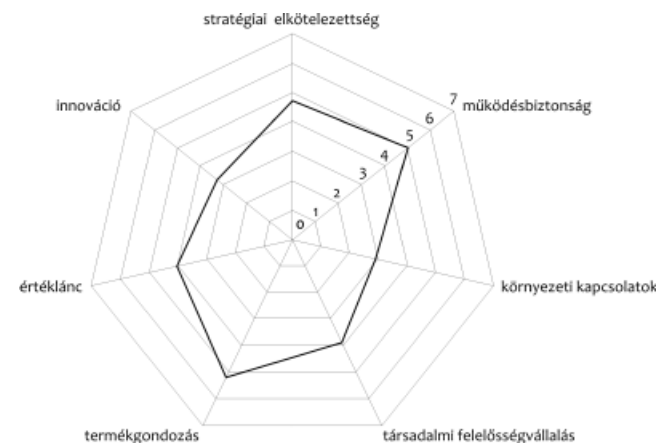
- a különböző iparágak közötti együttműködések elősegítésére, ún. ipari ökorendszerek létrehozására,
- az ipar környezeti hatásai és a természeti környezet befogadóképessége közötti összhang megteremtésében,
- anyag- és energiatakarékos technológiák kidolgozásánál,
- az erőforrások felhasználási hatékonyságának növelésében,

- a megújuló erőforrások alkalmazásának elterjesztésében és
- új, a természeti és gazdasági tényezőket egyidejűleg figyelembe vevő gazdaságfejlesztési és irányítási elvek kialakításában és bevezetésében (környezetvédelmi törvénykezés, zöld adók stb.).

A kémia szerepéről és lehetőségeiről

A gazdaság és környezet kapcsolatában a kémiai folyamatoknak és eljárásoknak kitüntetett szerepük van: a környezeti kapcsolatok jelentős részben kémiai jelenségek révén alakulnak ki. A kémia tehát meghatározó módon járulhat hozzá a fenntartható fejlődéshez és az ipari ökológia gyakorlatának elterjedéséhez. A meg nem újuló és környezetre káros anyagokat és energiahordozókat felváltó, megújuló alapanyagokból előállított termékek és energiahordozók fejlesztése napjainkban a kémia és a vegyészmérnöki tudomány egyik legfontosabb feladata.

A vezető vegyipari cégek és szervezetek hazánkban és a világ többi részén is felismerték kulcsszerepüket a fenntartható fejlődésben. Példaként említjük az Amerikai Vegyészmérnök Szövetséget (American Institute of Chemical Engineers – AIChE), amely 2004-ben – saját keretei között –, létrehozta a Fenntarthatósági Intézetet (IFS). Az intézet célja a fenntartható és zöld mérnökségből származó kedvező társadalmi, gazdasági és környezeti hatások érvényesülésének elősegítése a vegyiparban és rokon területeken. Az IFS munkatársaiból valamint a petrokémiai és a vegyipar képviselőiből 2005-ben létrehozták a Fenntarthatósági Mutató Munkacsoportot. A csoport 2007-re kidolgozta az AIChE *Fenntarthatósági Mutatóját* (Sustainability Index – SI), amely az alábbi hét elemből épül fel:



5. ábra • Az AIChE *Fenntarthatósági Mutató* tizenegy kiválasztott vegyipari cégre

- fenntarthatósággal szembeni stratégiai elkötelezettség
- működésbiztonság
- környezeti kapcsolatok
- társadalmi felelősség
- termékgyógyozás
- értéklánc-kezelés
- innováció.

Valamennyi elem négy-hat mérőszámot és mutatót tartalmaz, melyek között mennyiségi jellegűek (például egységnyi eladott értékre vonatkozó üvegházhatású gázkibocsátás) és minőségi mutatók (például a fenntarthatósággal kapcsolatos döntéseket támogató eszközök bizonyítható alkalmazása) egyaránt szerepelnek (Cobb et al., 2009). Az SI számításához szükséges adatokat a felmérésben résztvevő cégek szolgáltatják. Minden adatsornál rangsorolják a vállalatokat, majd a kapott értékeket egy 0 és 7 közötti skálára normalizálják. A lehető legjobb ipari gyakorlatot a hetes érték jelenti. Az AIChE–SI előnye, hogy ismert és jól meghatározott működési adatokat és mutatókat használ, és figyelembe veszi az innovációt és a társadalmi szempontokat is. Az 5. ábra tizenegy kiválasztott vegy-

ipari cégre³ mutatja a 2007-ben meghatározott AIChE Fenntarthatósági Mutatót (Cobb, 2007).

Az 5. ábrából kitűnik, hogy a kiválasztott cégeknél a fő prioritások közé a termékgyógyozás, a működésbiztonság és a fenntarthatóság iránti elkötelezettség tartozik. Ugyanakkor az innováció és környezeti kapcsolatok kezelése meglehetősen háttérbe szorul a vizsgált vegyipari cégek gyakorlatában.

Utóbbi azért tekinthető figyelmeztető jelnek, mert a kémia és a vegyipar különösen nagy szerepet játszhat az ipari ökológiában és a fenntarthatóságban, főként három területen. Ezek közül *elsőként* a gazdaság jövőbeli energiaigényének kielégítése említendő, elsősorban megújuló energiaforrások bevonásával. Új kémiai eljárásokra van szükség ahhoz, hogy a napenergiát az eddiginél jobb hatásokkal lehessen közvetlenül átalakítani elektromos energiává. Megoldásokat kell kidolgozni arra, hogy a napenergiát ne csak fotoszintézissel, hanem más úton is hatékonyan és

³ Air Products, Akzo Nobel, Ashland, BASF, Celanese, Dow, DuPont, Eastman, Lyondell, Praxair, Rohm&Haas

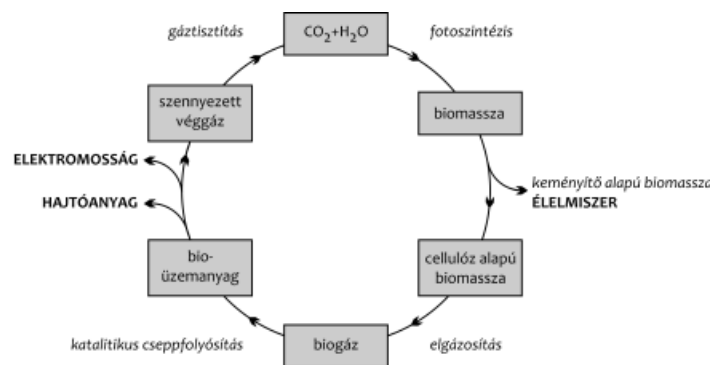
gazdaságosan át lehessen alakítani kémiai energiává. A teendők közé sorolhatók a hidrogén- és a metanológazdaság megalapozásával kapcsolatos kémiai kutatások és fejlesztések is. Jelentős feladatai vannak a kémiai tudománynak és a vegyiparnak a bioüzemanyagok mint megújuló energiahordozók előállításának technológiáinak továbbfejlesztésében és elterjesztésében is. Jóllehet napjainkban vita folyik a bioüzemanyagok gazdasági és ökológiai előnyeiről és hátrányairól, többek közt arról, hogy előállításuk és felhasználásuk valóban csökkenti-e az üvegházhatású gázok kibocsátását, nagy valószínűséggel állítható: a közeljövőben a világ számos országában ezek az üzemanyagok jelentős szerepet játszanak a gazdaság működésében.

Bioüzemanyagok felhasználásakor is a napsugárzás energiáját használjuk. A fotoszintézis során ugyanis a növények a napsugárzás energiájának felhasználásával – a légkörben levő CO_2 -ből és vízből – az energiát kémiai kötésben tároló cukrokat és cukor-polimereket (keményítőt, cellulózt) hoznak létre. Utóbbiakból biológiai és kémiai eljárásokkal állíthatunk elő üzemanyagokat. Ezek szélesebb körű alkalmazásához elsősorban a következő három problémára kell megoldást találni:

- Hogyan tudjuk elkerülni az „élelmiszer vagy üzemanyag” csapdát, azaz hogyan lehet bioüzemanyagokat élelmiszerként nem hasznosítható növényfélésekből, célszerűen cellulózból felépülő növényekből előállítani?
- Az energetikai célú biomassza termelése és feldolgozása milyen környezeti hatásokkal jár, és ezek miként csökkenthetők a lehető legkisebbre?
- Hogyan lehet a bioüzemanyagokat műszakilag és gazdaságilag is elfogadható módon beilleszteni a meglévő technikai (belső égésű motorok, sugárhajtóművek) és logisztikai (szállító és elosztó hálózat) rendszerekbe?

További, műszaki, gazdasági és környezeti szempontból egyaránt fontos feltétel, hogy a bioüzemanyagok körfolyamatban, például a 6. ábrán vázolt séma szerint hasznosuljanak.

A másik terület, ahol a kémiának meghatározó jelentősége van, a jelenleg döntően szénhidrogénekre alapozott vegyipari és rokonipari termelés átállítása megújuló alapanyagokra, összekapcsolva ezt a kémiai folyamatok hatékonyságának növelésével. Új előállítási módszereket és újszerű technológiákat kell kidolgozni, különös hangsúlyt he-



6. ábra • A bioüzemanyagok életciklusa

lyezve a környezetbarát („zöld”) katalizátorok és oldószerek alkalmazására.

A kémia–fenntarthatóság problémakör *harmadik eleme* a most működő környezetterhelő technológiák felváltása környezetbarát megoldásokkal. Ennek keretében foglalkozni kell

- a korábbi technológiai folyamatokból származó környezeti hatások megszüntetésével (hulladékok hasznosítása másodnyersanyagként, korábbi víz- és talajszennyezések felszámolása);
- a jelenleg működő technológiák környezeti hatásainak csökkentésével (a kémiai folyamatok hatékonyságának és szelektivitásának növelése, a folyamatok anyag- és energiaáramainak összehangolása) és
- a környezetterhelő technológiák környezetbarát megoldásokkal való felváltásával (a termelő eljárások anyag- és energiafelhasználásának minimalizálása, megújuló erőforrások használata, környezetbarát folyamat tervezés, az élő szervezetekben esetlegesen felhalmozódó káros vagy toxikus anyagok alkalmazásának elkerülése, és a Föld népessége által igényelt mennyiségű és minőségű vízkészlet biztosítása).

Zárógondolatok

Az emberiség egésze jelenleg természeti lehetőségeit meghaladó módon él. Ugyanakkor a javak eloszlása nagyon egyenlőtlen: a népesség mintegy 20%-a rendelkezik a megtermelt értékek közel 85%-ával, míg a legszegényebb 20%-nak mindössze 1,5% jut azokból. A hosszabb távon is működőképes, a természettel összhangban lévő, a Föld valamennyi lakójának alapszükségleteit biztosító társadalmi és gazdasági rendszer kialakításához szemléletváltásra van szükség mind technológiai vonatkozásban, mind a környezetünkkel és az általa biztosított erőforrásokkal kapcsolatban, mind pedig életvitelünkben és szemléletmódunkban. Csak ily módon tudjuk kezelni azokat a problémákat, amelyek közül napjainkban az energiaigények biztosítása és a környezet túlzott terhelése különösen égetőnek tűnnek. Megállapítható, hogy a kémiának, a vegyiparnak és rokon területeinek különösen fontos szerepe van és lesz e problémák megnyugtató megoldásában. A kémiai kutató- és fejlesztőhelyek és a vegyipari vállalatok az utóbbi időben egyre inkább igyekeznek megfelelni e kihívásoknak.

Kulcsszavak: fenntartható fejlődés, ipari ökológia, kémia, vegyipar, életciklus, környezeti hatások

IRODALOM

- Coob, Calvin – Beloff, B. – Tanzil, D. (2007): Benchmarking Sustainability. Chemical Engineering Progress. June, 38–42.
- Coob, Calvin – Beloff, B. – Tanzil, D. (2009): The AIChE Sustainability Index: The Factors in Detail. Chemical Engineering Progress. January, 60–63.
- Daly, Herman E. (1991): *Steady-State Economics*. Island Press, Washington, DC, USA
- Hails, Chris (ed.) (2009): *Living Planet Report 2008*. WWF International, Gland, Switzerland

- Lorenz, Konrad (1988): *A civilizált emberiség nyolc halálos bűne*. IKVA–SZÁMALK, Budapest
- New Scientist Magazine (2006) *Scientists Predict Solar Downturn, Global Cooling*. 16 September 2006.
- Opschoor, J. (Hans) B. (1992): Sustainable Development, the Economic Process and Economic Analysis. In: Opschoor, J. (Hans) B. (ed.): *Environment, Economy and Sustainable Development*. Wolters-Noordhoff, Groningen, 25–53.
- Vida Gábor (2007): Fenntarthatóság és a tudósok felelőssége. Magyar Tudomány. 168, 12, 1600–1606. <http://www.matud.iif.hu/07dec/15.html>

BIOLÓGIAI ALAPÚ KÉMIA

Sevella Béla

a kémiai tudomány kandidátusa,
BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék
bsevella@mail.bme.hu

Bevezetés

Ma a világon a vegyi anyagok több mint 90%-át a kőolajipar által szolgáltatott fosszilis alapanyagok átalakítása útján nyerjük. Ez az arány az USA-ban 98%. Előrejelzések szerint 2025-ben az USA olajszükségletének már mintegy 70%-át behozatalból kell majd fedezni. Ehhez járul még, hogy a fosszilis energia-, illetve nyersanyagkészletek belátható időn belül jelentősen csökkennek, sőt ki is merülhetnek. Mindezek alapján teljesen érthető, hogy az elmúlt tíz évben nagyon felgyorsultak az alternatív alapanyagforrások iránti kutatások, mind az USA-ban, mind a világ más részein.

Mielőtt a szén-, illetve kőolaj alapú vegyipar kialakult volna, egy sor kémiai tömegterméket és szerves vegyületet mezőgazdasági biomasszából, mikroorganizmusok közreműködésével megvalósított fermentációkkal állították elő. E technológiák a már évezredek óta használt élelmiszeripari fermentációkból (sör-, bor-, ecet-, sajtgyártás) fejlődtek ki, és a 19. században már tudományos megalapozást is nyertek.

Ma e technológiák újrafelfedezésének vagyunk tanúi: egyre több figyelem fordul a kémiai alapanyagok előállításakor a mikroorganizmusok tevékenységét kihasználó *bioalapú ipari eljárások* felé. Elterjedőben van az ún.

biorefinery koncepció (NREL, 2005), melynek alapján megújuló alapanyagokból (gabona, fa, olajos magvak) kiindulva kémiai alapanyagok tucatjai, majd ezekből vegyipari termékek százai állíthatók elő.

A biotechnológiák jellemzői

A 21. századot sokan a biotechnológia századának tekintik, és úgy vélik, hogy ma már a *biotársadalom* kialakulásának lehetünk tanúi. A biotársadalom mint fogalom azt jelenti, hogy az élet valamennyi területét átszövi a biotechnológia: a felhasznált nyersanyagok, alapanyagok és energia, valamint az alkalmazott technológiák jelentős része is valamiképpen kapcsolódik a biotechnológiákhoz. A biotechnológiákat manapság három fő csoportba sorolják: az elsőbe az ún. vörös biotechnológia tartozik, ami az emberi és állati egészséggel összefüggő biotechnológiai termékekre és szolgáltatásokra utal. A második a zöld biotechnológia, amely a mezőgazdasági és élelmiszergazdasági biotechnológiai felhasználásokat jelenti, és végül a fehér biotechnológia az ipar (beleértve az energiaipart is) biotechnológiája.

E területek közül ebben a tanulmányban csupán a *fehér biotechnológiát* érintjük, azon belül is csupán a kémiai ipari vonulattal foglalkozunk, a bioenergiáról nem lesz szó. Mielőtt azonban a tényleges témakörre rátérnénk,

tekintsük át röviden a biotechnológiák jellemzőit és nyersanyagait.

A bioiparok, így a jövő kémiai iparainak is alapvető nyersanyaga a biomassza, ez az évenként megújuló, a napfény kimeríthetetlen energiáját befogó és fotoszintézissel kémiai energiává alakító növényi anyag. A biomassza évente sokmillió tonnányi mennyiségben áll rendelkezésre akár elsődleges növényi termék, keményítő vagy növényi olaj, vagy másodlagos, lignocellulóz tartalmú mezőgazdasági termékek formájában.

A cukor-, illetve növényolaj alapú vegyi anyagok előállításának rendkívül kedvezőek a társadalmi hatásai. Ezek közül néhányat az alábbiakban lehet összefoglalni:

- a mezőgazdaság és erdőgazdaság számára ma még kiaknázatlan termelési lehetőségeket teremt,
- környezeti, illetve klimatikus hatása kedvező, hiszen nem termel plusz szén-dioxidot,
- csökkenti az olajtól való függőséget, ezáltal nagyobb politikai és gazdasági biztonságot nyújt,
- kedvező tulajdonságú, nagy hozzáadott értéket képviselő termékeket állít elő és
- feltehetően ez esetben a génmanipuláltságot is elnézőbben fogadja a közvélemény, mint az élelmiszercélú mezőgazdasági terményeknél.

Fontos hangsúlyozni, hogy a kémiai alapanyagokat előállító, a környezetvédelemmel fog-

lalkozó és a humán vagy egyéb gyógyszereket gyártó cégek (vagyis az összes, vörös, fehér és zöld terméket előállító vállalkozás) ugyanazt a biotechnológiát (rekombináns technikát, genomikát, proteomikát stb., ill. biomérnöki alapokat) alkalmazza; mára viszonylag egységes biotechnológiai tudományos háttér és mérnöki alkalmazási módszertan alakult ki.

A biotechnológiai eljárások alapvetően kétféleképpen lehetnek: (i) *de novo* fermentációk és (ii) bio-átalakítások (biotranszformációk) (1. ábra).

A biotechnológiai eljárások főbb jellemzői az alábbiakban foglalhatók össze:

Egyetlen fermentációs lépésben komplex, szintetikus csak több lépésben előállítható molekulák termelhetők.

Az előállítások nagymértékben specifikusak, pl. tiszta optikai izomerek állíthatók elő.

A reakciók enyhe, ún. fiziológiai körülmények között, rendszerint vizes oldatokban zajlanak le. Ugyanakkor egyes enzimekkel különleges reakciókörülmények (szerves oldószerek használata, nagyon magas hőmérséklet) is megvalósíthatók.

Nagy hozam, kisebb energiaigény jellemzi ezeket az eljárásokat.

Biotechnológiai eredetű platformok

Általánosságban elmondható, hogy a biotechnológiai alapú vegyipar alapvetően a mikroorganizmusok ún. elsődleges anyagcseretermékeinek *de novo* szintézisére épül, és ebben

BIOTECHNOLÓGIAI ELJÁRÁSOK

de novo FERMENTÁCIÓK
 $\Sigma Si + X \rightarrow \Sigma Pj + (X + \Delta X)$

mikroorganizmus
 növényi sejtenyészet
 állati szövettenyészet

BIOTRANSZFORMÁCIÓK

$S + X \rightarrow P + X$
 sejt(alkotórész)

$S + E \rightarrow P + E$
 enzim

1. ábra • A biotechnológiai eljárások két típusa

a legegyszerűbb két anyagcsere folyamat, a glikolízis és a citrátkör játszanak főszerepet.

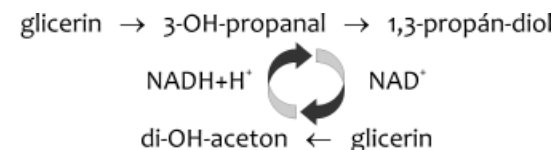
A legismertebb példát, az *etanolt* átugorva (mivel az manapság elsősorban mint energiahordozó kerül szóba) legyen másik, két szénatomot tartalmazó példánk az *ecetsav*, mint a glikolízis több ezer év óta ismert és előállított egyik lehetséges anyagcsere-terméke. Ez az egyszerű szerkezetű szerves sav egész sor további vegyület, illetve kémiai termék alapanyaga lehet (2. ábra)

A három szénatomot tartalmazó alapvegyületek közül a *tejsav* példáját nem lehet megkerülni, hiszen ez az egyik már jelenleg is hatalmas vegyipari jelentőségű anyagcsere-termék. A tejsav platformnak olyan jelentős elemei vannak, mint az akrilsav (polimer alapanyag), a tejsav-észterek (például az etil- és butil-laktát), amelyeket zöld oldószerekként tartanak számon. Legjelentősebbnek azonban a dimer laktid tűnik, amelyből politejsav (PLA) állítható elő. A módszer már egy 1932-es DuPont-szabadalomból ismert. Az igazi termelési technológiát azonban egy amerikai kukoricatermelgető és feldolgozó vállalat, a Cargill fejlesztette ki, a Dow Chemical céggel közösen. A technológiára alapozott 140 000

t/év kapacitású PLA-üzemet a Nebraska állambeli Blairben építették meg, 1997-ben.

A PLA-nak rendkívül kedvező tulajdonságai vannak: többek között felhasználás után összeolvasható és újrahasznosítható vagy komposztálható, azaz biológiailag teljes mértékben lebontható. Lényegesen kedvezőbb feltételek mellett állítható elő, mint egy sor, manapság használatos polimer: például előállításának fosszilis energiaigénye 30–50%-kal kisebb, mint a polisztirolé, illetve a PET-é. Fermentációja során nem képződik szén-dioxid, azaz a fotoszintézissel a légkörből kivont CO₂ mindaddig nem kerül oda vissza, amíg a tejsav le nem bomlik. Mindezek miatt a PLA nagy lehetőségekkel kecsegtető polimer: hasznosítható termoplasztikus csomagolóanyagként, textilipari szálak anyagként, és mivel biokompatibilis, implantátumként, illetve célzott hatóanyag bejuttatására szolgáló hordozóanyagként is.

A három szénatomos *glicerín* kétféleképpen is képbe kerül, ha a fehér biotechnológia lehetőségeit vizsgáljuk. Egyrészt a glicerín maga fermentációs úton, cukorból állítható elő. E módszer azonban napjainkra, amikor a bioenergia egyik letéteményese a biodízel,



3. ábra • Az 1,3-propán-diol enzimes előállítás

lényegében jelentőségét veszítette. A biodízel előállításakor, a növényi trigliceridek átészterezésekor ugyanis nagy mennyiségű glicerín képződik. A problémát nem a glicerín előállítás, hanem inkább az jelenti, hogy ez a glicerín felesleg milyen hasznos termékké alakítható át.

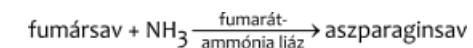
Ismeretes, hogy az 1,3-propándiol (1,3PD) tereftálsavval alkotott kopolimerje a politrimetilén-tereftalát igen ígéretes műanyag, amelyet a Shell Corterra®, míg a DuPont Sorona® márkanéven nagy mennyiségben gyárt. E cégek az 1,3PD-t részben szintetikus úton, részben pedig már biotechnológiai módszerekkel, glükózból kiinduló *de novo* fermentációval állítják elő. A BME Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszékén egy olyan eljárás kifejlesztésén dolgozunk, amely az 1,3PD-t enzimes úton, glicerínből állítja elő, miközben az alapanyagként használt glicerín egy időben két különböző terméké diszproporcionálódik: az 1,3PD mellett ekvimoláris mennyiségű dihidroxil-aceton is képződik (3. ábra).

A négy szénatomos alapanyagok közül a *borostyánkősavat* és az *aszparaginsavat* kell kiemelni. Előbbi anaerob baktériumokkal végzett fermentációkor a citrátkör egyes enzimeinek a megszokottól ellentétes irányban történő működése során keletkezik vegyes terméként, vagy több termékes fermentációban esetleg egyedüli terméként. A borostyánkősav előállítása kapcsán nagy szerepe jósolható a modern biotechnikáknak és a

bioinformatika „omikáinak”, azaz a proteomikának, metabolomikának, valamint a metabolit mérnökségnek; e fermentáción ugyanis mind a végtiter, mind a produktivitás szempontjából még sokat lehet javítani.

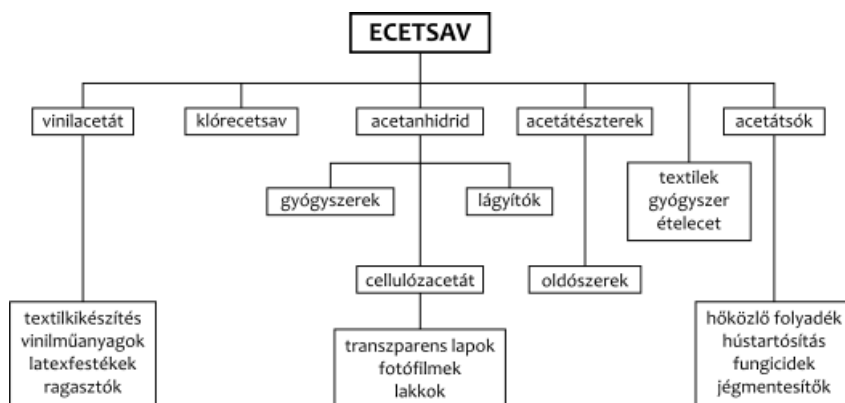
A borostyánkősav egy sor oldószerek, intermedierek, műanyagok lehet alapanyaga. Ezek közé tartozik a polibutilén-tereftalát, ill. a különböző poliszterek, így a biológiailag lebontható Bionolle és más poliamidok.

Az ugyancsak sokféle terméké továbbalakítható aszparaginsav közvetlen, *de novo* fermentációja még nem ismert. Előállítási módszerként egy enzimes eljárás, a fumársav biotechnológiai átalakítása jöhet számításba:



Ez esetben is nagy szerepe lehet az anyagcsere-mérnöki leleménynek, főképp a közvetlen fermentáció kidolgozásában.

Az öt szénatomos alapanyagok közül a *glutaminsav* az egyik, nagyipari körülmények között legrégebben előállított fermentációs ipari termék. Japánban már a hatvanas évek elején több ezer tonnát állítottak elő, ma több tízezer tonna az évenkénti világtermelés. Pontosabban nem a szabad savat, hanem elsősorban annak egy nátriumatomot tartalmazó sóját állítják elő, mivel az ötödik alapizért, az *umami*ért ez a vegyület a felelős. Jóllehet a nátriumsó természetesen átalakítható szabad savvá, az anyagcsere-mérnöki fejlesztések ez esetben olyan fermentációs eljárás kialakítására irányulnak, ahol fő terméként maga a



2. ábra • Az ecetsav platform

szabad sav képződik. A szabad sav azután egy sor vegyület, például a glutársav, a prolin, vagy az 1,5-pentán-diol kiindulási anyaga lehet.

Mind az öt szénatomos glutaminsav mind a szintén öt szénatomos *itakonsav* ugyancsak a központi anyagcsereút, a citromsav ciklus terméke. Bizonyos fonalas gombákban a citromsav → izocitromsav átalakulás köztiterméke, a cisz-akonitinsav átalakulhat a telítetlen kötést tartalmazó itakonsavvá. Az itakonsav mellett, hogy platform-alkotó, azaz egy sor vegyület kiindulási anyaga, maga is széleskörű felhasználással rendelkezik. Keresztkötő ágens vinil-vegyületekben, textilszálak gyártásánál, akril-polimereknél mint harmadik monomert használják. Az itakonsav-kopolimerekből átlátszó, plexi tulajdonságú és speciális lencsék alapanyagául használható műanyagok készíthetők, akrilsav és itakonsav kopolimerizációjával kelátképző gyanták hozhatók létre és így tovább.

A biotechnológiában tehát – akár a *de novo* eljárásokat, akár a bioátalakításokat tekintjük – nagy lehetőség rejlik amiatt, hogy egyes, hagyományosan petrokkémiai alapon gyártott alapanyagok felválthatók cukoralapú alapanyagokkal. Egy-egy ilyen alapvegyületből nagyszámú intermedier, illetve végtermék állítható elő.

A bioeljárások területén nagyon gyors fejlődés várható. Ennek következményeként

a kémiai ipar jelentősen át fog alakulni, és a mai vegyipari technológiák meghatározó részét biotechnológiák fogják felváltani. A fentiekben említett eljárások zöme már ma is adott, csupán gazdasági kérdés, hogy mikor kerülnek bevezetésre.

A gyors fejlődést az teszi lehetővé, hogy a biotechnológiában hihetetlen sebességgel keletkeznek új tudományos eredmények. Genomikai és proteomikai technológiák új enzimekhez, biokatalizátorokhoz vezetnek, amelyeket alapanyagok, intermedierek és termékek előállítására lehet felhasználni. Rekombináns technológiával és a genetikai mérnökség eredményeinek felhasználásával új mikrobákat állítanak elő, illetve extremofileket és más új exotikus mikrobákat vonnak be az ipari és környezetvédelmi eljárásokba. Ezáltal biomasszából kiindulva kémiai alapanyagok, polimerek, enzimek, üzemanyagok állíthatók elő (Frost, 2005).

A várható fejlődési ütemet jelzi, hogy egy kormányzati bizottsági jelentés szerint az USA-ban a biomassza mai, kb. 5%-os részeseését a vegyi anyagok előállításában 2010-re 12, 2020-ra 18, míg 2030-ra 25%-ra kívánatos növelni (Gavrilescu – Chisti, 2005)

Kulcsszavak: *biotársadalom, fehér biotechnológia, cukoralapú technológiák, platformalkotó vegyületek*

nology—A Sustainable Alternative for Chemical Industry. *Biotechnology Advances*. **23**, 471–499.
NREL – National Renewable Energy Laboratory (2005): *What is a Biorefinery?* <http://www.nrel.gov/biomass>

GAMMA-VALEROLAKTON, A FENNTARTHATÓ VEGYIPAR EGYIK LEHETSÉGES FOLYÉKONY ALAPANYAGA

Horváth István Tamás

az MTA doktora,
Eötvös Loránd Tudományegyetem Kémiai Intézet
istvan.t.horvath@att.net

Az emberiség legfontosabb célja, hogy a civilizáció folyamatos fejlődése mellett az emberek egyéni és kollektív tevékenysége folytatható legyen a végtelen jövőben a mostanival legalább azonos, de ha lehet még jobb életkörülmények között. A fejlődésnek hosszú távon is fenntarthatónak kell lennie, vagyis úgy kell kielégíteni egy adott generáció igényeit, hogy ennek lehetőségét ne vegyék el a következő generációktól. A *fenntartható fejlődés* koncepciójának egyik fontos eleme, hogy olyan sebességgel kell a természetes nyersanyagokat felhasználni, hogy azok mennyisége ne csökkenjen egy elfogadhatatlanul alacsony szint alá. A vegyipari szerves alapanyagok és intermedierek több mint 90%-át kőolajból állítjuk elő. Ugyanakkor, a belső égésű motorok számának rohamos növekedésével a közlekedés is egyre több kőolajat fogyaszt, a növekvő energiafelhasználás miatt pedig hatalmas mennyiségeket égetünk el erőművekben. Mivel e folyamatok eredményeként a rendelkezésre álló kőolaj belátható időn belül el fog fogyni, a fenntartható civilizáció egyik legfontosabb technológiai kihívása a kimerülőben lévő szén alapú nyersanyagok kiváltása az energiatermelésben és a vegyiparban. A molekuláris hidrogén (H₂)

várhatóan már századunk közepén jelentős szerepet fog játszani a különböző fenntartható energia rendszerekben (Turner, 1999, Hoffert et al., 2000). Míg a következő huszonöt-ötven évben a hidrogént szénhidrogénekből állítják elő, a későbbiekben a fenntartható energiával működtetett vízbontás veszi majd át a kulcsszerepet. Ennek várhatóan az lesz a következménye, hogy jelentős mennyiségű és aránylag olcsó hidrogén áll a vegyipar rendelkezésére. Így logikusnak tűnik egy olyan új vegyipar felvázolása, amely a szerves alapanyagokat és intermediereket növényi eredetű, azaz újratermelhető nyersanyagok részleges vagy teljes hidrogénezésével állítja elő. A hidrogénezésre azért van szükség, mert a növényi eredetű nyersanyagok nagymértékben oxidáltak, és sok, általában oxigéntartalmú funkciós csoporttal rendelkeznek. Például a glükóz (szőlőcukor), amely az egyik leggyakoribb szerves vegyület a Földön, a hexán-1-ol vagy akár n-hexán alternatív nyersanyaga lehetne. Amíg a hexán-1-olból könnyedén lehetne hex-1-ént előállítani, addig a n-hexán a „megújuló szintetikus olaj” szerepét tölthetné be, amelyből minden – ma kőolajból gyártott – petrokkémiai és szerves vegyipari terméket elő lehetne állítani.

Noha a Földön a fotoszintézis eredményeként évente 170 000 millió tonna biomassza képződik, jelenleg ennek csak mintegy 3%-a hasznosul. Ugyanakkor nő az érdeklődés az újrahasznosítható források iránt, mivel biomasszából, cellulózból, keményítőből vagy egyéb poliszacharidból kiindulva a monoszacharidon át, számos iparilag fontos vegyület elkészíthető. Fontos megjegyezni, hogy a hagyományos nyersanyagok (szén, olaj, földgáz) háromdimenziósak, vagyis a lelőhely mélységében is kiterjedt. Emiatt kis helyen nagy mennyiségben tárolódnak. A mezőgazdasági ültetvények viszont két irányban terjeszkednek, így azonos mennyiségű alapanyagot sokkal nagyobb területen lehet előállítani. A növényi eredetű nyersanyagok szükség szerint időszakos jellegűek, csak az év egy bizonyos részében állnak rendelkezésre. Az ipari termelés és a szükségletek viszont időben folyamatosak, nem lehet évszaktól és időjárástól függővé tenni az alapanyag-ellátást. További problémát jelent, hogy a növényi eredetű nyersanyagok jelentős része egyben az élelmiszeripar nyersanyaga is, így ezek használata – például hirtelen árnövekedések miatt – nehézségeket okozhat az élelmiszer-ellátásban (Horváth – Anastas, 2007).

Mivel az elmúlt ötven év bebizonyította, hogy egy megfelelő folyadék – mint a kőolaj – mind energiaforrásként, mind a szén-alapú vegyületek alapanyagaként szolgálhat, a jövő vegyiparát is egy új, *fenntartható folyadéknak* kellene alapozni. Azért folyadéknak és nem gáznak kellene alapozni. Azért folyadéknak és nem gáznak kellene alapozni, mert ezt a legkönnyebb tárolni és szállítani.

Az ideális *fenntartható folyadék* alkalmas mind energiatermelésre, mind a szén-alapú termékek előállítására. Növényi eredetű alapanyagokból termelhető, könnyen és biztonságosan lehet nagy mennyiségben tárolni és szállítani. Alacsony az olvadáspontja (hogy használható legyen hideg időben is), magas a forrás- és lobbanáspontja (hogy használható legyen meleg időben és alacsony maradjon az emisszió), jellemző és könnyen felismerhető illata vagy szaga van (hogy szivárgását könnyen észlelni lehessen), nem mérgező, vízben oldható (a természetes lebomlás miatt), továbbá vízzel és oxigénnel lehetőleg ne lépjen könnyen reakcióba. Végül, de nem utolsósorban fontos szempont, hogy kémiaiilag ne legyen több vegyület keveréke, mert egy adott vegyület koncentrációja sokkal könnyebben mérhető, ellenőrizhető és szabályozható, mint ahogy ez vegyületek keverékénél meg-

tehető (Horváth et al., 2008). A szóba jöhető folyadékok közül (1. táblázat) talán a gamma-valerolakton (GVL) fizikai és kémiai tulajdonságai a legmegfelelőbbek a fenntarthatóság szempontjából (Horváth et al., 2008).

Fontos megjegyezni, hogy a GVL előfordul gyümölcsökben, kellemes az illata, és gyakran alkalmazzák adalékként az élelmiszeriparban. Kísérletileg kimutattuk, hogy a GVL gőznyomása jelentősen kisebb, mint más lehetséges folyadékoké. Amennyiben a GVL víz jelenlétében könnyen hidrolizálna, akkor a képződő gamma-hidroxi-pentánsav korróziós problémákat okozhatna tárolás és szállítás közben. Ettől szerencsére nem kell tartani, mert GC-MS-módszerrel bizonyítható, hogy gamma-hidroxi-pentánsav nem képződik víz jelenlétében hónapok után sem, sőt a GVL reverzibilis hidrolízise sem észlelhető, ha ¹⁸O-izotóppal jelzett vizet és GVL-t két hónapig 60 °C-on kevertetünk. Azt is kimutattuk, hogy a GVL levegő alatt, zárt üvegben, fény kizárásakor peroxidokat nem képez, így hosszú ideig lehet biztonságosan tárolni, és nagy távolságra szállítani (Horváth et al., 2008).

Az összetett cukrok (az ún. oligoszacharidok) homogén vagy heterogén katalizátorok jelenlétében az őket felépítő egyszerű cukrokká (monoszacharidokká) hidrolizálhatók, amelyek tovább redukálhatók összetett alkoholokká (poliolokká). Iparilag fontos reakció a 5-hidroximetil-2-furfural, valamint a levulinsav és hangyasav előállítása hexózokból, szelektív savas dehidratációval. A folyamatot erős ásványi savak, ammóniumsók, kationcserélő gyanták és zeolitok katalizálják (Román-Leshkov et al., 2006). A levulinsav redukáláskor GVL keletkezik. Ebből további hidrogénezéssel 2-metil-tetrahidrofurán (2-Me-THF) képződik, amely benzinnel jól elegyedő

üzemanyag-adalék. A Biofine cég által kidolgozott eljárás szerint ha szilárd cellulózhulladékot 200–220 °C között, kénsavban feloldanak, tizenöt perc elteltével levulinsav képződik, 70–90%-os kitermeléssel (Dagani, 1999). Fontos megjegyezni, hogy a poli- és diszacharidok savkatalizált víz addíciójakor egyszerű cukrok képződnek, amelyek savkatalizált dehidratálása számos, egy vagy több C=C vagy C=O kötést tartalmazó intermediert és végterméket eredményezhet (Horvat et al., 1985). A telítetlen kötések *in situ* hidrogénezésével egyre kevesebb oxigénatomot tartalmazó termékek alakulnak ki. További dehidratálás, hidrogénezés és/vagy hidrogenolízis akár alkánok képződéséhez is vezethetnek.

A szénhidrátok gamma-valerolaktonná való alakítása során a hozamot meghatározó lépés a szénhidrát dehidratálása levulinsavvá. A dehidratálás savkatalizált folyamat, ezért az eddigiek során alkalmazott kénsav mellett sósavat, illetve néhány szilárd savat is kipróbáltunk. Sósavat használva azt tapasztaltuk, hogy redukív körülmények között a szacharóz szorbitollá és mannitollá alakul. Ezért a továbbiakban a sósavval való dehidratálást és a redukciót elkülönítve végeztük. A dehidratálás után a reakcióelegyet ugyanabban a reaktorban, a levulinsav kinyerése nélkül, hidrogénnyomás alá helyeztük. Míg a kénsavval végzett kísérleteknél 40–43%-os volt a levulinsav és a GVL összhozama, sósav esetében 52–57%-ot sikerült elérni. A heterogén katalizátorok előnye, hogy könnyen elválaszthatók és újrahasznosíthatók. Szilárd savak közül a Nb₂O₅, Al-MCM-41, H₃PW₁₂O₄₀·xH₂O, és Nafion-NR50 katalitikus hatékonyságát vizsgáltuk. Ezek közül a legjobbnak a H₃PW₁₂O₄₀·xH₂O, és Nafion-NR50 bizonyult, de ezek esetén is alacsony, 30–40%-os volt a levulinsav hozama. A fruktóz dehidratálását lehet úgy

Metanol Etanol MTBE¹ ETBE² GVL³ 2-Me-THF⁴

Mólsúly (g/mol)	32,04	46,07	88,15	102,17	100,12	86,13
Szén (w%)	37,5	52,2	66,1	70,53	60	69,7
Hidrogén (w%)	12,6	13,1	13,7	13,81	8	11,6
Oxigén (w%)	49,9	34,7	18,2	15,7	32	18,7
Forráspont (°C)	65	78	55	72–73	207–208	78
Fagyáspont (°C)	-98	-114	-109	-94	-31	-136
Sűrűség (°C)	0,7910	0,8	0,74	0,742	1,05	0,86
Lobbanáspont (°C)	16,1	14	-33	-19	96	-11
LD ₅₀ , orális-patkány (mg/kg)	5628	7060	4800	5000	8800	N/A

1. táblázat • Fenntartható folyadékként szóba jöhető vegyületek

(¹Metil-tercierbutil-éter; ²Etil-tercierbutil-éter; ³Gamma-valerolakton; ⁴2-Metil-tetrahidrofurán)

végezni, hogy az 5-hidroximetil-2-furfural hozama magas legyen, ebből ugyanis levulinsav állítható elő. Kimutattuk, hogy az 5-hidroximetil-2-furfuralt csak 54%-os hozammal lehet levulinsavvá alakítani Nafion NR50 jelenlétében.

A szacharóz hidrogénezését vizes oldatban $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-RuCl}_3\text{-NaI-P}[\text{m-SO}_3\text{Na-C}_6\text{H}_4\text{]}_3$ katalitikus rendszer jelenlétében vizsgáltuk. Amíg híg kénsavas oldatban csak D-szorbitol, addig töményebb savas (HCl vagy H_2SO_4) közegben levulinsav, hangyasav és gamma-valerolakton képződik (Mehdi et al., 2003). Kimutattuk azt is, hogy ezzel a katalizátorral 100%-os konverzióval lehet a gamma-valerolaktont előállítani levulinsavból (Mehdi et al., 2008). Az irodalomban nincs példa arra, hogy homogén katalitikus körülmények között transzfer-hidrogénezéssel sikerült volna levulinsavat gamma-valerolaktonná hidrogénezní. A transzfer-hidrogénezés jelentősége abban áll, hogy a gáz halmazállapotú hidrogén helyett más hidrogéndonor-molekulák szolgálnak hidrogénforrásként. Ilyen hidrogéndonor lehet a hangyasav vagy annak nátriumsója. A hangyasav a szacharóz dehidratálásakor keletkező levulinsav társterméke. Így transzfer-hidrogénezéssel a szénhidrátból származó levulinsavat a szintén szénhidrátból képződő hangyasavval lehet hidrogénezní. A $\{(\eta^6\text{-Me}_6\text{C}_6)\text{Ru}(\text{bpy})\text{H}_2\text{O}\}\{\text{SO}_4^{2-}\}$ katalizátor jelenlétében sikerült homogén transzfer-hidrogénezéssel levulinsavat hangyasavval gamma-valerolaktonná alakítani 50%-os kitermeléssel (Mehdi et al., 2008).

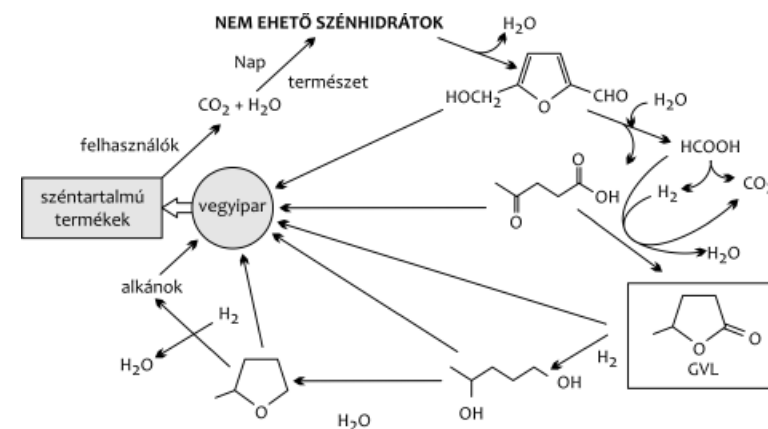
Az irodalomban ismert néhány lakton homogén katalitikus redukciója, de a GVL hidrogénezését eddig csak réz-kromit, illetve más krómtartalmú heterogén katalizátorokkal sikerült elfogadható hozammal megoldani. A ruténium-trisz(acetil-acetonát), $\text{Ru}(\text{acac})_3$,

tributilfoszfin, PBu_3 , és az ammónium-hexafluorofoszfát, NH_4PF_6 , tartalmú katalizátorrendszerrel sikerült 2-Me-THF-t 72%-os hozammal előállítani. Mivel a levulinsav könnyen hidrogénezhető gamma-valerolaktonná, megkíséreltük a levulinsav 2-metil-tetrahydrofuránna való átalakítását is. A $\text{Ru}(\text{acac})_3/\text{PBu}_3/\text{NH}_4\text{PF}_6$ rendszer alkalmazásakor a levulinsav teljesen átalakult 2-metil-tetrahydrofuránna. A $\text{Ru}(\text{acac})_3/\text{PBu}_3$ katalizátorrendszer segítségével, azaz NH_4PF_6 nélkül elvégezve a reakciót, a levulinsav teljes mértékben átalakult; pentán-1,4-diol és GVL (1.7:1) keveréke keletkezett. A pentán-1,4-diol sav jelenlétében könnyen alakítható át gamma-valerolaktonná (Mehdi et al., 2008).

A 2-Me-THF további hidrogénezését erős savakban, platinatartalmú katalizátorok jelenlétében kíséreltük meg. A 2-Me-THF alkánna való átalakításához először trifluor-metánszulfonsav és $\text{Pt}(\text{acac})_2$ szükséges. GC-MS-mérések szerint a termékegy főként izo-butánt és izo-pentánt tartalmaz, de emellett jelen van még metán, etán, propán, és ötnél több szénatomot tartalmazó szénhidrogének is. A 2-Me-THF hidrogénezését sikeresen oldottuk meg trifluor-metánszulfonsavban $\text{Cl}_2\text{Pt}(2,2'\text{-bipirimidin})$ katalizátor jelenlétében is (Mehdi et al., 2008).

Összefoglalva elmondható, hogy szacharózból kiindulva, megfelelő katalizátorok alkalmazásával különböző oxigéntartalmú vegyületek és alkánok állíthatók elő, amelyek közül a GVL lehet a fenntartható vegyipar egyik folyékony alapanyaga. A gamma-valerolaktonra épülő szerves vegyipar egy lehetséges sémáját az 1. ábrán vázoltuk fel.

Fontos kiemelni: amíg a Földön az éhezés nem szűnik meg, addig a biomassza különböző lehetséges alapanyagai közül csakis a nem ehető szénhidrátok átalakítása lehet a



1. ábra • A gamma-valerolaktonra épülő vegyipar sémája

GVL-termelés, illetve bármely más alapanyag, például „bioetanol” vagy „biodízel” alapja. A C_6 -szénhidrátokat tartalmazó biomasszából közvetlenül GVL-t előállító technológia kifejlesztése – a talán meg sem valósítható távlati cél, rövid távon az 5-hidroximetil-2-furfural hidrolízise során képződő levulinsav és hangyasav ekvimoláris keverékének katalitikus átalakítása tűnik gazdaságosan megoldható útnak. A GVL-alapú vegyipar sikeréhez számos olyan új reakciót kell felfedezni, amelyek elvezetnek a mai vegyipar legfontosabb alapanyagaihoz. Természetesen egy új alap-

anyag idővel számtalan olyan intermedier és termék előállítását teheti lehetővé, amelyeket ma még nem ismerünk. A GVL energiahordozóként való alkalmazásához az olcsó és nagy volumenű termelés mellett az is szükséges, hogy az energia-átalakítók, mint az égőfejek, a motorok vagy fűtőcellák, a GVL tulajdonságaihoz igazodjanak.

Kulcsszavak: *gamma-valerolakton, fenntartható vegyipar, fenntartható folyadék, újratehermelhető nyersanyagok, katalitikus hidrogénezés, összetett cukrok*

IRODALOM

- Dagani, Ron (1999): *Green Chemistry. Chemical and Engineering News*. July 5, 30–32.
- Hoffert, Martin I. et al. (2000): Advanced Technology Paths to Global Climate Stability: Energy for a Greenhouse Planet. *Science*. 298, 981–987.
- Horvat, J. – Klaić, B. – Metelko, B. – Sunjic, V. (1985): Mechanism of Levulinic Acid Formation. *Tetrahedron Letters*. 26, 2111–2114.
- Horváth István Tamás – Anastas, Paul T. (2007): Innovations and Green Chemistry. *Chemical Reviews*. 107, 2169–2173. <http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/cr078380v?prevSearch=&searchHistoryKey>
- Horváth István Tamás – Mehdi, Hasan – Fábos V. – Boda L. – Mika L. T. (2008): γ -Valerolactone—A Sustainable Liquid for Energy and Carbon-based

- Chemicals. *Green Chemistry*. 10, 238–242.
- Mehdi, Hasan – Fábos V. – Tuba R. – Bodor A. – Mika L. T. – Horváth I. T. (2008): Integration of Homogeneous and Heterogeneous Catalytic Processes for a Multi-step Conversion of Biomass: From Sucrose to Levulinic Acid, γ -Valerolactone, 1,4-Pentandiol, 2-Methyl-tetrahydrofuran, and Alkanes. *Topics in Catalysis*. 48, 49–54.
- Mehdi, Hasan – Tuba R. – Bodor A. – Horváth I. T. (2003): ACS Meeting, 2003. 09. 7–11, NY, USA
- Román-Leshkov, Yuriy – Chhedha, J. N. – Dumesic, J. A. (2006): Phase Modifiers Promote Efficient Production of Hydroxymethylfurfural from Fructose. *Science*. 312, 1933–1937.
- Turner, John A. (1999): A Realizable Renewable Energy Future. *Science*. 285, 687–689.

POLIMEREK MINT MÁSODLAGOS NYERSANYAGOK

Iván Béla

a kémiai tudományok doktora,
MTA Kémiai Kutatóközpont Anyag- és Környezetkémiai Intézet
Polimer Kémiai és Anyagtudományi Osztály
bi@chemres.hu

Polimer – műanyag – hulladék

Egy, a kémia xx. századi fejlődését összefoglaló tanulmány (Márta, 1999) a tudományterület egyik legjelentősebb, a hétköznapi életben megjelenő eredményének tekintette a mesterséges (szintetikus) polimerek és a feldolgozásukkal nyert, napjainkban már nélkülözhetetlen műanyagok széleskörű elterjedését. Korunkat ezek alapján joggal nevezhetjük polimerkorszaknak. A Néprajzi Múzeumban 2007-ben megrendezett, *Műanyag* című időszaki kiállítás is alátámasztotta e megállapítást: látható volt, hogy korunkban a polimerekből készült műanyagok meghatározó szerepet töltenek be nemcsak mindennapi életünkben, hanem a modern technológiákban, a gazdaságban és a kultúrában is.

Az első nagyobb mennyiségben gyártott és alkalmazott szintetikus polimert, a megalotójáról elnevezett bakelitet 1907-ben fedezte fel Leo Hendrik Baekeland. Ezt követően, de különösen a xx. század közepétől rohamosan fejlődő polimer kémiai kutatások eredményeinek alkalmazása révén egyre nagyobb ütemben nőtt a polimerek gyártása és a feldolgozásukkal nyert, magyarul „műanyag” néven ismert anyagok felhasználása. A polime-

rek gyártása napjainkban is évi 7–8%-kal nő. Ez a növekedési sebesség jelentősen meghaladja mind a világgazdaság, mind pedig a legtöbb nemzetgazdaság növekedési ütemét. A kőolaj-feldolgozó ipart leszámítva mostanra Magyarországon is a polimerekre alapozott műanyagipar és gumiiipar vált a vegyipar legnagyobb termelési értékű ágazatává.

A világon jelenleg évente már több mint 230 millió tonna polimert gyártanak és használnak fel. Ez térfogatában mintegy kétszerese a világon előállított acél térfogatának. A mesterséges polimereken alapuló műanyagipar és gazdaság, valamint az ehhez kapcsolódó kutatás-fejlesztés azonban nem hagyhat – és nem is hagy – figyelmen kívül két fontos ténytet: (1) a polimerek előállítására használt monomereket szinte kizárólag kőolajból vagy azok származékaiból állítják elő, és mint közismert, a Föld kőolajkészlete véges; (2) az igen nagy mennyiségű polimer termék felhasználásakor igen nagy mennyiségű hulladék képződik, ami környezeti szempontból kelt aggályokat. A polimerek nagy volumenű és igen sokféle területen való – sok esetben immár nélkülözhetetlen – alkalmazása ezek alapján felveti a kérdést, hogy mi fog történni a polimergyártás terén a kőolajforrások ki-

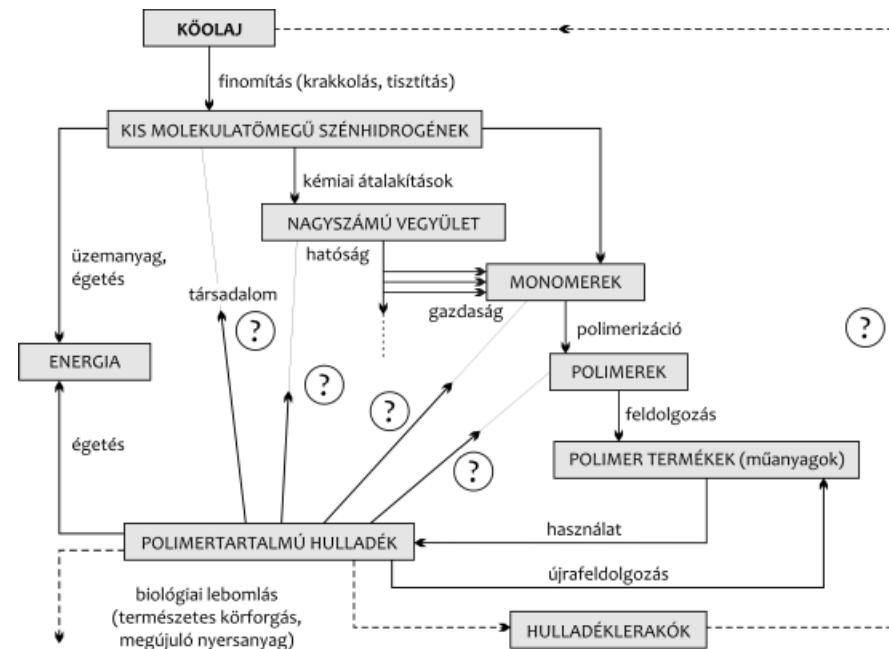
merülése után, valamint hogy mi legyen a nagy mennyiségű műanyag felhasználása során képződő, ugyancsak nagy mennyiségű polimertartalmú hulladék sorsa? E problémákra ugyan részleges, de egyértelmű válaszként adódik, hogy a polimerek elsődleges alapanyagként, műanyag termékek előállítására való felhasználása mellett egyre jelentősebbé kell, hogy váljon a polimerek – mint műanyag hulladékok – másodlagos nyersanyagokként történő alkalmazása is.

A kőolaj–monomer–polimer–műanyag hulladék ciklus

A Föld ismert és a jelenlegi technológiákkal gazdaságosan kitermelhető kőolajkészletét – meglehetősen nagy bizonytalansággal – ma 140–150 milliárd tonnára teszik. Ha figyelembe vesszük a világ 3,5 milliárd tonna körüli éves kőolaj-felhasználását, akkor könnyen

kiszámolható, hogy változatlan termelést és felhasználást feltételezve ez a mennyiség szűk ötven esztendőre elegendő (Bárdossy – Lelkesné Felvári, 2006). A Földön kitermelt kőolaj nagy részét, több mint 80%-át fűtőanyagként és járműhajtóanyagként energia-termelésre használják fel. A fennmaradó hányad legnagyobb részéből, évi több mint 200 millió tonnából polimert gyártanak.

Az 1. ábra azokat a folyamatokat foglalja össze, amelyek a kőolajból kiindulva a műanyag hulladékokig vezetnek, valamint kérdőjellel megjelölve mutatja azokat a kívánatos utakat, amelyek a polimertartalmú hulladékból újból felhasználható hasznos termékeket eredményezhetnek. Ismeretes, hogy a kőolaj-finomítás (krakkolás és tisztítás) kis molekulatömegű szénhidrogéneket eredményez, amit frakcionálva főleg benzin, gázolaj és kerozin formájában üzemanyagként használ-



1. ábra • A kőolaj–monomer–polimer–műanyag hulladék ciklus

nak fel. Nagy mennyiségben állítanak elő kisebb molekulatömegű frakciókat is, amelyekben megtalálható az etilén (C₂-frakció), a propilén (C₃-frakció), valamint a butadién és az izobutilén (C₄-frakció) is. E frakciókból – mint monomerekből – polimerizáció révén nagy mennyiségben gyártanak polietilént, polipropilént, polibutadiént és poliizobutilént. A szerveskémiai vegyipar ezekből a kis molekulatömegű szénhidrogénekből kiindulva nagyszámú további vegyületet állít elő, köztük számos olyan vegyületet is, amelyekből sokféle egyéb polimert gyártanak (Farkas, 2000).

A polimerek nagyszámú ismétlődő molekuláris egységekből, ún. monomerekből felépülő óriásmolekulák. Előállításuk során a monomereket kémiai kötésekkel kapcsoljuk egymáshoz; ez a folyamat a polimerizáció (1. ábra). Két fő polimerizációs eljárást különböztetünk meg: (1) láncpolimerizáció és (2) lépcsős polimerizáció. Ipari méretekben történő előállításnál az első folyamatban nagyrészt vinil-vegyületeket és egyes oxigén-, illetve nitrogéntartalmú gyűrűs vegyületeket, míg a másodikban különféle, szénen és hidrogénon kívüli, más, úgynevezett heteroatomot (például: oxigén, nitrogén, kén, szilícium) tartalmazó vegyületeket alkalmaznak monomerként (Náray-Szabó, 2006). Az ismertebb monomerek közül az első csoportba tartozik az etilén, propilén, butadién, izobutilén, sztírol, vinil-klorid, (met)akrilátok, valamint az epoxidok. A második csoport monomerejéi között többértékű szerves savakat, alkoholokat, savkloridokat, észtereket, fenolokat, aminokat találunk. A nagyobb mennyiségben gyártott és szélesebb körben alkalmazott polimerek ismétlődő molekuláris egységeinek szerkezetét a 2. ábrán láthatjuk (a hullámvonal (-) a feltüntetett szerkezeti egységekből felépülő, hosszú polimer láncokat jelöli).

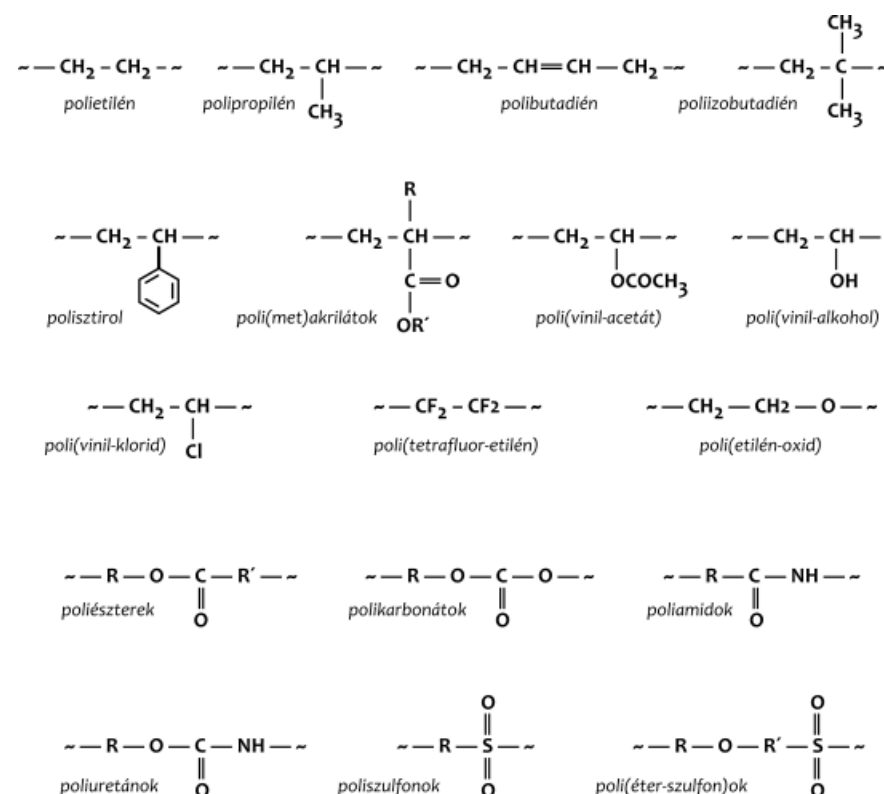
Amint az 1. ábrán is látható, a polimerek feldolgozásakor különféle termékeket, köztük nevükön műanyagokat kapunk. A több tízezer fajta polimert és a többféle monomerekből felépülő ún. kopolimereket többféle módon, így például préseléssel, fröccsöntéssel, sajtolással, hengerléssel, palackfúvással, szálképzéssel, filmképzéssel, fóliafúvással lehet feldolgozni. Az így kapott termékek azonban többnyire nem homogén anyagok, hanem adalékokat, így töltőanyagokat, társítószerkeket, stabilizátorokat, égésgátlókat, lágyítókat, csúsztatókat és színezékeket is tartalmaznak. Részen ennek is a következménye, hogy a műanyagok oly sok területen alkalmazhatók: tulajdonságaik ugyanis az adalékanyagok segítségével igen széles határok között, a felhasználói kívánalmaknak megfelelően változtathatók. A teljesség igénye nélkül néhány nagyobb volumenű alkalmazási terület: textilipar, gépipar, cipőgyártás, csomagolóanyagok (palackok, dobozok, tasakok stb.), bútortipar, elektrotechnika, építőipar, sportszerek stb. A különleges alkalmazások közé tartozik a mikroelektronika, a gyógyászat, a biotechnológia és a hadiipar. Így például az ún. *reziszt polimerek* nélkül nem alakulhatott volna ki napjaink információs technológiája. A számítógép-processzorok integrált áramköröit ugyanis ilyen polimer rétegben lejátszódo, irányított fotokémiai reakció révén alakítják ki. Ugyancsak igen jelentősek, sőt egyre fontosabbá válnak a mesterséges polimerek gyógyászati és életminőséget javító alkalmazásai. Ezek a gyógyászati segédeszközöktől, szemlencsétől, protézisektől, implantátumoktól, mesterséges erektől a szabályozott gyógyszerleadást biztosító gyógyszerhordozókig, sőt újabban az úgynevezett génterápiában alkalmazott DNS-, RNS- és fehérje-hordozókig terjednek.

Használat után a műanyagok hulladékként jelennek meg (1. ábra). A probléma súlyosságát jelzi, hogy a világon ma évente mintegy 230 millió tonna műanyagterméket gyártanak, s ennek 75–99%-a típusától függően az élettartam lejártával hulladékként jelenik meg. Kérdés: mi legyen e hulladék sorsa?

A műanyag hulladékok mint nyersanyagok

A polimer tartalmú műanyag hulladék jelentős része napjainkban hulladéklerakókba kerül. Az ún. biológiailag lebontható polimerek biológiai – főleg enzimatis – folyamatok révén lebomlanak, és a bomlástermékek visszakerülnek a természetes körforgásba, ezáltal elvileg újra felhasználhatók. A bioló-

giai polimerek terén ugyan intenzív kutatás és fejlesztés folyik, jelenleg azonban ipari jelentőségük még elenyésző. A legnagyobb mennyiségben felhasznált műanyagok, azaz a polietilén és polipropilén, a poli(vinilklorid) (PVC), a polisztirol és származékai, a műgumik alapanyagai (a polibutadién, a polikloroprén és a poliizobutilén), valamint a polimetakrilátok természetes körülmények között nem vagy csak részlegesen, és akkor is rendkívül hosszú idő alatt bomlanak le. A hulladéklerakók szerves anyagai, így a polimertartalmú hulladékok is geológiai/geokémiai folyamatok révén ugyan ismét kőolajjá alakulhatnak, ez azonban több százmillió év alatt játszódik le.



2. ábra • A leggyakoribb ipari polimerek monomer egységeinek szerkezete

Magától értetődőnek tűnik, és környezetvédelmi szempontból is legelőnyösebb az előállított és felhasznált, majd hulladékként megjelenő polimerek újrahasznosítása, vagyis másodlagos nyersanyagként történő felhasználása. Ennek érdekében már eddig is jelentős erőfeszítések történtek világszerte, ám a jelenlegi gyakorlat ezen a téren messze elmarad a kívánatostól. Ennek is tulajdonítható, hogy a polimerek újbóli felhasználását célzó igen intenzív kutatás-fejlesztési tevékenység folyik napjainkban szerte a világon, elsősorban a fejlett országokban (Farkas, 2000, La Mantia, 1996, Scheirs – Kaminsky, 2006).

A műanyag- és gumihulladékok legegyszerűbben *elégetéssel*, vagyis energiatermelés révén hasznosíthatók. Ezen anyagok égéshője közel azonos a fűtőolajéval, azaz belőlük – tömegegységre vonatkoztatva – háromszor-négyszer több energiát lehet nyerni, mint kőszén elégetésével. Ennek alapján már hosszabb ideje jelentős mennyiségű műanyag-hulladékot dolgoznak fel hulladékégetőkben, kohókban és cementgyárakban. A legtöbb fejlett ipari országban már előírás, hogy az ezekben az üzemekben termelt energia mekkora hányadának kell polimer tartalmú hulladék (például gumiabroncs) elégetéséből származnia. Megjegyzendő, hogy az energia-termelésre nyersanyagként alkalmazott műanyag-hulladék ugyan jelentős mennyiségű fűtőolajat, földgázt vagy szenet vált ki, az így hasznosított polimerek azonban elvesznek, mint újabb hasznos termékek alapanyagai. Ráadásul nem elhanyagolhatók az energetikai hasznosítás környezeti hatásai sem.

A polimertartalmú hulladékok legideálisabb újrahasznosítási lehetősége a különféle termékekkel való újrafeldolgozás (Farkas, 2000, La Mantia, 1996, Scheirs – Kaminsky, 2006). Az 1. ábrán ezeket a lehetőségeket

kérdőjellel jelezzük: kismértékű alkalmazással már sok területen lehet találkozni, számos lehetőség és probléma azonban még tisztázásra vár (Farkas, 2000). A felmerülő megoldások közül legegyszerűbb az elhasznált polimertartalmú anyagok polimerként történő újbóli feldolgozása, ami újra műanyagterméket eredményezhet. Ehhez azonban két fontos feltételnek kell teljesülni: (1) a műanyag hulladékok újrahasznosítása szelektív hulladékgyűjtést igényel; (2) az így kapott hulladékot is még polimerfajtaiként szét kell válogatni. Az első feltétel elsősorban szabályozási és környezettudatos társadalmi kérdés. A második feltétel pedig abból ered, hogy a nagyszámú műanyag sokféle polimerből áll, és ezek, valamint a sokféle segédanyag többnyire igen korlátozottan elegyednek egymással. A már említett feldolgozási eljárásokkal, az egymással nem elegyíthető polimerekből olyan anyagokat kapunk, amelyek fizikai tulajdonságai az elkülönülő összetevők miatt annyira előnytelenek (könnyen repednek, törnek), hogy további felhasználásra nem alkalmasak. A műanyag hulladékok *mechanikai újrahasznosítása* tehát egységes anyagokat eredményező szelektív gyűjtést, majd ezt követően válogatást igényel. Az így kapott műanyag-hulladékból általában őrlés, granulálás, majd további feldolgozás révén készül új műanyag termék. A műanyag-hulladékok mechanikai újrahasznosítása, ha lassan is, de egyre bővül világszerte. Magyarországon a műanyagok újrahasznosítását több terület koordinálja. Negyven körüli hulladékgyűjtő, és több mint húsz újrahasznosító cég foglalkozik műanyag-hulladékok szelektív gyűjtésével és másodlagos nyersanyagként történő, mechanikai újrahasznosításával.

A másik lehetőség a *kémiai újrahasznosítás*. Ez vezethet kis molekulatömegű szénhidro-

génekhez (olajokhoz, gázokhoz), különböző más vegyületekhez, vagy akár monomerekhez. Mindegyik esetben vegyipari alapanyagokhoz – beleértve a műanyagipari alapanyagokat is – jutunk. A fejlett országokban már számos olyan vegyipari üzem működik, amelyek kémiai módszerekkel, másodlagos nyersanyagként igyekeznek újrahasznosítani a műanyag hulladékokat. A legtöbb polimerből, különösen pedig a szénhidrogén-alapú polimerekből *pirolízissel*, azaz magas hőmérsékletű hőbontással igen jó kitermeléssel (40–80%) gázolaj nyerhető (Scheirs – Kaminsky, 2006). Ez a lehetőség egy széles körben kutatott terület, hazánkban például intézetünkben és a Pannon Egyetemen folyóknak ilyen irányú kutatások (Bozi et al., 2007, Miskolczi et al., 2006). A polimerek *elgázosításával* főleg szén-monoxid/szén-dioxid tartalmú gázkeveréket lehet előállítani (Scheirs – Kaminsky, 2006). Egyes polimerekből lépésenkénti lebontással, a polimerizáció ellentétes folyamatával, az úgynevezett *depolimerizálással* a polimerek kiindulási anyagai, a monomerek nyerhetők vissza. Ilyen vegyipari eljárás például a poliészterek és poliamidok hidrolízise, amely a megfelelő monomereket eredményezi (Farkas, 2000). Működnek már olyan üzemek is, amelyekben a többkomponensű műanyag hulladékból szelektív *kioldással* tisztított polimert nyernek, és ezt használják fel újra műanyag termékek előállítására. Ilyen például a PVC újrahasznosítására kidolgozott, ún. „VinyLoop” eljárás (<http://www.vinyloop.com>).

A fenti áttekintés alapján egyértelműen megállapítható, hogy az egyre nagyobb mennyiségű műanyag-hulladékot másodlagos nyersanyagként kell tekinteni. Megfelelő kémiai és mechanikai eljárásokkal ugyanis energia és újrafelhasználható vegyületek, vagy

műanyagipari alapanyagok nyerhetők belőlük. Így egyúttal csökken a műanyagok okozta környezetterhelés, másrészt pedig kiváltják az előállításukhoz szükséges kőolaj egy részét. Máris jelentős mennyiségű műanyag-hulladékot használnak energiatermelésre. Várhatóan egyre bővül a mechanikai és kémiai újrahasznosítás is. Ez utóbbiaknak korlátokat szab az, hogy napjainkban ezek még nem gazdaságosak, továbbá környezettudatos szelektív hulladékgyűjtést, majd ezt követő további – többnyire kézi – válogatást igényelnek. Várható azonban, hogy a kőolajforrások véges volta, valamint a kőolajár függvényében egyre gazdaságosabbá válik a műanyag hulladékok újrahasznosítása is.

Kitekintés saját kutatásokról: a PVC termikus oxidációja újrahasznosítható polimerekké

A poli(vinil-klorid) (PVC) a világon a harmadik legnagyobb, évente több mint 35 millió tonna mennyiségben gyártott és alkalmazott polimer, ami a műanyagipar egyik legtöbbet vitatott anyaga. Ezt a polimert az elmúlt évtizedekben támadták klórtartalma, egyes források szerint rákot okozó monomerje, valamint az égetése során keletkező – bár igen kis mennyiségű – dioxin miatt. Az utóbbi két probléma megoldottnak látszik, klórtartalma pedig az utóbbi időben inkább előnye, semmint hátránya ennek az anyagnak. A klórt igénylő technológiák (például a papírgyártás), valamint a klórtartalmú oldószerek és gázok felhasználásának visszaszorulása ugyanis megköveteli a világon előállított (egyébként igen mérgező, az I. világháborúban harci gázként is alkalmazott) klór biztonságos elhelyezését. Erre jelenleg a legalkalmasabb a jelentős mennyiségben gyártott és alkalmazott PVC, amelynek minden egyes monomer egysége egy klóratomot tartalmaz

(2. ábra). A konyhasó elektrolízisével nyert, és az iparban egyre nagyobb mennyiségben igényelt nátrium-hidroxid társterméke a vele egyenértékű mennyiségben képződő klórgáz. A PVC nagy előnye, hogy olcsón, kis energia-befektetéssel állítható elő, és igen széles tulajdonságskálával rendelkező műanyagok gyárthatók belőle. A lágy anyagoktól (műbőr, padlózat, orvostechnikai eszközök stb.) az igen kemény ajtó- és ablakkeretekig, vízvezetékcsövekkig állítanak elő PVC-termékeket.

A fentiek alapján a PVC újrahasznosítási lehetőségeinek kutatása és fejlesztése igen nagy jelentőségű (La Mantia, 1996). A nagymennyiségű PVC-termék ugyanis előbb vagy utóbb hulladékként jelenik meg. Említettük már a kioldást, mint az egyik lehetséges újrahasznosítási eljárást, amivel a tiszta polimer nyerhető vissza. Ennek az eljárásnak azonban komoly korlátai vannak, és csak tiszta PVC-termékek esetében alkalmazható.

A polimerek alapanyagként történő hasznosításával kapcsolatban saját kutatásaink a PVC enyhe körülmények közötti, oxidatív átalakítására irányulnak. Kidolgoztunk egy eljárást a PVC-láncban az elsődleges feldolgozás során elkerülhetetlenül képződő kettős kötések epoxidációjára (Szakács – Iván, 2000, 2004). Erről az epoxidálási eljárásról bebizonyosodott, hogy feldolgozási körülmények között is kivitelezhető (Bicak et al., 2003). Az így kapott, kémiaileg módosított PVC számos területen alkalmazható.

A PVC lebontásával kapcsolatos kutatásaink során felismertük, hogy a PVC-oldatban kivitelezett termooxidatív lebomlásakor láncszakadás következik be (Szakács et al., 2001). Egyidejűleg oxigéntartalmú, poláros csoportok képződnek a polimer láncban, és az így kialakult módosított PVC sokkal jobban elegyíthető más anyagokkal. Ez azt je-

lenti, hogy az így kezelt PVC a tiszta PVC-nél jóval szélesebb körben használható fel.

Összefoglalás

A polimerek termelése és felhasználása mintegy fél évszázada folyamatosan, évente 7–8 %-kal növekszik. A napjainkban évente előállított több mint 230 millió tonna polimer többnyire kőolaj-alapú vegyipari technológián alapszik. A nagyszámú és rendkívül változatos szerkezetű és tulajdonságú polimerekből előállított műanyagokból egyúttal egyre nagyobb mennyiségű hulladék képződik. Mindez két fontos kérdést vet fel: (1) mi történik a kőolaj alapú műanyagiparral a kőolaj források kiapadása után, (2) mi legyen a sorsa a nagymennyiségű, polimertartalmú hulladéknak. Utóbbi problémára már napjainkban is számos megoldás található a gyakorlatban. A polimertartalmú hulladék ugyanis olyan anyagnak tekinthető, amelyet többféleképpen lehet újrahasznosítani, így például elégetéssel energiatermelésre, valamint mechanikai és kémiai újrafeldolgozás útján, másodlagos nyersanyagként. Ez utóbbi, intenzíven kutatott terület elsősorban pirolízis, gázosítás, hidrolízis és kioldás útján vezet hasznos termékekhez. Saját kutatásaink a PVC környezetileg előnyös oxidatív átalakítására irányulnak, amelyek újrahasznosítható polimereket eredményeznek. Előrevetíthető, hogy e területeken a kőolajkészlet és -ár függvényében az eddigieknél is jelentősebb kutatás-fejlesztés várható már a közeljövőben.

A szerzőt a tanulmány elkészítésében segítették: Dr. Fónagy Tamás, Dr. Földes Enikő, Dr. Groh Werner Péter, Kovács Barbara, Dr. Máthé Árpád, Pálfi Viktória, Dr. Pollreisz Ferenc, Dr. Szakács Tibor, Dr. Szesztay Andrásné, Tyroler Endréné.

Kulcsszavak: *polimerek, műanyagok, hulladék, újrahasznosítás, nyersanyag*

IRODALOM

- Bárdossy György – Lelkesné Felvári Gyöngyi (2006): Gondolatok és kételyek Földünk szénhidrogénkészleteivel kapcsolatban. *Magyar Tudomány*, 1, 62–71.
- Bicak, Niyazi – Senkal, B. F. – Gazi, M. (2003): Epoxide containing spherical beads from PVC. *Polymer Bulletin*, 51, 3, 231–236.
- Bozi János – Czégény Zs. – Mészáros E. – Blazsó M. (2007): Thermal Decomposition of Flame Retarded Polycarbonates. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 79, 337–345.
- Farkas Ferenc (2000): *Műanyagok és a környezet*. Akadémiai, Budapest
- La Mantia, Francesco Paolo (ed.) (1996): *Recycling of PVC and Mixed Plastic Waste*. ChemTec Publishing, Toronto
- Náray-Szabó Gábor (szerk.) (2006): *Kémia*. Akadémiai, Budapest
- Márta Ferenc (1999): A kémia lehetőségei és feladatai. *Magyar Tudomány*, 6, 651–666.

- Miskolczi, Norbert – Bartha L. – Deák Gy. (2006): Thermal Degradation of Polyethylene and Polystyrene From Packaging Industry over Different Catalysts into Fuel-Like Feed Stocks. *Polymer Degradation and Stability*, 91, 517–526.
- Scheirs, John – Kaminsky, Walter (eds.) (2006): *Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics: Converting Waste Plastics into Diesel or Other Fuels*. John Wiley & Sons Ltd., New York
- Szakács Tibor – Iván Béla (2000): Epoxidation of Degraded Poly(vinyl chloride). *Polymer Preprints (of the American Chem. Society)*, 41, 2, 1540–1541.
- Szakács Tibor – Pollreisz Ferenc – Iván Béla (2001): Degradative Transformations of Poly(vinyl chloride) to New Potentially Useful Products. *Polymer Preprints (of the American Chemical Society)*, 42, 2, 838–839.
- Szakács Tibor – Iván Béla (2004): Epoxidation of Thermally Degraded poly(vinyl chloride). *Polymer Degradation and Stability*, 85, 1035–1039.



TENDENCIÁK A VÁROSI LEVEGŐMINŐSÉG ALAKULÁSÁBAN[†]

Salma Imre

az MTA doktora,
ELTE Kémiai Intézet
www.salma.elte.hu

A globális levegőszennyezettség kezdetei

A levegőszennyezés egyidős az emberiséggel. A kezdetekben és az első ókori társadalmakban azonban ez csak helyi, esetleg regionális léptékben jelentkezett. A globális levegőszennyezettség megjelenése az ókori görög-római időkre tehető. A római korban az egyik legelterjedtebb fém az ólom volt. Az ólom bányászata i. e. kb. 4000 évvel ezelőtt kezdődött, de jelentős kitermelése csak ezer évvel később indult meg. Az ólomtermelés a Római Birodalom virágzása idején érte el a csúcát nyolcvanezer tonna éves mennyiséggel, ami nagyságrendileg akkora volt, mint az ipari forradalom idején. Az ókorban az ólmot nyitott kemencékben olvasztották, aminek hatásaként a kitermelt ólom mennyiség mintegy 5%-a kerülhetett a levegőbe aeroszol-részecskék formájában. A Római Birodalom bukása után az ólobányászat is visszaesett, és csak a késő középkorban indult ismét növekedésnek. Az aeroszol-részecskék légköri tartózkodási ideje egy-két hét, amely idő alatt a légáramlatokkal elérhették Grönlandot és a sarkvidékeket is, ahol kiülepedtek és a jégtakaró

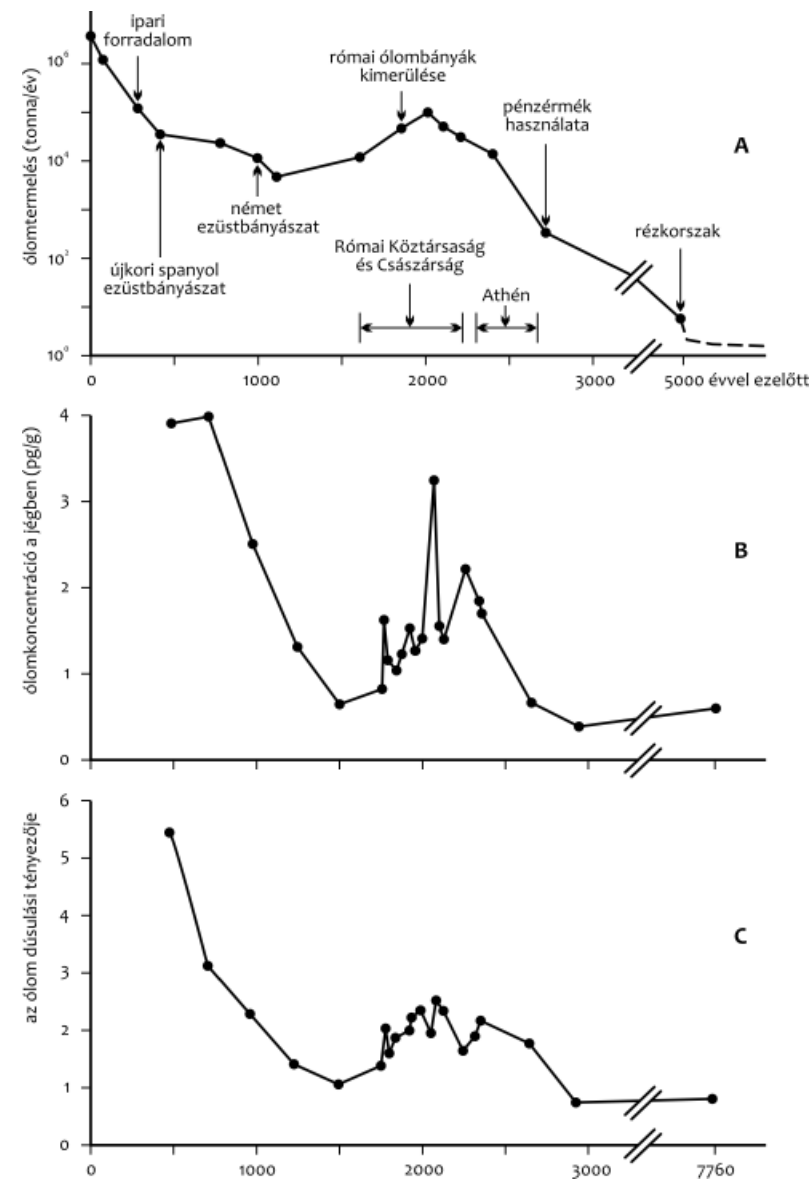
[†] Az MTA Kémiai Tudományok Osztálya 2006. májusi közgyűléséhez kapcsolódó tudományos ülésen, 2006. május 10-én elhangzott előadás szerkesztett változata.

„fogyai lettek”. A múlt légköri ólomkoncentrációjára a jégmag minták ólomtartalma alapján következtethetünk nagyérzékenységű analitikai módszerek alkalmazásával.

Az 1. ábrán a kitermelt ólom mennyisége és a jégmintákban mért ólomkoncentráció, valamint az ólom légköri dúsulása közötti kapcsolatot követhetjük nyomon csaknem nyolcezer évre visszamenőleg. A legkorábbi időkből származó jégminták vizsgálata lehetővé tette az ólomkitermelés kezdete előtti háttérérték megállapítását is. Abban az időben a légköri ólom teljes mennyisége természetes, főként földkéreg eredetű forrásokból származott. A jég és ezzel együtt a levegő ólomkoncentrációja mintegy 2500 évvel ezelőtt indult hirtelen növekedésnek, majd mintegy nyolcszáz éves időszakban a koncentráció és a dúsulási tényező kevésbé változott. Az adatok az északi félgömb légkörének globális és jelentős ólomszennyezettségét bizonyítják az ókori római időkben. A Római Birodalom bukása után a grönlandi jégminták ólomtartalmában is csökkenés figyelhető meg. A későbbi, középkorban jelentkező növekedés a kitermelés újbóli fellendülésével függ össze. Az ólomizotópok gyakoriságából az antropogén források növekvő járuléka és jelentőségére lehet következtetni.

Globális megjelenése óta a levegőszennyezettség folyamatos és olykor jelentős átalakuláson megy keresztül a gazdasági és műszaki, társadalmi, valamint szellemi körülmények

változása miatt. Időbeni menete nemritkán általános tendenciát mutat adott helyszínen, míg térbeli változását egyre nagyobb kiterjedés és koncentráció is jellemzi.



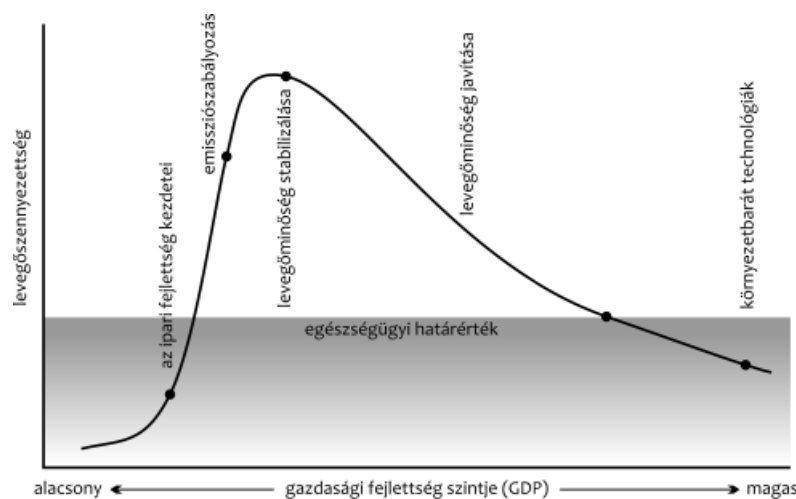
1. ábra • Az ólom kitermelt mennyisége (A), valamint a grönlandi jégmag mintában mért koncentrációja (B) és dúsulási tényezője (C) (Hong et al., 1994)

Az iparosodás, a népességnövekedés és az urbanizáció hatásai

A gazdasági fejlődés okozta levegőszennyezettség általánosított folyamatát a 2. ábrán mutatjuk be. Az iparosodás kezdetén a nyersanyagokat és az energiaforrásokat extenzív módon használják fel. A környezeti szempontok nemritkán háttérbe szorulnak a gazdasági és kereskedelmi érdekek mellett, és rohamosan növekszik a különböző formájú környezetterhelés. A közgondolkodás ilyenkor a jólét és a gazdagság jelének és velejárójának tartja a források bőkezű felhasználását, a környezet korlátlan igénybevételét és a pazarlást. A melléktermékeket, illetve a hulladékokat gyakran figyelmen kívül hagyják, értéktelennek, illetve veszélytelennek tekintik. Hamarosan kimutathatóvá válik azonban a környezetszennyezettség, valamint az emberi egészség és az éghajlatváltozás közötti összefüggés.

A környezetkárosodás, a veszély- és katasztrófa helyzetek előfordulása, valamint később a környezettudatos szemléletmód foko-

zatos kialakulása a környezetszennyezés szabályozásának, a környezetszennyezés stabilizálásának, majd csökkentésének igényét és szükségességét alakítja ki. A megtermelt anyagi javak egy részét a szennyezés és szennyezettség csökkentésére fordítják. Különösen igaz mindez a levegőszennyezettségre, amely kiterjedt, határokon átnyúló jellegű, szerteágazó emissziós forrásokhoz, valamint levegőkémiai és meteorológiai jelenségekhez kapcsolódik, és dinamikus összefüggésben van az összes többi környezeti elemmel is. A közösségek egyik legfontosabb feladata ilyenkor a környezet természetes állapotának megóvása, vagy eredeti állapotának visszaállítása; az ilyen környezet pedig a közösség egyik legnagyobb értékévé válik. A környezetszennyezettség a fejlődés extenzív szakasza előtti állapotnak megfelelő szintre ebben az időszakban már csak átgondolt és komplex szabályozási és hatósági előírások következetes megvalósításával, környezetbarát technológiák bevezetésével és elterjesztésével csökkenthető. Továbbá: rendkívül fontos a közösségek



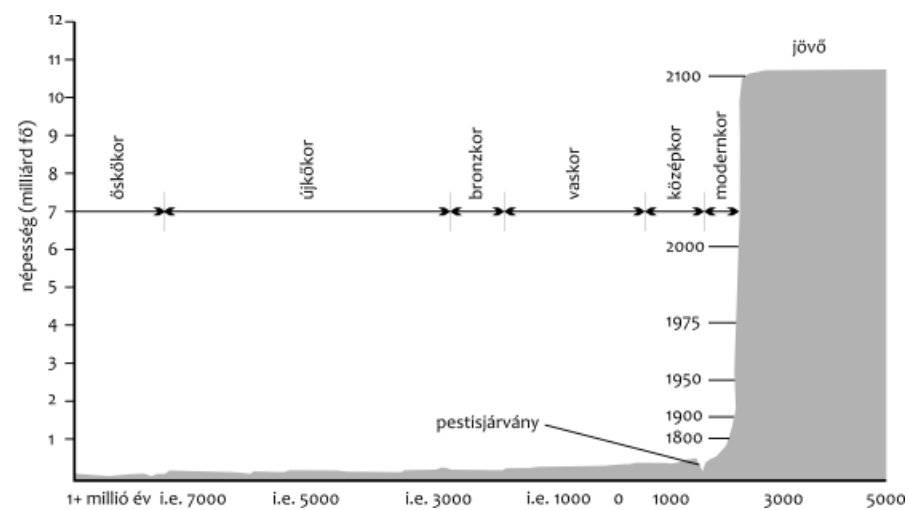
2. ábra • A levegőszennyezettség alakulása a gazdasági fejlődéssel

és az egyének környezettudatos magatartásának kialakítása és erősítése. Ugyanakkor mindezek összefüggnek az adott közösség/társadalom aktuális műszaki fejlettségével, gazdasági lehetőségeivel és teljesítőképességével, valamint helyi (földrajzi) és társadalmi adottságaival is.

Az elmúlt kétszáz évben a Föld népessége hatszorosára nőtt (3. ábra). Az ilyen népességrobbanás (túlnépesedés?) elkerülhetetlenül a környezetszennyezés jelentős növekedéséhez is vezet, mind mértékét, mind pedig kiterjedését tekintve. Ráadásul a népesség növekedése együtt jár a városiasodással, tehát a környezeti problémák regionális súlyosbodásával is. A világ lakosságának 47%-a, míg a fejlettebb régiók lakosainak 74%-a él jelenleg városokban. A jövőben a városi lakosság aránya a világ minden régiójában meghaladja majd az 50%-ot. Ezzel együtt a városok mérete és lakosainak száma is nő. Az 1950-es években nyolc megaváros (amely lakosainak száma az agglomerációban meghaladja az ötmilliót) létezett, közülük az első három

New York (12 M), Tokió (10 M) és London (8 M) volt. Jelenleg negyven megavárost tartanak nyilván, közülük az elsők Tokió (34 M), Mexikóváros és Szöul (20 M), valamint Sao Paulo (19 M). Az előrejelzések húsz ún. gigavárost sejtetnek 2015-re, amelyek között Tokió (36 M), Bombay (23 M) és Delhi (21 M) szerepelnek a lista elején. Megfigyelhető tehát, hogy a városok a fejlődő országokban lényegesen nagyobb ütemben növekednek, így az extenzív fejlődés előnyei és hátrányai ezekben a régiókban markánsabban jelennek meg.

A városi életmódhoz szorosan hozzátartozik a lakosok mobilitása, a városi és városkörnyéki közlekedés. A közúti gépjárművek számának alakulása a 4. ábrán látható. A második világháború végétől napjainkig a személygépkocsik száma egy nagyságrenddel nőtt, és a szárazföldi gépjárművek gyártásának időtrendje szinte lineárisan, ötmillió jármű/év sebességgel növekedik. Ugyanezen időszakban az ipari termelés körülbelül szintén egy nagyságrenddel nőtt, az energiater-



3. ábra • A Föld népességének alakulása (Population Reference Bureau, 1998)

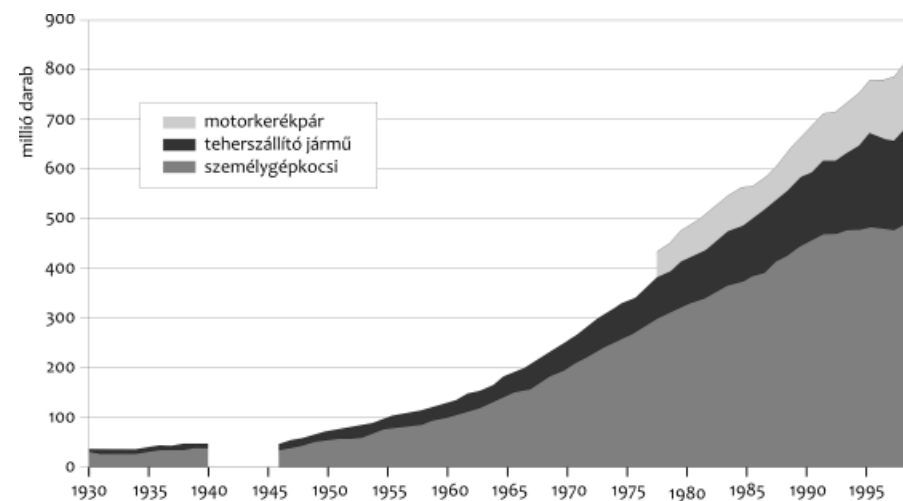
melés (amelynek 86%-a jelenleg fosszilis anyagokra épül) pedig mintegy ötszörösére emelkedett. A megtermelt energia 32%-át az ipar, 27%-át a háztartások, míg 20%-át a szárazföldi közlekedés használja fel. Emellett a korszerű városokban a gazdasági termelés és annak szerkezete sok helyen átalakult, változott az ipari üzemek elhelyezkedése, korszerű nagyüzemi és háztartási technológiákat vezettek be széles körben (például a fűtés és tüzelés terén) és az emisszió szabályozását is szigorították az elmúlt évtizedekben. E két, általános tendencia következtében a közlekedés környezeti jelentősége megnőtt abszolút és relatív értelemben is, és a nagyvárosok levegőszennyezettségének egyik legfontosabb forrásává vált.

A közúti gépjárművek okozta levegőszennyezés

A közúti gépjárművek az üzemanyag égetésével (ami a folyamat jellege miatt gyakran tökéletlen) és a mozgó alkatrészek kopásával bocsátanak ki szennyező anyagokat a levegőbe, míg más szennyezők közvetett módon, az emissziós termékek kémiai reakcióit köve-

tően, a levegőben jönnek létre. A gépjárművek hozzávetőleg kétszáz, egészségre valószínűleg káros hatású anyagot bocsátanak ki. A kipufogógáz gázokat (nitrogén-oxidokat, szén-monoxidot és el nem égett vagy módosult szénhidrogéneket), illetve szilárd és cseppfolyós részecskéket tartalmaz legnagyobb mennyiségben a szennyező anyagok közül. Az emissziós termékek mennyisége és aránya az üzemanyag típusától és összetételétől (az adalékanyagokat is beleértve), az égés feltételeitől (a motor típusától, műszaki állapotától és üzemi körülményeitől), továbbá a kipufogógáz kémiai utókezelésétől függ elsősorban.

Az egészségre káros, fő levegőszennyező gázok kémiai átalakítását a jelenleg általánosan elterjedt, hármashatású katalizátorral végzik, amelynek működését összekapcsolják a modern gépjárművek fejlett gépészeti és elektronikai megoldásaival. Az átalakítók működési elve a platinafémek által katalizált kémiai reakciókon alapul: a nitrogén-oxidok redukcióját nitrogénné a ródium segíti, míg a szén-monoxidot, illetve a szénhidrogéneket platina és palládium segítségével szén-dioxid-



4. ábra • A közúti gépjárművek számának időbeli alakulása (Walsh, 2000)

dá, illetve vízzé oxidáljuk. A katalizátor az egészségre káros gázok között kémiai reakciókat tesz lehetővé, amelyek végtermékei egészségre nem veszélyes anyagok. Az átalakítás hatásfoka nagyobb, mint 90%. A katalizátorban a platinafémek tized és tíz gramm nagyságrendben találhatóak. A hatásfok fenntartása miatt a benzin ólmozását is meg kellett szüntetni, mert az ólmozott (és brómozott) üzemanyagból keletkező ólom-halogenid aeroszol bevonta a katalizátor hasznos felületét, azaz katalizátorméregként viselkedett. Az ólom idegrendszer károsító hatása egyébként korábban is jól ismert és dokumentált volt. Az ólmozatlan benzin kevesebb, mint 0,013 g/l ólmot tartalmaz.

A kipufogógázban lévő másik fő emissziós termékcsoporthoz az aeroszol (levegőben eloszló kisméretű szilárd és cseppfolyós részecskék rendszere), amely korom és szervesanyag-tartalmú részecskékből, valamint szulfát- és nitrát-aeroszorból áll. Más vegyületek tömeghányada általában 1%-nál jóval kisebb, de egészségügyi hatásuk miatt mégis fontosak lehetnek. A korom kibocsátását részecskeszűrőkkel, és a kiszűrt szemcsék alacsony hőmérsékleten történő, katalitikus elégetésével igyekeznek csökkenteni, míg a szulfát-aeroszol emisszióját a gázolaj kéntelenítésével csökkentik. Láttuk, hogy a gépjármű-katalizátor az egészségre káros gázok problémáit lényegében megoldja. Használata során azonban katalizátorfémek is kerülnek a levegőbe aeroszol formában a kipufogógázzal együtt, mechanikus hatások és erózió következtében. A platinafémek nyomnyi mennyiségben vannak jelen általános környezetünkben, így a gépjárművek viszonylag kis emissziója is nagy relatív változást okozhat. A platinafémek és vegyületeik környezeti hatása nagyban függ vízdoldhatóságuktól. Poten-

ciálisan toxikus fémekről van szó, amelyek sejtmérgek, és allergiás tüneteket válthatnak ki. Egyes platinavegyületeket az orvosi gyakorlatban citotoxinként használják.

A kipufogógázban lévő káros anyagok emissziójának csökkentése terén elért sikerek miatt a gépjárművek nem kipufogógáz-jellegű (főleg kopásból származó) aeroszol emissziós termékeinek jelentősége megnőtt az elmúlt években. Az alternatív üzemanyagok bevezetése és elterjedése várhatóan nem változtat ezen a tendencián.

A közúti közlekedés hatása Budapest levegőminőségére

A Budapesten és Pest megyében regisztrált személygépkocsik száma 748 ezerrel 1 021 ezerre nőtt; a dízelüzemű személygépkocsik országos aránya 5%-ról 15%-ra változott 1992 és 2005 között. A katalizátorral felszerelt gépjárművek aránya jelentősen emelkedett, de a személygépkocsik átlagéletkora alig csökkent (2005-ben a budapesti gépkocsik átlagéletkora kilenc év volt).

A budapesti légszennyezés jelentékeny hányada a közúti gépjárművektől származik, és magában a városban történik. Esetenként azonban számottevő lehet a regionális légköri transzportfolyamatok által, a városon kívülről szállított szennyezők mennyisége is. A levegőszennyezettség még elviselhető a város egészét tekintve. A kémiai levegőminőség szempontjából a szennyező anyagok közül első közelítésben az aeroszolnak, talán a nitrogén-oxidoknak és a troposzférikus ózonnak van kiemelkedő szerepe. Egyes összetevők légköri koncentrációja időnként az egészségügyi határérték körül ingadozik. Szeles és/vagy csapadékos időben sokkal tisztább a levegő, szélcsendes időben és (téli) meteorológiai inverziók esetén viszont a határértékek-

nél jóval nagyobb koncentrációk is előfordulnak. A levegőminőség napszakonként és évszakonként is változik, illetve a városrészek/

útvonalak között lényeges különbségek alakulhatnak ki, amint ezt az 5. ábrán szemlél-
tetjük. A város egészének levegőminőségét

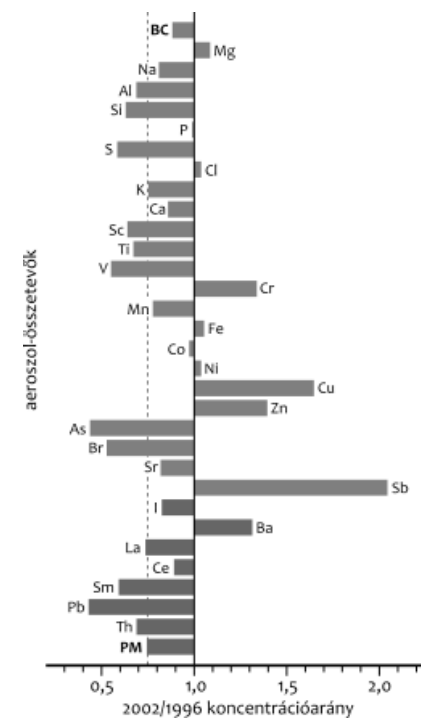


5. ábra • Budapest NO₂-szennyezettségének térképe (KDvKTVE, 2004).

leginkább a kedvező geográfiai elhelyezkedés és mikrometeorológiai viszonyok alakítják. A friss légtömegek az északnyugati, uralkodó szélirányból a Budai-hegységen keresztül el-
érik a város belsejét, a Duna fölötti szabad légtérben felhígítják a városi, szennyezett le-
vegőt, majd délkeleti irányba szinte akadály
nélkül távozhatnak.

A durva méretű (2 és 10 µm közötti átmé-
rőjű) aeroszol összetevők koncentrációjának
változását Budapest belvárosában 1996 és
2002 között a 6. ábrán mutatjuk be. Az ólom
és bróm (az ólmozott benzin adalékanyagai
voltak) légköri koncentrációja jelentősen
csökkent az említett időszakban. A változás
oka az, hogy 1999 tavaszán az ólmozott ben-
zint teljes mértékben kivonták a kereskedel-
mi forgalomból Magyarországon, aminek
következtében az ólom- és brómkoncentrá-
ciók harmadukra-negyedükre csökkentek
rövid időn belül. Azóta gyakorlatilag azonos
koncentrációkat mérünk. Az ólom átlagos
koncentrációját a belelegezhető méret-
frakcióban ma 28 ng/m³ körüli, ami sokkal
kisebb az egészségügyi határértéknél, és lé-
nyegében megfelel az európai háttérértéknek.
A 6. ábra azt is mutatja, hogy néhány fém,
nevezetesen az antimon, a réz, a cink, a bár-
ium és a króm (valamint a finom méretű
korom) légköri koncentrációja jelentősen
megrőtt. Legnagyobb mértékben, 50–100%-
kal a réz és az antimon koncentrációja növe-
kedett. A rézkoncentráció a belelegezhető
méretfrakcióban jelenleg jellemzően 62 ng/
m³, míg az antimon 16 ng/m³ koncentráció-
ban található a belvárosban. A réz 76-szor,
míg az antimon 5100-szor van feldúsulva a
levegőben az átlagos földkéreghez viszonyítva.
A dúsulás valószínűleg az utak mentén és az
ott élő növényzetben is kimutatható. Megál-
lapítottuk, hogy az említett elemeknek közös

a forrásuk, mind az antimon, mind a réz a
közúti gépjárművek fékbetéteiből származik.
A fékbetétek elhasználódásának mértéke
mintegy 15 mg kilométerenként személygép-
kocsiknál; a lekopó anyag ~30%-a szálló
porként a levegőbe kerül. Az aszbestmentes
fékbetétek viszonylag nagy koncentrációban
tartalmaznak antimont (2–7%-ban) és rezet
(8–15%-ban). Jellemzőjük a Cu/Sb-koncentrá-
cióarány, amely átlagosan 4,6 ± 1,2. Gyakor-
latilag ezt az értéket kaptuk a durva aeroszol-
ra vonatkozóan is. A mért érték 4,3 ± 0,8 volt,
ami az eredetre vonatkozó feltételezésünket
igazolta, sőt azt mutatja, hogy ezen elemek
egyik fő forrása a fékbetétek kopása. A réz



6. ábra • A durva méretű aeroszol kémiai
összetételének összehasonlítása Budapest
belvárosában 1996 és 2002 között (Salma et
al., 2006). BC: korom, PM: aeroszol tömeg.

légköri koncentrációjának 69, az antimon 66%-át a közúti forgalom eredményezi.

A gépjárművek gumi futófelületének kopása, ami kilométerenként 10–50 mg körüli személygépkocsik esetén, szintén jelentős levegőszennyezés. A gumi szerves anyagokat és 1–3% cinket tartalmaz. Méréseink alapján megállapítottuk, hogy a cink jelenlegi koncentrációjának (ami átlagosan 90 ng/m³) mintegy 65%-át a gépjárműforgalom eredményezi, míg az aeroszol tömegének 5–6%-a származik a gumik kopásából. Ez utóbbi járuléka meglehetősen nagyra tűnik, de összehasonlítva (valamivel nagyobb) más városokra vonatkozó, eltérő módszerekkel kapott adatokkal. A különbség Budapest úthálózatának (viszonylag) rossz állapotával magyarázható. A finom méretű korom légköri koncentrációjának növekedése a dízelüzemű járművek növekvő hányadával magyarázható elsősorban, amelyek akár egy nagyságrenddel is több kormot bocsátanak ki a kipufogógázban (részecskeszűrő nélkül), mint a benzinüzeműek. A poros környezetben zajló, intenzív közúti forgalom ráadásul fokozottan hátrányos, mert a járművek ismételt felverik a felszínre korábban már kiülepedett port. A felvert por azonban már komplex forrástípusokból származó anyagokat is tartalmaz az ásványi anyag mellett, mert a felületükön megkötődnek a korábban kiülepedett, eredetileg antropogén eredetű, finom részecskék, és ezért diffúz módon és dúsult arányban kerülnek újra a levegőbe.

Egészségügyi hatások és kilátások

A levegőszennyezés és különböző egészségkárosodási mutatók között közvetlen összefüggést találtak az elmúlt évtizedekben. Az egészségkárosodás asztmát, krónikus légúti megbetegedéseket (például: légcsőgyulladás,

emphysemát, tüdőhegyesedést, COPD-betegséget), a légutak vírusos vagy bakteriális fertőzésekkel szembeni ellenálló képességének csökkenését, daganatos légzőszervi betegségeket, keringési zavarokat és koszorúérbetegségeket jelenthet. Az aeroszol-részecskékben található fémek, elsősorban az átmeneti fémek és szerves vegyületek és az ultrafinom részecskék (korom) különleges jelentőségűek. A közúti közlekedésből, főleg mechanikai kopás eredményeként, olyan fémek jutnak a levegőbe, amelyek egészségügyi és élettani hatásáról keveset tudunk. Az antimon például nemesszenciális elem, mérgező hatása hasonlít az arzénéhoz, sőt rákkeltő is. Mindezek miatt a kiemelt környezetszennyezők közé tartozik. Továbbá, főleg a műanyag- és kommunális hulladékok elégetésekor jelentkező emissziója miatt a modernkor egyik kulcsfontosságú antropogén levegőszennyezőjévé és jelzőanyagává vált, és koncentrációja már a sarkvidéki jégmintákban is kimutathatóan növekszik.

A közegészségügyi hatás mértékének tudatosításában segíthet az USA kilencven városára kiterjedő vizsgálat, amelynek eredményeként megállapították, hogy a belélegezhető méretfrakciójú aeroszol tömegkoncentrációjának 10 µg/m³ értékkel történő csökkentése átlagosan 0,3–0,6 %-kal csökkenti a napi halálozások kockázatát. Összehasonlításként, a szálló por éves átlaga Budapest belvárosában 2006-ban 45 µg/m³ körüli volt. A gazdaságilag fejlettebb régiókban a közúti közlekedés okozta egészségkárosodás kezelésére fordított összegeket a nemzeti össztermék 1–2%-ára becsülik. Az antropogén levegőszennyezés jelentősen megnöveli az amortizációs és a korróziós károk okozta kiadásokat, továbbá összetett és érzékeny kapcsolatban van az éghajlatváltozással is, mivel

módosíthatja a regionális éghajlatot vagy a városi klímát.

A nagyvárosok levegőminőségét, közöttük Budapestét is, további tényezők is befolyásolják majd a jövőben. Érdemes külön is megemlíteni a várostervezést, amely a meglévő, előnyös adottságok megtartásával és kihasználásával, illetve a közlekedés okozta általános terhelés csökkentésével fontos szerepet játszhat, valamint a tágas zöldterületek jelentőségét. Budapest Európa legszebb városai közé tartozik, földrajzi fekvése és elhelyezkedése, valamint reméljük, hogy hangu-

lata és szellemisége miatt. Azt szeretnénk, ha lakóiban és vendégeiben jobban tudatosodna a város környezeti értékeinek megbecsülése, továbbá mindannyian hozzájárulnánk ahhoz, hogy a mainál jobba és kedvezőbbé váljon a város atmoszférája.

A munka az OTKA részleges anyagi támogatásával (K61193) készült.

Kulcsszavak: *iparosodás, urbanizáció, levegőszennyezés, közúti gépjárműforgalom, aeroszol, kipufogógáz, Budapest*

IRODALOM

- Hong, Sugmin – Candelone, J.-P. – Patterson, C. C. – Boutron, C. F. (1994): Greenland Ice Evidence of Hemispheric Lead Pollution Two Millennia Ago by Greek and Roman Civilizations. *Science*. 265, 1841–1843.
- KDvKTVE (Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség) (2004): *Budapest és környéke agglomeráció integrált levegővédelmi intézkedési programja*. KDvKTVE, Budapest

- Salma Imre – Maenhaut, Willy (2006): Changes in Chemical Composition and Mass of Atmospheric Aerosol Pollution Between 1996 and 2002 in a Central European City. *Environmental Pollution*. 143, 479–488.
- Population Reference Bureau (1998): *World Population Projections to 2010*. Washington, USA.
- Walsh, Michael P. (2000): *Motor Vehicle Pollution Control*. US AEP, USA



BIOGEOKÉMIAI KÖRFOLYAMATOK ÉS ANTROPOGÉN MÓDOSÍTÁSUK

Papp Sándor

a kémiai tudomány doktora,
Pannon Egyetem Általános és Szervetlen Kémia Tanszék, Veszprém
valicsek@vegic.uni-pannon.hu

*Az emberi értelem a természetet – pusztán
célszerűségi okokból – fizikára, kémiára,
biológiára, geológiára osztja fel, ám figyelem-
mel kell lenniük arra, hogy a természetnek
erről a felosztásról nincs tudomása.*
(Richard Feynman)

Bevezetés

Földünk ökológiai rendszereinek állapotát az emberi aktivitás – különösen a 20. század második felének kezdete óta – korábban nem tapasztalt mértékben és kiszámíthatatlanul módosítja. Ez a beavatkozás nyomon követhető a kémiai elemek biogeokémiai körforgásának változásaiban is, mely ciklusok a földi életet és a globális éghajlatot meghatározó módon befolyásolják. Egy kémiai elem biogeokémiai körforgása a következőket jelenti:

- az adott elem milyen mennyiségben, koncentrációban és mely vegyület (részecske-fajta) formájában van jelen az egyes ökológiai rendszerekben;
- az egyes rendszerek között milyen mértékű az anyagforgalom;
- melyek azok a kémiai, biológiai és fizikai (geológiai) mechanizmusok, amelyek az anyagforgalmat szabályozzák;

- a természeti vagy az emberi eredetű (antropogén) anyagtranszport milyen környezeti változásokat hoz létre;
- az utóbbiak hatására a természetben milyen szabályozó, illetve kiegyenlítő mechanizmusok lépnek fel.

A biogeokémiai körfolyamatok vizsgálata nemcsak a természetről, annak komplexitásáról kialakított tudományos képünket bővíti, hanem számos gyakorlati vonatkozásban – például a globális éghajlat-módosulás, az élelmiszertermelés, a növényvédő szerek és szintetikus anyagok globális jelenléte, mozgása és lebomlása szempontjából – is kulcsfontosságú.

A körfolyamatokat összetett voltuk miatt csak számos diszciplína integrációjával lehet megérteni. Enélkül kétségessé válik a társadalmi kérdések egész sorának megoldása.

Körfolyamatok a természetben

A Föld fizikai, geológiai, kémiai és biológiai állapotát olyan transzport-, illetve átalakulási folyamatok összességével jellemezhetjük, amelyek közül számos körfolyamatként írható le. A körfolyamatok jellemzésére alapvetően két paramétert használunk: (1) az egyes rezervoárokban található elemek, illetve vegyületeik mennyiségeit és (2) a rezervoárok

közötti anyagforgalom mértékét. Alapvető kérdés, hogy a rezervoárok közötti anyagforgalom sebessége miként függ a bennük található anyagmennyiségektől, továbbá a külső tényezőktől. Sok esetben egy komponens rezervoáron belüli eloszlása figyelmen kívül is hagyható.

A földi környezet közvetlen folyamatainak körfolyamatként történő leírása elvileg azért kézenfekvő, mivel a Föld ún. zárt rendszer, azaz környezetével, a csillagközi térrel csupán jelentéktelen anyagcserét folytat, szemben a Nap–Föld, Föld–csillagközi tér energiacserével. A körfolyamat közelítés számos előnnyel jár, ám a kezelésmódnak vannak kritikus pontjai is.

Az ökológiai rendszerek dobozmodellje

A Föld bármely önkényesen választott, természetes vagy csak elvi határokkal rendelkező része a folyamatos anyag- és energiaáramlás alapján nyitott, – szigorú értelemben véve – kémiaileg nemegyensúlyi rendszernek tekinthető. Tetszőleges térfogatú rész „dobozként” kezelhető, amelybe anyag és energia áramlik, ezt követően ott fizikai, geológiai, kémiai és biológiai állapotváltozások játszódhatnak le, majd a térből anyag és energia távozik.

Bármely, a rendszerben tartózkodó, véges koncentrációjú anyag számára az időben állandó jellegű (stacionárius) rendszer meghatározott kapacitású *rezervoárt* jelent. A rezervoár tehát adott mennyiségű anyagot tartalmaz, amelyet meghatározott sajátosságok jellemeznek, és amelyet adott esetben homogén eloszlású halmaznak tekinthetünk. Ilyen halmazt alkot az oxigén az atmoszférában vagy a kén az üledékes kőzetekben. Ha a rezervoárt fizikai határainak méretével adjuk meg, akkor anyagtartalmát mennyiségével (M) jellemezhetjük (tömeg vagy mólszám).

Azokat a folyamatokat, amelyek a rendszerben egy anyag koncentrációjának növekedéséhez vezetnek, *forrásnak* (Q), amelyek csökkenéséhez, *nyelőnek* (S) nevezzük. Az anyagáram nagyon gyakran arányos a rezervoárban lévő anyagmennyiséggel ($S = k \times M$). Jellemző paraméterek: az *anyagáram* ($\text{kg} \times \text{s}^{-1}$, $\text{mol} \times \text{s}^{-1}$), illetve az *anyagáram sűrűsége* ($\text{kg} \times \text{s}^{-1} \text{m}^{-2}$, $\text{mol} \times \text{s}^{-1} \text{m}^{-2}$). Tetszőleges anyagfajta *tartózkodási idejét* – nem tekintve a kémiai reakciót mint lehetséges forrást vagy nyelőt – *átlagos áthaladási időként* ($\times[\text{turnover}]$) definiálhatjuk; ennek reciproka az *áthaladási sebesség*: $\tau_i = M_i/Q_i$; S_i . Az átlagos áthaladási idő az az idő, ami alatt a rezervoár anyagkoncentrációja nullára csökken, ha $Q = 0$, és a nyelő (S) anyagárama állandó marad. Stacionárius állapotban egy komponens koncentrációjára: $dc_i/dt = Q - S = 0$. *Ciklusról* olyan rendszerek esetében beszélünk, ahol két vagy több rezervoár kapcsolódik össze, és körfolyamat jelleggel nagy mértékű anyagcsere játszódik le.

A *biogeokémiai körfolyamat* megnevezést alapvetően a biológiailag fontos elemek – szén, oxigén, nitrogén, kén, foszfor, hidrogén – globális, illetve regionális körforgásának leírására alkalmazzuk, bár az elv más elemek (pl. fémek) környezeti transzportjára is alkalmazható. A körfolyamatok – a rezervoárok jellegétől függően – lineáris, illetve nem lineáris modellekkel írhatók le. (Utóbbira példa lehet a CO_2 -csere az atmoszféra és az óceánok felületi rétege között.)

A ciklusok jellemzésére az anyagmérleg – természetesen – nem elegendő. Fontos, hogy az ökológiai rendszerben lehetséges átalakulási és lebomlási mechanizmusokat is megismerjük, ily módon a kiindulási anyagok, a köztitermékek és a végtermékek koncentrációjának időbeli változását felderíthessük.

A karboniumciklus

Bár az élővilágban számos kémiai elem játszik fontos szerepet, a szén, mint meghatározó elem e tekintetben kivételes helyet foglal el. A szén (karbonium) a bioszféra valamennyi folyamatának résztvevője. Ezt a bonyolult rendszert napjainkra mélyrehatóan feltárták, s feltehetőleg ezt a ciklust ismerjük a legjobban. A szén-dioxid globális klímaváltozásban játszott szerepének felismerése óta a szén körforgásával kapcsolatos kutatások még intenzívebbé váltak.

A szén globális biogeokémiai körforgását a lehetséges széntárolókkal és az ismert anyagáramokkal az 1. ábra mutatja. A ciklus időskálája tág határok között változik. A földkéreg mozgása millió évekig tart, az atmoszféra és a hidroszféra közötti szén-cseré időtartama néhány óra, míg a fotoszintézis néhány másodperc alatt lejátsszódik. Megjegyzendő: a

szén-ciklusban az utóbbi időben jelentősen erősödött az antropogén anyagáram szerepe.

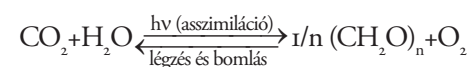
A természetben több mint egymillió szénvegyületet ismerünk, és közöttük több ezerre tehető a biológiai szempontból fontos vegyületek száma. Az elemi szén gyémánt, grafit és amorf szén formájában fordul elő a természetben, de ezek a körforgásban nem játszanak jelentős szerepet. A szénatom oxidációs foka a +4 és -4 között változik, legjellegzetesebb oxidációs foka a +4 (szén-dioxid, karbonátok). A karbonátok a hidroszférában (H_2CO_3 , HCO_3^- , O_3^{2-}) és a litoszférában (CaCO_3 , $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, FeCO_3) egyaránt előfordulnak. A +2 oxidációs fokú szenet tartalmazó szén-monoxid az atmoszférában fordul elő nyomnyi mennyiségben.

A szén fotoszintézis során lejátsszódó asszimilációja hozza létre a Földön a redukált szenet, $(\text{CH}_2\text{O})_n$, amelynek számos formáját ismerjük. A metán és más nyomgázok az

atmoszférában úgy képződnek, hogy a szén anaerob baktériumok révén vagy kémiai folyamatok eredményeként redukálódnak.

A szén az atmoszférában túlnyomóan CO_2 formájában, kis mennyiségben CH_4 , CO és más nyomgázokként van jelen (nagyobb szénatomszámú szénhidrogének). A tenger-vízben a szén négy formában fordul elő: oldott szervesen és szerves karbonium, szerves kolloidok és a tengeri élővilág összessége. A fotoszintézis-zónában lejátsszódó primer biomassza-produkció a szerves szén óceánvízbe történő bejutásának meghatározó forrása.

A szárazföldi ökológiai rendszerekben igen nagy mennyiségű szén található, és az atmoszféra, a szárazföldi élőlények, továbbá a talaj között lejátsszódó szén-cseré gyors folyamat. A körforgás szempontjából meghatározó az atmoszférából a biológiai rendszerekbe irányuló szénforgalom. A fotoszintézis során az autotróf organizmusok a CO_2 -ot szerves anyagokká alakítják át, az alábbiak szerint:



A szárazföldi biomassza az előfordulás formáit és a rezervoárokat, továbbá a tartózkodási időket tekintve igen nagy változatoságot mutat. Megjegyzendő, hogy a szárazföldi élő anyag karboniumtartalmának mintegy 90%-át az erdők teszik ki.

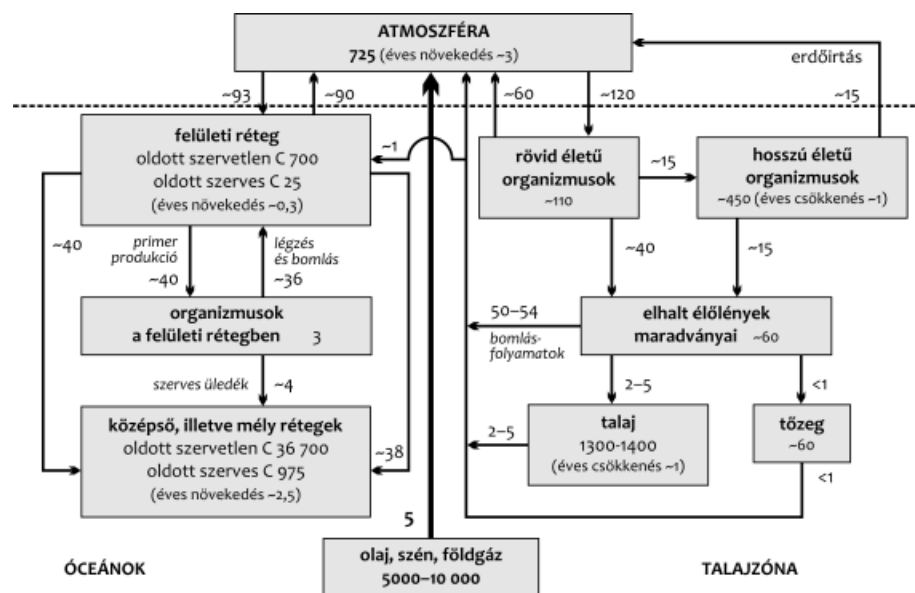
Bár a földi karbonium legnagyobb leelőhelye a litoszféra, az anyagcsere a litoszféra, az atmoszféra, a hidroszféra és a bioszféra között csekély. Ez egyben azt jelenti, hogy a karbonium tartózkodási ideje a litoszférában nagyságrendekkel hosszabb, mint a többi rezervoárban. A fosszilis tüzelőanyagok égetése az a folyamat, amelynek során a litoszférában található redukált karboniumot óriási mennyiségben juttatjuk az atmoszférába, számot-

tevően megváltoztatva ezzel a rezervoárok közötti anyagforgalmat. A földkéregben a széntartalom mintegy 75%-a karbonátként (kalcit, aragonit, dolomit) van jelen.

A szénkörforgás kémiája

A karboniumtranszport egyik meghatározó lépését a mállásfolyamatok képezik. A kémiai mállásfolyamatok az atmoszféra széntartalmát növelhetik, de csökkenthetik is. Az elemi-, illetve szerves szén oxidációja révén szén-dioxid juthat az atmoszférába, míg a szén-dioxid és a karbonátok reakciója víz jelenlétében fordított irányú anyagmozgást idéz elő. A szilikátásványok, például a magnézium-olivin, hasonlóképpen viselkednek, míg a földpátok (például albit) mállása montmorillonit-típusú agyagásványok képződéséhez vezet. A karbonátokkal és a szilikátokkal lejátsszódó mállásfolyamatok fő CO_2 -forrása a talaj-atmoszféra. A folyamatokban a víz azon túl, hogy reakciópartner, a szállítóközeg szerepét is betölti. A bioszféra és az atmoszféra között lejátsszódó szén-cserében a szén-dioxid mellett még a metán vesz részt kis (mintegy 1%-os) mértékben.

A növényi fotoszintézis a legjelentősebb biokémiai reakció a természetben. A reakció lényege, hogy a szén-dioxid a vizet külső energia felhasználásával oxidálja, és eközben a napsugárzás energiája kémiai energiává alakul át. A reakciósor három fő folyamatból áll: (1) ciklikus foszforilezés, (2) nem-ciklikus foszforilezés (vízfotólízis) és (3) szén-dioxid-asszimiláció. Míg az első két folyamat adott energiájú fénykvantumok abszorpcióját igényli (fotokémiai reakció), a szén-dioxid asszimilációjához (Calvin-féle ciklus) nincs szükség fényenergiára. A fotofoszforilezéshez ezzel szemben fotoszintézis-pigmentek (karotinoidek, klorofill stb.) jelenléte nélkülözhetetlen.



1. ábra • A szén-ciklus. Rezervoárok és anyagáramok. (10^{15} gC; 10^{15} g a⁻¹) (Bolin, 1986)

Ezek az anyagok ugyanis elnyelik a fényenergiát, és a tárolt energiát átviszik a fotokémiai-lag aktív centrumokra (pigmentrendszer I, illetve pigmentrendszer II). A klorofill magnéziumtartalmú porfirin-származék, melynek elektronrendszere könnyen gerjeszthető. A gerjesztett elektronok alapállapotba történő visszajutása során felszabaduló energia azután az adenosin-difoszfát (ADP²⁻) foszforilezésére szolgál, s mint biológiailag „lehívható” energia (ATP³⁻, adenosin-trifoszfát) tárolódik (ciklikus foszforilezés).

A nem-ciklikus foszforilezésnél az elektronfelesleggel rendelkező vastartalmú fehérje, a ferredoxin mint erős redukálószer a nikotinsavamid-adenin-dinukleotidfoszfát koenzimet (NADP⁺) reverzibilisen redukálja. Ehhez kapcsolódva a pigmentrendszer II-ből fotoaktiválás útján keletkező erős elektron akceptort a vízből származó hidroxidionok redukálják, miközben a fotoszintézis „mellékterméke”, molekuláris oxigén keletkezik.

A CO₂-asszimiláció enzimkatalizált körfolyamat, amely fényenergiát nem igényel, és számos lépésen át szénhidrátok képződéséhez vezet. Oxidáló körülmények között valamennyi szerves vegyület átalakulása széndioxiddá termodinamikailag kedvezményezett. Heterotróf mikroorganizmusok képesek a biomasszában levő szénvegyületek oxidatív lebontására is, ami asszimilációs (tápanyag-felvétel) és disszimilációs (energianyerés légzés útján) folyamatokon keresztül megy végbe. A folyamat hajtóereje a szerves szubsztrátum biokémiai lebomlása energianyerés céljából, heterotróf organizmusok segítségével: $1/n C_n H_{2n} O_n + H_2 O \rightarrow CO_{2(g)} + 4H^+_{(aq)} + 4e^-$. A reakció redoxipotenciálja a glükóz és a CO₂ standardállapotára vonatkoztatva pH = 7-nél $U_H = -0,425$ V. Ez azt jelenti, hogy az oxidáció csak olyan elektronakceptorok jelenlétében

megy végbe, amelyek pH=7 esetén pozitívabb redoxipotenciállal rendelkeznek.

A legfontosabb oxidációs folyamat az aerob légzés, ezt a redoxipotenciálok különbségének csökkenő sorrendjében az anaerob légzés és az erjedés különböző típusai követik. Az anaerob légzés során (nitrát-, illetve szulfátlégzés) az oxigén csekély parciális nyomása miatt a szerves anionok (NO₃⁻, SO₄²⁻) oxidáló szerepe kerül előtérbe. Az erjedés – formálisan – a biomassza diszproporcionálódását jelenti, minthogy ebben az esetben a szerves szubsztrátumok egyszerre szerepelnek elektronakceptorként, illetve elektrondonorként. A mangán(IV)-oxidok és a FeO(OH) redukciója kémiai úton megy végbe. E folyamatnak talajkémiai szempontból van jelentősége, mivel a mangán- és vasvegyületek oldhatósága csökkenő oxidációfokkal együtt növekedik. A metánképződés és a hidrogénképződés ún. metanogén baktériumok működéséhez kapcsolódik, mivel a metán csak acetátok hasítása vagy a CO₂ hidrogénnel történő reakciója útján képződhet. Az átalakulás ugyanis a szén-dioxid szerves vegyületekkel történő reakciójával nem megy végbe.

A karbónium-ciklus kémiaiájának fontos tényezője a szénhidrogének átalakulása az atmoszférában hidroxilgyökök segítségével. Itt a reakciólánc első lépésében vízkilépéssel alkilgyökök keletkeznek, amelyekből molekuláris oxigénnel alkil-peroxigyökök képződnek. Ezt a nitrogén-monoxid alkoxigyökökké redukálja, s a folyamat aldehidek képződéséhez vezet. Ezek további – kémiai vagy fotokémiai – átalakulása szén-monoxidot eredményez, amit a hidroxilgyökök szén-dioxiddá oxidálnak.

Az emberi tevékenység hatása a szén-ciklusra

A szén biogeokémiai körforgása kapcsán, a többi kémiai elemhez hasonlóan, abból in-

dulunk ki, hogy a kialakult viszonyok „állandósult állapotként” közelíthetők legjobban. Az ipari- és az agrárforradalom előtt a karbónium-ciklus – a feltételezések szerint – kvázi-egyensúlyi állapotban lehetett, jóllehet még az emberi tevékenység által nem zavart környezetben is voltak természeti változások. Az ún. „kis jégkorszak” 300–400 évvel ezelőtt például befolyást gyakorolhatott a szén körforgására. A sarkvidéki jégbe zárt légbuborékok CO₂-koncentrációja azt mutatja, hogy az atmoszférában a CO₂ parciális nyomása húszszer évvel korábban, a legutolsó jégkorszak vége felé 200 ppm lehetett. Az atmoszferikus CO₂-mennyiség változását az elmúlt negyven ezer évben a fenti módon vizsgálva kitűnik, hogy az utolsó tízezer évben az adatok meglepően állandók, ami alátámasztja az „állandósult állapot” feltevést.

Az antropogén szénkibocsátás meghatározó összetevője napjainkban a fosszilis tüzelőanyagok égetése, bár ezt tekintve nem feledkezhetünk meg az erdőtüzekhez, továbbá a termőföldhasználatához kapcsolódó emisszióról sem. A kibocsátás a 19. század elején, az ipari forradalom során kezdett növekedni jelentősebb mértékben. 1860 körül ez az érték évente mintegy 100 Tg szén volt. Ettől kezdve a növekedés folyamatos, bár sebessége az elmúlt százötven évben változott. Erre hatással volt az a tény, hogy 1860 körül még csupán az ásványi szenet, azonban a század végén már az ásványolajat is felhasználták, és ezt a 20. század első évtizedében a földgáz hasznosítása is követte. A fosszilis tüzelőanyagok növekvő felhasználása azzal a következménnyel járt, hogy a légkörben a CO₂-koncentráció az elmúlt 150 évben több mint 30%-kal növekedett, és jelenleg mintegy 380 ppm értékű.

A szén-dioxid-emisszió jövőbeni alakulását tekintve számos bizonytalansági tényezőt

kell figyelembe venni. A tüzelőanyag-készleteket nem ismerjük elegendő pontossággal, s a legjobbnak látszó becslés szerint mintegy $5 \times 10^6 - 10^7$ Tg az a mennyiség, ami a jelenlegi technikákkal gazdaságosan kitermelhető. Ez a jövőben a CO₂-kibocsátás mértékét is meghatározza.

A fosszilis tüzelőanyagokból származó CO₂ idővel az óceánvízben oldódhat, vagy beépülhet a szárazföldi bioszférába. Feltételezik, hogy az emberi tevékenységből származó kibocsátás kerekén 40%-a az óceánvízben halmozódik fel. Minthogy a teljes emisszió 50%-a – a mérések szerint – az atmoszférában megtalálható, kézenfekvő az a feltételezés, hogy léteznie kell egy még nem ismert nyelőnek a körforgás folyamatában. Feltételezhető, hogy a hiányzó mennyiséget a szárazföldi biomasszában kell keresnünk. Az idevágó kutatások jelenleg is folyamatban vannak.

Az atmoszféra CO₂-tartalma a Föld hőmérséklege, ezáltal az éghajlat alakulása szempontjából is meghatározó fontosságú. Ha az atmoszférában növekszik az infravörös sugárzást elnyelő molekulák mennyisége, ez befolyásolja a Föld és a csillagközi tér közötti energiaforgalmat, és ezen keresztül az időjárási rendszereket. Minthogy az antropogén mennyiségek nagyságrendileg összevethetők a természeti forrásokból származó mennyiségekkel, az emberi tevékenység az atmoszferikus szén-dioxid-mérlegre meghatározó befolyást gyakorol. Ugyanakkor, ha a fejlett és a fejlődő országokban egyaránt meghatározó szerepet játszó gazdasági, politikai és szociális érdekeket tekintjük, ijesztően nagy feladatnak látszik, hogy az antropogén emissziót egyfelől energiatakarékosan, másfelől a CO₂-kibocsátással nem járó energiaelőállítás módszerekkel, továbbá a trópusi erdők irtásának megakadályozásával csökkentjük.

Nagy bizonytalanság forrása az is, hogy ma még kevésbé ismerjük a biológiai rendszerek választását a változó hőmérsékleti értékekre, valamint a szén-dioxid koncentrációjának növekedésére. Bár egyes adatok szerint a CO_2 mennyiségének növekedése a fotoszintézist gyorsítja, megjósolhatatlan, hogy a megváltozott éghajlati viszonyok között milyen változás, illetve fajhelyettesítés következik be. Amennyiben szerves anyag formájában több szén tárolódna, akkor ez a negatív visszacsatolás csökkenthetné az antropogén emisszió éghajlatra gyakorolt hatását. Azonban elképzelhető pozitív visszacsatolás is. Például a hőmérséklet emelkedése gyorsítja a szerves anyag aerob elbomlását, így módon növekszik az atmoszférába jutó CO_2 mennyisége.

Az elmondottak egyértelművé teszik, hogy az emberi tevékenység a szén globális körforgását nem kívánt irányban és mértékben módosította. Noha ismereteink az elmúlt évtizedekben jelentősen gyarapodtak, tudásunk ma még számos tekintetben hiányos. Hangsúlyoznunk kell azt is, hogy a pontosabb kép kialakításához fel kell derítenünk a karbonium-ciklus más kémiai elemek (N, P, S) körforgásához történő kapcsolódását is.

Fémciklusok

Egy adott fém kémiai viselkedését és a természeti környezetben kifejtett biológiai hatását sajátságainak kombinációja határozza meg. A sajátságok közé tartozik elsősorban is a leggyakoribb sójának oldhatósága, továbbá a fém redoxi-viselkedése, komplexképző hajlama és biológiai felvehetősége. A jól oldható sókat képző alkálifém- és alkáliföldfém-ionok elsősorban oxigén-donor ligandumokkal alakítanak ki gyenge elektrosztatikus kölcsönhatást, s élő szervezetekben az iontranszportot és a ligandumcserét közvetítik. Ezen túlme-

nően hidrolízis-folyamatokban is részt vesznek. A nitrogén-, illetve kén-donor ligandumok nehézfémionokkal (Co^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} stb.) stabilis kelátkomplexekeket képeznek, közülük több bizonyos enzimekben meghatározó szerepet játszik. A természeti környezetben a különböző ligandumok és fém-atomok között egymással versengő, komplexképződéssel járó reakciók játszódnak le.

Azok a fémek, amelyek a környezetben uralkodó kémiai feltételek mellett több stabilis oxidációfokkal rendelkeznek (Fe, Cu, Mn stb.) a biológiai rendszerekben redoxireakciókban vesznek részt. Ezek a reakciók egyben a mikroorganizmusok védekező reakciói is, amennyiben a fémionokat önmaguk számára kevésbé mérgező vegyületekké igyekeznek átalakítani.

A fémek toxicitásuk és biológiai hozzáférhetőségük alapján három csoportba sorolhatók: (1) létfontosságú elemek; (2) biológiailag könnyen hozzáférhető mérgező elemek; (3) biológiailag nehezen hozzáférhető (rosszul oldódó vagy ritka) mérgező elemek.

A fémek részt vesznek a természetben lejátszódó biogeokémiai folyamatokban is. Az emberi tevékenység a természetes átalakulást az egyes rezervoárok közötti anyagforgalom sebességének módosításával, másfelől az eredeti vegyületforma megváltoztatása révén képes módosítani.

Mínthogy a nehézfémek koncentrációja a környezetben általában alacsony, helyi felgyűlésük drasztikus változásokat idézhet elő az ökológiai rendszerekben. A fémek a természeti környezetben stabilisak (nagy a perzisztenciájuk). Mivel biológiai vagy kémiai úton nem lebonthatók, ezért az atmoszférában vagy a hidroszférában nagy távolságokra vándorolhatnak el. A folyamat során mindössze az történik, hogy egyik vegyületük egy másik

vegyületté alakul át, miközben toxicitásuk megváltozhat, vagy a talajba, illetve üledékbe kerülhetnek. A talaj öntisztulása ezen az úton nem játszódik le, mivel az agyagásványok, illetve a humusz a fémeket megkötik, és azok ily módon vízzel nem oldhatók ki. Szabaddá csupán különböző kémiai reakciók eredményeként válhatnak, mikor is a talajvízbe kerülnek. Bizonyos reakciókban a hidrogénionok is részt vesznek. Ez a hatás különösen kifejezetté válik, ha a talaj pH-ja antropogén hatásra jelentősen csökken (például savas ülepedés). A pH változása a komplexképződést is jelentősen befolyásolhatja.

A fémek nagy perzisztenciájának egyik következménye, hogy a tápláléklánc mentén felgyűlnek, és a lánc végén a fémkoncentráció több nagyságrenddel nagyobb lehet, mint az atmoszférában vagy a hidroszférában mért érték. Ez esetben az illető növény vagy állat emberi táplálékként nem jöhet számításba.

A higanyciklus

A higany az egyetlen fém, amely szobahőmérsékleten folyékony. Sűrűsége $13,59 \text{ g} \times \text{cm}^{-3}$, nagy gőznyomása miatt higannyal telített levegőben, szobahőmérsékleten $\sim 30 \text{ mg} \times \text{m}^{-3}$ fém található. Fagyponjtját ($-39 \text{ }^\circ\text{C}$) tekintve is határesetet jelent a fémek között. A természetben leggyakrabban előforduló ásványa a cinóber (HgS).

A higanyt és a higanyvegyületeket széles körben alkalmazzák különböző technológiai célokra (klóralkáli-elektrolízis, elektrotechnika, biocid anyagok, katalizátorok stb.). A világ éves higanytermelése kb. tízezer tonna.

A higany az a fém, amelynek mérgező hatását a legalaposabban vizsgálták. Az elmúlt évtizedek során több esetben tapasztaltak igen súlyos higanymérgezést (Minamata-kór), ezért ma a legveszélyesebb fémszennyezőnek

tartják. Korábban ugyanis azt feltételezték, hogy a fém a természeti vizek üledékeiben kizárólag nagyon rosszul oldódó HgS formájában van jelen. E felfogást azonban megváltoztatta az a megfigyelés, amely szerint adott körülmények között a higany biometiléződik. Másfelől azt is igazolták, hogy a HgS oldhatósága nagyobb, mint ami az oldhatósági szorzatából számítható. Ennek oka az, hogy a vizes fázisban nemcsak Hg^{2+} -ionok, hanem különböző összetételű komplex részecskék is jelen vannak. Savas közegben például $[\text{Hg}(\text{SH})_2]^-$, míg lúgosban $[\text{HgS}_2]^{2-}$ komplex képződik. A Hg/Hg²⁺-redoxirendszer redoxipotenciáljából ($U_H^\circ = 0,85\text{V}$) következően a környezetben a higany elemi formában is előfordulhat.

Az atmoszférába irányuló higanykibocsátás közel 30%-a antropogén eredetű. A kondenzált fázisból (hidroszféra, litoszféra, talaj) a higany fém-, illetve metil-higanyvegyület formájában kerül az atmoszférába. Az atmoszféra, a hidroszféra és a litoszféra között cserélődő higanyvegyületek pontos mennyiségeit ma még kevésbé ismerjük. Az egyes rezervoároknál található higany mennyiségeiről viszont viszonylag pontos adatokkal rendelkezünk. Az elmondottak alapján a higanyciklusra csupán néhány kvalitatív megállapítást tehetünk:

- a kontinensekről kiinduló emisszió nagyobb, mint az óceánoké, a mélytengeri üledékekben a higany jelentős koncentrációban halmozódik fel;
- a szárazföld és az óceánok közötti, a folyók révén közvetlenül megvalósuló higanyforgalom jóval kisebb, mint az atmoszféra és a szárazföld, illetve az atmoszféra és az óceán közötti anyagcsere;
- az atmoszféra és a szárazföld, illetve az óceánok közötti természetes higanycsere

kiegyensúlyozott, azonban az antropogén hatás az atmoszférába irányuló nettó higanyáramot hoz létre;

- a folyók révén az óceánokba jutó higany-mennyiség az emberi tevékenység hatására többszörösére növekedett, és ez az anyagáram egyenlőtlenül oszlik meg;
- a higany átlagos tartózkodási ideje az atmoszférában, a talajban, az óceánokban és az óceáni üledékekben rendre megközelítőleg 11 nap, 1000, 3200, ill. $2,5 \times 10^8$ év.

A litoszférában a higany főként szulfid formájában van jelen, amiből a fém lassan szabaddá válik. A folyamat bakteriális redukcióval kezdődik, amelynek során első lépésben fémhigany keletkezik, amit viszonylag gyors reakcióban metilizáció követ.

Levegővel telített felszíni vizekben a higany Hg^{2+} -ionok, mérsékelten oxidáló, illetve gyengén redukáló közegben Hg^0 vagy Hg^{2+} -ionok, redukáló körülmények között pedig Hg^0 , illetve anionos HgS_2^{2-} formájában vannak jelen. A HgS_2^{2-} -ionok a környezetben csupán közttermékként fordulnak elő. A tengervízben az egyes részecskefajták aránya

a pH-tól és a kloridion-koncentrációtól függ, ahol főleg $HgCl_2$, $HgCl_3^-$, $HgCl_2Br$, $HgCl_3Br^-$ és $HgCl_4^{2-}$ jelenlétével számolhatunk.

Minthogy a higanyvegyületek erősen mérgezőek, a természetben lejátszódó biometilizációjuk különös figyelmet érdemel. A keletkező metil-higanyvegyületek ugyanis lipofil tulajdonságúak, és ennek megfelelően a vízi élőlényekben feldúsulhatnak. A biometilizáció anaerob körülmények között, metilkobalamin segítségével játszódik le (oxidáció, elektrofil hasítás, gyökös hasítás, nukleofil hasítás, illetve redukció), míg aerob feltételek mellett a sejtekben a metionin szintéziséhez hasonlóan megy végbe.

A 2. ábra a higany körforgásának legfontosabb kémiai és biokémiai lépéseit mutatja. Az üledékben és a hidroszférában lejátszódó mikrobiológiai folyamatok során a higany(II)-ionok fémhigannyá redukálódhatnak és metilzármasok is képződhetnek. Az utóbbiak jó vízoldhatóságuk miatt a tápláléklánc mentén egyre nagyobb koncentrációban halmozódnak fel, súlyos higanymérgezést okozva. Diszproporcionálódás vagy további metilizáció

dés révén gázalmazállapotú dimetil-higany – $Hg(CH_3)_2$ – keletkezik, ami az atmoszférába kerül, ahol fény hatására lebomlik. A higany(II)szulfid képződésével járó reakció a természetes vizekben csak átmenetileg csökkenti a higany(II)ionok koncentrációját.

A higanyvegyületek toxicitása miatt a fémhigany ipari felhasználását csökkenteni igyekeznek, illetve egyre erősebb a törekvés, hogy a technológiai folyamatokban hatékonyabb visszaforgatási módszereket alkalmazzanak. Egy becslés szerint a hulladékba kerülő higanynak ma kerekén 75%-át megfelelő technológia alkalmazásával visszanyerik.

Minthogy laboratóriumi vizsgálatok során ultrabolya besugárzás hatására a higany(II)-acetát metil-higanyvegyületté történő átalakulását figyelték meg, nem zárható ki, hogy ehhez hasonló reakció a természetben is lejátszódhat. Bár megjegyzendő, hogy a Nap spektrumában a Föld felszínén a megfelelő energiájú fotonok kevéssé vannak jelen.

Következtetések

Amint arra már utaltunk, a kémiai elemek biogeokémiai körfolyamatainak vizsgálata és megértése az elméleti összefüggések feltárásán túlmenően gyakorlati szempontok miatt is elsőrendűen fontos. Néhány jelentősebb gyakorlati szempont:

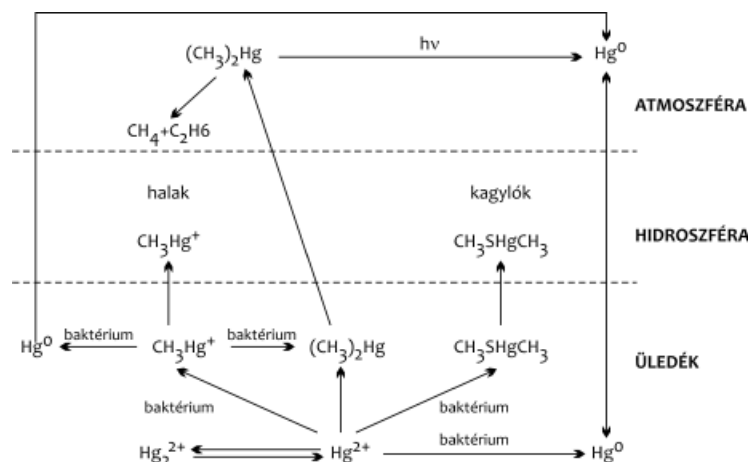
- az élelmiszertermelés és annak függése az éghajlati tényezőktől, a tápanyag elérhetősége és toxikus anyagok jelenléte;
- a globális éghajlatot befolyásoló természeti és emberi tényezők;
- savas ülepedés; hatása az ökológiai rendszerekre, a jelenség antropogén összetevői;
- a sztratoszféra ózontartalma, hatása az emberi egészségre és az élővilágra, továbbá az ózonkoncentráció változása különböző nyomgázok jelenlétében;

- növényvédőszer és más szintetikus vegyi anyagok jelenléte a környezetben, terjedésük, átalakulásuk és lebomlásuk az ökológiai rendszerekben.

A fentiekben vázolt kérdések a társadalmak működése szempontjából alapvetően fontosak, ezért nagy kihívást jelentenek a tudományos-szakmai közösségek számára is. Azt ugyan nem állíthatjuk, hogy a problémák tudományos-technikai feltárása és megértése egyben azok megoldását is jelentené, de az bizonyosnak látszik, hogy számos társadalmi kérdés ezek ismerete nélkül nem válaszolható meg. A rendszerek megértése – összetett voltak miatt – számos diszciplína integrációját kívánja meg. Ha a tudományos közösség képtelen lesz arra, hogy az ökológiai rendszerek leírásához szükséges diszciplínákat integrálja, egészen biztos, hogy a társadalom nem fog megbirkózni az előtte álló feladatokkal.

Ennek feltétele, hogy a diszciplináris közelítésmódot felváltsa, illetve kiegészítse az interdiszciplináris látásmódot (nem a *vagy-vagy*, hanem az *is-is* megközelítés), ami a kutatások szervezeti modelljét tekintve is változásokat hoz magával. A mellérendelt, heterogén összetételű és időben változó kutatási struktúrák, az „állandó” társulat helyett „stagione” rendszerre van szükség. Másfelől, az eszköz-, illetve módszerközpontú megismerés a problémamegoldó felismerés felé tolódik el.

Érdekes megvizsgálnunk azt is, hogy a természeti környezetbe történő, racionális döntést követő beavatkozásunk során az ökológiai rendszerek milyen reakciójára számíthatunk. Az első eshetőséget a szándékolt és bekövetkezett eredmény, illetve következmény jelenti. Másik eshetőséget a szándékolt, de be nem következett eredmények köre képezi, míg a harmadik válasz a nem szándékolt, de bekövetkezett esemény lehet.



2. ábra • A higanyciklus kémiai és biokémiai folyamatai

Kézenfekvő követelmény, hogy a nem szándékolt, de bekövetkező események körét (szén-dioxid, klór-fluor-szénhidrogének, perzisztens műanyagok és peszticidek stb. kibocsátása) minél kisebbre szorítsuk vissza az ökológiai rendszerekbe történő antropogén beavatkozások kapcsán. Az, hogy ez mennyiben lehetséges, arról talán a következő három állítás kapcsán alakíthatunk ki elképzelést:

- a természeti környezetbe történő emberi beavatkozások következményei attól függenek, hogy mennyire ismerjük meg az ott évmilliók-, -milliárdok alatt kialakult állapotokat, illetve az azóta zajló, spontán folyamatok törvényszerűségeit;

- az ember, minthogy része a természetnek, az ott kialakult állapotokat és spontán folyamatokat csak korlátosan ismerheti meg, tehát
- a természeti környezetbe történő emberi beavatkozásoknak elkerülhetetlenül lesznek nem szándékolt következményei.

Kulcsszavak: *globális biogeokémiai körfolyamatok, szénkörforgás, higanyciklus, a ciklusok antropogén módosítása, társadalmi hatások*

IRODALOM

Papp Sándor (2002): *Biogeokémia – körfolyamatok a természetben*. Veszprémi Egyetemi Kiadó továbbá az ott idézett összefoglaló és eredeti források



Tanulmány

KOPONYA–GERINC KAPCSOLAT

Pásztor Emil

az MTA rendes tagja
epasztor@iif.hu

Udvariatlanságnak tartjuk, ha valaki a kérdésünkre csak szótlán fejbólintással jelzi igenlő válaszát. A fejmozgás egy unikális ízületi rendszer segítségével a *koponya-gerinc* (kranio-vertebrális) kapcsolatban történik, amelynek csontos struktúrái: a nyakszirtcsont condylus articulare-ja és az első két átalakult nyakcsigolya, az atlasz¹ (fejgyám) és az axis (tengely).² A rendszerhez több ízület és kötőszövetes szalag, valamint jelentős számú izom tartozik.

A gerinceseknél a koponya elsődleges feladatként az agyat, a gerinc a gerincvelőt védi. Az agy nyúltvelői része a gerincvelőben folytatódik, így az azokat védő struktúrákban koponya és a gerinc között is ösz-

szeköttetés létesült, és kialakult ez a bonyolult ízületi rendszer.

Korda Judit és Veres Róbert (2000) igen szemléletesen fogalmazza meg a nyaki gerinc (beleértve a koponya-gerinc kapcsolatot is) anatómiáját és funkcióját: „A nyaki gerinc a szervezet egyik legbonyolultabb ízületi struktúrája: 32 ízületből áll, ébren és alvó állapotban egyaránt óránként több mint 600 mozgulaton végez a 6–7 kg-os fejet egyensúlyozva, lehetővé téve testhelyzet-változtatás (leülés, felállás, futás stb.) közben a fej stabil tartásának megőrzését, az érzékszervek (szem, fül, orr, száj) finom irányítását, az emóciók kifejezését, a gesztikulálást.”

A gerinces fajokban (az embert is beleértve) ennek a rendszernek a felépítése hasonló, de a külső körülményekhez alkalmazkodva és a faj életmódjától függően a struktúrában és a funkcióban különbségek vannak.

Amikor az egyes fajokban összehasonlító vizsgálatokat végzünk, etalonnak az emberi koponya–gerinc kapcsolatot tekintjük.³

Állatokban a koponya–gerinc kapcsolatot a létfenntartás fontos szervének minősít-

³ Etalon (étalon, francia) = szabványminta, alap-, hiteles mérték.

¹ Az első nyakcsigolya mindmáig használatos atlasz elnevezését Vesalius (1514–1564) adta, amit pedig a görög mitológiából vett: az istenek ellen fellázadó Atlasz titán azt a büntetést kapta, hogy a vállán cipelje az eget, nehogy az a földre zuhanjon

² A csontváz a legtágabb értelmezésben egy olyan „szerkezet”, amely fenntartja az állati test formáját és az izommozgáshoz támasztékot ad. A legtöbb csontváz kemény anyagból van. A kemény csontváz lehet exoskeleton vagy endoskeleton. Egyedül a gerinces állatokban képződik az endoskeleton csontból. A csont élő anyag, állandóan pusztul és újraképződik.

hetjük, mert a fej gyors és pontos mozgása fenyegető, életveszélyes támadások elkerülését segíti elő, eredményes menekülést tesz lehetővé, vagy egy sikeres élelemszerző támadás előkészítését és lebonyolítását biztosíthatja. A „szerkezet” lehetővé teszi azt is, hogy a fej többirányú mozgása mellett a törzs teljes mozdulatlanságba merevedhet, ami pedig a vadászatnak fontos pozíciója. Az ember a törzs mozdulatlansága mellett, kb. 180 szögfokot képes befogni a látótérből, a fej mozgásával ennél lényegesen többet.

A kranio-vertebrális kapcsolat anatómiája Leonardo da Vinci és Vesalius munkáiban, valamint a XVIII–XIX. századi orvosegyetemi oktatásban

Leonardo da Vinci (1452–1519) anatómiai rajzaiban a csigolyák ábrázolásánál a felső két nyakcsigolya és főleg az atlasz korrektül kerül bemutatásra.⁴

Andreas Vesalius (1514–1564), az első hiteles, tudományos és progresszív anatómus 1543-ban jelentette meg hatalmas latin nyelvű munkáját a *De Humanis Corporis Fabrica*-t, amelynek olyan nagy jelentősége lett, hogy a munka megjelenésétől számítjuk a modern orvostudomány kezdetét. A hétkötetes munka rajzai Vesalius saját boncolásai alapján készültek. Szívesen foglalkozott a kranio-vertebrális kapcsolat anatómiájával, s ő adta az első nyakcsigolya ma is használatos nevét.

Az 1750-es években megjelent latin nyelvű anatómia tankönyvek, különösen Jacob

⁴ Leonardo anatómiai rajzainak említett tanulmányozására az az olasz Anthropos Asszociáció és a nemzetközi Grande Exhibition cég által létrehozott kiállítás adott lehetőséget, amelyet 2009-ben, a budapesti VAM Design Centerben rendeztek a Live Nation Hungary szervezésében. Történelmi adatok szerint Leonardónak csupán harminc tetem boncolására volt engedélye.

Benignus Winslów⁵ és Bernhard Siegfried Albinus⁶ munkái, kedvelt tananyaga volt az 1769-ben megindult magyarországi orvosegyetemi oktatásnak (Pásztor, 2007).

Winslów a nyakszirtcsont tárgyalásakor részletesen leírja a két kondilusz és az első két nyakcsigolya alakját, azok részvételét az atlanto-occipitalis ízületben. A Nagyszombati Egyetem első anatómiatanára, Wenzel Trnka (1739–1791) anatómia tankönyvet nem írt, hanem előadásait Ferdinand Joseph von Leber (1727–1808), a bécsi egyetem anatómus professzora, híressé vált német és latin nyelvű könyve alapján tartotta. Leber a nyakcsigolyákon hat olyan struktúrát sorol fel, amelyekben azok különböznek az „atlasz” csigolyától. Külön specialitásként említi az első nyakcsigolyát (Träger [atlasz]), a másodikat (Achse [axis]), és a hetediket, a vertebra prominenset.

Az egyetem első tanárai közé tartozott Joseph Jakob Plenck (1735?–1807) is, aki kitűnő, compendium-szerű könyvet írt a diákok anatómia tanulmányának megkönnyítésére (1775). Plenck öt speciális struktúrát említ az atlaszon, de az axis ismertetésekor csak az apophysis odontoideával foglalkozik.

Joseph Hyrtl (1810–1894)⁷ nagysikerű könyvének magyar fordítása (1849, Foltényi János) a magyar nyelvű oktatás egyik „bázis-

⁵ A dán származású Jacob Benignus Winslów (Jacobus Benignus Winslow) (1669–1760) a párizsi egyetem anatómiaprofesszoraként 1732-ben franciául adta ki híressé vált tankönyvét, amelyet németre, majd húsz évvel később (1753) latinra is lefordítottak.

⁶ Bernhard (Bernardus) Siegfried Albinus (1697–1770) a leideni egyetem anatómus professzora, tankönyve 1756-ban jelent meg latinul.

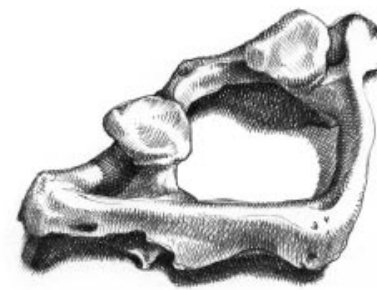
⁷ Josef Hyrtl korának egyik leghíresebb anatómusa, közel harminc éven át volt a bécsi egyetem tanára. A magyarok iránti szeretetét nyíltan hangoztatta. 1873-ban választották meg a MTA tiszteleti tagjának.

könyve” lett. Ebben Hyrtl egészen részletesen tárgyalja a gerinc mozgékonyágát. Az említett időszakban lényegében részletesen ismertetésre kerültek mindazok az anatómiai struktúrák, amelyek a kranio-vertebrális átmenetet képezik.

A KRANIO-VERTEBRÁLIS KAPCSOLAT STRUKTÚRÁJA

Az atlasz (fejgyám, fejtartó)

A koponya és a gerinc kapcsolatában az összeköttetést egy önálló struktúra, az atlasz teremti meg, amely az egész ízületi struktúra legfontosabb tagja. A komplex ízületi rendszer kialakulásához szükség volt az első két nyakcsigolya jelentős átalakulásához. Az atlasz egyes képleteivel a koponyához, más képleteivel a nyakcsigolyához kapcsolódik, ízesül. Vagyis az atlasz önálló csontként hidat képez a koponya és a gerinc között. Ennek a közbeiktatott struktúrájának a segítségével valósulhatnak meg a speciális fejmozgások. A koponyán a hídfő a nyakszirtcsont bütyke (condylus occipitalis), amelyből gerinces emlősöknél kettő van, egy-egy a bal és a jobb oldalon. A madaraknál és sok más fajnál csak egy bütyök van a nyakszirtcsonton (monocondylia), és ahhoz csatlakozik az atlasz evetlen felső ízülete.



1. ábra • Az atlasz a felső ízületekkel

Az atlasz egy nagymértékben deformálódott első nyakcsigolya, ami abban különbözik a „normális” nyakcsigolyától, hogy nincs teste. Az atlasz hiányzó testét a massa lateralisból elől és hátul kiinduló csontos ívek helyettesítik, melyek együttesen kb. 10 mm magas és 4 mm vastag csontgyűrűt képeznek. A csontgyűrű két szélén, a massa lateralis felül és alul egy-egy speciális méretű és alakú porccal borított ízfelszín van. A felső ízfelszínnek talp alakúak, homorúak és kb. 23 × 21 mm-esek az atlanto-occipitalis ízületek részei. Az alul lévő két ízfelszín ovális alakú, homorú felszínnel, kb. 13 × 11 mm-es méretű, és az atlanto-axialis ízületeket szolgálja.

A massa lateralisból oldalra egy nyúlvány, a harántnyúlvány terjed elő (processus transversarius), amelyet szárnynak is neveznek (ala atlantis). A két gyökérrel eredő harántnyúlvány lyukat képez (foramen transversum). A lyukak összessége a nyakon a canalis transversariust alkotja, amelyben az artéria vertebrális és egy, a szimpatikus rendszerhez tartozó idegszál halad fölfelé, végül a koponyába lépve az agy ellátására.⁸

Madaraknál az atlasz felső ízfelszíne, amellyel a nyakszirtcsonttal kapcsolódik, mélyült ízfelszín, amelybe jól fekszik be a félgömb alakú occipitalis condylus a golyó alakú ízület képzéséhez. Ez az alakzat járul

⁸ Az agy vérellátását biztosító carotis és vertebrális érrendszerhez tartozó erek az aortából közvetve vagy közvetlenül eredve hosszan futnak felfelé a nyakon az agy irányába. Míg a carotis erei a nyakon viszonylag felszínesen futnak, hiszen pulzálásuk kézzel is jól tapintható, addig a vertebrális artéria a nyakon mélyen, a nyakcsigolyák csontos csatornája által védve fut az agy irányába. A természet, úgy látszik, ily módon is nagyobb biztosítékot ad az életfontos agytörzsi struktúrák vérellátására, bár az agyalapi circulus arteriosus Willisii, az érrendszer anasztomotikus gyűrűje a vérellátást hatásonként biztosítja.

hozzá a madarak fejének teljes hátraforgatási képességéhez.

Fejlődési rendellenességként fordul elő az atlasz asszimilációja a nyakszirtcsontozathoz. A membrana atlanto-occipitalis dorsalisban pedig elcsontosodás (proatlas) léphet fel.

A nyakszirtcsont bütyke

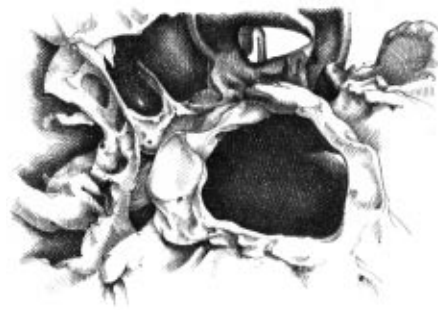
A koponya külső-hátsó részén a nyakszirtcsont oldalsó részeiben két gombszerű bütyök emelkedik elő (*condylus occipitalis*), amelyek az öreglyukat oldalról fogják közre. A bütykök domború felszínei vesznek részt az atlaszal kapcsolódó kéttengelyű ízületekben. A bütykök mellett egy-egy befelé görbülő csontnyúlvány van, amelyeken fontos izmok tapadnak. A bütykök mellett egy lyuk vezet ki a koponyából (*canalis hypoglossi*), amelyen keresztül a XII. agyideg hagyja el a koponya üregét.

Mint említettük, a madárfajoknak csak egy *condylus occipitalis* van. Vagyis csak egy ponton, egy ízülettel kapcsolódik a gerinc a koponyához.

*Axis (tengely, epistropheus, fejforgató, forgócsigolya, forgolya)*⁹

Ez a sok különböző néven ismert csigolya (bár számos neve téves) abban különbözik minden más csigolyától, hogy a csigolya teste felül egy fogszerű nyúlványba megy át (*dens axis, processus odontoides*). A dens első és hátsó felszínén egy-egy kisebb ízületi felszín van az atlasz elülső ívével, illetve azzal a kötőszövetes szalaggal való ízesülésre, amely a denset hátulról fogja meg, és szorítja az atlasz elülső ívéhez. A dens mellett két oldalon, az axis felszínén, az axis ovális felszínnek

⁹ Az axis forgással kapcsolatos megnevezése helytelen, mert az atlasz és a fej együtt forog az axis (tengely) körül, nem az axis forog.



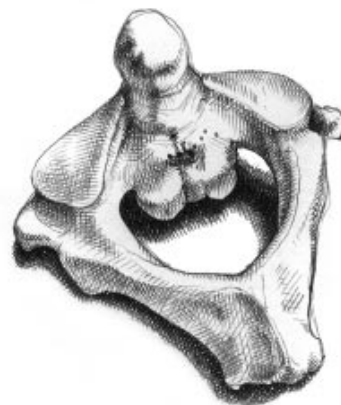
2. ábra • A nyakszirtcsont bütykei az öreglyuk szélén

kel ízesül az atlaszhoz (*articulatio atlantoaxialis*).

A sertést kivéve az emlős háziállatok leg-hosszabb csigolyája az axis. Fejlődéstanilag az atlasz testének felel meg, külön csontosodási magja van. Az axis alsó felszínén már további lényeges eltérés nincs a többi nyakcsigolyához viszonyítva

A kranio-vertebrális kapcsolat ízületei (az ún. fejízületek)

Az atlanto-occipitalis ízület: az ízületi rendszer koponya felőli része. Az ízvápa az atlasz homorú felső felszíne, az ízfej a *condylus*



3. ábra • Az epistropheus a felső ízületekkel és a fognyúlvánnyal

occipitalis domború felszíne. Ez az ízesülés kéttengelyű tojásízület (*articulatio ellipsoidea*), vízszintes helyzetű haránt és szagittális (előlről hátrafelé irányuló) tengellyel. A tojásdad ízfej és az ennek megfelelő ízvápa két tengely mentén működik. A két, egymásra merőleges ízületi tengely különböző hosszúságú. A vízszintes hosszabb tengely körül a fej hajlítása és nyújtása, a fejbólintás, az „igenlő” és az ellentétes, hátra irányuló mozgás kivitelezhető. A szagittális tengely mentén a váll felé irányuló „ejnye, ejnye” mozgás kivitelezhető. Az ízület két példányban szimmetrikusan a foramen occipitale magnum szélén és alatta helyezkedik el. Egy példányban való előfordulását *monocondyliának* hívják.

Az ízülethez tartozó szalagok főleg az ízületi tokot erősítik. A háziállatok többségében a két ízületi tok közlekedik egymással. Sok rugalmas rostot tartalmaz a membrana atlantooccipitalis dorsalis, amely az atlasz hátsó íve és a foramen occipitale magnum hátsó szélé között feszül ki, és amely a neurológiai diagnosztika szempontjából fontos tarkósúrázás (ciszternapunkció) helye. Agyvíz nyérése a lumbálpunkción kívül ezen a helyen is történhet, de annak kivitelezése nagyobb gyakorlatot igényel.

Fejlődési rendellenesség, ha az atlasz a nyakszirtcsonttal összenő (*atlasassimilatio*).

Az atlantoaxialis ízület: az *articulatio atlantoaxialis* az egytengelyű ízületek egyik formája (*articulatio trochoidea*), amelynél az ízület tengelye a csont hossz tengelyével esik egybe. A függőleges tengelyű kúpízület tulajdonképpen három önálló ízület együttes működésével jellemezhető: 1: a dens elülső felszíne és az atlasz elülső ívének hátsó felszíne; 2 és 3: kétoldalt az atlasz alsó felszíni ovális ízületei és az axis felső ovális ízületei. Szalagkészülék feszíti be az ízfejet az ízvápába

(tengely-csapágy mozgás). A komplex ízületben a fej forgatása, „tagadó” mozgása kivitelezhető. Az atlasz alsó ízfelszínei az axis felső ízfelszíneivel ízesülnek.

A csigolyák összeköttetésekének más formái

Syndesmosisok: a szalagkészülékek (*ligamentumok*) mint kötőszövetes szalagok az ízületi tokot erősítik, vagy a mozgások korlátozásában vesznek részt. Az utóbbiak közül például a membrana atlanto-occipitalis anterior és posterior az atlasz elülső és hátsó íveit köti az öreglyuk elülső és hátsó kerületéhez. Ezek a szalagok gátolják a fej túlzott előre- vagy hátrahajlását.

A *ligamentum alare* a dens csúcsától a *condylus occipitalis* belső oldaláig terjed, és gátolja a fej túlzott oldalra fordítását és hajlítását.

Synchondrosisok: a csigolyák közötti rostporcos porckorongok (*discus intervertebralis*), melyek gyűrűszerű rostos porcból (*anulus fibrosus*) és kocsonyás *nucleus pulposus*-ból állnak.

A kranio-vertebrális kapcsolat izmai (axialis nyakizomzat)

A fej természetes tartását és mozgásait biztosító axiális izomzatot két, csúcsával szembenálló kúpszerű izom elrendezés biztosítja. Az alsó kúpban a mellkas felső részéről a felső nyakcsigolyák felé terjednek az izmok, amelynek tagjai: a *musculus semispinalis cervicis* az axis tövisnyúlványán tapad; a *musculus scalenus anterior, medius et posterior* a mély nyakizomokhoz tartoznak, az 1. és 2. bordán erednek és a nyakcsigolyák harántnyúlványain tapadnak; a *musculus longus colli* a gerinc elülső oldalán a felső hátcsigolyák testéről a felső nyakcsigolyák testére tapad.

A felső kúpban a felső háti- és az alsó nyakcsigolyákról a fejre sugárzó izmok kapnak helyet:

- a musculus semispinalis capitis mko. közepén a protuberantia occipitalis externáig húzódik, jól látható szabad szemmel is; musculus splenius capitis az alsó nyak- és felső hátszigolyák tövisnyúlványától a nyakszirtpikkely oldalsó részéig ér;
- a musculus longissimus capitis az előbbi izmokhoz csatlakozik, és mélyebbre terjed; a musculus longus capitis a gerinc előtt, az alsó nyakcsigolyák tövisnyúlványától a nyakszirtrcsont pars basilarisáig terjed;
- a musculus rectus capitis anterior et posterior mélyen fekvő kisizmok az atlasztól a bázisig terjednek.

A tarkó mélyén négy kisebb izom alkotja az ún. suboccipitalis izomcsoportot:

- a musculus rectus capitis posterior minor az atlasz hátsó gumójától a foramen magnum hátsó pereméig;
- a musculus rectus capitis posterior major az axis tövisnyúlványáról az előbbi izom tapadása mögé és azt fedve terjed;
- a musculus obliquus capitis inferior az axis tövisnyúlványától az atlasz harántnyúlványához vízszintesen haladva;
- a musculus obliquus capitis superior az atlasz harántnyúlványától a rectus capitis major tapadása mellé sugárzik.

Az utóbbi három izom háromszöget képez (trigonum suboccipitale), amelyben kitapintható az atlasz hátsó ívének oldalsó széle. Ennek vájulatában fekszik oldalt az arteria vertebralis, s itt lép be a canalis vertebralisba.

Az axialis izomzat fasciái: fascia nuchae. A tarkóizmok két kúpját zárja körül a musculus trapezius alatt. A fascia prevertebralis

a scalenus izmokat borítja be, és fogja össze. A két scalenus alatt besüppedve a nyaki gerinc elülső izmait borítja. A csontos mellkas feletti teret három részre osztja. A középső részben van a mellkasba vezető csatorna (légcső, nyelőcső, nyaki erek és idegek részére).

A gerinc mozgékonyasága

A gerinc mozgékonyaságának értékelésekor nem szorítkozhatunk csupán a kranio–vertebrális kapcsolat szakaszára, a gerincet egész hosszában kell vizsgálnunk.

Emberben nyugalmi álló helyzetben a nyaki gerincszakasz előre domborodó ívet ír le, a háti szakasz hátra domborodó, az ágyéki előre domború. Az emberi újszülött gerince gyakorlatilag egyenes, a fent említett „fiziológias” görbületeket a természetes mozgásigények alakítják ki.

A gerincoszlop a gerinces állatok és az ember csontvázának talpköve. A gerinc mozgathatósága és ezzel a mozgás lehetősége egyike a legfontosabb életfunkcióknak, amely a huszonhárom valódi csigolya területében valósulhat meg, és alapvetően a csigolyaközi porckorongoktól függ. A csigolyaközi porckorong minden irányban enged bizonys mozgást, így a csigolyák közötti kisméretű elmozdulások összeadódva a gerincoszlop jelentős mozgását eredményezik. Az engedélyezett mozgás nem mindenütt egyenlő, annak mérete, Hyrtl szerint, függ:

- az adott szakaszon a csigolyaközi porckorong mennyiségétől;
- a porckorongok vastagságától;
- a csigolyaközi porckorongok gyűrűszerű inas (rostos porc) része feszülésének mértékétől;
- a csigolyatest magasságától;
- a csigolyanyúlványok kedvező vagy kedvezőtlen helyzetétől.

Itt kell megemlíteni, hogy az emlősök nyakának hossza nem a nyakcsigolyák testének számától, hanem azok hosszától függ.¹⁰

Előrehajlaskor a gerinc egységes ívet ír le, melyben főleg a nyak vesz részt. Az előrehajlásban fontos szerepe van még az ágyékcsgigolyák vastag csigolyaközi porckorongjainak és ezek szagittális állású ízfelsőszíneinek. A hát alsó része kevésbé vesz részt az előrehajlásban.

Hátrahajlaskor leginkább ugyancsak a nyak mozdul. Erős hátrahajlásnál a hajlás mértéke három ponton a legkifejezettebb:

- az alsó nyakcsigolyák között;
- a II. háti és a 2. ágyéki csigolya között;
- a 4. ágyéki csigolyánál.

A háti gerinc megtartja hátra tekintő domborúságát, csak kis fokban egyenesedik ki, mivel a csigolyák tövisnyúlványai összetorlódnak.

A gerinc tengely körüli **csavarodásában** (torsio), ami összesítve kb. 45°-ot tesz ki, szintén a nyak játssza a főszerepet a csigolyák vízszintes ízületi síkjai miatt. A torsióban részt vevő további csigolyák sorrendben a hátiak. A lumbális csigolyák gyakorlatilag nem vesznek részt a csavaró mozgásban, kivéve az 5. ágyéki csigolya és a keresztcsont között, az ízfelsőszínek frontális állása miatt.

A gerinc mozgásait összefoglalva mondhatjuk, hogy a hajlás, a feszülés, az oldalhajlás és a tengely körüli forgás leginkább a nyakcsigolyák, legkevésbé a tíz felső hátcsigolya közreműködésével jön létre.

A gerinc említett mozgáslehetőségei mellett a kranio–spinális kapcsolat által további, egészen speciális mozgásokra kerülhet sor, ahogyan azt a korábbiakban kifejtettük.

¹⁰ Emlősökben a nyakcsigolyák száma általában hét, mint az emberben is, de vannak kivételek. A lamantinnak (*Manatus australis*) csak hat nyakcsigolyája van, a galléros lajhárnak (*Bradypus torquatus*) nyolc, a háromujjú lajhárnak (*Bradypus tridactylus*) kilenc.

Érdekes megjegyezni, hogy halaknál az első nyakcsigolya és a koponya között mozgás nem lehetséges, mert ezeket a struktúrákat nem ízület, hanem porc vagy rostos, nemelasztikus kötőszövet köti össze. Ez azt jelenti, hogy a halak úszási mozgásaiban a gerinc legfelső része nem vesz részt, míg más állatfajokban, ahogyan említettük, a gerinc minden irányú mozgásában a nyaki szakasznak van döntő szerepe.



4. ábra • A görög mitológia Atlasza

Fejlődési rendellenesség

Az elsődleges basalis impressio a foramen occipitale magnum szélének körkörös, az os occipitale condylusainak, az atlasz és az axis felső struktúráinak benyomódása a koponya hátsó koponyagödri területébe. A nyúltvelőt ért kompresszió tünetei mellett liquorkeringési zavar (*hidrokefalusz*, siringomielia) is bekövetkezhet. A klinikai tünetek általában a húszas–harmincas években jelentkeznek. Másodlagos bazális impressió oka lehet Paget-kór, hyperparathyreoidmus.

A dens axis fejlődési zavara esetén a dens nem nő össze az axis testével (os odontoideum), fel- és oldal felé eltoldódhat, a nyúltvelőt nyomhatja.

Az ízületi hipermobilitás (Marfan-szindróma) az atlanto-axialis ízületben okoz eltolódást.

A condylus occipitalis hypoplasia a koponya előrecsúszását okozhatja.

Daganat

A kranio–spinális kapcsolat csontos struktúráiból kiinduló jóindulatú daganatok az oszteóma, az oszteoblasztóma és a kondroma. Az óriássejtes osteoclastoma semimalignus természetű. Betegeink között leggyakoribb volt a szintén semimalignus kordoma.¹¹ Jóindulatú daganat még az eosinophil granuloma és a foramen magnum-környéki meningeoma és neurinoma.

¹¹ Az embrionális életben a gerinc fejlődésében szerepet játszó chorda dorsalis később csak minimális mennyiségben a csigolyák közötti nukleusz pulposusban található meg. Daganatos elfajulása főleg a klivuszban és a C II–III csigolyák elülső ívében, illetve korpuszában lokalizált.

Gyulladás

A reumatoid arthritisz leggyakoribb előfordulási helye a kéz vagy a láb kisízületei, de a gyakoriság harmadik helyét a nyaki gerinc, illetve a kranio–spinális átmenet ízületei foglalják el. A gyulladás okozta granulációs elváltozás destruálja az ízületi szalagokat és a porcos, később a csontos állományt. A fájdalom és a nyaki instabilitás korai tünet, ami a radiológiai vizsgálatok segítségével tisztázhatja a diagnózist, és a megfelelő kezelés megelőzheti az irreverzibilis ízületi és idegrendszeri károsodásokat.

Bakteriális fertőzéstől tályog alakulhat ki a csontokban.

Trauma

A sérülés természetétől és mechanizmusától függően az ízületben ficam vagy a csontállományban törés következhet be. Ficom leggyakrabban az atlanto-occipitális ízületben jön létre, míg a törések elsősorban az axis fognyúlványán következnek be.

Diagnózis

A fájdalom és a neurológiai tünetek lokalizációs fontossága mellett a klasszikus és a modern képalkotó eljárások (Rtg, CT, MRI) biztos minőségi és lokalizációs diagnózist adnak.

A gyógykezelés rövid összefoglalása

Már a korai tünetek, a fájdalom és a nyaki instabilitás esetén célszerű a diagnózist tisztázni, és a kezelést megkezdeni. Gyulladás-csökkentő és izomgörcsöket lazító szerek mellett helyi lidocain infiltráció is sorra kerülhet, ugyanakkor szteroidok adagolása kérdéses. Masszázs és gyógytorna, valamint a hidrotéripia alkalmazása kíméletesen

adagolható, más esetekben éppen ellenkezőleg, az ízület nyugalomba helyezése, mint a nyaki szivacs gallér használata és a fájdalmas ízület immobilizálása hoz eredményt.

Eredménytelen gyógyszeres kezelés esetén *műtéti beavatkozásra* kerülhet sor. A betegségnek az agyalapi csontban (a klivuszban) vagy a felső nyakcsigolyák testében, illetve ezen a területen a kemény agyburkon kívüli elhelyezkedésben (az ún. kraniospinalis ventralis lokalizációban) a kóros elváltozás csak előlről, a száj felől közelíthető meg. Minden más irányú műtéti behatolás nagy rizikóval jár; a nyúltvelő vagy a gerincvelő legfelső szakaszának károsodását okozhatja.

IRODALOM

- Albinus, Bernardus Siegfried (1757): *De ossibus corporis humani*. Ioannes Paulus Kraus, Lipsiae http://openlibrary.org/b/OL2668616M/Bernardi_Siegfried_Albinus_De_ossibus_corporis_humani
- Hyrtl, József (Josef) (1849): *Az emberboncztan tankönyve tekintettel az élettani indoklásra s a gyakorlati alkalmazásra*. Magyarítá Dr. Foltényi János pesti gyakorló orvos Dr. Rhédey Antal élettani segéd segélyével. M. Kir. Egyetemi Nyomda, Buda
- Leber von Ferdinand Joseph (1772): *Vorlesungen über die Zergliederungskunst*. Wien. Latin fordítása: Praelectiones anatomicae. 1778, Rudolph Gräffer, Vindobonae
- Kent, George C. – Carr, Robert K. (2001): *Comparative Anatomy of the Vertebrate*. 9th ed. McGraw-Hill Book Co., Singapore
- Korda Judit – Veres Róbert (2000): Nyaki elváltozások rheumatoid arthritisben. *Lege Artis Medicinae (LAM)*. 10, 5, 411–420.
- Pásztor Emil – Vajda J. – Piffkó P. – Horváth M. – Gádor I. (1984): Transoral Surgery for Epidural Cranio-cervical Space-occupying Processes. *Journal of Neurosurgery*. 60, 276–281.
- Pásztor Emil (1985): Transoral Approach for Epidural Pathological Processes. In: Symon, Loew Normes – Miller, J. D. – Brihaye, J. – Loew, F. (ed.): *Advances*

Ezekben az ún. „szájon keresztüli” műtétekben Intézetünk, az Országos Idegsebészeti Tudományos Intézet, nemzetközileg ismert és elismert eredményeket ért el. A műtét célja, hogy az idegi struktúrákat ért nyomást megszüntessük (dekompresszió), és a gerincet a lehető legkedvezőbb anatómiai helyzetben rögzítsük.

A rajzokat M. Nagy Szilvia grafikusművész készítette.

Kulcsszavak: *atlasz, tengely, nyakcsigolyák, gerincmozgások, a koponya–gerinc kapcsolat betegségei, szájon keresztüli műtétek*

and Technical Standards in Neurosurgery. Springer, Wien–New York, 125–170.

Pásztor Emil (2007): Orvosegyetemi oktatás hazánkban 1769 és 1971 között, különös hangsúllyal az anatómiára és a koponyára. *Orvostörténeti Közlemények*. 200–201, 5–35.

Plenck, Joseph Jacob (1775): *Primae Lineae Anatomies In Usum Praelectionum*. Rudolph Gräffer, Viennae (3. Kiadás, 1780): http://books.google.hu/books?id=9EMUAAAAQAAJ&dq=Primae+lineae+anatomes+in+usum+praelectionum&hl=en&source=gb_s_navlinks_s

Szentágothai János (197): *Functionalisanatomia*. I–III. Medicina, Budapest

Vesalius, Andreas (1543): *De humani corporis fabrica libri septem*. Ex officina Joannis Oporini, Basileae: <http://vesalius.northwestern.edu/>

Winslow, Jacobus Benignus (1753): *Expositio Anatomica Structurae Corporis Humani*. Joan. Gothofr. Baueri, Frankfurt & Leipsig (1758-as kiadás): http://books.google.hu/books?id=zzeQ6Ad9IR8C&dq=Winslow,+Expositio+anatomica+structurae&hl=en&source=gb_s_navlinks_s

Zimmermann Ágoston – Zimmermann Gusztáv (1939): *Háziállatok anatómiája* I–III. 3. kiadás (első kiadás: 1923), Pátria Irodalmi Vállalat, Budapest

A KÖZGAZDASÁGTAN VÁLSÁGA (Neoklasszikus *versus* keynesi közgazdaságtan)

Móczár József

PhD, egyetemi tanár,

Budapesti Corvinus Egyetem Matematikai közgazdaságtan és Gazdaságelemzések Tanszék
jozsef.moczar@uni-corvinus.hu

A 2007–08-as pénzügyi válság után számos politikai, közgazdász, de más tudományág képviselői is megkérdézték: miért nem lehetett elkerülni a válságot, miért nem bizonyult sikeresnek a közgazdaság-tudomány a megelőzésében? Valóban válságban van maga a közgazdaság-tudomány is? Itt most a gyökerek, vagyis a neoklasszikus iskola és a keynesi elmélet szerepét, illetve felelősségét vizsgáljuk. Ehhez Csaba László (2009) legújabb könyve, nemzetközi szinten pedig leginkább Paul Krugman (2009a,b) cikkei szolgálnak az apropót. Az előbbi az EU szempontjából közelíti a válaszokat, az utóbbi pedig különböző iskolák elméleteiből magyarázza. E két szerző főbb gondolataira, valamint Alan Greenspan és Soros György vízióira építve felvázoljuk a lehetséges elméleti és gyakorlati fejlődési irányokat, amelyek új paradigmákat körvonalaznak.

A rendszerváltás után bármerre is fordultam meg a világon, mindenütt ugyanaz a sajnálkozás fogadott: „Milyen kár, hogy nincs nálatok jó közgazdász!” A megjegyzés nyilván az ország gazdasági helyzetével kapcsolatos, vagyis nem a közgazdasági elmélettel foglalkozókra vonatkozik, amint erre számos más ország, mindenekelőtt India is kitűnő példát szolgáltat. Az viszont igaz, hogy kevés hazai

tudós közgazdász vállalt gazdaságpolitikai szereplést. Erre számos magyarázat lehetséges. A legtöbben abban látják ennek okát, hogy a rendszerváltás előtti időkben kevésbé kapcsolódott össze az elmélet és a gyakorlat, s még mindig van egyfajta tartózkodás a politikai szerepléstől az akadémikusok és professzorok körében. Mi lehet ennek oka? Talán hogy hazai tudósaink még nem kellőképpen politikusak, és szerzői szabadságjuk kapcsán felelőtlenül összevissza fecsegnek? Ugyanakkor a kormányzati adminisztrációban dolgozók populista hozzászólásaiban, tisztelet a kivételnek, semmi jelét sem fedezhetjük fel a tudományunk iránti kellő alázatnak. Ez érthetetlen is azok számára, akik követni kívánják a nyugati szokásokat és értékeket a hazai felzárkózási folyamatban. Ha az USA példájánál maradunk, számos világhírű professzor, Nobel-díjas közgazdász vállalt szerepet mind a Clinton-, mind a Bush- és az Obama-kormányban. A FED jelenlegi elnöke, Ben Bernanke is kitűnő makroközgazdász. Ugyanezt látjuk Japánban is. Izrael nem kisebb személyiséget kért fel a jegybank vezetésére, mint az MIT volt professzorát, a Nobel-díj-várományos Stanley Fischert.

Vajon mi az, ami miatt egy kitűnő elméleti és empirikus közgazdasági háttérrel ren-

delkező miniszter többet tehet a válság elkerüléséért, illetve kezelésében, mint például egy vállalkozóból lett pénzügyminiszter vagy gazdasági miniszter? A hazai tapasztalatok számomra azt mutatják, hogy nem a gazdaság átlátása, az uniós szabályok értelmezése és alkalmazása az, ami gondot jelenthet ebben az esetben, hanem inkább a vízió hiánya, a hazai gazdaság regionális és globális elhelyezése, a statisztikai adatokból kiolvasható előrejelzések, a modern fiskális és monetáris politikák értése és kezelése a reálfolyamatok kellő figyelembe vételével. Közhely, hogy tankönyvi klisékkel ma már nem lehet irányítani a jegybankot sem, ha csak arra gondolunk, hogy már a 70-es évek óta nem érvényes a Phillips-görbe, s ma már az sem biztos, hogy a kamatláb csökkentése a foglalkoztatás növekedéséhez vezet, csakúgy, mint az állami beruházások kizorító hatása a magán beruházások piacán. Vagyis gyors és eredményes reagálásokra van szükség, ami a tapasztalati tudás mellett az elmélet mély ismeretét is szükségessé teszi.

Csaba László egyike azon közgazdász akadémikusainknak és professzorainknak (Kádár Béla, Török Ádám, Chikán Attila stb. sorában), akik jelentős szerepet vállaltak a hazai gazdaság talpra állításában, akár a médiában vállalt közéleti szerepléseikkel, akár a tudományos elméleti publikációikkal. Ennek egyik utóbbi bizonyítéka az Akadémiai Kiadó gondozásában most megjelent *Crisis in Economics?* című könyve. Az amerikai pénzügyi válság gazdasági világválsággá burjánzása sokak számára azt jelenti, hogy a közgazdaság-tudomány a maga elméleti és tapasztalati háttérrel nem képes kezelni a gazdasági folyamatokat. Vagy gyökeresen másról lehet itt szó? Nevezetesen, Kornai János puha költségvetési korlátjáról? A pénz

eszméletlen méretű deriválása, gazdaságba pumpálása, ami a hitelezés felpuhulásához, az ingatlanpiacok bedőléséhez, s ezzel a hitelező bankok csődjelentéséhez, összeomlásához vezetett. Mint tudjuk, a mostani válság egyik oka, leegyszerűsítve, valóban ez, de ennél sokkal bonyolultabb a helyzet.

Csaba a bonyolultabb utat követi, mind a közgazdasági elmélet, mind a gazdaságpolitika szempontjából, ez utóbbi esetben az EU-ra fókuszál, amire könyve alcíme is utal: *Studies in European Political Economy*. A *mainstream* vagy a *zeitgeist* elméletet kedvelőknek az első rész lehet az érdekesebb: vajon mit mond a szerző a tiszta elméletekről, a matematikai közgazdaságtanról a mostani válság tükrében? A következő három rész, pedig az újonnan csatlakozott EU-országok elemzését mutatja be Brüsszel és Frankfurt árnyékában. A műben kétféle válság keveredik, nyilván nem függetlenül egymástól: egyrészt az amerikai ingatlanpiacok generálta 2007–2008-as válság, másrészt az EU intézményi válsága a bővítéssel összefüggően. A következő pontokban a közgazdaságtudomány legújabb elméleti és módszertani kérdéseit vizsgáljuk a fentiek medrében.

*A közgazdaságtudomány
a 2007–2008-as válság tükrében*

A közgazdaságtudomány a társadalommal foglalkozó bölcsészek elmélkedéseiből és gazdaságpolitikai vitákból nőtt ki. Az előbbiek Arisztotelészről, a középkori teológián keresztül a 18. századi erkölcsfilozófiáig ívelő hagyományt testesítik meg, az utóbbiak pedig a korabeli kereskedők és tanácsadók elmentmondásos javaslatai voltak, amelyeket gyűjtőnéven merkantilizmusnak, illetve kameralizmusnak neveztek. Adam Smith megfogalmazásában „a filozófia és a megfigyelés

beható szelleme kiterjeszkedett a köz gazdaságára és a kereskedelemre”, ami a politikai gazdaságtan megszületéséhez vezetett. Nagyjából egy évszázaddal később e két megközelítésből nőtt ki a modern közgazdaságtan, mégpedig az egyéni racionalitás posztulátumán és a társadalmi folyamatok gazdasági körforgással történő szintetizálásán. A közgazdasági elméletben a racionalitás magatartási preferenciákon és az egyéni cselekvések hasznossági függvényeire alapul. A racionális viselkedés az egyén számára azt jelenti, hogy hasznossági függvényének a lehető legnagyobb értékét igyekszik elérni, azaz hasznosságot maximalizál. Végül is ez vezetett el a mai mainstreamhez, a neoklasszikus közgazdasági iskolához, amelynek számos tételét ma már cáfolják az empiria alapján a különböző ökonometriai tesztek, de leginkább feltevéseit, főként a gazdasági szereplők racionális viselkedését kérdőjelezzik meg. Másrészt fogalmazva, a közgazdaságtudományban nem ment végbe egy olyan forradalmi változás, ami az új kihívásokra megfelelő megoldásokat tudna adni.

Csaba úgy gondolja, hogy „a közgazdasági szakma jelenleg nem rendelkezik használható eszközökkel” a gazdasági válságok kezelésére. Szerinte egy vadonatúj elemzési eszközre van szükség, és szakítani kell az elmúlt százötven év hagyományával. Amennyiben itt a neoklasszikus iskolára gondolt, valóban érdemes elgondolkoznunk javaslatán. Kiindulópontja az a megállapítása, hogy „a makro-ökonómia ma szilárdan az általános egyensúly-elmélet rendszerére alapozott”, amit kiegészíthetünk azzal, hogy még a legújabb sztochasztikus dinamikus általános egyensúlyi (DSGE) modellek is arra épülnek (lásd Móczár, 2008). Vagyis a közgazdasági elmélet középpontjában még mindig az

egyensúlyi elmélet áll, amit Kornai oly hevesen bírált az Arrow–Debreu-modellen keresztül, és ami, a legújabb kutatások szerint, nem is minden alap nélkül történt, Frank H. Hahn rosszkedve ellenére is (vö. Móczár, 2006). Az általános egyensúlyelmélet a newtoni fizikában, a differenciálszámításban gyökerezik, és ahhoz, hogy e megközelítésen túllépjen, a közgazdasági elmélet új, feltehetően természettudományos közelítései eredményeire lesz szüksége. Erre már a közelmúltban is voltak kísérletek, elég, ha csak Neumann János játékelméletére gondolunk, ami megszabadította a közgazdaságtant a differenciálszámítás kizárólagos alkalmazásától.

Míg Csaba elméleti vizsgálataiban implícite a neoklasszikus iskola keretei között maradt, addig a Nobel-díjas Paul Krugman továbbment, és az akadémiai elméleti viták középpontjába helyezte a válság kérdését a *The New York Times* hasábjain 2009. szeptember 2-án megjelent cikkével. Nem tesz mást, mint egyszerűen emlékeztet bennünket, hogy hogyan sikerült leküzdeni az 1929–1932-es Great Depressiont. John Maynard Keynes elmélete világított rá a válság kialakulásának okaira a *The Great Slump of 1930* című tanulmányában, és adott megoldást is a depressziók elkerülésére. Keynes „legfőbb bűneként” azt rótták fel a veszély elmúltával a hálátlan neoklasszikusok, hogy az óriási munkanélküliséget az általa javasolt aktív állami beavatkozással, mégpedig nagyobb pénzmisszióval és több állami kiadással sikerült csökkenteni. Krugman szerint, bármennyire is paradoxonként hangzik, ezzel inkább erősíteni akarta a kapitalizmust, mintsem helyettesíteni mással. Viszont megkérdőjelezte azt az elképzelést, hogy a piacgazdaságok felügyelet nélkül hagyhatók, kifejezve ezzel a különös nemtetszést a pénzügyi pia-

cokat illetően, amelyekben szerinte rövid távú spekulációk dominálnak kevés tekintettel a pénzügyi alapokra.

A neoklasszikus megújulást és a Keynes elleni támadást Milton Friedman kezdeményezte elsőként 1953-ban azon kijelentésével, hogy a neoklasszikus közgazdaságtan elég jól leírja a gazdaság működését ahhoz, hogy „felettebb gyümölcsöző legyen, és hogy több bizalmat kapjon”. Monetáris doktrínája szerint a piacgazdaságnak nem autonóm stabilizációra van szüksége. De ez alatt csak annyit értett, hogy az állami beavatkozásnak egy nagyon korlátozott formája az, ami szükséges a depressziók megelőzéséhez. Vagyis utasítani kell a központi bankokat, hogy a nemzet pénzkínálatát, a forgalomban levő készpénzmennyiséget és a banki betéteket hosszú távú egyensúlyi pályán tartsák. Míg Adam Smith (1776) *The Wealth of Nations* című művét követően kb. a 19. századig „bízz a piacban” volt a klasszikus közgazdaságtan üzenete, addig ezt az azt követő neoklasszikus iskola az akadémiai életben a „hinned kell a piaci rendszerben” tanításra cserélte fel. Míg az előbbi fenntartotta a piaci kudarcok lehetőségét, addig az utóbbi imperatívusként hangzott, vagyis bármi történjék is, a piac szent és sérthetetlen. S ezek a viták és a sokszor kőbe vésett üzenetek már az amerikai földrészen zajlanak és csontosodnak meg.

Csaba ennél is továbbmegy, s mindez úgy aposztrofálja, hogy ami az amerikai tudományos életben történik, az trend lesz a világ számára mind az empirikus vizsgálatokban, mind az elméleti kutatásokban. Ettől való eltérésre nagyon kis esélyt lát, mivel a legfontosabb cikkeket, kutatási beszámolókat hagyományosan az *American Economic Review*, a *Quarterly Journal of Economics* és a *Journal of Political Economy* című folyóiratok

közlik, zömmel amerikai professzorok tollából. Ezt még kiegészíti azzal, hogy színvonalas PhD-programok is többnyire az USA egyetemén folynak. Csaba nem véletlenül adja könyve első fejezetének azt a címet, hogy *Az európai politikai gazdaságtan miért amerikanizált diszciplína?* Kérdésfeltevését megerősíti Alan S. Blinder (1999), is, aki hasonló megállapításra jutott. Érdekes, hogy egyik szerző sem válaszolja meg a kérdést: nem kapunk választ arra, hogy most ez jó vagy rossz a világ számára? Míg Blinder globálisan értelmezi a kérdést, addig Csaba Európára, főleg az újonnan csatlakozott országokra fókuszál. Persze, maga a kérdés sem olyan egyértelmű: hiszen, amint Csaba is megjegyzi, a *brain drain* az elmúlt két évtizedben is folytatódott.

Ugyanakkor a keynesi ellenforradalom sokkal tovább ment bírálatában, mint Friedman: a pénzügyes közgazdászok kicserélték a pénzügyi piacok Keynes „ kaszinó” vízióját a „hatékony piac”-elméletével, ami azt állította, hogy a pénzpiacok helyesen határozzák meg az aktív árakat a lehetséges információk mellett. Sok közgazdász elutasította a keynesi kereteket a gazdasági válságok értelmezésében. Krugmant idézve, néhányan visszatértek Joseph Alois Schumpeter azon kijelentéséhez, hogy „Egyszerűen, a depressziók nem ördögök”, mások a recesszióra mint jó dologra tekintettek, ami lehetőséget ad a gazdaság kiigazítására. Azok pedig, akik nem voltak hajlandók belebonyolódni mélyebb elemzésekbe, egyszerűen úgy érveltek, hogy minden olyan kísérlet, ami a válság ellen szól, több rosszat hoz, mint jót.

Az eddigi kutatások csak a meglévő feltevések kis módosításával, átírataival próbáltak előbbre lépni. Például, az új keynesi közgazdászok továbbra is hisznek az

állam aktív szerepében, de legtöbbjük már elfogadja, hogy a fogyasztók és a beruházók döntéseikben racionálisak, és hogy a (pénz) piacok általában jól működnek. Maga Keynes azonban sohasem nézte jó szemmel a pénzpiacokat, mivel szerinte ott a spekuláció dominál. „Amikor egy ország tőkenövekedése a kaszinó tevékenységének mellékterméke, a helyzet valószínűleg beteges.” (Keynes, 1936, 142., idézi Krugman)

Az 1970-es évektől a pénzpiacok vizsgálatából eltűnt a befektető irracionálisága és a buborék, a spekuláció pedig ismét lábra kapott. Ez utóbbi ahhoz a paradox helyzethez vezetett, hogy a közgazdaság-tudomány egyik gyökere, az erkölcs, mint olyan, elhalt, és teljesen kikerült a gazdasági folyamatok elemzéséből. A kutatásokat a „hatékony piac”-hipotézis dominálta, ami a 80-as évekre azt eredményezte, hogy a pénzügyes közgazdászok többsége elhitte, hogy a nemzet tőkenövekedését a „kaszinó” tevékenysége határozza meg. Ebből az állapotból sokuk még a közbülső jeleket sem voltak hajlandók tudomásul venni! Például, 1973–74-ben a New York-i tőzsdén a részvények értékükből 48%-ot vesztek, 1987-ben pedig a Dow Jones-mutató 23%-ot esett egy nap alatt.

Krugman (2009a) világosan rámutat, hogy a pénzügyes közgazdászok azért fogadták el a hatékony piac elméletét, mert a bizonyíték furcsán korlátozott volt. Ugyanis nem arra kaptak bizonyítékot, hogy vajon az aktív árak értelmet kapnak-e a valós világ fundamentumai, mint például a keresetek mellett. Ehelyett csak azt kérdezték, hogy vajon az aktív árak értelmet kapnak-e más aktív árak mellett. Persze az éles kritika nem maradt el: Larry Summers (1985) egyenesen „ketchup közgazdászoknak” nevezte a pénzügyeseket, akik, szerinte, feltevéseik mellett

semmivel sem mutattak meg többet annál, mint hogy két kvart üveg ketchup pontosan kétszer annyit adhat el, mint egy kvart üveg ketchup, és ebből következtek a ketchuppiac tökéletes hatékonyságára.

Valóban nem lehetett látni előre a mostani válságot? A külső szemlélő erősen kételkedik; inkább azt látja, hogy az amerikai közgazdász szakma is erősen kettévál az elmélet és a gyakorlat törésvonalán. Az előbbiek a tényekre szorítkozva, a valóságban érzékelhető folyamatokra terjesztik ki vizsgálataikat, míg az utóbbiak tevékenységét erőteljesen befolyásolják a gazdaságpolitikai megszorítások is, sok esetben a saját döntéseik igazolódását várják az események jobbra fordulásaiban, ezért sokszor jóhiszeműen nem akarnak tudomásul venni bizonyos baljós jeleket. Az előbbi esetre Krugman Chicagóból Raghuram Rajan professzor előadását emeli ki, aki már jóval korábban figyelmeztetett, hogy a pénzügyi rendszer a kockázat veszélyes szintjén van. Az utóbbira pedig magának Greenspannek, a FED korábbi elnökének kijelentése szolgál példaként, amikor elismerte, hogy a válság kezdetén „sokkolt hitetlenség” állapotában volt, mivel már akkor látta, hogy az „egész intellektuális épület összeomlott”. Az eredmény persze nem maradt el, és nem is fordult jobbra: az 1929–32-es válság óta a legnagyobb pénzügyi depresszió következett be az USA-ban, ami a dominóelv alapján átterjedt az egész világgazdaságra, és gazdasági válsággá terebélyesedett. Vajon felelőssé tehető-e Greenspan a válságról? Nem hiszem, még akkor sem, ha a pénzpiaci változók a gyorsabb állapotváltozók közé sorolhatók a modellekben. A piac visszajelzése ugyanis nem azonnal jut el a hatósághoz, s mire az megtalálja a megfelelő intézkedést, a katasztrófa pillanatok alatt

bekövetkezhet, amit semmilyen pénzügyi modell nem képes előre jelezni. Ez az eset is azt mutatja, hogy az elmélet és gyakorlat ritkán ér össze: Greenspan csípőből érzi az amerikai pénzpiac mozgását, csakúgy, mint Soros György a nemzetközi befektetési piacokét, annak ellenére, hogy „nem egyenletrendszerekben gondolkodnak”, s „nem értik a hatékony piac elméletét sem”. Nem is kell érteniük, mivel a valóságot nem hipotézisek alapján vizsgálják. Nyilván Eugene Fama elmélete hibátlan a feltevései mellett, de következtetései csak akkor helytállóak, ha azok a valóságban is megjelennek. S mindannyian tudjuk, hogy ennek nagyon piciny a valószínűsége.

Csaba viszont Greenspan (2008) a legújabb írása alapján olyannak mutatja be, aki képes reális képet is festeni a válság kialakulásának okairól. Az idézett cikkben ugyanis Greenspan elismeri „a relevancia és az elegancia közötti trade-off” alapján, hogy a modellek eleganciája mindenkit megtévesztett, és nem vették észre, hogy a piaci szereplők komplex és gyakran ellentmondó jelzéseit, legyen az pánik vagy eufória, túlságosan leegyszerűsítve foglalták magukba. Ezzel lényegében újrafogalmazta a szimmetria-tézis hiányát, és maga is megkérdőjelezte a racionalitás fogalmát, amit a modellkészítők kénytelenek voltak elfogadni az egyes technikák alkalmazhatósága kedvéért. Vagyis azzal, hogy felteszik, a piaci szereplők racionálisan viselkednek, ezzel teljesen kikapcsolják őket a további vizsgálatokból.

Blinder (1999) elsősorban az üzleti ciklusok tanulmányozását tartja fontosnak a makroökonómiában. Kiemeli az ún. „lehetetlen szentháromságot” is, amit Robert Mundell nevéhez kapcsolnak, és ami szerint egy nemzet a gazdasága reálfolyamatainak sza-

bályozásában csak kettőt működtethet a következő három eszközből: rögzített árfolyam, nemzetközi tőkemobilitás és független monetáris politika. Az utóbbi gyakorlása a FED tevékenységi körébe tartozik, s mivel sokan éppen a FED-et hibáztatják a válságról, úgy tűnik, hogy az elmúlt évtizedben az USA-ban az árfolyam rögzítése és a tőkemobilitás kapott nagyobb hangsúlyt a reálfolyamatok szabályozásában. Vagyis a jövőben a pénz szerepét sokkal többre kell értékelnünk egy egyszerű fátyolnál, Locke mennyiségi pénz-elméletének metaforájánál. A mostani válság kitűnő bizonyítékot adott arra is, hogy a pénzkínálat növekedése rövid távon igenis befolyásolja a kibocsátást, s egyszerűen nemcsak „olaj a gépezetben”; vagyis ebben az esetben a pénz nem semleges, mint azt David Hume hirdette hosszú távú vizsgálatai alapján. Ezzel igazolást nyert Friedrich Hayek intelme is, hogy a pénz szerepét nem kerülhetjük meg a gazdasági folyamatok vizsgálatában, sőt, a derivatívák világában újra kell értékelni.

Krugman szerint a makro-ökonómia azért sem tudott hitelt érdemlően figyelmeztetni az USA-ban a pénzügyi válságra, mert professzorai kb. negyven éve két nagy csoportra váltak szét a keynesi gazdaságpolitika megítélését illetően: a „sósvízre” (saltwater – az óceánparti egyetemeken kutatókra) és az „édesvízre” (freshwater – a kontinens belsejében működő egyetemi kutatókra). Az előbbieknek többé-kevésbé keynesi víziójuk van a recessziókról, míg az utóbbiak a keynesi víziót értelmetlennek tartják.

Az „édesvízre” a neoklasszikus iskola elkötelezett hívei, vagyis elemzéseiket azon premisszákkal folytatják, hogy a gazdasági szereplők és a piacok racionálisak. A kereslet-kínálat egyensúlya mindig elérhető, mivel

az árak úgy mozognak, hogy drasztikus kereslet-hiány nem állhat elő, s ezzel, főleg a Chicagói iskola hívei azt hirdetik, hogy a keynesi közgazdaságtan „hamisnak bizonyult”.

Hogy recessziók mégis bekövetkeznek, ezzel kapcsolatban a Nobel-díjas Robert E. Lucas úgy érvelt, hogy azokat ideiglenes konfúziók okozták: a munkások és a vállalatok nem tudták megkülönböztetni az egymást követő infláció és defláció miatt az árszínvonalbeli változásokat a saját különös üzleti helyzetükben bekövetkezett változásoktól (vö. Móczár, 2008). Edward C. Prescott, Nobel-díjas közgazdász pedig azzal magyarázza mindezt, hogy az üzleti ciklusokkal párosuló árfluktuációkkal és kereslet-ingadozásokkal semmit sem tehetünk. Az üzleti ciklus ugyanis a tőke- és a munkaerő-állomány, valamint a technológiai haladás ütemében bekövetkező változásokat tükrözi, amelyek felerősödnek a munkások racionális válaszával: amikor a környezet számukra kedvező, akkor szándékosan többet dolgoznak, mint amikor kedvezőtlen. Másképpen, bármely periódusban a ledolgozott órák száma, azaz a munkaerő-kínálat nemcsak a jelenlegi, hanem a várható jövőbeli reálbérektől is függ. Vagyis Prescott a munkanélküliséget a munkások szabad döntésével, Krugman iróniájában, a „vakáció kivételével” magyarázza, ami elég furcsán hangzik depresszió idején. Ennek ellenére a Prescott elméletére épülő modell, amelynek Finn E. Kydland a társszerzője, ma is számos egyetemen dominálja a makroökonómiát.

Amíg az „édesvízi” közgazdászok a tiszta elméletet képviselik, addig a „sósvíziek” egyértelműen pragmatisták. N. Gregory Mankiw, Olivier Jean Blanchard és David Romer elismerték, hogy a keynesi keresleti oldalt nehéz összeegyeztetni a neoklasszikus elmélet-

tel a recessziók tükrében, s hajlandók eltávolodni a tökéletes piac vagy tökéletes racionalitás feltevéstől. Mindez azt is jelenti, hogy többé-kevésbé elfogadják a recessziók keynesi magyarázatát.

Krugman is megkérdezi: miért nem jelezték e válságot? És azonnal meg is válaszolja: néhány közgazdász megtette, de mivel a döntési pozíciókban levő politikusok nem tudták, vagy nem akarták látni (pontosan a romboló következményei miatt), „a szőnyeg alá söpörték” a figyelmeztető tanulmányokat vagy előadásokat. Így hiába figyelmeztetett Robert Shiller, amikor 2004-ben Greenspan elutasította az ingatlanbuborékot azzal, hogy a legvalószínűtlenebbnek minősítette, vagy 2005-ben, amikor Ben Bernanke a lakásárak emelkedését úgy kommentálta, hogy az erős gazdasági fundamentumokat tükrözi.

Egyáltalán, hogyan lehetett nem tudomásul venni a buborékot, amikor a kamatlábak szokatlanul alacsonyan voltak, ami részben megmagyarázhatja az áremelkedést. Eugene Fama, a hatékony piac atyja, a következőképpen magyarázza, hogy miért bízhatunk a hatékony piacon: „Az ingatlanpiacok a legkevésbé likvidek, de az emberek óvatosak, amikor házat vásárolnak. Tipikusan a legnagyobb beruházás, amit megtenni készülnek, ezért óvatosan körülnéznek, és összehasonlítják az árakat. A szerződési folyamat nagyon részletes.” (Idézi Krugman, 2009a)

Érdekes itt megemlíteni, hogy Csaba nem sokat foglalkozik azzal a kérdéssel, hogy vajon lehetett-e látni előre a pénzügyi, majd gazdasági válság bekövetkezését. Őt inkább az érdekli, hogy miért negligálták a sokkal korábbi intelmeket a neoklasszikus iskola feltételrendszerének tarthatatlanságáról. Herbert Simon például már 1957-ben kísérletileg is bizonyította a korlátos racionalitási elmé-

let relevanciáját, amit Reinhard Selten az emocionális viselkedésen túl minden emberi tevékenységre is kiterjesztett. Vagy mostanában Roman Frydman és Michael D. Goldberg (2007) intelmeit, akik azért hibáztatják a közgazdasági kutatások természetét, mert kizárólagosan a mikroökonómiaira fókuszálnak, és megszállottan a „precíz” előrejelzésekre törekednek, ugyanakkor fontos információs forrásokat hagynak figyelmen kívül. Persze voltak ennél megrázóbb felfedezések is. Elég itt csak az 1970-es évek elején megszületett DSM-tételt citálnunk, ami valóban romba döntötte a neoklasszikus közgazdasági elmélet „mikromegalapozási” közelítését – vagyis, hogy az aggregált keresletet és kínálatot a hasznosságmaximalizáló piaci szereplők viselkedéseként írják le.

Ilyen helyzetben jogos a kérdés: mennyire bízhatunk a gazdasági előrejelzésekben? Mennyire anullálják a tényeken alapuló elemzéseket az egyes gazdaságpolitikusok felelőtlen kijelentései? A különböző közgazdasági iskolák elméletei és különbözőségei valóban nem segítik a gazdaságpolitikusokat a helyes döntésekben? Lehet-e bízni a jegybankokban, főleg a FED monetáris politikájában?

Az egyetemi tankönyvek azt tanítják, hogy normál recesszió alatt a FED kincstárjegyeket vásárol – rövid távú állami adósság – a bankoktól, ami csökkenti az államadósság kamatait; a beruházók magasabb megtérülési rátát keresnek, ezért más aktívákba fektetnek be, ami szintén a többi kamatláb csökkenéséhez vezet; és normális helyzetben ezek az alacsonyabb kamatlábak végül gazdasági visszarendeződéshez vezetnek. A FED az 1990-ben kezdődő recesszió kezeléséhez a rövid távú kamatlábakat levitte 9%-ról 3%-ra, 2001-ben 6,5%-ról 1%-ra és a mostani recesszióban 5,25%-ról 0%-ra. Hamarosan

kiderült azonban, hogy zérus kamatláb sem elegendő a recesszió leküzdéséhez. Viszont a FED nem viheti zérus alá a kamatlábakat, mivel zérus-közeli rátákon a befektetők inkább felhalmozzák a készpénzt, mintsem kikölcsoznik. Ezért 2008 végére a recesszió oly mértékben elmélyült, hogy a konvencionális monetáris politika elveszítette az összes befolyását.

És pontosan ez az, amit Keynes felismert: a kamatlábaknak is van egy alsó értékük, amelyen a monetáris politika megszűnik működni, és ez vezette őt a magasabb állami kiadáshoz. Amikor a monetáris politika már nem hatékony és a magánszektor nem győzhető meg, hogy többet költsön, akkor a fiskális politikának kell helyébe lépnie, azaz az állami szektornak kell elősegítenie a kereslet növekedését a gazdaság talpra állításához. A fiskális ösztönzés a keynesi válasz olyan mély depresszió idején, mint a mostani is.

Ez a keynesi elmélet az alapja ma az Obama-adminisztráció gazdaságpolitikájának is; és az „édesvíziek” természetesen dühösek. Körülbelül huszonöt éven át tolerálták a FED erőfeszítéseit, hogy menedzseljék a gazdaságot, de a keynesi elmélet leporolása és újraalkalmazása valami egészen különböző Friedmann monetáris politikájától. A chicagói John Chocrane-t megbotránkozattatta az az elképzelés, hogy az állami kiadások enyhíthetik a legutóbbi válságot: „Az nem része annak, amit bárki is tanult egyetemi hallgatóként az 1960-as évek óta. Azok (a keynesi elméletek) tündérmesék, amelyek hamisnak bizonyultak. Feszültség idején nagyon kényelmes visszamenni a tündérmesékhez, amiket gyerekként hallgattunk, de az nem teszi őket kevésbé hamissá.” (Idézi Krugman, 2009a) Ennek ellenére olyan nagy múltú egyetem is, mint a Harvard, tanítja

Keynes elméletét. És tanítjuk mi is a BCE-en, mégpedig Gregory N. Mankiw (1999) kifejtésében: „[...] könyvem integrálja a keynesi és a klasszikus közgazdaságtan eredményeit. A gazdasági ingadozások keynesi szemléletének elsődleges szerepe ebben a könyvben – és a legtöbb tankönyvben – Keynes *Általános elméletének* hatását és fontosságát igazolja. [...] elismerem, hogy a gazdasági ingadozások megértéséhez Keynes és az új-keynesiek sok gondolata nélkülözhetetlen” (Mankiw, 1999, 5.).

Csaba könyvében *explicite* csak néhány helyen olvashatjuk Keynes nevét, ott is nem túl lényeges kontextusokban, de ami még fontosabb, mindenféle kritika nélkül. *Implicitite* viszont nem kerülheti meg a keynesi elmélet gyakorlati realizációit: az EU-hoz újonnan csatlakozott országok gazdasági helyzetének magyarázatában első helyen nála is az állami beavatkozás mérete és minősége szerepel. Az EU-t, illetve egyes országcsoportjait a bővítés szempontjából Joseph Stiglitz és később Deepak Nayar sokakat elgondolkasztató kijelentése tükrében vizsgálta, miszerint „az egész posztkommunista világot alávettették egy átfogó kísérletnek, ami a neoliberális dogmán alapult és nélkülözött mindenféle empirikus érvelést” (Csaba, 2009, 167.). Vajon mi ebből az igazság? Csaba válaszáat a következő mondatokba sűrítethetjük bele: kétségtelen, hogy az 1997–2007 közötti periódusban nem volt egy egységes stratégia az EU-ban. Az EU-15-ök sem jutottak egyezsre abban, hogy mit is jelent majd az EU kibővítése, és hogyan kezeljék a megnövekedett sokféleséget. Váratlan feladat volt számukra, hogy valamiképpen tolerálják az új tagok kettős törekvését: nemzeti érdekeik megvédését és félelmüket, hogy kimaradnak valamilyen döntésből. Amivel viszont egyál-

talán nem számoltak, az a mérhetetlen nagy populizmus megjelenése ezekben az országokban. A populizmus szerinte nem kapcsolódik közvetlenül a demokráciához, ezért az új EU-tagországoknak a növekedési pályáról történő kisiklásáért nem a demokratikus berendezkedéseikben kell keresni az okot. Szerinte újra át kell gondolnunk a populizmus politikai gazdaságtani modelljét, ami lassúbb növekedés mellett megengedi a külső és a belső *disequilibriumi* állapotokat is. Ebben Jánossy Ferenc (1971[1966]) rekonstrukciós elméletét tekinti felhasználhatónak.

Vajon milyen mértékben érintette magát az EU-t és az intézmény válságát az USA-ból kiinduló pénzügyi válság? Milyen súlyt kapott ebben a periódusban az állami beavatkozás, illetve a monetáris politika? Azt hiszem, senki sem vitatja, hogy a 2007–2008-as gazdasági világválságot az USA-ból kiinduló pénzügyi válság okozta. Az EU fejlődése, amit a makromutatók értékei is mutatnak, töretlen volt. Ezt pedig elsősorban az ECB által gyakorolt monetáris politika biztosította. Mi volt ebben az ECB titka? Elsősorban az, hogy nem követett tisztán inflációs célkitűzéseket. Ehelyett a két tradicionálisan legsikeresebb központi bankot, a svájcit és a Bundesbankot követte. Vagyis monetáris politikájukban az infláció mellett a pénzkínálat/M3 mutatónak és a középtávú makroökonómiai helyzet átfogó értékelésének adtak nagyobb hangsúlyt. Ez azt is jelentette, hogy az ECB önálló monetáris politikát követett, vagyis nem másolta a FED-et a Greenspan alatti években sem, akkor, amikor szuperalacsony volt a kamat, sem a pánikreakcióban, ami a 2007–2008-as pénzügyi válsághoz vezetett. Ugyanakkor az infláció fellobbanása az eurózónában rendkívüli óvatosságra intette az ECB Kormányzó Tanácsát, ami azt eredményezte,

hogy nem hallották meg azokat a szirénhangokat, amelyek az iparból és a banki szférából jöttek, és a monetáris szigor mielőbbi enyhítését követelték. E diszkrécionális monetáris politika fallációjának elkerülésével, a rövid távú üzleti érdekeket szolgálva, az ECB-nek sikerült hozzájárulnia a stabil gazdasági környezethez, ami elősegítette a növekedést és a foglalkoztatás javulását az eurózónában, középtávon.

Tanulmányunk szempontjából rendkívül fontos kérdés, hogy akár egy Európai Egyesült Államok, akár csak egy szabad kereskedelmi zóna milyen új paradigmák megjelenéséhez vezet. A történelem eddig hosszú távon nem igazolta a hosszú múltra visszatekintő, saját nyelvvel, kultúrával és tradíciókkal rendelkező nemzetek gazdaságilag vagy politikailag kikényszerített egyesüléseit. Ezeket példázza mind a Szovjetunió, mind Jugoszlávia esete. Németország és Olaszország életképes tudott maradni, mert ott a provinciák közös gyökerekkel rendelkeztek. Viszont egy Afrikai Egyesült Államok már szintén nagyon rövid életű lehetne. Az Amerikai Egyesült Államok esete egészen más történet: ott az államok a bennszülöttek kiirtásával egy időben alakultak ki, viszonylag hasonló európai kultúrákon, óriási kohézió kereszttel. Hazánk EU tagsága után jelentősen átrendeződtek a kutatások, ami egyes területeken előrelépést, másokon visszalépést hozott. A mostani IMF-hitel rendkívüli mértékben leszűkítette a hazai fejlődéskutatások mozgásterét. Az illetékes gazdasági minisztériumok, ahol eddig szorgos kutatások folytak a hazai gazdaságfejlesztési elképzelésekre, lényegében csak az IMF-től kapott instrukciókat tanulmányozzák. Mondanunk sem kell, hogy hasonlóképpen szólhatunk a fiskális politikáról is. Az MNB is csak addig folytat-

hat önálló monetáris politikát, amíg nem kapcsolódunk az eurózónához. Utána viszont teljesen megváltozik a funkciója, nyilván az ECB fiókjaként működhet tovább rendkívül korlátozott mozgástérrel. Vagyis, a közgazdasági kutatásoknak is irányt kell váltaniuk a most rajzolódó új paradigmák felé. Mivel rendkívül kis súlyt képviselünk az EU-ban, és a kutatásaink, valamint az oktatásunk színvonala is jelentősen visszaesett, kérdés, hogy kellőképpen fel tudunk-e erre készülni?

Gazdaság-matematika vs. pénzügy-matematika

Csaba László szerint a newtoni fizika és annak felülmúlása metodológiai és episztemológiai alap lett a főáramú közgazdasági modellezésben. „A 20. század második felére a formalizált közgazdaságtan győzedelmes masírozásával az egyik legellentmondásosabb téma lett a közgazdaságtanban az interdiszciplinaritás értelmezése.” (Csaba, 2009, 20.) A közgazdaságtan matematikába fordításáról az amerikai egyetemi hallgatók véleményét citálja, miszerint „utálatos felsőbb matematikát” tanulnak, amit napjainkban „számítógépes közgazdaságtanra” változtattak.

Ugyanakkor nem vész el a részletekben, az egyes technikákban, hanem elsősorban mint közgazdász, az eredményeket és a következtetéseket értékeli. Sajátos európai szemzőgből nézi a matematikai formalizálás kialakulását is: míg Roy E. Weintraub a tőzsdéi előrejelzések pontosítására létrehozott Cowles Bizottságnak tulajdonítja a matematikai közgazdaságtan és az ökonometria térhódítását, addig szerinte az 1929–32-es válság leküzdése és később a háborús gazdaság tette lehetővé a „jelen ortodoxia” előretörését. Ezt csak tovább fokozta az úrprogram és a nukleáris

ipar, ami a széleskörű *zeitgeist* árnyékában még több nacionalizmusra és tervezésre szólított fel. A keynesi elmélet modern finomításai lehetővé tették formalizálását, amit csak tovább erősített azok Nobel-díjjal történő elismerése. Maga Keynes sohasem hangsúlyozta a formalizálás szükségességét, amit felvállalt a székében őt követő Káldor Miklós is. Ezzel egy időben a keleti féltekén és a volt gyarmati országokban megindult a tervezési és a programozási technikák fejlődése. A matematikai módszereket az optimális tervezésben először az USA-ban Oskar Lange, Aba Lerner, később a Szovjetunióban Viktor Valentinovics Novozsikov, Vaszilij Szergejevics Nyemcsinov stb. alkalmazta.

Érdekes megemlíteni: míg Csaba a meglévő matematikai modelleket kevésbé tekinti a jelen válság okaként, Krugman (2009a) úgy fogalmazott, hogy „[...] a közgazdasági szakma azért tért rossz útra, mert a közgazdászok egy csoportja a szépséget preferálta az igazsággal szemben, és az impresszív [tudományosnak tűnő, M. J.] matematikába burkolódzott. [...] A szakma kudarcának központi oka egy mindent átfogó, intellektuálisan elegáns közelítés utáni vágyakozás volt, ami lehetőséget adott a közgazdászoknak, hogy megmutassák matematikai műveltségüket.” Sokféleképpen értelmezhetők ezek a sorok, mindenesetre Krugmannak egy szempillantás alatt sikerült magára haragítania a matematikus közgazdászokat, különösen a pénzügyi matematikusokat, akik egyenesen támadásnak vették a cikkét. Olyannyira, hogy egy hétnél valamivel később Krugman (2009b) kénytelen volt saját maga értelmezni sorait a békülés kedvéért. Nem hiszem, hogy rövid manifesztumával kielégítette volna bírálóit. Véleménye sem sokat változott, de most nagyobb hangsúlyt kapott nála,

hogy „nem szabad a jó matematikát azonosítani a jó működéssel: a CAPM mint modell csodálatos, de ez nem jelenti azt, hogy jól is működik. Az üzleti reálciklus-modellek matematikája sokkal elegánsabb, mint az új-keynesi modelleké, nem is beszélve az olyan modellekről, amelyek utat engednek az olyan válságoknak, mint amilyenben most is vagyunk. Ez ugyan vonzóvá teszi az RBC-modelleket, de nem teszi őket semmivel sem kevésbé butácskákká.” Annak bizonyítékaként, hogy kevés matematikával vagy annak teljes mellőzésével is születhetnek nagyszerű közgazdasági munkák, George Akerlof híres „tragacspiaci” cikkére emlékeztet, amelyben virtuálisan nincs explicit matematika, mégis elméletében transzformatív.

Tény, hogy mára egyfajta divat lett szidni, vagy éppenséggel dicsérni a matematikai formalizmust. Sok matematikus minimális közgazdasági ismerettel, és hasonlóan, sok közgazdász még kevesebb matematikai háttérrel megpróbálja befogni vitorlájába a számára kedvező szeleket. Számos szerzőt idézhetünk a világ bármely részéből, akik sztereotip közelítésekkel próbálják alátámasztani igazukat. Mások, mint például Zalai Ernő (2000) nem bocsátkoznak vitába, egyszerűen idézik a múltat. És ez nagyon hosszú időre tekint vissza: akár William Stanley Jevonsig vagy Alfred Marshallig is visszamehetünk. A múlt század első harmadában dőlt el a kérdés végérvényesen, akkor erősödött fel a matematika alkalmazása tudományunkban. A kor legfejlettebb matematikai kvadraturája kétségtelenül a differencia- és differenciálszámítás volt, a newtoni fizika determinisztikus matematikája. Azóta több mint fél évszázad telt el, rengeteg kutatási eredményel és tapasztalattal, s ennek ellenére csak nagyon kevesen jutnak el a lényegi kérdéshez:

vajon a newtoni determinisztikus matematika az egyetlen megfelelő kvadratúra a közgazdasági modellezésben? Szerintem nem. Nem lehet kétséges, hogy a mai bonyolultságában tudományunk jó néhány problémafelvetése csak logikai úton oldható meg. Tehát a matematikának jelen kell lennie, s még inkább igaz ez, ha elfogadjuk a közgazdaságtudomány természettudományos közelítését. A pénzügy-matematika új irányokban keresgél, s kétségtelen, hogy technikai arzenálja közelebb visz bennünket a valóság jobb megismeréséhez. Paradox helyzet, hogy alapjaiban megmarad a newtoni matematikánál, amennyiben a kiindulási Langevin-féle differenciálegyenlet a newtoni egyenlet sztochasztikus változata, amiből ered az Ito-integrál, a sztochasztikus folyamatok elmélete stb. Kérdés, hogy mennyire elégedett ezzel Csaba László, mivel szerinte a közgazdaságtudomány a továbblépéshez olyan metodológiát igényel, ami túllép a newtoni fizikán. A reálgazdaság matematikai módszerekkel történő vizsgálatai (termelési függvények, programozási technikák, növekedési modellek, általános egyensúlyi modellek, tevékenységelemzés stb.), mára majdnem hogy a közgazdasági alapismeretek között szerepelnek. Weintraub is leragad a matematikai közgazdaságtan reál-értelmezésénél. A matematikai közgazdaságtan frontvonalában ma a pénzügy-matematika szerepel, ha úgy tetszik ez a sláger, s a mai kidolgozottsága mellett (értem itt az eredeti cikkek kevésbé jó didaktikáját és stílusát) még nagyobb kihívást jelenthet a közgazdászok számára. De nem kerülhetők meg: az értékpapírpiacok és a hatóság közötti interakciók (Soros György fogalmazásában, reflexivitás) nélkülük nem érthetők meg. Az is világos, hogy a sztochasztikus dinamikát ellenzők tábora

még nagyobb hangerővel adja majd tudunkra nemtetszését, és ez így is van rendjén. Csak nem szabad túl sok időt pazarolni ezekre a szirénhangokra!

Tanulságok

Krugman szerint a *flaws-and-frictions* közgazdaságtan a gazdasági elemzések perifériájáról a középpontjába fog elmozdulni. Ez a *behavioral finance* néven ismert iskola, amely két új megfigyelésből indul ki: 1) sok befektető túlságosan is a csordaviselkedés, az irracionális kinövés és a váratlan pánik követője; 2) még azok is, akik döntéseiket a hűvös számításra alapozzák, nem viselkedhetnek másként, mivel a hit-, a bizalom- és a korlátproblémák arra kényszerítik őket, hogy a csordával együtt rohanjanak. A leginvenciózusabb tanulmány Andrei Shleifer és Robert Vishny (1997) cikke, amelyben kimutatták, hogy az arbitrázsöröknek – akik feltehetően alacsony áron vásárolnak, és magasabban adnak el – szükségük van tőkére tevékenységük gyakorlásához. És egy komoly hazardírozás az aktív árakban, még ha annak semmi értelme sincs a fundamentumokban, csökkenteni fogja a tőkét. Eredményül az okos pénz kiszorul a piacról, és az árak spirálisan lefelé zuhannak.

Csaba nem foglalkozik explicite a makroökonómia elméletével. Inkább az EU, illetve az újonnan csatlakozott országok felzárkózását és növekedését elősegítő kormányzati intézkedéseket sürget: kisvállalkozások támogatása, oktatási rendszer fejlesztése, nagy elosztó rendszerek felülvizsgálata stb. Az alkotmányosság felülvizsgálatát sokkal szélesebb alapokra helyezi, mint a konvencionális politikatudomány, mégpedig a Freiburgi iskola modern, James Buchanan által megrajzolt alkotmányos politikai gazdaságtanára.

Hayek politikai filozófiáját követi, amikor nagyobb alkotmányos hangsúlyt kíván helyezni a gazdasági rend elemeire: a makroökonómiai folyamatok és elemzések keretében.

Az elméleti kutatások terén „a merre tovább” típusú kérdésre adott válaszokban nem elhanyagolható, hogy a mostani események határozottan megcáfolták azt a tézist, miszerint a technológiai fejlődés ütemében bekövetkező fluktuációkra a recesszió az optimális válasz. Egy többé-kevésbé a mai modern gazdaságirányításhoz illeszkedő, a piac visszajelzéseit időben elemző gazdaságpolitika lehet a megfelelő válasz a válságok megelőzésére. Most is bebizonyosodott, hogy a pénzügyi piacok távolról sem tökéletesek, de egyáltalán nem biztos, hogy a keynesi elmélet követése lehet az egyedüli út a recessziók és a depressziók elkerülésében. Az viszont világos, hogy a pénzügyi realitásokat bele kell foglalni a makroökonómia modelljeibe, és olyan likviditásfokozó intéz-

kedéseket kell hozni, amelyek a hagyományos monetáris eszköztáron kívül állnak. Vége a liberalizmusnak a pénzpiacokon: erre hívta fel hallgatói figyelmét Budapesten Robert Engle, Nobel-díjas közgazdász is, aki továbbra is hasznosnak tekinti a pénzügyi modelleket, de mellettük elengedhetetlennek tartja a pénzpiac szabályozását. Ugyanis, ha továbbra is elfogadjuk a hatékony piac elméletét és semmilyen módon sem szabályozunk, például Soros György a közelmúltban, ismét csak Budapesten kifejtett reflexivitás elmélete alapján, akkor el kell fogadnunk Greenspan intelmét, hogy „sohasem lesz tökéletes kockázati modellünk”, és a válságok ismét bekövetkezhetnek, amire jó esélye van ma is a világgazdaságnak, ha késlekedünk.

Kulcsszavak: *pénzügyi válság, hatékony pénzpiac, makroökonómia, monetáris és fiskális politika, gazdaság-matematika, pénzügy-matematika*

HIVATKOZÁSOK

- Blinder, Alan S. (1999): Economics Becomes a Science – Or Does It? In: Bearn, Alexander G. (ed.): *Useful Knowledge: The American Philosophical Society Millennium Program*. American Philosophical Society, Philadelphia
- Csaba László (2009): *Crisis in Economics?* Akadémiai, Budapest
- Frydman, Roman – Goldberg, Michael D. (2007): *Imperfect Knowledge Economics: Exchange Rates and Risk*. Princeton University Press, Princeton
- Greenspan, Alan (2008): We Will Never Have a Perfect Model of Risk. Financial Times. 16 March. <http://www.ft.com/cms/s/0/edbdc6f6-f360-11dc-b6bc-0000779fd2ac.html>
- Jánosy Ferenc (1971): The End of the Economic Miracle. IASP, White Plains (eredetileg 1966, németül).
- Keynes, John Maynard (1965): *A kamat, a foglalkoztatás és a pénz általános elmélete*. KJK, Budapest
- Krugman, Paul (2009a): How Did Economists Get It So Wrong? The New York Times. 2 September.

- <http://www.nytimes.com/2009/09/06/magazine/06Economic-t.html>
- Krugman, Paul (2009b): Mathematics and Economics. The New York Times. 11 September. <http://krugman.blogs.nytimes.com/2009/09/11/mathematics-and-economics/>
- Mankiw, N. Gregory (1999): *Makroökonómia*. Osiris, Budapest
- Móczár József (2006): Arrow–Debreu-modell és a Kornai-kritika harminc év után. *Közgazdasági Szemle*. 2, 175–194. <http://epa.oszk.hu/00000/00017/00123/pdf/05temoczar.pdf>
- Móczár József (2008): *Fejezetek a modern közgazdaságtudományból*. Akadémiai, Budapest
- Shleifer, Andrei – Vishny, W. Robert (1997): The Limits of Arbitrage. *The Journal of Finance*. 52, 35–55.
- Summers, Lawrence (Larry) (1985): On Economics and Finance. *The Journal of Finance*. 40, 3, 633–635.
- Zalai Ernő (2000): *Matematikai közgazdaságtan*. KJK, Budapest

A TUDOMÁNY ÉS AZ OKTATÁS FELELŐSSÉGE A GLOBÁLIS GAZDASÁGI VÁLSÁGBAN

Magda Sándor

egyetemi tanár, rektor, az MTA doktora,
Károly Róbert Főiskola
smagda@karolyrobert.hu

Bevezetés

A nemzetközi és hazai válság Magyarországon is komoly gondokat okoz. A tudomány és az oktatás felelőssége, hogy valamilyen kiutat mutasson a világméretű válság következményeinek kivédéséhez.

A tudomány és a technika fejlődésével a tudás iránt is új elvárások fogalmazódnak meg, így a tanulás illetve a tudás egyre inkább gazdasági tényező. A versenyképesség alapja a szakképzett munkaerő, melynek képzése csak átgondoltan átalakított, megújított oktatási rendszerben képzelhető el.

Manuel Castells (2000) szerint „az új nemzetközi munkamegosztásban a műszaki teljesítmény, a technikai infrastruktúra, a tudáshoz való hozzáférés és a magasan képzett munkaerő válik a versenyképesség döntő forrásává”.

Gondolatok a válságról

A társadalom, a gazdaság szerves fejlődését időnként rendkívüli események rázzák meg, amelyek általában új nézeteket, irányzatokat állítanak előtérbe. A változások annál kevesebb kárral járnak, minél előbb felismerik az

előidézõ okokat, és megjelölik a követendõ célokat, melyek akár a Sarkcsillag, nem az elérést, hanem az irányt jelzik, míg a feladatok meghatározása már a cél elérését szolgálja.

Eddig sokan és sokféle megközelítésben foglalkoztak a válsággal, annak európai, Európán kívüli okozóival és a megoldás lehetőségeivel. Így természetes, hogy más-más aspektusból közelítjük meg azt, a munkánkkal összefüggő, ahhoz kapcsolódó szakterületek alapján is. Tanulmányom a társadalmi és gazdasági válsághoz kapcsolható elemzéseimre korlátozódik:

Gazdasági válság az adott ország avagy régió legjelentősebb termelőinek és szolgáltatóinak egymásra is hatást gyakorló olyan mértékű teljesítmény-visszaesése, amely már a nemzetgazdaság legfontosabb összefüggéseit (növekedés, életszínvonal és életminőség, munkanélküliség, fizetési mérleg, infláció stb.) is jelentős mértékben befolyásolja.

*Társadalmi válság*on egy-egy helyileg vagy jogilag egyetlen egységnek elismert emberi közösség alapvető értékeinek és normáinak olyan gyorsaságú és mértékű változása, amelyik a közösség jelentős részének – már vagy még, de – feldolgozhatatlan, avagy elfogadha-

tatlan. (A társadalmi válság legenyhébb fokát például az jelenti, ha egy ország egyik része szóba sem áll a másikkal, a legszélsőségebb foka pedig a polgárháború.)

Mindkettő megoldásában jelentős szerepet játszik az oktatás, kutatás, innováció, így a várható megoldásra adandó helyes választ, válaszokat keresve kiemelt szerepet tulajdonítok a tudomány, felsőoktatás, innováció válságra gyakorolt hatásának. Ennek megvalósulásában azért bízom, mert az MTA 179. közgyűlésének határozatait, a Magyar Rektori Konferencia törekvéseit ismerve, többségében támogatókban reménykedem (számomra az előrevívő vita az, ami eredményt hoz, a hallgatást pedig az önmagát vállalni nem képes elutasítással azonosítom).

2007 és 2009 között több tanulmányomban (*Magda, 2007; Magda et al., 2008/a; Magda et al., 2008/b; Magda S.– Magda R., 2009*) foglalkoztam azokkal a hiányosságokkal, amelyek már abban az időszakban is jelentősen korlátozták hazánk versenyképességét. Ezekre a tanulmányokra visszatekintve ma már kijelenthető, hogy ha az értékelés időszakában nagyobb figyelmet kapnak kutatásunk egyes megállapításai, akkor hiszem, hogy mind a szakképzés és a négy szintű felsőoktatás (FSZ, BSc, MSc, PhD), mind a kutatás, innováció nem abban a helyzetben lenne, mint ma, ahol és amikor csak a *hogyan tovább*-ot, a kiutat keresi, és így kevésbé képes a válság megoldására ágazati, nemzetgazdasági, világgazdasági válaszokat adni, mert sem az alap-, sem az alkalmazott kutatások területén, de a felsőoktatás többségében sem rendelkezünk használható jövőképpel. Így a kérdésemet úgy teszem fel: *mitől és kinek vagyunk hasznosak?* Nos, az elmúlt időszak K+F+I-eredményeit értékelve kijelenthető, hogy a magyar gazdaság többségében nem a

magyar felsőoktatás és a kutatóintézetekben folyó munka eredményeként találja meg a válságból való kivezető utat, hanem az elmúlt húsz év gyakorlatával azonosulva más, hazánkon kívüli ismeretek kerülnek – időeltolódással – bevezetésre, hasznosításra.

Milyen legyen a jövő felsőoktatása?

Az elvesztegetett 20 év tanulságait elemezve a rendszerváltás utáni, úgymond kormányonként változó szakképzéssel és felsőoktatással szembeni elvárásoknak két minőségi mutató, mutatók alapján szerveződő felsőoktatási intézménytípus képes a versenyképesség kritériumai alapján választ adni, az elvárt feladatokat megvalósítani. Ezért, megítélsem alapján:

Magyarországon korlátozott számú (hat-hét) olyan egyetem kapjon elismerést, támogatást, melyek nemzetközi összehasonlításban az első háromszázban legalább jelen vannak, teljesítik a kutató-oktató tudományegyetem minden kritériumát. Ezek az egyetemek a kölcsönösség alapján legyenek érdekelték abban, hogy a Magyar Tudományos Akadémia kiemelt kutatóintézeteivel, valamint a fontosabb ágazati kutató-fejlesztő intézményekkel közvetlen kutató-oktató-innovációs kapcsolatot létesítsenek. Így lehet részese az MTA annak a folyamatnak, amely nem az elszigetelődést, hanem a nyitást eredményezi. Amennyiben ez megvalósul, úgy a minősítési feltételeknek megfelelő hat-hét egyetem a Magyar Tudományos Akadémia kutatóintézeteivel és a gazdasági ágazatok meghatározott szereplőivel közösen olyan színvonalú kutatást-oktatást, PhD-képzést valósítson meg, amely az ország és az egyes tudományterületek számára ismét kiválóságokat „terem”, elismertséget, hatékony gyakorlati alkalmazhatóságot eredményez.

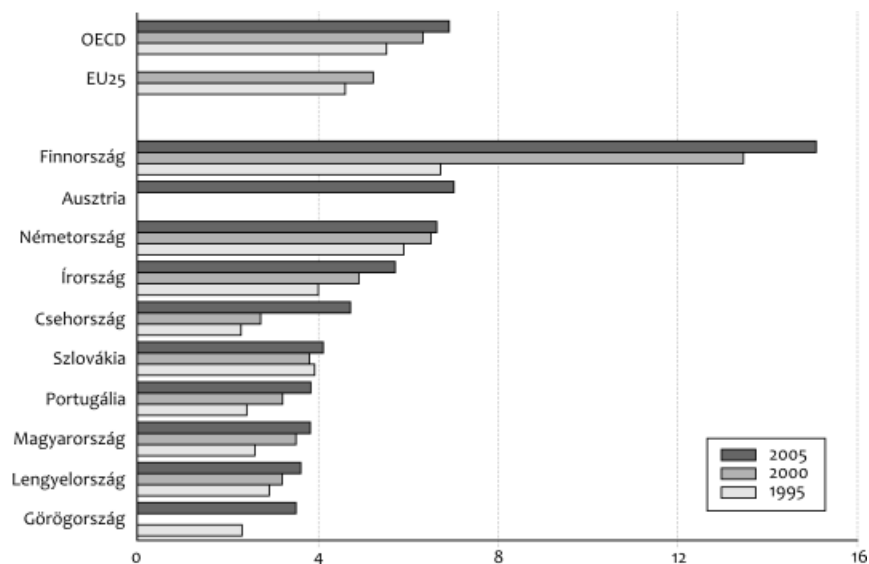
Elfogadva azt a megfogalmazott igényt, miszerint a PhD képzésben résztvevők számát növelni kell, azt is el kell érni, hogy Magyarországon a továbbiakban ne a jelenlegi nagyszámú és területileg is széttagolt doktori (PhD-) iskola működjön, amelyek számukból adódóan sem elegendő létszámú és felkészültségű oktatóval, sem a versenyképességet elősegítő kutatói és tudásbázissal nem rendelkeznek. Célként kell meghatározni, hogy a doktori iskolákban minden tárgy angolul kerüljön meghirdetésre, és a vizsga nyelve is angol legyen. E követelmények hiányában Magyarország tudósutánpótlást biztosító iskoláinak többségét előbb-utóbb *az igénytelen, versenyképtelen* jelzővel fogják esetenként minősíteni. A doktori iskolák tevékenységének koncentrációját javasolja Szabó Gábor (2007) is; szerinte a doktorképzés másfél évtized múltán sem illeszkedett be szervesen az egyetemek struktúrájába. Így, ha a napjainkra jellemző, többnyire alacsony színvonalú PhD-képzés színvonalán nem tudunk változtatni, az rossz lesz mind a képzésben részt vevő egyénnek, mind az országnak. Ez azért hangsúlyozandó, mert míg a '90-es éveket megelőzően rang volt Magyarországon egyetemeken doktori fokozatot elnyerni, rangot és elismerést jelentett az akkori kandidátusi fokozat megszerzése, addig ma már egyre több tehetség törekszik arra, hogy PhD-minősítést – egy-két egyetem kivételével – ne Magyarországon, hanem az Amerikai Egyesült Államokban vagy Európa nemzetközi rangot kivívott egyetemeken (a világ első háromszáz felsőoktatási intézményének valamelyikében) szerezzék meg. Erre emlékeztetni azért is fontos, mert a '60-as évek közepétől a '80-as évek végéig Magyarország több tudományágban is azon országok közé tartozott, ahová – különösen a fejlődő országok – nagy számban küldték tehetséges

fiataljaikat az alapdiploma, illetve az alapdiploma megszerzése után dr. univ. kurzusok, majd kandidátusi fokozat elnyerésére.

Az egyes magyar egyetemek által (1965-től 1990-ig) kibocsátott diplomások számát vizsgálva megállapítható, hogy az agrár-, a műszaki és az orvostudományok területén nagy számban lehet találni olyan személyeket, kiválóságokat, akik különböző fejlődő és feltörekvő országban hazájuk meghatározó értelmiségéhez tartoznak. Ezért, ha azt vizsgálom, hogy a XX. században kik járultak hozzá az értékteremtéshez, hazánk versenyképességéhez, akkor a Magyar Tudományos Akadémia kutatóintézeteit és a felsőoktatás egyes intézményeit kell elismerni.

A Magyar Tudományos Akadémia, a kiemelt felsőoktatási intézmények és az innovatív ágazati kutató-fejlesztők napjainkban is csak együttesen képesek hazánk, Európa és a világ számára olyan értéket előállítani, amely Magyarországot ismét vonzóvá teszi mind Európa, mind a világ számára. Ha mindez megvalósul, akkor reményeim szerint elmondhatjuk: a XXI. században Magyarországon az az időszak volt a sikeres, országunk akkor volt versenyképes, amikor az oktatás, a tudomány jelentős mértékben járult hozzá nemzeti össztermékünkhöz. Ennek valószínűsége az *I. ábra* tanulságai, adatai alapján ma nem igazán biztató. Az összevetések jól mutatják, hogy a hazai kutatási háttér és a ráfordítások tekintetében nemcsak abszolút számokban (ami az ország lakosságát és gazdasági erejét tekintve természetes), de arányaiban sem mutatja egy, a szellemi tőke erejére támaszkodó ország képét.

A kiemelt, nemzetközileg is elismert tudományos értéket képviselő egyetemek mellett régióként kettő-három olyan felsőoktatási intézmény megléte (fennmaradása) indokolt, amelyek el-



1. ábra • A hazai K+F létszám – európai összehasonlításban. A kutató-fejlesztők ezer foglalkoztatottra vetített száma (FTE) (Forrás: OECD MSTI 2007 online adatbázis)

sősorban a régió, de a végzett hallgatók mobilitása alapján az ország, sőt az EU és azon kívüli munkaerőpiacok kihívásainak is megfelelő. Ugyanakkor nem szabad állami normatívában részesíteni azokat az intézményeket, illetve szakokat, amelyek nem rendelkeznek megfelelő számú felkészült oktató-kutató szakemberrel, a gyakorlati igényes BSc-, MSc-képzés versenyképes, a munkaerőpiaci igényeknek megfelelő akkreditációjával, és csupán csak az érintett régió, város presztízse miatt maradtak eddig is fenn. Az indokolt változások azt is eredményezhetik, hogy a felsőoktatási intézmények társulnak, vagy áttérnek a munkaerőpiaci igényeket gyorsan kielégítő, felsőfokú szakképzésre, illetve, ha sikeresek akarnak lenni, megtalálják az utat a KKV-k és intézmények társulásához, spin off vállalkozások létrejöttéhez. A munkaerőpiac felsőfokú végzettségük iránti igénye többségében (65–70%) a BSc-szinten kibocsátott szakemberekkel ellátható. Így, az ilyen

követelmények teljesítésére törekvők elsősorban ne az alapvetésben, hanem – az alapvetési ismereteket részben birtokolva – az alkalmazott kutatás elterjesztésében, az alkalmazott kutatás értéként való továbbvitelében legyenek érdekelték. Felméréseink alapján ezzel szolgálhatják eredménnyel a vállalkozásokat, a nemzetgazdaságot; így válhat egy-egy főiskola vagy egyetem regionális tudásközponttá, így segítik az ágazatok közti együttműködést, térségük versenyképességét (Magda et al., 2009/b).

Az oktatás, kutatás, szaktanácsadás régiókénti jelenlétét, fejlesztését a régiókban élők jelenlegi iskolai végzettség szerinti differenciálódása, megoszlása is indokolja (1. táblázat). Abban az esetben, ha a felsőoktatás az eddigieket is meghaladóan, döntően Budapestre és egy-két nagyvárosra korlátozódik (a 2007-től bevezetésre került felvételi-módosításban fellelhetők ezek a veszélyek), akkor a közpon-

	összesen	általános iskola			középiskola érettségivel	egyetem főiskola stb. oklevéllel
		1. évf. sem	1-7. évf.	8. évf.		
Főváros	1 600 172 (1,01%)	16 240 (0,86%)	157 801 (15,71%)	251 489 (30,02%)	480 505 (23,17%)	370 913
Megyeszékhely	1 680 098 (1,28%)	21 551 (1,58%)	194 589 (17,15%)	288 214 (26,72%)	448 949 (15,98%)	268 536
Városok együtt	6 240 903 (1,41%)	88 282 (1,41%)	818 633 (13,11%)	1 211 246 (19,40%)	1 595 553 (25,56%)	930 133 (14,90%)
Községek, nagyközségek	3 179 735 (2,00%)	63 690 (19,89%)	632 543 (27,69%)	880 602 (16,64%)	529 379 (5,4%)	172 784
Ország összesen	9 420 638 (1,61%)	151 972 (1,40%)	1 451 176 (22,20%)	2 091 848 (22,55%)	2 124 932 (11,70%)	1 102 917

1. táblázat • Legmagasabb iskolai végzettség (2005) (Forrás: KSH)

ti régió és egy-két nagyvároson kívül az értékteremtő tudás hiányából adódóan nem a felzárkózás, hanem a további leszakadás, a vidéki térségekből való elvándorlás lesz a jellemző. Az eltérő vizsgálatok egymástól függetlenül azt tükrözik, hogy a leendő hallgató elsősorban a nagyvárost, az ott fellelhető infrastrukturális, szórakozási lehetőséget keresi, és csak ezután következik a választott szak és a leendő munkaerőpiaci sikerekhez elengedhetetlenül szükséges gyakorlati háttér megléte (Hernecky – Marselek, 2009).

Eddigi vizsgálataim alapján az a megállapításom, hogy a régiókban vetélkedő főiskolák és egyetemek akkor lesznek versenyképesek, akkor nem válnak bezárkózottá, ha kiválóságai (oktatóik, kutatóik) arra törekednek, hogy a nemzetközileg is elismert hat-hét kutató-oktató egyetemen alkalmasságuk alapján részt vegyenek az alapvetésben, PhD-képzésben, így járulva hozzá ahhoz, hogy megszerzett tudásukat, azok gyakorlatban való visszaigazolását továbbvigyék a tudományos képzés területén is. Egy-egy kisebb in-

tezmény így tud eredményes lenni, így képes ágazati, térségi érdekeket szolgálni a kutatásban, így nyílik lehetősége arra, hogy a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal pályázatain eredményes legyen, és több tényező együttes hozadékaként kiérdemlje a Magyar Tudományos Akadémia Társult Kutatócsoportja címet. Ez a követelmény kezdetben jelentős szelekcióval jár, de az általam irányított Károly Róbert Főiskola elmúlt hat évben végzett munkáját megismerésre ajánlva, megítélésem szerint, már középtávon is fejlődést eredményez. A rendszerváltás utáni jelentős fellazulás (felhígulás) mára már azt igényli (sőt azt követeli), hogy az akkreditációs feltételeknek csak a maximálisan eleget tevő főiskolák és egyetemek maradhassanak meg, csak ezek kapjanak állami megrendelést (ehhez, ha szükséges, vállalni kell a felsőoktatási törvény módosítását is).

A többségében BSc-képzéssel foglalkozó regionális felsőoktatási intézmények minőségében a tudományos ismeretek mellett – ami a versenyképes szakok többségében csak to-

vábbi oktatói jogviszonyban van jelen („intercity-professzorok”) – alapvető meghatározottságú kell, hogy legyen a gyakorlatban való jártasság, a gyakorlati megfelelés. Ezért gyakorlatigényes BSc-képzésre állami megrendelést csak akkreditált gyakorlati háttérrel rendelkező intézmények kapjanak. Ennek hiányában ugyanis a felsőoktatásban kiadott első diploma a munkaerőpiac számára értelmetlen, mert tulajdonosa a gyakorlati ismeretek készségszintű birtoklása nélkül nem képes vele szemben támasztott igényeknek, elvárásoknak megfelelni. Így akár az agrár-, a műszaki, az üzleti tudományok stb. területén is az akkreditáció során a gyakorlati háttér és az elsajátítható gyakorlati tudás (más szempontok, követelmények érvényesüljenek ezen egyetemek oktatóival szemben, mint a korábban említett kutató tudományegyetemek oktatóinál) legyen a szelekció első, kiemelt fontosságú kritériuma.

Regionális tudásközpontok

A rendszerváltásig szakterületenként nagyon eltérően, de az agrár- és műszaki ágazatokban a nagyobb vállalkozások biztosították a gyakorlólé hely lehetőségét a felsőoktatási intézmények számára. 1990 után a klinikai rendszer döntően csak az orvospérezésben maradt fenn, a privatizált agrár-, műszaki, üzleti vállalkozások tulajdonosainak többsége nem vállalta a gyakorlati képzéssel járó többletterheket. Ma viszont már visszaigazolóódik, hogy gyakorlólé hely hiányában egyes képzési területeken (agrár, turizmus-vendéglátás stb.) a munkaadók számára nem vonzó a munkavégzésre alkalmatlan hallgató, és a vizsgálataink alapján ő sem érzi magát mobilnak.

A globális gazdasági válságból való kilábalást a pénzügyi feltételek biztosítása mellett a képességei alapján mobil munkaerő teremt-

heti meg, ezért ma is – mint az 1960-as, 70-es években – elkerülhetetlen a felsőoktatás, a térségi kutatóintézetek és a termelő üzemek együttműködése. Az agrárium viszonylatában ezt valósíthatja meg a Regionális Agrár Innovációs Tudásközpont – RAIT létrehozása. (Ezt a példát élettapasztalatom és ismereteim alapján vázoló fel, de megítélsem szerint egy ilyen, egymásra épülő rendszer segíthetné a műszaki, a turizmus-vendéglátás stb. területeit is, biztosítva a jelenleginél versenyképesebb szakemberellátást.) (Magda et al., 2009/a; Nábrádi, 2007; Mészáros, 2007)

Jelen tanulmányomban az agráriumra vonatkozóan mutatóm be azt a javaslatot, amely abból indul ki, hogy 2010-ben, a válság időszakában nem lehet új országos mezőgazdasági, műszaki, szolgáltatási, szaktanácsadási szervezeteket létesíteni, mert erre sem elegendő idő, sem elegendő pénz nem áll rendelkezésre. Következésképpen a mezőgazdasági szaktanácsadó szolgálatot a meglévő szakmai intézményekre szükséges alapozni,

- amelyekben a szellemi kapacitások rendelkezésre állnak;
- amelyekben megtalálhatók a legfontosabb tárgyi és infrastrukturális feltételek;
- ahol a szaktanácsadási tevékenység folyamatosságát és szakmai megalapozottságát a legkevésbé fenyegetik az alapvető céltól eltérítő különféle érdekek.

A mezőgazdasági szaktanácsadási szolgálat *azonnal elkezdhető kialakításához* e kívánalmaknak megfelelően *rendelkezésre állnak*:

- A mezőgazdasági közép- és felsőfokú szaktanácsadási intézmények, kutatóintézetek országgot jól lefedő hálózata tangazdaságokkal, jól képzett szaktanárokkal és azok gazdálkodókkal való személyes kapcsolatával.
- Ezek között a *felsőoktatási intézmények* jó regionális elhelyezkedéssel, megfelelő

szellemi tőkével, teljes specialista háttérrel, a szakmai munkához legszükségesebb felszereltséggel, felnőttoktatási és továbbképzési tapasztalattal, termelésfejlesztési, illetve szaktanácsadási részlegekkel, tudományos összeköttetéssel és a gyakorlati szakemberekkel való széleskörű kapcsolattal szolgálhatják a szaktanácsadást.

- Az intézményi hálózatban a *mezőgazdasági kutatóintézetek* magas szintű tudományos felkészültséggel és specialistákkal, infrastruktúrával, szakmai elhivatottsággal, valamint érdekeltséggel a tudományos eredményeik terjesztésében – helyenként tájkatatósi tevékenységgel – folytathatnak szaktanácsadást.
- Motorja és értéke azok a kiváló falugazdászok, akik a termelővel – úgymond – bizalmi kapcsolatot alakítottak ki.

A lehetséges kétszintes szaktanácsadási hálózatból az egyik szintet az egyetemi és főiskolai tangazdaságokra épülő regionális szaktanácsadó központok, a másik szintet pedig a helyi, illetve térségi szaktanácsadásként, a középfokú oktatási intézmények tangazdaságai és térségi kutatóállomások alkothatják. Ezek földrajzi helyzetüknél fogva a legközelebb állnak a gazdálkodókhöz.

Gyakorlati jártasság = versenyképesség

A Károly Róbert Főiskolán szerzett megfigyeléseim azt igazolják, hogy azok a fiatal szakemberek, akik átmenetileg nem képesek a magyar munkaerőpiacon elhelyezkedni, de szakterületüket készségszinten ismerik, ezen ismereteikre alapozva az EU-ban és az EU-n kívüli munkaerőpiacon (alkalmasságukat alapul véve) eredményesek lehetnek. Ez általánosságban csak akkor valósulhat meg, ha az elmúlt évek során többségében elhibázottan engedélyezett BSc-szakok felülvizsgálatra

kerülnek. Eddigi tapasztalataink alapján kijelenthető, hogy Magyarországon, s talán Európa más országában sem sikerült egységes BSc-t létrehozni – a BSc nem minden esetben alapozza meg az MSc-t, a készségszintű gyakorlat hiánya miatt pedig egyik szint sem orientál a munkaerőpiacra. Az alapított szakok többsége az MSc-képzésben való benn-tartásra törekszik (a szakok bírálatánál az egyetemi minősítők voltak, vannak túlsúlyban). A BSc-szint felülvizsgálatát a munkaerőpiac irányítóinak (kamarák) és az egyes képzési területek kollégiumainak együtt kell kezdeményezni, amit reményeim szerint az Oktatási és Kulturális Minisztérium is támogatni fog.

A jelenlegi felsőoktatási minősítésnél és a szakok hirdetésénél természetesnek tartom, hogy egy-egy szakot csak ott és azok indíthatasanak, ahol az ahhoz szükséges feltételek jelen vannak. De éppen a gyorsan változó világ és az azt kiszolgáló munkaerőpiaci környezet követeli meg, hogy a szakokhoz kapcsolódó szakirányokról – amelyek többsége a munkaerőpiac, úgymond időről időre való jelzései alapján kerül meghatározásra – ne a Magyar Akkreditációs Bizottság döntsön, hanem ezt a felsőfokú akkreditált képzéshez hasonlóan, a munkaerőpiac támogató véleményei alapján, a karok előterjesztésével a Szenátus tehesse meg. Ennek szorgalmazása azért szükséges, mert ez időről időre megadhatja a lehetőséget a munkaerőpiac napi kapcsolatban lévő felsőoktatási intézményeknek a gyors reagálásra – ez lehet Magyarország versenyképességének egyik alapja, ez lehet Magyarország jövőjének meghatározója. Az évekig tartó, a jelenlegi helyzet konzerválására irányuló médiakommunikáció helyett gyors döntésre és cselekvésre van szükség, mert a tudományos eredmények hatékonyabb érvényre juttatása,

gyakorlati hasznosulása már középtávon is jelentősen növelheti a GDP-arányos K+F-et, ami ma Magyarországon elfogadhatatlanul alacsony (2. ábra).

Az eddigiek alapján az a megítélés, hogy nemzetközi elismertetésünket nemcsak a jelenleginél nagyobb mértékű támogatás, hanem egy olyan korszerű és együttműködő (vállalkozások mint gyakorlóhelyek és a BSc-képzés, akadémiai kutatóintézetek, valamint az együttműködésre alkalmas hat-hét kutató-oktató tudományegyetem mint a nemzet „zászlóshajói”) rendszer kialakítása segítheti, amelyeket az NFT II-ből és a nemzeti költségvetésből kiemelten indokolt támogatnunk. Ezek viszont nem minden esetben azonosak a pólusprogram kiválasztottaival, az eddigi tudásközpontokkal, sőt európai uniós tagságunkból adódóan, és a további bővítés ismeretében a „pólus helyek” versenyben maradása megkérdőjelezhető, mert a most odaitelendő fejlesztésnél nemcsak a régióban kell verseny-

képesnek lenni, hanem a régióhoz közel lévő, de a határainkon túl elhelyezkedő tudásközpontokkal is (Bécs, Temesvár, Kassa, Pozsony stb.). Az ilyen formában korlátozott támogatással csökkenthetjük a párhuzamosság, az elaprózódás okozta hátrányokat; és ha a nemzetközi értékek alapján példának tekinthető kutató-oktató egyetemek egy-egy telephelyen (mint az Egyesült Államokban és Európa egyes országában) nem is jöhetnek minden esetben létre, a kutatás (többségében ezek az MTA intézetei) és oktatás (egyetemek) összekapcsolódása, integrálódása közös nemzeti érdekeink, és az egyes intézmények hosszú távú, sajátos érdekeik alapján, a nemzeti cél, a jövő érdekében megvalósulhat. Mindehhez értékrend- és paradigmaváltásra van szükség, mert a szervezetek (vállalatok, kormányok, iskolák, egyetemek, kutatóintézetek, szakmai szövetségek, a civil társadalom szervezetei) és az egyének (munkavállalók, menedzserek, kutatók, államigazgatási és

politikai döntéshozók) a világon mindenütt komoly kihívások előtt állnak, hiszen új gazdasági, társadalmi, kulturális követelményeknek kell megfelelniük. A merev hierarchiákat – európai változatban a poroszos, amerikai kiadásban a fordista szerveződések – felváltják a rugalmas, az állandóan változó környezethez folyamatosan alkalmazkodó, a hálózatok révén egyre több erőforrást összekapcsoló, hasznosító szervezetek, amelyek mind több önállóságot adnak a munkatársaiknak az azzal járó döntési felelősséggel együtt. Az egyének tehát nem elégedhetnek meg az iskolapadban egyszer megszerzett tudással, hanem folyamatosan, az egyre hosszabb aktív életük végéig képezniük kell magukat. A lexikális tudásnál fontosabbá válik a tanulási, alkalmazkodási és a problémamegoldó készség, utóbbihoz pedig – sokszor különböző kultúrákból érkező tagokból álló, esetleg gyakran változó összetételű, időnként csak „virtuálisan találkozó” – csoportokban kell dolgozni, melyek tagjai képesek jól együttműködni, megértik és összekapcsolják az eltérő, korábban elszigetelt tudásterületek eredményeit.

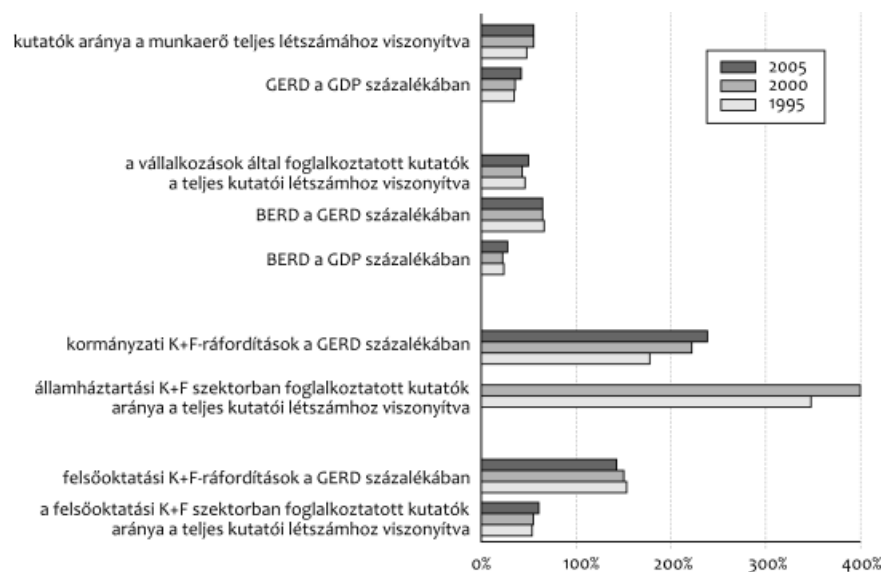
Ezért mind napjainkban, mind a későbbiekben a fejlett információs környezetben is meghatározó fontosságú a szükséges tudás biztosítása a régiókban, a lakóhelyhez közeli környezetben.

A politika, amikor a gondok megoldására nem talál választ, akkor sokszor olyan lépésre szánja el magát, amelyet kelően nem készít elő, és hátrányos következményei csak nehezen orvosolhatók. Megítélésem szerint az 1999-ben megvalósuló integráció is a döntően egy városban tevékenykedő egyetemek esetében mondható sikeresnek, mert integrálódni, közös érdekeket centrálisan megvalósítani egy telephelyen és azonos színvonalú intézmények között lehetséges. Az egymástól

távol lévő és eltérő tudományos felkészültségű intézmények integrációja – az eddigi tapasztalataim alapján – sem a hallgatók, sem a tanárok számára nem biztosítja az előzőekben meglévő előnyöket, így az ilyen intézmények számára a társulás a célravezetőbb.

Társulás esetén mindenki megtartja önállóságát, vállalva a fennmaradás feltételeit, kihívásait, a megszűnés veszélyét. 50–150 km-es távolságú, eltérő küldetésű (egyetem, főiskola) integrációnál csak a „vízfej” nő, nem javul sem az oktató tudása, sem a hallgató lehetősége, a vagyon tömegesedik, a központ elvonása miatt a székhelyen kívül esőknél csökken a fejlesztés, a fejlődés lehetősége, nő a túlélésért való harc mindenkire káros hatása.

Megítélésem szerint az elkövetkező tíz-tizenöt évben a válságból való kilábalást egy új típusú, hosszú távon versenyképes, a vidék törekvéseit szem előtt tartó közép- és felsőoktatás jelentheti. Olyan képzési területeken, mint az agrár, a műszaki, a turizmus, vendéglátás stb., a kistérségekben meglévő szakmai értékek alapján szerveződő középoktatást a regionális telephellyel rendelkező BSc-képzés kell, hogy összefogja, ahol fő cél a gyakorlóhelyek koordinálása, a tanulók, hallgatók gyakorlóhelyek közötti cseréjének megszervezése, a térségbe, tájba való beágyazódása. Ám amikor a felsőoktatási intézmények számának csökkentéséről beszélünk és döntünk, akkor, elfogadva azt, hogy az állami intézmények száma – lehetőség szerint – ne haladjon meg a húsz-huszonötöt, arról is dönteni kell, hogy az állami normatívák az egyházzal kötött szerződések alapján az egyházi intézményekbe és a továbbiakban csak az állami fenntartású intézményekbe kerüljenek. Ekkor biztosíthatja az állam azt, hogy mint megrendelő, a munkaerőpiac igényeit olyan szakemberekkel lássák el, akik tudásukkal,



2. ábra • A hazai K+F egyes mutatói OECD-átlaghoz viszonyítva (Forrás: OECD MSTI, 2007 online adatbázis)

mint hozzáadott értékkel, nagyban hozzájárulnak országunk fejlődéséhez. Az elmúlt évek tanulságai azt is visszaigazolják, hogy a rendszerváltás után a humántudományok indokolatlan térnyerése (az ilyen szakok megemelt államilag finanszírozott helyei) mind az országnak, mind az egyénnek hátrányos (a jelenleg finanszírozott létszám 30–40%-os csökkentése indokolt). A válságból való kilábaláshoz a műszaki, az agrár-, a természet-, az üzleti stb. tudományok járulnak hozzá mind a világon, mind Magyarországon. Ezért elgondolkodtató a jelenlegi állami támogatás fenntarthatósága, megoszása.

Kilábalás = oktatás és nevelés

Az előzőekben vázoltakhoz kapcsolódóan indokolt kimunkálni azt az új, a jövő kihívásaihoz alkalmazkodó képzési stratégiát, amely együtt kezeli – gyakorlati háttere alapján – a szakmunkás-, a BSc- és az MSc-képzést! Amennyiben ezt képesek leszünk megvalósítani, akkor talán tompíthatók a globális válság kedvezőtlen hatásai, megtalálhatók a helyi adottságra épülő tevékenységek, a vidék lakosságmegetartó képessége, a foglalkoztatás.

Nemzetközi és hazai tapasztalat, hogy válságos helyzetből való kilábalás, a jövő megtalálása csak oktatással, tudományos háttérrel, K+F tevékenységgel érhető el. Nyilvánvaló, hogy ha kibontakozott a válság, akkor sürgető elismerni, kimondani, hogy az eddigi megoldások, vagy éppen a K+F tevékenységek sem teljesítettek eredményesen, és ezért az ezt kiszolgáló megalapozó oktatás sem folytatható úgy, mint ahogy azt eddig tették. A Károly Róbert Főiskolán – eddigi kutatásainkra alapozva – a környezetipart és a szolgáltató ágazatokat (ezek fejlesztési indokaival ebben a tanulmányban nem foglalkozom) tartjuk az egyik jövőbeni lehetőségnek, vagy

másképpen húzó-, illetve kihúzó ágazatnak. Ennek megvalósulásához új ismeretek szükségesek, melyek egy új kar, a *Természeti Erőforrás Gazdálkodás Kar* keretein belül sajátíthatók el Gyöngyösön.

Meggyőződésünk, hogy egyre keresettebbé válnak majd azok a szakemberek, akik ezt a társadalmi, gazdasági, ökológiai komplexitást, illetve a klímaváltozás–fenntarthatóság–globalizáció összefüggéseket kezelni tudják, megfelelő módszertani és szakmai jártassággal rendelkeznek, képesek a fenntartható fejlődés szempontjait érvényesítő projekteket megtervezni, irányítani, felügyelni, értékelni. Éppen ezért, a kutatási eredmények, az újabb ismeretek minél szélesebb körű átadása a felsőoktatásban és a szakképzésben – kiemelkedő jelentőségű. A helyzet minden bizonnyal gyorsan változik, mert egyre erősebb a politikai-gazdasági szféra szereplőire és döntéshozóira irányuló társadalmi nyomás.

Megalapozott számítások szerint 2025 körül a globális GDP mintegy 20%-a két – a fenntartható fejlődés alapját képező – most formálódó ágazatban: az öko-energetikában (megújuló erőforrások) és az ökoiparban (környezetvédelem, környezetgazdálkodás) koncentrálódik. Az EU – ezen belül mindegyik fontos partnerünk, Németország – mindkét ágazatban a csúcstechnológiákat képviseli, és hazai adottságaink alapján ebben a folyamatban mi is szerepet vállalhatunk.

Mindent egybevetve megállapítható, hogy az oktatásban, a természeti erőforrások fenntartható hasznosításában, a vázolt kitörési pontok megvalósításában arra alkalmas és képes szakemberek szükségesek. Olyan gyakorlati ismeretekkel rendelkező szakemberek állhatják meg a helyüket, akik értenek

- az energiatakarékos termelési és tartási technológiákhoz;

- energiacélú főtermékek előállításához, a melléktermékek, hulladékok maximális energetikai hasznosításához;
- a víztakarékos termelés és tartástechnológiákhoz;
- az új fajták, fenotípusok hasznosításához;
- a változó igényeknek megfelelő mennyiségi és minőségi élelmiszer-termeléshez, a minőségbiztosítási rendszerekhez;
- környezetkímélő, öko- vagy biotermelési technológiákhoz.

Az új típusú szakember értse és tudja, hogy mindehhez új szervezeti-intézményi, érdekelt-ségi és finanszírozási rendszer, gazdálkodási és működési szemlélet szükséges. Ezeknek megfelelően természetesen új innovációs feladatok is megfogalmazódnak, amelyeket megoldani csak az országot átvéelő, specializált *kompetenciaközpontok hálózatának kialakításával és működtetésével* lehetséges, melyek szoros kapcsolatban állnak, együttműködnek a nemzetgazdaság valamennyi szereplőjével. Ezek első kezdeményező létesítménye lenne Gyöngyösön a természeti erőforrások fenntartható hasznosításának tudásközpontja. Az említett kar, illetve tudásközpont létesítése egyúttal összhangban áll az ÜMFT-célokkal, és segíti azok megvalósítását.

A paradigma- és értékrendváltás általánosan érvényesülő kényszere Magyarországon ma még erősebb, mint az EU-15-ökhöz tartozó országokban, hiszen több évtizedig a fejlett országokétól eltérő gazdasági-politikai rendszerben éltünk, ami miatt olyan súlyos elmaradás halmozódott fel, amit a kilencvenes években nem lehetett behozni. Így hátrányos helyzetből indulva, a társadalmi-gazdasági átalakulás terheitől sújtva kell felkészülnünk arra, hogy a most formálódó, nagyon gyors ütemben változó új világ gazdasági rendszerben számunkra előnyös helyet találjunk, ne szakadjunk le

menthetetlenül. Mindez akkor nem következik be, ha felismerjük és tudomásul vesszük, hogy a tudomány szerepe és feladatai a XXI. század elejére jelentősen megváltoztak.

Ezért:

A magyar társadalom is igényt tart arra, hogy a tudomány eredményeivel folyamatosan támogassa a társadalmi problémák megoldását, részt vegyen a lehetséges jövő kialakításában, az ország, a nemzet minden területen sikeres alkalmazkodásában.

A tudomány hazai művelőinek – diszciplínájuk keretei között – képesnek kell lenniük megérteni, elsajátítani és közvetíteni a tudomány legújabb eredményeit, és új tudományos eredményekkel gazdagítani azt.

A tudomány, mindenekelőtt a természet-tudomány a világ megismerésével segíti a környezettel összhangban álló fejlődést, a gazdaság átalakulását, a technológia fejlődését, míg a társadalomtudományok hozzájárulnak a társadalomirányítás eljárásainak alakításához, a feszültségek és konfliktusok csökkentéséhez, az igazgatás hatékonyságának növeléséhez, a legszélesebb értelemben vett társadalmi jóléthez. A tudomány művelése során (MSc, PhD) sajátíthatók el azok a készségek és kvalitások, amelyek révén az ország – minden értelemben vett – versenyképessége fenntartható és növelhető.

A versenyképesség szempontjából a releváns tudás egyik dimenzióját a tudományos ismeretek képezik, ezen belül jelentős szerepük van az alapkutatások eredményeinek, köztük az emberre és az emberi társadalomra vonatkozó felismeréseknek. A másik dimenziót a tudás menedzsmentje: a szellemi tulajdonnal, a vállalkozói és piaci (munkaerőpiaci) ismeretekkel kapcsolatos készség jelenti.

Az alapkutatásokat a nemzeti innovációs rendszer egészében szemlélve, a *blue sky* ku-

tatások a legkorszerűbb módszertanok elterjesztéséhez és a magyar tudomány nemzetközi csereszabotosságához; míg a célzott alap-kutatások a technológiai innovációhoz, a fenntarthatósághoz, a társadalmi adaptációhoz járulnak hozzá.

A tudományos eredmények gazdasági hasznosulásának folyamata a technológiai innováció, melynek hajtóereje a vállalatok profitrealizáló tevékenysége. Éppen ezért a technológiai innováció során a teljesítmény tudományos kritériumainak szerepét az üzleti eredményesség kritériumrendszere veszi át.

A tudományos tevékenység lényegi eleme a jelenségek átfogó elméleti keretekben történő elemzése. E sajátosságánál fogva a tudomány művelőinek meg nem kerülhető felelőssége van a legszélesebb közvélemény és a döntéshozók tájékozódásának segítségével. A modern társadalmakban a média sajátos, mindenre kiterjedő, újraértelmező-átsúlyozó szerepe ugyanakkor lehetőséget biztosít a tudományos eredmények és a tudományos tevékenység sajátosságai széleskörű ismertetésére is.

A világ napjainkban komoly választás előtt áll. Amennyiben a döntéshozók nem veszik észre, hogy a növekedésnek határai vannak (már ma is 1,4 Földre lenne szükség az erőforrás-kivonás és a hulladékkibocsátás arányait tekintve), rövidesen globális és mindenre kiterjedő válságok bontakozhatnak ki. A jövő tőlünk függ, sok változat lehetséges (Meadows et al., 2004).

Az ENSZ Környezet és Fejlődés Világbi-zottsága szerint a fenntartható fejlődés (*sustainable development*) egyszerű definíciója a következő: „Egy olyan fejlődés, amely a jelen generációk igényeit és törekvéseit úgy elégíti ki, hogy az a jövő generációk hasonló tevékenységét nem veszélyezteti”. Gro Harlem

Brundtland (1987) szerint „a legszélesebb értelemben a harmonikus fejlődés stratégiája azt célozza meg, hogy az emberek közötti harmónia, valamint az emberiség és a természet közötti harmónia megvalósuljon”. A tudománynak ezt kell szolgálnia!

Összegzés

A tudományt és felsőoktatást értékelő vizsgálataimmal a globális gazdasági válság időszakában, az előző két évszázad értékeire alapozva olyan kérdésekre szándékoztam ráirányítani a figyelmet, amelyek meggyorsíthatják európai uniós felzárkózásunkat, és elősegíthetik jövőbeni sikereinket. Ehhez a felsőoktatásban, a tudományban a fejlődést segítő változások megkerülhetetlenek, elengedhetetlenek, így:

- Profi kutató szervezetekre ott van szükség, ahol megfelelő a szellemi koncentráció és megeremthető az anyagi feltételek.
- A nemzetközi akkreditációval kiválasztott, megerősített felsőoktatási intézmények az MTA-val, az innovatív vállalkozásokkal együtt lehetnek versenyképesek.
- A továbbfejlődéshez elengedhetetlen a mára kialakult felsőoktatási struktúra érdemi megújítása, az ország gazdasági potenciálját erősítő képzések bővítése, a párhuzamosságok csökkentése, a szakmai erők koncentrációja.
- A felsőoktatási intézményekben folyó „kutatgatást” professzionálni szükséges, ez vonatkozzon a PhD-képzésre, a doktori értekezésekre is.
- A munkaerőpiac, a versenyképes gazdaság mind napjainkban, mind a jövőben csak a gyakorlati jártassággal és tudományos ismeretekkel rendelkező, elsősorban BSc-szintű képzést ismeri el, ezért a kiemelt, nemzetközileg is elismert tudományos

értéket képviselő egyetemek mellett régi-önként korlátozott számban szükségesek olyan felsőoktatási intézmények is, amelyek a folyton változó munkaerőpiaci kihívásokra képesek választ adni.

Az előző két évszázad fejlődését értékelve ma már tudjuk, hogy igaza volt a reformkor két nagy egyéniségének, Széchenyi Istvánnak és Eötvös Józsefnek is, mert ha nem épülnek iskolák, akkor nincs kit befogadni az Akadémián, az Akadémia tudományos fejlődésre gyakorolt hatása nélkül pedig nem érhetünk volna el világraszóló eredményeket. De azt is tudjuk, hogy a Bibó István és Szent-Györgyi Albert közötti viták az akadémiai intézetek és az oktatás egymásrautaltságára vonatkozóan is nagyban hozzájárultak előző századunk eredményeihez.

IRODALOM

- Brundtland, Gro Harlem (1987): *Our Common Future. World Commission on Environment and Development.* Oxford University Press, Oxford–New York, 1–404.
- Castells, Manuel (2000): *A hálózati társadalom kialakulása.* Gondolat–Infónia, 1–662.
- Herneczky Andrea – Marselek Sándor (2009): Dilemmas in Hungarian Higher Education. *Gazdálkodás. Angol nyelvű különszám* 53, 23, 14–25.
- Magda Sándor (2007): Tudomány, felsőoktatás, versenyképesség. *Magyar Tudomány*. 167, 3, 332–341.
- Magda Sándor – Dinya L. – Magda R. (2008/a): Innováció és kutatás-fejlesztés. *Magyar Tudomány*. 169, 2, 192–203.
- Magda Sándor – Herneczky A. – Marselek S. (2008/b): A felsőoktatás és az agrárokutatás dilemmái. *Gazdálkodás*. 52, 5, 432–444.
- Magda Sándor – Herneczky A. – Marselek S. – Varga E. (2009/a): The Situation of the Hungarian Agricultural Higher Education. *AVA Nemzetközi Konferencia, Debrecen, 1–8.* (CD-lemezen)

Ezért meggyőződéseim szerint napjainkban sem azon kell vitatkozni, hogy jelenlegi körülményeink között miként kerülhet több pénz a Magyar Tudományos Akadémiához vagy a felsőoktatáshoz, miként növelhető a fejlődést csak részben szolgáló intézmények autonómiája, szükség van-e a tájkatató intézetekre, a régiót kiszolgáló közép- és felsőoktatási intézmények egymásra épülésére, hanem azon, hogy a rendelkezésre álló forrásokat miként tudjuk szellemi és tárgyi infrastruktúránk jelenleginél értékteremtőbb összehangolásával magunk és nemzetünk számára újból versenyképesen hasznosítani.

Kulcsszavak: *válság, felsőoktatás, kutatás, fenntarthatóság, kilábalás*

- Magda Sándor – Magda Róbert (2009): A globális gazdasági válság és a magyarországi agrárgazdaság kilátásai. *Gazdálkodás*. 53, 2, 112–120.
- Magda Sándor – Marselek S. – Herneczky A. (2009/b): *A hazai agrárfelsőoktatás helyzete.* Agrár-közgazdasági Bizottság ülése, Debrecen. (vitaanyag) (kézirat) 1–12.
- Marselek Sándor – Gergely Sándor (2008): *Regionális szaktanácsadási központok létrehozása.* Károly Róbert Főiskola, Gyöngyös, (kézirat) 1–44.
- Meadows, Donella – Randers, J. – Meadows, D. (2004): *Limits to Growth: The 30-Year Update.* White Rivers Junction, Vermont, Chelsea Green Publishing Company, 1–318.
- Mészáros Sándor (2007): A felsőoktatás a tudásgazdaság felé. *Gazdálkodás*. 51, 3, 67–71.
- Nábrádi András (2007): Tudomány és felsőoktatás. *Gazdálkodás*. 51, 2, 68–77.
- Szabó Gábor (2007): Gondolatok a tudomány és a felsőoktatás kérdéseiről folyó vitához. *Gazdálkodás*. 51, 5, 48–53.

MEGELŐZNI, BEFOLYÁSOLNI VAGY/ÉS ALKALMAZKODNI? Gondolatok a klímaváltozáshoz való viszonyunkról*

Erdősi Ferenc

a földrajztudomány doktora, tudományos tanácsadó
MTA Regionális Kutatások Központja, Pécs
erdosi@rkk.hu

A globalizáció következményének is tekinthető éghajlatváltozás (Kondorosi, 2008) nem csupán a természeti környezetet, a gazdaságot és az emberi élet ökológiai feltételeit kedvezőtlenül befolyásoló (1. táblázat), hanem átértékelően a nemzetközi békét és biztonságot is veszélyeztető, minden más világproblémát megelőző, felkiáltójelet érdemlő, az egész Földet érintő jelenség – ahogyan arra többek között Al Gore (2006) is figyelmeztetett. Ennek ellenére a döntéshozók részéről a témához való viszonyulás többnyire abban merül ki, hogy korunk számos generális problémája közül csupán az egyiknek tartják a klímaváltozást, pedig a fő globális gondok közötti kapcsolat kevésbé horizontális, mint inkább hierarchikusan vertikális (1. ábra).

A klímavédelemre alapozó klímapolitika egyoldalúsága és kudarcja

A globalizáció és a klímaváltozás interdependens viszonyából következik, hogy az emberiség túlnyomó része számára nemkívánatos, valósággal sokkoló következményekkel járó

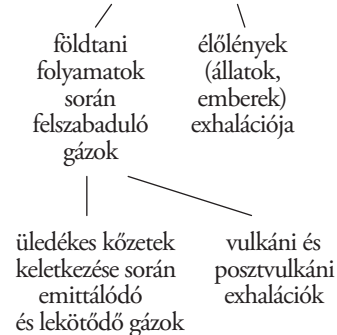
* Láng István akadémikus vitát nyitott a klímapolitika „rejtelméről” (Láng, 2007). E rövid cikkben az alkalmazkodás előtérbe helyezése mellett érvelünk.

felgyorsult folyamatok ellen, csak a világméretű, nemzetközi összefogáson alapuló küzdelem járhat sikerrel. Ennek felismerése készítette a világszervezeteket és a nemzeti kormányokat klímapolitikai lépésekre. Az érdemileg az 1980/90-es évek fordulójától kibontakozott klímapolitika központjában a változásokért fő felelősnek talált üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátásának csökkentése állt. A csupán a klímavédelemre szorítókozó egyetlen „front” nyitásával a klímapolitika jó ideig megelégedett a változásokat kiváltó okok megszüntetésére irányuló erőfeszítésekkel, mindenekelőtt a CO₂-, továbbá az NO₂- és CH₄-emisszió ellen irányulókkal.

Bármekkora (sok vonatkozásban tiszteltreméltó) erőfeszítések történtek is az ÜHG csökkentésének érdekében a nemzetközi egyezményeket tető alá hozók, a világkonferenciák szervezői és jó néhány nemzeti kormány részéről (2. táblázat), a klímavédelmet szolgáló intézkedések méretükben és hatékonyságukban még a küszöbértéket sem érik el, ezért az éghajlat „rosszabbodása” a Föld legnagyobb részén folytatódik. Mindaddig, amíg a természetes éghajlat „torzulásához” vezető okokat (üzleti, hatalmi érdekek, a kényelem

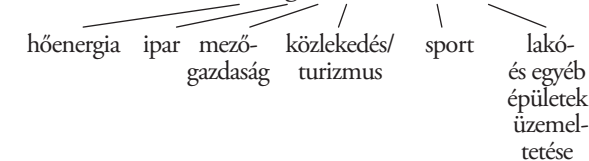
a. Természeti folyamatok

a.1 természeti emissziók



b. Antropogén folyamatok

b.1 ágazati emissziók



k ö v e t k e z m é n y e k

üvegházhatású gázok feldúsulása a légkörben
(közvetett hatás a felmelegedésre)
hőleadás (közvetlen hatás a felmelegedésre)
vízfelhasználás és -elhasználás – a víz átmeneti átalakulása
vízgőzzé (közvetett hatás a felmelegedésre)

kedvezőtlen (részben kedvező) hatások az ember környezetére

a.2 Csillagászati folyamatok – földtörténeti dimenziójú klímaváltozások
(a Földnek az Ekliptika síkján történő, nagyjából periodikus mozgásának változása; „sarokvándorlás”)

1. táblázat • A klímát befolyásoló főbb természeti jelenségek, emberi tevékenységek és hatásterületeik

prioritása az életmódban stb.) nem sikerül kiiktatni, nem várható, hogy megindul a jobbitó folyamat. A gazdasági növekedés a demográfiaival együtt a mai és a belátható jövőbeni általános technológiai szinten valamilyen arányú (a légkört is kedvezőtlenül befolyásoló) további környezetterheléssel jár.

A klímavédelmi kiadásoktól való ódzkodásnak, illetve az azokra való korlátozott hajlandóságnak különleges motivációi is vannak, például a katonai, illetve úrkutatási kiadások felzárkóztatása az ország méreteihez, illetve nagyhatalmi pozíciójához, ahogy ez Kínában és részben Indiában történik.

A jövőbeni várható változásokról rendelkezésre álló sokféle (egymástól többé-kevésbé különböző) adat átlagolásából azonban az mindenképpen kitűnik, hogy *gyorsuló felmelegedési folyamattal kell szembenéznünk*. Ma ott tartunk, hogy *a szakértők között mind többen kételkednek e veszélyes folyamat megállításának lehetőségében* annak ellenére, hogy ahhoz a műszaki feltételek meglennének. Természetesen a szkepszis mélysége nem egyforma:

Dieter Hecht (2009) szerint „*a klímaváltozást nem kerülhetjük el teljesen.*”

Birte Frommer (2009) már kategorikusabban fogalmaz: „*a klímaváltozást már nem*

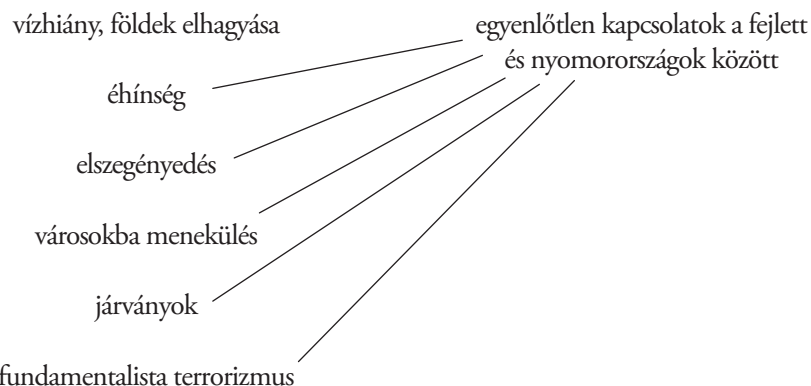
I. Horizontális kapcsolatok az egyenlő rangú tényezők között

vízhiány, földek elhagyása éhínség városokba menekülés járványok fundamentalista terrorizmus elszegényedés éghajlat-változás

II. Vertikális kapcsolatok – a klímaváltozás egyenes következményei

1. Klímaváltozás

2. Politikai tényezők



1. ábra • A klímaváltozás helye a globális problémák között – kétfajta megközelítésben. (A szerző saját szerkesztése.)

lehet feltartóztatni”. (E következtetés olvasható az IPPC 2007. évi jelentésében is.)

Az Európai Bizottság szerint a kibocsátások eddigi és a közeljövőre nagy biztonsággal előre jelezhető trendje alapján a klímaváltozás nem akadályozható meg (Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 2007).

Paradigma- és stratégiaváltás a klímapolitikában. Az alkalmazkodás mint a klímapolitika újabb „frontja”.

Egészen a legújabb időkig a klímaváltozásra a szakpolitika csak féldalasan, a folyamat megelőzésére, illetve akadályozására, befolyásolására mozgósított. (A megelőzés valójában nem akármilyen naivitásról, laikus szemléletről tanúskodik, mivel amikor ez programként elhangzott az 1970/80-as években, már javá-

ban a változások kellős közepén voltunk.) Tulajdonképpen a klímapolitika inkább csak a századunk elejétől (erőteljesebben a 2006. évi Stern-riporttól) nyitott új frontot, attól kezdve osztja meg a figyelmet a folyamat befolyásolása és a következményeihez való alkalmazkodás között.

E fordulat az „alaphangot megadó” nemzetközi fórumok központi témájának meghatározásában is tetten érhető. Így például az ENSZ 2007. évi, Balin tartott klímakonferenciája már egy nagyszabású „Alkalmazkodási Alap” létrehozását kezdeményezte, mely anyagilag támogatná a klímaváltozás által legerősebben érintett fejlődő országokat az alkalmazkodási intézkedéseik megvalósításában. Európai közösségi szinten a leghatározottabb lépés e tekintetben az Európai Bizottság

a.) Globális szinten

- Az 1988-ban Torontóban megfogalmazott cél: a CO₂-kibocsátás 20%-kal való csökkentése 1988 és 2005 között
- Az 1992. évi UNFCCC*-egyezményben a fejlett országok vállalták, hogy a 2000. évi ÜHG-kibocsátás nem haladja meg az 1990. évi szintet
- Az 1997. évi Kiotói Egyezményt (KE) aláírók (38 fejlett és átalakuló ország) arra kötelezték magukat, hogy 1990-hez képest 2012-re 5%-os emissziócsökkentést hajtanak végre.
- A globális kibocsátásnak 2050-ig 40%-kal kellene csökkennie 1990-hez képest (a max. 2 °C-os hőmérséklet-növekedés érdekében).
- Globálisan rövid időn belül 60%-kal kellene csökkenteni a jelenlegi emissziót ahhoz, hogy a légköri CO₂-mennyiség stabilizálódjon.
- A fejlett országoknak 60–90%-os csökkentést kellene végrehajtanuk (NÉS).

A valóságban 1990 és 2004 között csak globálisan -3,3%-kal sikerült csökkenteni az emissziót, de ezen belül a fejlett országokban együttesen 11%-os növekedés ment végbe az „átmeneti gazdaságok” államainak -36,8%-os csökkenésével szemben (ami azonban elsősorban a nehéziparuk összeomlásának következménye)

Következtetés: „...ha a 2004. évi kibocsátások képezik az összehasonlítás alapját, akkor ehhez viszonyítva a kibocsátásokat 50–80%-kal szükséges csökkenteni 2050-ig globális szinten” (NÉS, 33.).

b.) Az Európai Unió

- 2020-ra 1990-hez képest 20%-os csökkentést vállal, 30%-ost pedig akkor, ha a világ más, jelentős kibocsátói is vállalják a megfelelő mértékű csökkentést (Európai Tanács által 2007 tavaszán elfogadott csomag).
- A KE 2005. évi életbelépésekor 2012-ig az EU-15-ök 8%-os, Magyarország (1985/87-hez képest) 6%-os csökkentésre kötelezte el magát (NÉS).
- Az Európai Bizottság 2008. évi javaslata: 2005–2020. évekre 21%-os csökkentés (NÉS). • A 2020 utánra vonatkozóan még nincs EU-döntés, de a kormányfők 60–80%-os csökkenést irányoztak elő.

Ezzel szemben az emisszió 2004-ben már 25%-kal meghaladta az 1990. évi szintet (NÉS).

Globális méretekben a 21. század végére az 1750. évi preindusztriális állapothoz képest a becslések szerint 90–250%-kal, a lehetséges jövőképek még tágabb körét számításba véve pedig 70–360%-kal lehet több a CO₂ mennyisége a légkörben.

A Föld (felszíni) hőmérséklete már századunk közepére magasabbra emelkedhet, mint a történelem során valaha. 1906 és 2009 között a glóbusz átlagos hőmérséklete 0,74 °C-kal lett magasabb (IPCC, 2007), Németországban 1901 óta 0,9 °C-kal. A jövőben a hőmérséklet évtizedenként 0,1–0,6 °C-kal emelkedik és századunk végére 1,4–5,8 °C-kal lehet magasabb az 1990. évinél.

c.) Magyarország vállalása

- 2025-re (1990-hez képest) az EU kötelezettségvállalásának függvényében alakulna, mégpedig:
- ha az EU 20%-os egyoldalú kibocsátáscsökkentést vállal, akkor Magyarország számára a 16–25%-os csökkentés a feladat,
- ha viszont az EU 30%-os csökkentésre kötelezi magát, úgy Magyarország már 27–34%-os csökkentést kell, hogy végrehajtsa, azonban 2005-höz képest 2020-ig 10%-kal növelheti a kibocsátást (NÉS).

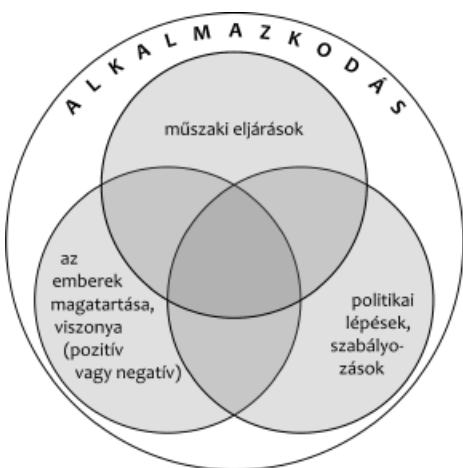
A felmelegedés a magasabb északi földrajzi szélességeken várhatóan sokkal erősebb lesz, mint a trópusokon. Ennek következtében viszont alapvetően megváltoznak a mérsékelt égövi ciklonok kialakulását, mozgását meghatározó körülmények (a modellszámítások szerint).

2. táblázat • Az ÜHG-emissziócsökkentés tervváltozatai és a tényleges emisszió alakulása, valamint a hőmérséklet-növekedés. (* ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény)

nevéhez fűződik, amely a 2007. évi *Zöld Könyvben* (European Commission, 2007) megfogalmazta a klímaváltozáshoz való európai méretű alkalmazkodás szükségét és a főbb teendőket. Országos szinten is központi témává avatta e kérdést a klímapolitika: megjelent a *Német Szövetségi Köztársaság Nemzeti Alkalmazkodási Stratégiája*. A régiókra és városokra vonatkozó alkalmazkodási programok készítése is megkezdődött annak ellenére, hogy használható klímaprognózisok csak ritkán készültek ilyen dimenziókban (Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 2007; Mahrenholz, 2007).

Az alkalmazkodási stratégia (részleteinek kidolgozása terén a legnagyobb probléma, hogy nem tudható biztosan, milyen konkrét éghajlati feltételekhez kellene igazodni.

A hivatalos nemzetközi és nemzeti klímapolitikák, -stratégiák (és az azokat megalapozó előrejelzések) szinte kivétel nélkül felmelegedéssel számolnak Európában, ám ha tényleg bekövetkezik a Golf-áram lelassulása, netán



2. ábra • Az alkalmazkodás összetevői (A szerző saját szerkesztése)

leállása (ahogyan azt az egyesült államokbeli és más kutatóhelyek valószínűsítik), akkor Európa nagy részén jelentékeny lehűléshez kellene alkalmazkodni.

Szerencsére az alkalmazkodás számos technikai módja (szélsőséges hőmérsékleteknek ellenálló, jó hőgazdálkodású épületek, közlekedési infrastruktúra és járművek, vagy a szélsőséges hőmérsékletet és csapadékot jól tűrő mezőgazdasági kultúrák stb. alkalmazása) mind a két irányban bekövetkező változásra egyaránt esélyt nyújt.

Az alkalmazkodás tartalma, feladata, strukturálódása és a klímavédelemhez való viszonya

Az alkalmazkodás ugyan nem a megalkuvás szinonimája, azonban bizonyos esetekben és mértékig kompromisszumos, illetve beletörődési elemeket is tartalmaz. Igazából azonban az adaptáció – némi engedménnyel – a változó éghajlatra való felkészülés, illetve az új helyzethez való hozzáidomulás lehet a kedvezőtlen hatások kockázatai és kárai csökkentése érdekében (3. táblázat).

A megváltozott környezeti feltételekhez való alkalmazkodás mindig is az ember szükségzerű reagálása volt a különféle természetű túlélésekben, azonban korunkban (és még inkább a jövőben) különösen nagy szerephez kell, hogy jusson. Három fő összetevője van az alkalmazkodásnak (2. ábra), de ezek (műszaki eljárások, emberi magatartások és a politikai szabályozások) egymáshoz való viszonya, súlyaránya erősen tér- és időfüggő módon változik – az adott konkrét helyzetnek megfelelően.

A (társági) klímaváltozásokhoz (és azok időjárási következményeihez) való alkalmazkodás másként strukturált, mint a klímavédelem-politika, ezért a küzdelem célja, módja és

1. KLÍMAVÉDELEM

Megelőzés (mitigation) beavatkozás a káros folyamatok mérséklésére

Fő módjai:

- ÜHG-kibocsátás visszafogása (közvetlen és közvetett módon)
- ÜHG-elnyelés

Feltétele a globális méretű összefogás, de megvalósítása lokális szinten történik



Bizonytalan kimenetel (eddig igen szerény eredmények/kudarok)



Gazdasági növekedésre való hatása ambivalens vagy kedvezőtlen (a klímaváltozás okozta károk összege messze meghaladja a klímavédelmet szolgáló tevékenységek értékét)



Időigénye hosszú a beavatkozások/intézkedések sürgőssége ellenére



Fő érdekeltje az emberiség – a klímapart is beleértve

2. ALKALMAZKODÁS

Adaptáció – a megváltozott klíma következményeire való felkészülés, az azokhoz való

- passzív viszony
- aktív hozzáigazodás
- következmények kivédése, ellenük folytatott folyamatos küzdelem

Célja: a kedvezőtlen hatások kockázatainak és kárainak csökkentése



Egyéni/helyi közösségi intézkedésekkel lokális eredmény érhető el, mely jórészt független a földi méretű folyamatoktól



Megfelelően kivitelezve megbízható eredményt hozhat



Némileg gyorsítja a gazdasági növekedést az alkalmazkodáshoz szükséges új eszközök, anyagok, új növény- és állatfajták, épületek, energiaszolgáltatói rendszerek stb. termelésével, előállításával



Időigénye jóval rövidebb a klímavédelemnél



Minden alkalmazkodásra kényszerülő személy és vállalkozás érdeke, beleértve az e törekvést szolgáló iparokat és szolgáltatásokat is

A KÉT FRONT KÖZÖTTI VISZONY VÁLTOZATAI

- a) A klímavédelmet nem, vagy alig szolgáló passzív reagálások
 ← b) A klímavédelmet csak közvetve elősegítő alkalmazkodások →
 ← c) A klímavédelmet közvetlenül szolgáló alkalmazkodások →
 d) Klímavédelem-ellenes alkalmazkodások

3. táblázat • Az éghajlatváltozás elleni küzdelem két frontja. (A szerző saját szerkesztése)

fő szereplői szerint a két „front” több mindenben különbözik (3. táblázat).

Az egyéni és a nagyközösségi (globális) érdekek viszonya a klímavédelemben meglehetősen bonyolult és részben ellentmondásos.

A hagyományos klímavédelem adekvát akciótere a glóbusz, mivel a földi méretű változások elleni fellépéshez, kedvező irányú érdemi beavatkozásokhoz, konkrétan az egységes légkört veszélyeztető ÜHG-kibocsátás visszafog-

gásához csak széleskörű (világszervezetek által is iniciált) nemzetközi összefogásnak van igazi esélye (Strategic... , 2007; Kropp, 2007).

Következésképpen a klímapolitikának a védelemre vonatkozó oldala igazi nagyközösségi tevékenység kell legyen. Sikere ezért nagy mértékben függ a különféle politikáktól (hogy milyen mértékben teszik magukévá a programját), ezért az érdekek a politika színterén ütköznek, vagy éppen semlegesítik egymást jótékony kompromisszum formájában. A klímavédelmi célzatú beavatkozásnak ugyan megvan az egyéni szintű dimenziója is (minden az „embereken múlik”), ez azonban kétségtelenül csak nehezen képes kibontakozni, illetve érvényesülni.

A klímavédelemhez képest az alkalmazkodásnál alapvetően más a szereplők közötti viszony. Mind a károk különböző természete és mérete, mind a csökkentésükre irányuló műszaki és egyéb intézkedések változatossága okán minden egyes szereplő számára megfogalmazható a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás „testre szabott” módja. A központilag irányított alkalmazkodás csődöt vallhat, mert a központi direktívák kialakításakor megoldhatatlan információs problémák állnának elő. Ugyanis, a folyamat egyik módjának optimalizálására irányuló klímavédelemmel szemben az alkalmazkodás a folyamatok és tényezők sokaságával kénytelen szembesülni. Következésképpen a megváltozott éghajlathoz való alkalmazkodás letéteményesei a disztribúció követelményeinek megfelelően az egyének, valamint a helyi és területi közösségek.

Részletes elemzésekből kiderül, hogy a klímavédelem és az alkalmazkodás viszonya a gyakorlatban változatos, mivel a kölcsönhatások/átlapolódások is gyakoriak (3. táblázat). Az alkalmazkodásnak igen sok olyan (jobbá-

ra passzív, illetve semleges) módja van, melyek végső soron nincsenek mérhető kapcsolatban a klímavédelemmel, de ugyanakkor a „klímatorzulás” elviseléséhez követelmény rangúak. A második és harmadik csoportot a klímavédelmet csak közvetve elősegítő, valamint közvetlenül szolgáló alkalmazkodási eljárások alkotják, melyek valamilyen mértékben észszerű módon képesek hozzájárulni az ÜHG-gázok (mindenekelőtt a CO₂) kibocsátásának visszafogásához. Az alkalmazkodás útját jelentik azok az egyoldalú technokrata szemléletet tükröző megoldások, melyek már ma is egyértelműen károsak a klímavédelem szempontjából. E negyedik csoportot alkotó alkalmazkodási módok (hóágyú, műjégpálya stb.) közül a rohamos elterjedése miatt a klímaberendezések alkalmazása az igazi veszély, melyvel alapvetően kényelmi okokból nem hajlandó szembesülni a használó társadalom. E téren elfogadható, „igazságos” korlátozásra aligha lehet számítani, mert a „nélkülözhetetenség”, vagy feltétlen „rászorultság” fogalmak túl általánosak ahhoz, hogy a korlátozási/önkorlátozási megfontolásokhoz igazodási mértéknek tekinthetők legyenek. Az egészséget veszélyeztető hőség elviselhetetlensége és a klímavédelmi követelmények dichotómiájának feloldására egyelőre nem kínálkozik életszerű megoldás. A minden racionális megfontolást felülíró kényelmi szempontok meghatározóvá válása miatt még kisebb az esélye az önkorlátozásnak az autóhasználatban.

Ma még nélkülözni vagyunk kénytelenek a nemzetközileg egyeztetett kiforrott álláspontot arról, hogy a klímapolitikában milyen mértékű paradigmaváltásra lenne szükség a leghatékonyabb módon elérhető eredményekhez. Ezért nem kerülhető meg az az alapvető klímastratégiai kérdés, hogy milyen mennyiségi és időbeli viszonyt kellene kialakítani a nemki-

vánatos éghajlatváltozás megfékezése (a klímavédelem) és az alkalmazkodás között. A vonatkozó szakértői vélemények ugyan még mindig sokféle árnyalatot képviselnek, de egyértelmű eltolódás tapasztalható a mindkét „frontot” egyenlő fontosságúnak vélelőktől az alkalmazkodást előtérbe helyezők irányába. Mi több, a nemzetközi szakirodalomban sorra jelennek meg olyan tanulmányok, amelyek szerzői egyértelműen az alkalmazkodás mellett kötelezték el magukat. Hecht (2009) egyenesen arra a következtetésre jutott, hogy a jövőben nem a további klímaváltozás megakadályozására, hanem a következményei elleni védekezésre, azaz az alkalmazkodásra kellene a mozgatható erőket összpontosítani. Az eddigi globális méretű költség/haszon elemzések ugyancsak azzal az eredménnyel jártak, hogy az alkalmazkodás a klímavédelemmel – az üvegházhatás (elérhetetlennek tűnő) drasztikus csökkentésével – szemben gazdaságosabb, ésszerűbb alternatíva lehet (Lomborg, 2007).

E vélemények természetesen túl kategorikusnak (és akár egyoldalú szemléletet tükrözőnek is) tűnhetnek a másféle stratégiákban szokásos „is-is” salomoni megoldásokkal szemben. A szélsőséges egyoldalúság, nevezetesen az alkalmazkodás abszolútizálásának elfogadását igazából csak az indokolhatná, ha kiderülne, hogy az éghajlatváltozáshoz semmi köze sincs az emberi tevékenységnek. Ebben a (képtelen) helyzetben outsiderként sem az egyének, sem a közösségek nem képesek akár negatív, akár pozitív érdemi „természetátalakító” szerepet játszani. Ezért a klíma „konzerválásának” okafogyottá válásával a klimatikus károk eleni védekezés egyetlen módja a mindenre kiterjedő alkalmazkodás maradna.

Miután az éghajlatváltozás valamilyen (minden bizonnyal igen magas) részarányban antropogén eredetű, és ezért megprelázása

magától az emberiségtől függ, továbbra sem mondhatunk le a klímavédelemről, azaz a két fronton való egyidejű – viszont különböző mértékű, illetve arányú – küzdelemről. Azonban a két front közötti korrekt arányok megállapításához közép- és hosszú távon még világméretben sem állnak rendelkezésre a megfelelő információk, nem hogy a speciális helyi tényezők által módosítottan nemzeti/regiónális szinten. Csak néhány helyzetváltoztatban gondolkodhatunk. Véleményünk szerint (csupán illusztráció gyanánt) a tűrhetőnél (2 °C) lényegesen gyengébb globális felmelegedés esetén a védelmi és az alkalmazkodási intézkedések aránya nem különbözne drasztikusan (költségük szerint sem), nagyjából azonos lehetne középtávon, és az alkalmazkodás mintegy kétharmados részarányára lenne szükség hosszú távon;

A globális klímapolitika által még tolerált, a tūrési küszöbön (2 °C) belül maradó felmelegedés esetén a források felhasználható 2/3-át már középtávon a megelőzésre kellene fordítani, hosszú távon pedig 80–90%-át; ha a felmelegedés mértéke durván meghaladja a még elviselhetőnek minősített 2 °C-ot (és ezzel visszafordíthatatlanná válik a folyamat), akkor középtávon és hosszú távon is gyakorlatilag csupán a nagyszabású alkalmazkodás lehet hatékony. (Ugyanez vonatkozik arra az esetre is, ha a Golf-áram és más tengeráramlások megállása miatt éppen erőteljes lehűlés következne be Európa nagy részén, még a Kárpát-medencében is.) (Vö. Katrin Hilpert [2007] baltikumi kutatásaival.)

Szubjektivitásuk miatt az előbbi erősen vitatható arányok finomításán túlmenően a két „fronton” való küzdelem összehangolásának ma nagyobb az időszerűsége. Szakpolitikai aspektusból való megközelítéskor logikus igényként felmerül a klímavédelmi és az al-

kalmazkodási tevékenységnek nemcsak az egyidejűsége, hanem a tervezés követelményeinek megfelelő rendszeres és metodikailag megalapozott elegyítése. Ahogyan azt Jörn Birkmann és Mark Fleischauer (2009) megállapítja, ez az összehangolódás – pláne az integráció – még várat magára, és nem tartja célravezetőnek az alkalmazkodási és a klímavédelmi eljárások egymástól elválasztott végrehajtását. E szemlélet már bizonyos mértékig tetten érhető az egyes nemzeti klímapolitikai dokumentumokban is, bár a NÉS-ben (2007) elkülönült fejezeteket alkotnak.

Az alkalmazkodás módjai

Az alkalmazkodási eljárások több szempont (tevékenység, ágazatok, szereplők, költségek/költségviselők, az alkalmazkodás módja és következményeinek előjele) szerint strukturalódnak. Mindezek részletezésétől eltekintve, szociális és demográfiai szempontból a következő (erősen leegyszerűsített) szerkezetben való gondolkodás is célravezető lehet a szakági koncepcióalakítás első körében.

Helyben maradás mellett (átköltözés nélkül) folytatható alkalmazkodás

- a komfortérzetet rontó új hőmérsékleti/szél-/és csapadékviszonyokhoz való egyéni természetes hozzászokás (akklimatizálódás) terén az ember az élővilág jó adottságú fajai közé tartozik, meglehetősen nagy ingadozások elviselésére képes csupán öltözködési eszközökkel, fényvédővel, edzéssel és némi életmódváltással;
- a már az előző módon nehezen vagy nem elviselhető, az egészséget veszélyeztető hatásokhoz lakó- és munkahely, valamint szabadidős mikrokozmoszának alakításával igazodik az új helyzethez;

- az időben nem prognosztizálható, de nagy valószínűséggel várható természeti katasztrófák (például árvizek, vihardagályok, orkánok) kivédése.
- a kivédhetetlen veszélyeztetettség miatt a település (lakóhely) felhagyásával, elköltözéssel („lábbal”) való alkalmazkodás.

A klímaváltozásra való reagálási módok közül a legradikálisabb, rövid távon a legköltségszerűbb és társadalmi szempontból a legnagyobb változásokhoz vezető az elvándorlás, átköltözés, illetve a termelés színhelyének áthelyezése kisebb-nagyobb távolságra levő új lakó- és munkahelyre. Az átköltözés arányai és távolsága (a szomszédságitól az interkontinentális viszonylatúig) különbözőképpen alakulhat.

Záró gondolatok

A klímapolitikában a súlyponteltolódás a védelemtől az alkalmazkodás felé (kudarcc) kényszer szülte paradigmaváltás, bizonyos vonatkozásban és értelemben „pótejtőernyő”.

A klímaváltozásra való reagálás kétféle módja közötti megfelelő arányok erősen tér- és időfüggőek, de rengeteg egyedi tényező által befolyásoltak. Ezért több mint életszerűtlennek bizonyulnának a központi kormányzatok által megállapított normatívák. Az alkalmazkodás szükséges arányának növekedését alapvetően az éghajlatváltozás jövőbeni iránya, gyorsasága és mértéke határozza meg.

Hazánk területe nem elég kicsi ahhoz, hogy lemondhatnánk az éghajlatváltozás lehetséges regionális jellemzőinek kutatásáról és az ahhoz illeszkedő alkalmazkodási stratégiák kimunkálásáról.

Kulcsszavak: *klímapolitika, klímavédelem, alkalmazkodás, klímaváltozás, jövő*

IRODALOM

- Birkmann, Jörn – Fleischauer, Mark (2009): Anpassungsstrategien der Raumentwicklung an den Klimawandel: Climate Proofing”. Raumforschung und Raumordnung, 2, 114–127.
- European Commission (2007): *Green Paper from the European Commission to the European Parliament. Adapting to Climate Change in Europe – Options for EU Action*. EU COM, Brussels
- European Environment Agency (2006): *Vulnerability and Adaptation to Climate Change in Europe. EEE Technical Report, 7/2005*. Copenhagen
- Frommer, Birte (2009): Handlungs- und Steuerungsfähigkeit von Städten und Regionen im Klimawandel. Raumforschung und Raumordnung, 2, 128–141.
- Gore, Al (2006): *Kellemetlen igazság. A bolygónkat fenyegető globális felmelegedés és leküzdésének lehetőségei*. Göncöl, Budapest
- Hecht, Dieter (2009): Anpassung an den Klimawandel. Raumforschung und Raumordnung, 2, 157–169.
- Hilpert, Katrin et al. (2007): *Towards Climate Change Adaptation Strategies in the Baltic Sea Region*. www.astra-project.org
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change 2007. www.ipcc.ch

- Kommission der Europäischen Gemeinschaften. KOM (2007) 354.
- Kondorosi Ferenc (2008): Klímaváltozás és az emberi jogok. „Klíma-21” füzetek, 52, 16–33. Alternatív URL: <http://realzolddek.hu/dok/klima-kondorosi.doc>
- Kropp, Jürgen P. – Scheffran, Jürgen (2007): *Advanced Methods for Risk Management and Decision Making in Sustainability Science*. New York.
- Láng István (2007): A klímapolitika rejtelmek: csökkentés, alkalmazkodás, mindkettő? „Klíma-21” füzetek, 49, 91–92.
- Lomborg, Björn (2007): *Cool it! Warum wir trotz Klimawandels einen kühlen Kopf bewahren sollten*. Adams, München.
- Mahrenholz, Petra (2007): Anpassung an den Klimawandel. Verein zur Förderung des Instituts WAR. Schriftenreihe WAR, 183, 41–54.
- NÉS – *Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia*, 2008–2025.
- Stern, Nicholas (2006): *Stern Review on the Economics of Climate Change*. <http://www.webcitation.org/5nCeYJr>
- Strategic Environmental Assessment and Climate Change. Guidance for Practitioners*, 2007. www.environment-agency.gov.uk



A STÓSZAI MÉRTÉK JELENTŐSÉGE

Kovács Győző

az irodalomtudomány kandidátusa

Fábry Zoltán életművének hatása meghatározónak bizonyult a cseh/szlovákiai magyar irodalom kialakulására és további fejlődésére. Az alábbi *vázlatos áttekintés* – nagyobb tanulmány részleteiként – csak főbb vonásaiban követheti nyomon a hatás jelenlétét.

Fábry alapozó volt; két ízben bizonyosan. A két világháború utáni történelmi-társadalmi periódusban. A mindennapok vonzásában élt; szuverén alkat volt, s ilyen gondolkozású íróként rányomta szellemi bélyegét – törekvésein, írásain, figyelmeztetésein keresztül – a szlovákiai irodalom szellemi életére.

A kor által felvetett kérdésekre válaszolni kellett, s azokra Fábry válaszolt is. Élénken reagált a kor kérdéseire a kialakult feltételrendszernek megfelelően.

Az közismert, hogy Fábry Zoltán gondolatait, írásait az emberirodalom, a *vox humana*, majd az antifaszizmus szolgálatába állította. A *vox humana* (s ezzel szinte egyidőben az *emberirodalom*) fogalmát is ő vezette be, és erősítette a kor irodalmi életében. A *vox humana* forrásvidéke: a háborút túlélte ember hirdett új programot, az *emberirodalomét*. Ennek megfelelően: a szlovákiai, „szlovenszkói” *más-ság* szorosan összefüggött az új, teremtő ember képével, azéval, aki az új erkölcsi és társadalmi rend, az új valóság megteremtője lehet, és lett. Mindennek megfelelően Fábry évtizedekkel később úgy fogalmazott, hogy „a *vox humana* az író nélkülözhetetlen alapál-

lása és az irodalmi folytonosság következetessége...”

*

Ha végigtekintünk a cseh/szlovákiai magyar írók és költők életén, művein, elmondható: szemléletük kialakulásában meghatározó szerepet játszott/játszik a szülőföld, a környezet, s a történelem gondolkodásformáló ereje. Ha figyelmünket az 1945 utáni korszakra fordítjuk, elegendő felütni a *Csallóköztől a Bodrogköz*ig, vagy a *Jelenlét* gyűjteményes, nemkülönben a *Vita és vallomás* című interjúköteteket lapjait, vagy megemlíteni Turczel Lajost, aki szép és tisztos fejezet(ek)et szentelt az ipolyszalkai szülőföldnek és tájnak, az emlékezéseknek. Említhetjük a bodrogközi költő, Török Elemér líráját, amelyben a szülőföldet úgy emlegeti, „akár anyánk képét”, s el-elcsodálkozik „egy-egy délceg jegenyén”.

Ami az első korszakot (az I. Köztársaság) illeti: nem térünk ki Trianon következményeire, az új államiságra stb. Csupán azt rögzíthetjük, hogy a szlovákiai magyar irodalom sokáig fehér foltnak látszott, s megkétszerezte kétségtelen ténynek bizonyult. Mindez, főként az utóbbi különösen szembeűnő volt az 1950-es évekig.

Ugyanis 1945 után a táj és a *történelem* – mint élményforrás – ötvözetében a súlypont áttolódott a történelem „javára”. Mint ismeretes: az ezt követő esztendő a jogfosztottság

évei voltak (1945–1948). Nem véletlen, hogy ennek az időszaknak egyetlen reprezentatív műve *A vádolt megszólal* lehetett. A leendő irodalmi alkotások *élményforrásai* a megaláztatás, a sértések, az arcucsapások lehettek. Egy új társadalmi rend kialakításában a bosszú és a nacionalista gőg vezette a nemzeti többséget, s ebben a hivatalosan irányadó jogi alap – jobb esetben – a Kassai Kormányprogram volt (annak hírhedt VIII. fejezete). Amikor pedig – úgy-ahogy – rendeződni látszottak a vitás kérdések, akkor „a magyarokkal szemben elkövetett visszaélések korrigálása... egybeesett a szektás pozíciók erősödésével. Ez is hamis elképzelések forrása lett a csehszlovákiai magyarok körében” (Arató, 1969, 79.).

Fábry Zoltán és a csehszlovákiai magyarság történelmének (talán) legtragikusabb szakaszát élte át a második világháború utáni években: a jogfosztottságot. Negyedszázad múltán a második traumát kellett át- és végigélni – félelmetes erők támadásai közepette. A második *Palackposta*, *A vádolt megszólal* és a *Noteszlapok* üzeneteinek korszaka ez. 1944-ben és 1945 elején a moszkvai tanácskozáson sok minden eldőlt (Gustáv Husák), majd a Kassai Kormányprogram meghirdetésében, utóbb a hírhedt elnöki dekrétumokban – a végrehajtásban.

Az új Csehszlovákia (a felújított állam) – nemzetközi támogatással – megszabadult a német nemzetiségeitől, s arra törekedett, hogy a magyarok is erre a sorsra jussanak. Mivel ez utóbbit a nemzetközi szerződéssel nem hagyták jóvá, a „kollektív bűnösség” elvének meghirdetésével a „lakosságcserehez”, illetve a csehországi „deportáláshoz” folyamodtak. Végző esetben a „reszlovakizációt” tartották helyes útnak. A magyarság zömét megfosztották állampolgárságától.

A reszlovakizálás „valójában erőszakos kísérlet volt arra, hogy... belpolitikai »eszközökkel« oldják meg a szlovákiai magyarok helyzetét” (Arató, 1969, 73–74.). Minderre mi lehetett Fábry Zoltán válasza? – *A vádolt megszólal*, az *Üresjárnat* naplójegyzetei, a *Noteszlapok* üzenetei mint egy új kor palackpostái.

A vádolt megszólal „sajnálatos grimasza volt a sorsnak, hogy a profetikussággal... hadakozó Fábry első szava 1945 tavaszán nem az eszme, a közös harc győzelmét köszönhetne, hanem panaszkiáltás volt nemzetisége kollektív bűnhődése miatt...” Fábry hite megrokkant, megtört, az illúziók tovaszálltak. *A vádolt megszólal* című röpiratát a „nemzeti tudat, nemzeti önérzet sérelme váltotta ki”. Fábry a kollektív bűnösség elvét elutasította, s a kollektív büntetlenség elvét hirdette meg: a magyarság a *vox humana* népe. Ő úgy értékelte a kialakult történelmi és politikai helyzetet, hogy a „faszizmus jegyeire hasonlító »új barbarizmus« megnyilvánulásai” (Fónod, 1993, 110.). Fábry noteszei valóban erre utalnak (*Üresjárnat*, Fábry, 1991).

*

Az elnémítottság, leszorítottság után, a mélyponton – az irodalom szempontjából külső tényezőként – felszabadultságot jelentett az *Új Szó* 1948. december 15-i megjelenése. Ekkor és itt jelent meg Fábry első nyilvános írása, *Az első szó*. „Az első szót hosszú hallgatás után leírni, mérlegelni, kimondani nem könnyű... A hallgatás: betegség, a görcs nehezen enged, első nekifutásra nem múlik, még ha el is jött a pillanat, amikor szólni kell, és beszélni lehet; társulni újra, ember- és munkasorba állni újra, élni felemelt fővel és közösséget építeni, oszthatatlan békét...”

Innen és ekkor lehet újra indulni, behozhatatlan hátránnyal. „Mi majd négyéves

késéssel lépünk a béke küszöbére. Behozhatatlan hátránnyal, de le nem becsülhető előnnyel indulunk: tiszták maradtunk, emberek maradtunk. Némák voltunk és embertelen hang nem hagyta el szánkat...”

Érthető, hogy közel tíz év múltán, 1958 szeptemberében, egy újabb indulást köszöntve – már az irodalomra helyezi a hangsúlyt. Útjára indult az *Irodalmi Szemle*. Beköszöntőjét is Fábry írta: „Ideje már bizony” – idézve az Ady-sort. Ekkor a távlatok is megnőttek: míg 1948 telén négyéves hátrányról szolt, itt és ekkor „negyven év mulasztását kell pótolni, behozni, megszüntetni.” Bizonyos folytonosságot szem előtt tartva, teszi fel a kérdést: „Miért nincs elhatározó, döntő eredményekkel kiálló, önmagát mutató, láttató magyar irodalom Szlovákiában? Miért nem volt, nem lehetett igazi irodalmi folyóirat? Ennek önmagunk elégtelenségén, torzó voltán kívül, úgy gondolom, az örökös mostohagyerekors az oka. Egész életünkben nem ismertük a napos oldalt, a változások hideg léghuzatos posztjára állítva, épp a meglátás, a megértés melege hiányzott a legjobban...” Fájdalmasan említi fel, hogy „Erdély csupa tradíció: irodalma egy kipróbált, önbiztos alapra épülhetett.”

Fábry Zoltán ebben, ezekben látja bizonyítottnak az irodalmi megkésetttség okát, említi fel a fehér foltokat, az ismeretlenséget. Pedig ekkor (1958) már jelentkeztek az első ígéretes jelek az induló szlovákiai magyar irodalomban. Elegendő Dénes Györgyre vagy Bábi Tiborra utalnunk. Fábry hiányérzete nem is e vonatkozásban merült fel velük és pályatársaikkal kapcsolatban.

*

Fábry Zoltán az induló irodalomban meglátta az ígéretes tehetségeket, s ennek tudatában

és felelősségében merete és tudta őket megbírálni. Egy évtizedet ölelt fel e szigorú mérce állandó használata; a stószai mérték. Miben? Miért? Így sorjázta e témában írott cikkei: *Harmadvirágzás* (1954), *Fiatalok antológiája* (1954), *Kevesebb verset – több költészetet* (1955), *Res poetica* (1959), *Az igényesség műfaja* (1960); hogy mindezeket kövesse majd *Stószai délelőtökben* megjelent nagy formátumú írása, az *Antisematizmus*, amely eredetileg 1964-ben jelent meg.

A *Harmadvirágzásban* arról ír, hogy költőink mondanivalójának nincs elég élményrealitása, mélységtartalma, a felületet még ének fodrozza, szavaltat díszíti. Vegyünk egy konkrét példát: Török Elemér költészetét, aki 1954-ben Ozsvald Árpáddal és Veres Jánossal egy kötetben indulva mutatkozott be. Fábrynak a „frázishínár” jut eszébe Török Elemér *akkori* verseit olvasva: „a pontosság lelkesedése”, mely „a plakátstílus nyomdafestékével van felmázolva”. Sorai nyersegek – írta Fábry – „ki nem daloltak” s többnyire „lírai fogalmazásokkal” váltakoznak. A stószai kritikus szerint csupán „szerelmi lírája felfigyeltető”.

Turczel Lajos már úgy értékeli, hogy Török Elemér – Ozsvaldal és Veressel együtt – „a harmadvirágzás úttörő lírikusai” közé tartozik. Fogyatékoságai ellenére a kritikus arról szól, hogy „mi bízunk ebben a fiatal költőben”, hiszen „a kemény elszántság... bizakodóvá tesz bennünket. A „pedagógiai kritikus” Turczel tanár úr a szigorú kritikus Fábry Zoltán szavaival biztatja az indulót, a fiatal verselőt: „Légy költő, légy névadó, a szlovákiai magyar verselő... nézz és törj nagyobbakra: névadásra! Kevesebb verset és több költészetet: ez legyen a jelszó!”

Ezekben az – ötvenes-hatvanas – években Fábry Zoltán mellett Turczel Lajos foglalkozott behatóan – pedagógiai kritikusként – a

szlovákiai magyar irodalommal, tágabban az irodalmi élettel és hatásaival. Egyik tanulmánya, *Lemaradottság, sematizmus, utósematizmus* azonos évben jelent meg Dobos László első regényével, 1963-ban. Rövid elemzésében Turczel szerencsésen ötvözi a politikai dogmatizmus és az irodalmi sematizmus – adott esetben – egymástól elválaszthatatlan kapcsolatát. Objektív okokat említ az 1945–1948-as évekből (ezeket mi már érintettük). Továbbá az általános – embert, költőt és írók körülvevő – politikai háttérrel bizony figyelembe kell venni. Ugyanis – mint Turczel Lajos magyarázatként megállapította: „a sematizmus virágkora idején (1950–1956) a mi... irodalmunkban az erkölcsi bátorság problémája fel sem merült. Művészileg és politikailag tapasztalatlan költőink (és íróink) a sematizmus által kitűzött egyoldalú eszmei posztulátumokat lelkesen és meggyőződéssel tették magukévá, mert azok mögött egyrészt a magyarság jogait visszaadó Február fedezetét, másrészt a szocializmus perspektíváit érezték”. (Turczel, 1965, 256.)

Dobos László is kitér a cseh/szlovákiai sematizmus problémáira. A *Gondok könyvében*: „Irodalmunkkal együtt megéltém a sematizmus idejét: keserű, tanulságos élmény... A megaláztatások nyomása alól szabadulva az otthon, a haza, az élet öröme terjedt közénk. A sematizmus ezt fokozza fel, ezt torzítja éjjelnappali tapsolássá, éljenzéssé... heves lázként hirtelen lobbant fel a túlradó dicsőítés, szépités... nyelvünkön a hála éneke (bűn és bűnhődés nélkül) – borzongató ellentétek”.

EBBE a társadalmi és főként irodalmi állapotba lépett (be) Fábry Zoltán. „A sematizmus heveny állapota – folytatja Dobos László – irodalmunkban viszonylag rövid. Fájó, hogy egybeesett az indulással...” (Dobos, 1983, 201–202.)

Két esemény rövidítette a szlovákiai irodalmi sematizmus idejét. Az egyik: „Köszönhető ez Fábry Zoltánnak, aki a háború utáni első írásaitól haláláig minden sematikus gondolat ellensége és irtója. Két kiemelkedő jelentőségű, *Kevesebb verset – több költészetet* és *Antisematizmus* című tanulmányával torlaszt emel e zsákutca bejáratához. Mondván: erre irodalmi út nem vezet. Fábry a sematizmus ellenmérge...”

A másik, időt rövidítő tényező: „Rövid volt a sematizmus ideje, köszönhető ez Tözsérék, Cselényiek költői belépőjének is, akik vad haraggal vetették el a dogmatikus élet- és irodalomszemléletet”.

Erre a felismerésre jut Görömbei András is, aki összefoglaló monográfiájában arról ír: „Az igényeket Fábry esszéi, Turczel Lajos kritikái és Dobos László »szélesebb irodalmi látóhatárt« követelő, határozott koncepcióról tanúskodó írásai jelentették be elsősorban, de egyre nagyobb szerepet kaptak ebben a még fiatalabbak, főleg Tözsér Árpád és Cselényi László”. (Görömbei, 1982, 169.)

Csupán emlékeztetni szeretnénk arra, hogy az 50-es évek elején Magyarországon is a sematizmus volt az irodalom egyik fő gondja (Lukács György, Révai József szerepe a sematizmus felszámolásában, a pozitív hős szerepe stb.). Az esztétikumot s mindazt, ami abból következik: kevésbé kérték számon (ez már Lukácsnál is feltűnő volt). Sajátos értékrendjével Fábry Zoltán előttünk (magyar irodalom) járt. Ugyanis: Fábry számára többnyire a művek mögött föllelhető írói magatartás erkölcsi súlya volt fontos. A bizonyult kölcsönhatások gyakran zavarják egymást, a mondanivaló világos megértését. Azt, hogy voltaképpen az *esztétikai* (értékrend) vagy a művek *erkölcsi* (magatartás) súlya a fontosabb, a vizsgálendő.

Az ötvenes évek közepén írt tanulmányai-ban Fábry Zoltán – érthetően – állandóan a viszonyítási pontokat keresi. Így méri a „harmadvirágzás” értékeit is. Úgy látja, hogy az első, illetve a második virágzás költőihöz képest az indulók – „talán az egy Bábi Tiboron kívül” – még nem jutottak túl a középszeren, ami azonban nem azt jelenti, hogy „legújabb fejlődésünkben ne lássunk határozott felfelé ívelő vonalat”. Ennek bizonyosságául idézi föl Dénes György, Gyurcsó István és Veres János költészetét, új köteteik ürügyén.

A *Res poetica*-ban Fábry a költészetet részesíti előnyben. Ugyanis azt írja: „A költészet: névadás. Maradandó definíció... A névadás: névteremtés... A költő csak így – e névadással – lehet milliók szava”. A magunk részéről a kört inkább tágítjuk, s nem csak a költészetre vonatkoztatjuk, hanem az irodalmi művekre általában. Abban egyetérteni lehet Fábryval, amikor a *provincializmussal* szemben a *világnyitottságot* szorgalmazza mint igényességet.

Az *Antisematizmus*-ban Fábry Zoltán mindvégig éberrel tartva jelenti ki saját értékrendjét. Ez pedig: az irodalmi alkotás (költészet, epika stb.) művészi értékében realizálódik. A művészet és a valóság kapcsolatában Fábry Zoltán megismétli: „A költő csak név-

adó. A vers: törvény”. (Fábry, 1968, 33.) De ő is messi kiáltja – miként Turczel Lajos korábban megállapította –, hogy „a sematizmusról nem lehet a dogmatizmus nélkül beszélni. Összetartoznak. A sematizmus: okozat; okát a dogmatizmusban kell keresni. A sematizmus nem más, mint felhígított, vulgarizált dogmatizmus”. (Turczel, 1965, 258.)

Az *Antisematizmus*: hatalmas összegzés. Abban az értelemben is, hogy az előbbi négy tanulmány egész követelményrendszere benne foglaltatik. Abban az értelemben is: összegzésével *bizonyos* nyugvóponttra juttatja a szlovákiai magyar irodalom *korabeli* problémáit. A továbbiakban megkerülhetetlen lesz/lett: „a költészet az őszinteség műfaja. A sematizmus: alkalmazkodás, sablonalkalmazás, frázis, őszintétlenség. A költészet ipso facto: antisematizmus... A költészet: lélek, szellem, ember. *A költészet a humánium műfaja*. A költészet a vox humana... A lényeg az emberiség. Az írás lényege és értelme, mértéke és értéke: a vox humana”. (Fábry, 1968, 337.)

„Beszéljen a vers és a novella, bizonyítson a dráma és a regény”. (Fábry, 1968, 367.)

Kulcsszavak: szülőföld, táj, történelem, kisebbségi szerepkör, irodalom, irodalmi hatás, sematizmus, antisematizmus

IRODALOM

- Arató Endre (1969): *A magyar-cseh-szlovák viszony ötven éve*. Kossuth, Budapest
 Arató Endre (1977): *Tanulmányok a szlovákiai magyarok történetéből 1918–1945*. Magvető, Budapest
 Csanda Sándor (1971): *Harmadik nemzedék*. Madách, Bratislava
 Dobos László (1983): *Gondok könyve*. Madách, Bratislava
 Fábry Zoltán (1963): *Harmadvirágzás*. Bratislava
 Fábry Zoltán (1968): *Stószai délelőttiök*. Madách, Bratislava

- Fábry Zoltán (1991): *Üresjárat 1945–1948*. Regio–Madách–Kalligram, Budapest–Pozsony
 Fónod Zoltán (1987): *Megmozdult világban*. Madách, Bratislava
 Fónod Zoltán (1993): *Perben a történelemmel*. Madách, Pozsony–Bratislava
 Fónod Zoltán (2003): *Számvetés*. Madách–Pozsonium, Bratislava–Pozsony
 Fónod Zoltán (2004): *Önarcképek*. Madách–Pozsonium, Bratislava–Pozsony
 Görömbei András (1982): *A csehszlovákiai magyar irodalom 1945–1980*. Akadémiai, Budapest

- Kovács Győző (1973): A Fábry-életmű kutatásáról. Problémák és feladatok. In: *Fábry Zoltán kortársai szemével*. Madách, Bratislava
 Kovács Győző (2007): A vox humana forrásvidéke. Magyar Tudomány, 168, 4, 490–495.
A Magyar írók első kongresszusa (1951). Művelt Nép, Budapest, 133–143., 267–275.

- Szeberényi Zoltán (1986): *Visszhang és reflexió*. Madách, Bratislava
 Szeberényi Zoltán (2000): *A magyar irodalom Szlovákiában 1945–1999*. Ab-Art, Bratislava
 Turczel Lajos (1958): *Írások mérlegen*. Szlovákiai Szépirodalmi, Bratislava
 Turczel Lajos (1965): *Írás és szolgálat*. Szlovákiai Szépirodalmi, Bratislava



Vélemény, vita

EGY SIKERES ISKOLAI INTEGRÁCIÓS PROGRAM HATÁSÁNAK ELEMZÉSE

Kabai Péter

PhD, egyetemi docens,
Szent István Egyetem Állatorvos-tudományi Kar Ökológiai Tanszék
peter.kabai@gmail.com

Magyarországon az integrált oktatás, ezen belül a roma és nem roma tanulók integrált oktatása fontos és forró téma a közoktatás kutatói és minden állampolgár számára. Az integráció-szegregáció kérdésről mindenkinek van véleménye, de keveseknek van megbízható adatuk. Érthető tehát, hogy mind a szakma, mind a közvélemény nagy érdeklődéssel fogadta Kézdi Gábor és Surányi Éva (2008) kutatási összefoglalóját, mert ez a mű egy nagyívű integrációs program hatását végre konkrét adatok alapján elemzi. A hatásvizsgálat legfontosabb tanulsága a szerzők szerint az, hogy a programiskolákban tanulók eredményei, ha kis mértékben is, de mindenben jobbak, mind a hagyományos iskolákban, és ami nagyon fontos, a javulás minden gyereket érint, tehát a roma tanulók nem a többségi gyerekek kárára fejlődnek. Ez az üzenet megjelent a sajtóban, és oktatáspolitikai döntések hivatkozási alapjává vált.

Mindez azonban úgy történt, hogy a szerzők megkerülték a többi tudományterületen kötelező szakértői bírálat (*peer review*)

rendszerét. A tudomány nemzetközi folyóirataiban csak olyan közlemény jelenhet meg, amelyet legalább két opponens véleményez. Opponensekre (vagy ahogy a Nobel-díjas Békésy György fogalmaz: ellenségekre) szükség van, mert ők helyzetükből adódóan időt és energiát fordítanak az esetleges hibák feltárására. Hibák, ellentmondások pedig szinte minden kéziratban vannak. A szigorú szűrő nem garancia arra, hogy a megjelent közlemény hibátlan, az opponensek nélküli házi kiadványokat azonban a szakma általában nem veszi komolyan: ha jók az eredmények, miért nem jelentek meg a megfelelő folyóiratban?

Vannak kivételek. Például a tizenöt éves tanulók teljesítményét felmérő PISA-vizsgálat eredményei előbb jelentek meg kutatási összefoglalóként, és csak később születtek ezek alapján tudományos közlemények. A felmérés eredményei, egy több mint százezer tanuló adatait tartalmazó adatbázis azonban korlátozás nélkül hozzáférhető, így a teljes nyilvánosság lehetővé teszi az interpretáció ellenőr-

zését. Kézdi és Surányi adatai nem nyilvánosak, tehát az olvasó csak a gondosan megírt tanulmány metodikája, táblázatai és grafikonnjai alapján mondhat véleményt arról, mennyiben fogadja el a szerzők következtetéseit. Tanulmányomban arra vállalkozom, hogy utólagos opponensként elemezzem a mintavételezés, adatfelvétel és statisztikai eljárások megbízhatóságát. Biológusként ebben van gyakorlatom, ezért erre szorítkozom.

A szerzők egy integrációs programban részt vett bázisiskolák, és a programban részt nem vevő kontrolliskolák összehasonlítása alapján következtettek a program hatására. A kontroll kiválasztására nagy hangsúlyt fektettek, és az összehasonlító táblázatokból kitűnik, a bázis- illetve hagyományos iskolák minden változóban, többek között a tanulói összetételben is nagyon hasonlóak. Ezzel együtt a szerzők világosan látják e megközelítés korlátait: „Abban pedig még inkább bizonyosak vagyunk, hogy a kimutatott bázis/kontroll különbségek mögött nem a tanulói összetétel különbsége áll, így a tanulói eredmények eltérései a bázisiskolák jobb eredményességének köszönhetők – akár a program hatására, akár attól függetlenül.” Akár a program hatására, akár más miatt?

A tanulmány angol nyelvű változatában leírják, hogy a kutatás szempontjából jobb lett volna, ha a programiskolák kiválasztása véletlenszerűen történik, de a kiválasztás nem volt véletlenszerű. A tanulmány sajnálatos módon azonban nem diszkutálja, hogy mik voltak a bázisiskolák kiválasztásának szempontjai, ezt más forrásból tudhatjuk meg. A programba sikeres pályázat alapján juthattak be az intézmények, a pályázat feltétele volt többek között az, hogy „Az intézmény legyen képes eredményeket felmutatni a hátrányos helyzetű, különösen a roma diákok minősé-

gi oktatása, továbbtanulása terén...” (OOIH pályázati felhívás, 2003). Mivel a programba olyan iskolák kerülhettek be, amelyek eleve az átlagosnál jobb teljesítményt nyújtottak, a kontrolliskolák kiválasztásánál pedig ez nem volt szempont, a mintavételezés torzított. Ezzel a szerzők valószínűleg maguk is tisztában vannak, és több helyen óvatosságra intik az olvasót: „Mivel a programban való részvétel nem véletlenszerű kiválasztás eredménye volt, teljes bizonyossággal sosem fogjuk tudni eldönteni, hogy valóban a program hatásáról van-e szó, vagy a résztvevő iskolák a program hiányában is jobb eredményeket értek volna el.” Valójában eldönthetnénk, mert nagyon egyszerű lett volna (vagy lenne akár most is) korrigálni a továbbtanulási mutatókat a program előtti adatok alapján. Ha például a roma tanulók továbbtanulási mutatói 10%-kal jobbak voltak a bázisiskolákban a program bevezetése előtt, mint a kontrollként kiválasztott intézményekben, akkor a programnak nincs hatása a továbbtanulási mutatókra. Sok vizsgálatban vagyunk kénytelenek nem véletlenszerűen választott mintával dolgozni, de ilyenkor kötelességünk elárulni a kiválasztás szempontjait, mérlegelni, ez okozhatott-e torzítást, és ha igen, akkor erre korrigálni kell. A szerzők nem végeztek korrekciót a program bevezetése előtti továbbtanulási mutatók alapján, sőt, ami nagyon furcsa, említést sem tettek a kiválasztás szempontjairól. Érdekes lenne tudnunk például, hogy volt-e a kontrolliskolák között olyan, amelyiknek pályázatát visszautasították az első körben.

További torzításra adhat lehetőséget, hogy a szerzők a negyvenöt bázisiskolából tizenöt intézményt kihagytak. Bár a szelekció véletlenszerűen történt, a kis számok miatt nem zárható ki annak lehetősége, hogy a vizsgá-

latba vont harminc intézmény különbözik a kizárt tizenötötől a továbbtanulási mutatókban. Megnyugtató lenne erről adatokat látni.

A tanulmányban alkalmazott adatcsoporthoz és a statisztikai módszerek zöme nem megfelelő. Minden változó elemzéséhez négy csoportot hasonlítanak össze: roma, nem roma, hátrányos helyzetű, nem hátrányos helyzetű. A csoportok azonban nem függetlenek, a roma tanulók kétharmada egyben hátrányos helyzetű is. A roma és a hátrányos helyzetű csoport, a nem roma és nem hátrányos helyzetű csoport jelentős átfedése miatt ugyanarra a változóra kétszer hasonlítják össze a tanulók többségét. A szerzők által elfogadott 10%-os, amúgy sem erős szignifikanciaszint tehát nem jelez valódi különbséget.

A véletlen különbségek valószínűségét tovább növeli, hogy nagyszámú változót páronként hasonlítanak össze. A változónkénti összehasonlítás hasonló hibát okoz, mint a csoportok közötti átfedés. Ha a bázis- és kontrolliskolák roma tanulóit tíz változóban hasonlítják össze, akkor várható, hogy ezekből egy esetben véletlenül kapnak különbséget 10%-os szignifikanciaszinten. Páronkénti összehasonlításakor valamilyen korrekcióra van szükség (például Bonferroni-korrekció). A tanulmányban közölt összehasonlítások száma és a csoportok átfedése miatt még az 1%-os szint sem fogadható el szignifikáns különbségnek. Nem azt állítom, hogy nincsenek valós különbségek a bázis- és kontrolliskolák között, hanem azt, hogy a hibásan alkalmazott statisztika bizonytalansága miatt jóslni sem lehet, melyek a valós és melyek a véletlen különbségek. A hiba kiküszöbölhető lett volna többváltozós statisztika alkalmazásával.

A tanulmányban sok a nem szignifikáns különbség. A tanulókra vonatkozó változókban (szövegértés, önkép stb.) negyven-

nyolc esetben nem érte el a szignifikanciaszint a 10%-ot. Ha a különbségek nem szignifikánsak, a háttérben lehet véletlenszerű fluktuáció, valóságos, de gyenge tendencia vagy adatfelvételi torzítás. A negyvennyolc nem szignifikáns összehasonlításból négy esetben az értékek azonosak voltak, harminckilenc esetben a bázisiskolák tanulóinak eredménye kedvezőbb volt, s mindössze öt esetben voltak magasabbak az értékek a kontrolliskolákban. Ez nem lehet véletlen, a nem szignifikáns különbségek is tendenciára utalnak, amit meggyőzőbben lehetne egy többváltozós modellben igazolni. Ez természetesen nem oldja meg az alapproblémát, ami a torzított mintavételből adódik.

Mindezek előrebocsátásával nézzük meg, milyen különbségek adódtak a bázis- és kontrolliskolák elsősorban roma tanulóí között.

A program hatása az iskolai teljesítményre

A szerzők a program 4. évében összehasonlítják az integráltan és a szegregáltan oktató iskolák tanulóit egy szövegértési tesztben, illetve a továbbtanulás sikerességében. Mivel a különbségek nemcsak a program hatásából, hanem a tanulók eltérő képességéből is adódhatnak, a program második évében felmérték a gyerekek kognitív készségét, és a teljesítményadatokat erre korrigálva is közlik.

A szövegértési tesztben a bázisiskolák roma tanulóí kicsit jobban teljesítettek a kontrollhoz képest (5.4 táblázat) mind az alsó, mind a felső tagozatban. A különbség mérsékelt, csak 10%-os szinten szignifikáns, legfeljebb tendenciának tekinthető. A szerzők a legfontosabb eredménynek azt tartják, hogy a roma tanulók fejlődése nem a többi gyerek rovására történt, „mert a bázis/kontroll különbség az ő esetükben inkább pozitív, bár nem szignifikáns”. Egy alig szignifikáns és

egy nem szignifikáns különbség alapján nem jogos ilyen következtetést levonni. A szerzők a szövegértési teljesítményt úgy is elemezték, hogy tanulóként korrigálták a két évvel korábban mért kognitív teszt eredményére. A korrigálás után eltűnik az eleve bizonytalan bázis-/kontroll különbség a roma tanulók esetében. A szerzők szerint az eredmények nem szolgálnak erős bizonyítékkal arra, hogy a bázisiskolában a program hatására javult volna a szövegértés. Egyetérthetünk ezzel a konklúzióval.

Érettségit adó középiskolába a sikeres felvételi minden tanulóí „csoportban” magasabb a bázisiskolák esetében. A többszörös összehasonlítás, a csoportok átfedése ellenére is ez a különbség annyira jelentős, hogy korrekt statisztikai elemzés mellett is valószínűleg fennmaradna. Jelenti-e a jobb beiskolázási arány a program sikerét? Nem feltétlenül. A szerzők felvetik annak a lehetőségét, hogy a bázisiskolákból talán a programtól függetlenül is több gyerek került volna középiskolába, ezért a felvételi adatokat a kognitív teszt eredményeivel korrigálták. Korrekció után ugyanúgy, mint a szövegértési tesztben, a különbségek szignifikanciája elolvad a roma tanulók esetében. A szerzők szerint a különbség csökkenésének oka vagy az, hogy a bázisintézmények roma tanulóí eleve jobb képességűek, vagy az, hogy a korrigált összehasonlításban nem szerepelnek az évet ismétlő gyerekek. Ez a fontos kérdés egyszerű statisztikával tisztázható lett volna.

Összefoglalásként, a szerzők szerint „Az eredmények összhangban állnak azzal, hogy a bázisiskolába járó tanulók szövegértési készségei a program hatására növekedtek jobban a kontrolliskolába járó társaikhoz képest, de nem szolgálnak erős bizonyítékokkal.” A továbbtanulási siker nem értelmezhető, amíg

a mintavételezés esetleges torzítására nem korrigálnak a szerzők. Ezzel együtt a kognitív készségre kontrollálás után a szerzők szerint sincsenek a bázisiskolák roma tanulóí előnyben a kontrollhoz képest. Miben mérhető a tanulmány címében megfogalmazott siker?

A program hatása az önértékelésre

Bár a program hatása a tanulók teljesítményére kétséges, ettől függetlenül pozitív hatása lehet a roma gyerekek önértékelésére, hozzáállására, ami közvetett módon befolyásolhatja a későbbi sikerességet. Általánosságban azonban pont ez a két fejezet a legnehezebben értelmezhető része a tanulmánynak. A szerzők az önértékelés és az etnikai előítéletesség vizsgálatához különböző ismert és validált tesztek módosítottak, rövidítettek, és ezeket „országosan reprezentatív mintán” standardizálták. A tesztekéről, a standardizálás módjáról keveset tudhatunk meg. Megítélni a módosítás utáni tesztek validitását lehetetlen, mert a szerzők nem közlik a tesztkérdések megfogalmazását.

Az összes hiányosság fellelhető a sorsírányítási képesség mérésének közlésében. Erről az eszközről annyit tudhatunk meg, hogy a jól ismert Rotter-féle skálát lerövidítették négy kérdésre, és ezt országosan reprezentatív mintán standardizálták. A standardizálás módját, a validitásra vonatkozó adatokat nem közlik, de még a négy kérdést sem osztják meg az olvasóval. Kár, mert enélkül sejteni sem lehet, hogy a bázisiskolákban miért a roma tanulók gondolják leginkább, hogy képesek saját sorsukat irányítani (6.1 táblázat).

Az önértékelés-teszt kérdései is homályban maradnak. A szerzők Susan Harter harminchat tételes kérdőívét rövidítették le tíz kérdésre, valamint Maurice Rosenberg tízitemes skáláját négy kérdésre, de a kérdéseket nem

közlük. Miért fontos, hogy ismerjük a vizsgálatban használt kérdéseket? Harter eredeti kérdőívében például az iskolai kompetenciára vonatkozó hat kérdésből három az iskolai előmenetelre vonatkozik (például nagyon jó az iskolai munkában), három inkább kognitív készségekre kérdez rá (például van olyan okos, mint a többi gyerek). Hasonló módon a Rosenberg-féle skála is különböző töltetű kérdéseket tartalmaz (például ugyanolyan jól működöm, mint a legtöbb ember; úgy érzem, nincs mire büszkének lennem). Az eredeti tesztek sokszoros mintán, sokszor, sokféle hipotézis tesztelésére használták, elég jól tudható, hogy mit mérnek. A szerzők által módosított tesztekéről nincs ilyen ismeretünk.

Bár nem tudható, hogy pontosan mit mérnek a tanulmányban hivatkozott tesztek, tegyük fel, hogy alkalmasak a bázis- és kontrolliskolák összehasonlítására. A programban részt vevő roma tanulók önértékelése egyetlen kérdés alapján sem volt pozitívabb a kontrolliskolákhoz képest (6.1 táblázat), a kérdések összesítésében sem tekinthető a különbség erősen szignifikánsnak ($P = 0,1$). A többszörös páronkénti összehasonlítások alapján korántsem indokolt tehát azt állítani, „...hogy a bázisiskolák tanulói az önértékelése mindig pozitívabb, akár romák, akár nem romák, akár hátrányos helyzetűek, akár nem hátrányos helyzetűek.” Az adatok inkább arra utalnak, hogy a kétféle iskola között leginkább a nem roma tanulók önértékelésében van különbség, ami érdekes eredmény, de a szerzők nem diszkutálják.

A szerzők ezek után a pozitív önértékelés adatait kontrollálják a két évvel korábbi önértékelésre és a „jó benyomás keltésére”: így már minden csoportban szignifikáns különbség van a bázisiskolák javára (6.6 táblázat). Az eredmény megítélése azonban lehetetlen,

mert a szerzők nem közlik sem a két évvel korábbi önértékelési adatokat, sem a korrekció módját. Mivel a jó benyomás keltésében nem volt különbség a két iskolacsoport roma tanulói között, a különbséget növelhette, hogy a program 2. évében a bázisiskolák roma tanulói önértékelése esetleg alacsony volt. Ha így van, akkor vajon mi lehet ennek a hátterében? Sajnos az sem biztos, hogy ez így lenne: a tanulmány angol nyelvű változata (Kézdi – Surányi, 2009) szerint a korábbi önértékelés helyett egy másik tesztre (sorsírányítási képességre) és talán a családi háttérre is kontrolláltak, habár a megfelelő táblázatok számai azonosak. A különbség oka az is lehet, hogy a két évvel korábbi felmérésre korrigálva kihagyták az osztályismétlő tanulókat, akik arányáról azonban nem közölnek adatot.

Az önértékelést becsülő harmadik vizsgálatot (megküzdési készség) nem meglevő tesztek adaptációjával végezték. A saját fejlesztésű teszt négy tételéből mindössze egyet közölnek („Vannak gyerekek, akik sokáig emésztik magukat, ha valaki megbántja őket/Vannak gyerekek, akik könnyen elfelejtik a sértéseket”), így nem tudhatjuk, hogy a megküzdési képesség számos dimenziójából (pl. konfrontatív, eltávolodó, menekülő, önkontrollos, tervszerű stb.) mire kérdeztek rá. Az értékelést tovább nehezíti, hogy a szerzők által kifejlesztett teszt lényeges módon különbözhet a széles körben használatos eszközöktől. Ezek ugyanis konkrét stresszhelyzetekre adható konkrét reakciókra kérdeznak rá. A példamondatot módosítva valami ilyesmi lehetne a kérdés: Sokáig emésztet magad, ha megbántanak?

Ha összehasonlításra elfogadhatónak tartjuk a tesztet, akkor azt látjuk, hogy bár a roma tanulók megküzdési képessége jóval alacsonyabb a nem romákéhoz képest, a bázisisko-

lák roma tanulói értéke szignifikánsan magasabb, mint a kontrolliskolákéi.

A program hatása az „etnikai előítéletességre”

Az etnikai sztereotípiákat a szerzők egy saját maguk által kidolgozott ötételes kérdőívvel vizsgálják, amelyből csupán egyetlen tétel megfogalmazását közlik. Az eredmények alapján (7.1 ábra) úgy tűnik, a nem romák romákról alkotott véleménye kiegyenlített a bázis/kontrollcsoportokban: két kérdésben a kontrolliskolák nem roma tanulói adnak magasabb pontszámot, kettőben a bázisiskolák tanulói, egy fontos kérdésben (iskolai teljesítmény) nincs különbség bázis és kontroll között.

A szerzők úgy kutakodnak tovább, hogy az öt kérdést leszűkítik „a három objektívebb kérdésre”. Melyik kérdést tekinthetjük objektívebbnek, „a romák jól néznek ki”, vagy azt, hogy „a romáknak sok barátjuk van”? Megleppő módon a szerzők szerint a kinézet-ről alkotott vélemény objektívebb, mint a barátok száma. A kinézet, jó viselkedés és iskolai teljesítmény tételekre szűkítve a válaszadást, a bázisiskolák nem roma tanulói szignifikánsan jobb a véleménye a romákról, mint kontrolltársaiké. Ez az eljárás azonban megengedhetetlen a statisztikában. Ha öt változó alapján nincs két csoport között különbség, nem lehet kicsemegézni azt a hármat, amelyben előadódik a számunkra kedvező differencia. Ezzel együtt, a különbség bár szignifikáns, abszolút értelemben nagyon kicsi. A legnagyobb különbség az öt tétel közül a „szeretnek olyanok lenni, amilyenek” kérdésben adódott. Erre a bázisiskolák nem roma tanulói átlagosan 6, a kontrolliskolások átlagosan 6,5 pontot adtak egy tízes skálán.

A szerzők külön vizsgálták a szociális távolságtartás mértékét a két etnikum között

Emory S. Bogardus (1928) társadalmi távolság skálájának módosításával. Az eredeti kérdőív egyetlen dimenziót mér kumulatív skálán, azaz a kérdésekre adható igen-nem válaszok mintázata olyan, hogy egyetlen kérdés alapján jellemezhető a távolságtartás mértéke. Az adott helyzetre alkalmazva a skálát például így képzelhetők el a kérdések: romával szívesen (1) barátkoznál-e (2) ülnél-e egy padban (3) járnál-e egy osztályba (4) járnál-e egy iskolába, illetve (5) jobb volna az iskolánk romák nélkül. A teszt standardizálása során fontos szempont a válaszmintázat reprodukálhatósága: a példánál maradva, ha igazolódik, hogy aki szívesen lenne roma tanuló padtársa, az elfogadná az iskolában és az osztályban is a jelenlétüket, illetve aki nem látja szívesen a romákat az iskolában, az nem is barátkozna velük, akkor a skála jól méri a távolságtartás intenzitását. Ez egyetlen számmal kifejezhető: aki az első kérdésre igent mond, az 1 pontot kap, aki az ötödikre, az 5 pontot. A magas pontszám tehát nagy távolságtartást jelez.

A szerzők Bogardusra hivatkozva állítottak össze egy nyolcitemes kérdőívet, eszközüik azonban nem felel meg az eredeti skála kritériumának. Az eltérés lényeges. A kérdések valószínűleg nem egy dimenziót képviselnek, és talán ebből adódik a nagyobb baj: a skála nem kumulatív, a tényleges válaszok alapján (7.2. ábra) lehetetlen a kérdéseket sorrendbe állítani. Ebből a szempontból egyébként megleppő, hogy a nem roma gyerekek több mint fele szívesen lenne roma tanuló barátja, de csak negyede ülne szívesen vele egy padban (feltéve, hogy valóban így szóltak a kérdések, mert ezek pontos megfogalmazását nem közlik). Mivel a szerzők a megleppő eltérés okát nem diszkutálják, csak találgatni lehet, mi van a háttérben. A legvalószínűbbnek az tűnik, hogy a gyerekek tényleges tapasztalataik, él-

ményeik alapján válaszoltak a legtöbb kérdésre, pl. akinek ténylegesen van roma barátja, nem feltétlenül szereti a konkrét padtársát.

A kumulativitás hiánya azért fontos, mert alapvetően meghatározza az adatok elemezhetőségét. A szerzők nem kumulatív skálája alapján nem lehet távolságtartási szintet megállapítani. Itt is, mint a tanulmány más részeiben is valószínűsíthető, hogy valójában többszörös összehasonlításról van szó. Például a meghívód-e vendégségbe, elmennél-e hozzá vendégségbe két független itemként szerepel, pedig valószínűleg ugyanarra a tényezőre kérdeznek rá, a válaszok hajszálpontosan azonosak. Itemenként nézve a szerzők megállapítják, hogy „A bázisiskolákban azonban – kicsivel ugyan, de minden területen – nagyobb a romákkal kapcsolatban nyitottabb nem roma tanulók aránya.” Ezek után a szerzők összesített skálát képeznek úgy, hogy „az egyes kérdésekre adott igen válaszok százalékának a kérdésenkénti átlagát” számolják ki, ebben a bázis- és kontrolliskolák nem roma tanulói közötti különbség szignifikáns, 5%-os szinten. Szemben a Bogardus-féle skálával, az „összesített skála” nehezen értelmezhető, mert nem tekinthető elfogadási szintnek. A két iskolatípus közötti különbség a 7.2 ábra alapján abból adódik, hogy a bázisiskolákban 35%, a kontrolliskolákban 30% körüli az igen válaszok aránya. Ez az átlag tartalmazza az 50% körüli elfogadást (barátság, egy osztály) éppúgy, mint a nagyon határozott visszautasítást (házasság, vendégség, szomszédság), és egyik iskolatípusban sem mondható magasnak.

A szociáldominancia-orientáció (SDO) vizsgálat elemzésére nem térek ki részletesen, mert ha valóban azokat a kérdéseket tették fel, melyeket példaként közreadtak, akkor nem SDO-t mértek, hanem valami mást. A szerzők két példája: „vannak-e olyan emberek,

akik értékesebbek másoknál”, illetve „a játékban maga a játék a fontos, vagy a nyereség” az eredeti kérdőívben így szól: „Vannak-e olyan csoportok, akik értékesebbek másoknál”, ill. „A győzelem fontosabb, mint *ahogyan* játszunk”. A különbség lényeges, az eredeti SDO-kérdőívek a társadalmi igazságosság, egyenlőség, egyenlő esélyek fontosságára kérdeznek rá. A bázisiskolák roma tanulói a kontrollhoz képest szignifikánsan alacsonyabb pontszámot érnek el, a jó benyomás keltésére való korrigálás után a különbség lecsökken.

A társas szorongás mérésére adaptált teszt kérdéseiből példát sem adnak. Elfogadva, hogy a teszt összehasonlításra alkalmas, azt látjuk, hogy a 4. osztályos tanulók esetében nincs különbség a kétféle iskolatípus között, a 8. évfolyamos gyerekek a bázisiskolában kevésbé szoronganak, mint a kontroll, kivéve a roma tanulókat, ahol nincs különbség.

A fejezet tanulságait illetően a szerzők a bázis- és kontroll különbségekről nagyon pozitív összefoglalást adnak: „a bázisiskolák nem roma tanulói kevésbé sztereotíp módon látják a romákat, kisebb társadalmi távolságot tartanak tőlük, és kevésbé gondolkodnak társadalmi hierarchiában. [...] Ám a roma tanulók esetében is igaz, hogy a bázisiskolák tanulói kevésbé szoronganak, és kevésbé fogadják el a társadalom hierarchizáltságát.”

Valójában a felsorolt különbségek egy része nem szignifikáns, illetve ahol szignifikáns a különbség, ott a mértéke nem túl nagy. Nagyobb baj, hogy a szerzők által adaptált, illetve kifejlesztett tesztek alkalmassága nem ítélnélhető meg. Van még egy, eddig nem említett forrása a bizonytalanságnak. Nem tudjuk, hogy a program keretében mekkora hangsúlyt fektettek a tanárok a különféle sztereotípiákkal való leszámolásra, és mivel nem is-

merjük a kérdéseket, nem ítélnélhető meg, hogy az esetleges bázis-kontroll különbségek valódi attitűdváltozást vagy pusztán verbális megfelelést tükröznek-e. Ezen nem segít, hogy minden eredményt kontrolláltak a „jó megfelelés” tesztre: a bázisiskolák tanulói tudták, kontrolltársaik pedig nem, hogy milyen elvárásoknak kell megfelelniük.

A szerzők ezek után azt boncolgatják, hogy miben rejlik a program hatása, amire azért nem térek ki, mert itt csak leíró statisztikát közölnek. Az utolsó, statisztikai elemzést is tartalmazó fejezet fontos, azt kutatja, hogy van-e hatása az osztály etnikai összetételének a tanulók teljesítményére, önértékelésre, távolságtartására. A szerzők az osztály etnikai összetételének függvényében a legkisebb négyzetek módszerével végeznek regressziót a különböző változókra.

Az alsó tagozatosok szövegértése a románem roma, bázis-kontroll összehasonlításban egyaránt romlik a romák arányának növekedésével (9.1 ábra). A romlás a bázisiskolákban az ábrák alapján lineáris, a görbétet extrapolálva azt látjuk, hogy a roma tanulók számára az lenne az optimális osztály, ahol egyetlen roma sem tanul. A szerzők az adatokat azonban más szempontból interpretálják: „A programiskolák elsősorban azokban az alsós osztályokban tudtak számottevő sikereket elérni a roma tanulók olvasáskészsége terén, ahol azok aránya 30% alatt marad.” A „számottevő siker” azonban csak a kontrolliskolákhoz képest jelentkezik, abszolút értelemben egyértelmű a zuhanás. Meglepő módon, a tanulmány angol nyelvű változatának ábrája eltér a magyarétól, a bázisiskolákban a roma tanulók teljesítménye meredekebben zuhan, és ennek megfelelően a szerzők itt nem 30, hanem 20%-ban jelölik meg a program eredményességét! A bázisiskolák 8. osztályá-

ban a roma tanulók szövegértése független a romák arányától. Ebben megegyezik az angol és magyar nyelvű változat, ugyanakkor Kézdi Gábor (2007) prezentációjában az látható, hogy a roma tanulók teszteredménye csökken a romák arányának növekedésével.

A szövegértésnél fontosabb lehet a továbbtanulási esély. A bázisiskolákban roma és nem roma tanulók esetében egyaránt meredekebben zuhan a továbbtanulási mutató a romák arányának függvényében (9.2 ábra). Ha egy gyerek egyedüli romaként tanul az osztályban, akkor 70% eséllyel tanul tovább, ez lecsökken 55%-ra, ha a romák száma négy, és kb. 38%-ra ott, ahol a roma tanulók száma nyolc. Az ábra alapján az összefüggés 30%-ig közel lineáris. Hasonló módon, lineárisan csökken a nem roma tanulók továbbtanulási esélye is. A kontrolliskolákban más a helyzet: a romák és nem romák továbbtanulási esélye alacsonyabb, de nem változik drámaian a romák arányának függvényében.

Ezek alapján úgy tűnik, hogy a programiskolákban minél kevesebb roma tanuló van egy osztályban, annál nagyobb eséllyel tud továbbtanulni roma és nem roma tanuló egyaránt. A szerzők ezt az összefüggést figyelmen kívül hagyják, és csak arra koncentrálnak, hogy milyen összetételnél szűnik meg a bázisiskolák előnye a kontrollhoz képest: „a bázisiskolák számottevő sikereket elsősorban a 40% alatti roma arányú osztályokban tudnak elérni”. Ugyanakkor az angol nyelvű változat megfelelő ábrája és szövege mást mond: 20%-ot! A magyar és a később megjelent (ezért talán javított) angol nyelvű változat következtetése közötti különbség talán arra vezethető vissza, hogy a magyar változatban a bázisiskolák adatai között szerepelnek a 60%-os roma arányú osztályok is, míg az angol változatban a bázisiskolákban 50% a

legmagasabb roma arányú osztály. A szerzők talán azért törölték az ábráról a 60%-os roma arányú osztályokat, mert ezek nem tekinthetők integráltak. Bármilyen legyen is az eltérés oka, a 40 és 20% között drámai, ez esetben tragikus a különbség. Mivel a roma tanulók arányát teljes integráció mellett sem lehet 20% alatt tartani a leginkább segítségre szoruló térségekben, fontos lenne, hogy a szerzők közöljék végleges álláspontjukat.

Megfelelő háttér adatok hiányában nehéz a bázis/kontroll mintázat eltérését értelmezni, és több magyarázat is lehetséges. Magyarázat lehet a szűk értelemben vett integrációbeli különbség? Elvileg nem, hiszen itt azonos összetételű osztályokat hasonlítanak össze, az illesztett görbék alakját azonban befolyásolhatja, hogy a báziscsoportban 0–60% (az angol változatban 0–50%), a kontroll esetében 0–80% az értelmezési tartomány. Lehetséges, hogy a nem büntető, tanulói kooperációra alapuló pedagógia csak alacsony roma arányú osztályokban hatékony? Az adatok alapján ez nem zárható ki, hiszen a nem roma tanulók a bázisiskolákból valóban nagyobb eséllyel tanultak tovább. Lehetséges, hogy a program-iskolák a „jobb” osztályokba a jobb képességű roma tanulókat helyezték? Ha így volt, ez megmagyarázza, miért sokkal jobb a romák és nem romák teljesítménye az alacsony roma arányú osztályokban. Érdekes lenne ezért egy olyan elemzés, amelyben a továbbtanulási esélyt a kognitív készségekre korrigálják, hiszen mint láttuk, ilyen korrekció után eltűnik a bázisiskolák előnye a romák számára. Megmarad-e a korrekció után a bázisiskolákban a teljesítmény romlása a roma tanulók arányának növekedésével? Ha igen, akkor inkább a szerzők véleményével ellentétes következtetés vonható le. Nem az integráció, nem az új pedagógiai program, hanem ismert,

de nem diszkutált háttérváltozók (eleve jobb teljesítmény, anyagi támogatás, kapcsolattartás a középiskolákkal stb.) okozták a bázisiskolák jobb teljesítményét, és a program vagy nem hatékony, vagy kifejezetten hátrányos a magasabb roma arányú osztályokban.

A kontrolliskolákban más a mintázat. A romák arányának növekedésével a roma tanulók továbbtanulási esélye szintén csökken, de egy ponton, kb. 50% fölött, enyhén emelkedik. Az ábrán sajnálatos módon nem szerepel a tiszta roma osztályok teljesítménye, holott a 3.1 ábra alapján voltak ilyenek. Ezt fontos volna látni, mert ha a tendencia jellege nem változik, akkor egy tiszta roma osztályból ugyanolyan eséllyel tanul tovább egy roma tanuló, mintha egyedüli romaként haladna egy nem roma osztályban.

A szerzők a *Záró gondolatok* fejezetben felsorolják az integrált pedagógiai program pozitív hatásait, függetlenül attól, hogy a különbségek szignifikánsak voltak vagy sem, abszolút értelemben nagyok vagy kicsik. Megismétlik, „hogy lehetséges a mai Magyarországon olyan integrált oktatást folytatni, amelyben nemcsak a kisebbségi, de a többségi tanulók is jobban fejlődnek sok fontos szempontból, és senki sem jár rosszabbul.” Ez kívánatos cél, de hogy valóban helyállóak-e a szerzők következtetései, csak számos kérdés tisztázása után lehet eldönteni. Ezekből a legfontosabb, és könnyen megválaszolható kérdések a következők. Volt-e különbség a bázis- és kontrolliskolák felvételi mutatói között a program indítása előtt? Ezekre kontrollálva hogyan változnak a romák arányában az egyes osztályok felvételi mutatói? Hogyan változik a szöveg megértési teljesítmény a romák arányának függvényében, ha a számokat a kognitív készségekre korrigálják? Az önértékelésre, távolságtartásra stb. vonatkozó

vizsgálatok eredményei már nehezebben értelmezhetőek a mérési módszerek bizonytalansága miatt. A program értékelése szempontjából ugyanakkor ez talán nem is fontos, mert ha voltak is szignifikáns különbségek, ezek mértéke nem volt nagy.

A mindenkit érintő gyakorlati kérdések kutatói – legyenek azok társadalomtudósok, ökológusok vagy orvosok – felelőssége óriási. A társadalom ki van éhezve egyértelmű válaszokra. Nagy a kísértés, hogy a bizonytalanságok óvatos megfogalmazása ellenére is a kutatás üzenete egyértelmű igen, nem vagy „még nem lehet tudni” legyen. Az orvostudományban és az ökológiában ezért bevett gyakorlat, hogy a kutatás eredményei referált folyóiratokban jelennek meg, az összes információval, ami alapján hitelességük becsülhető. Magas színvonalú nemzetközi folyóirattal cikket elfogadtatni nem kis munka, de meg-

kerülhetetlen része a kutatómunkának. Ebben a tanulmányban egyfajta utólagos opponensként próbáltam felhívni a figyelmet Kézdi Gábor és Surányi Éva (2008, 2009) kutatási összefoglalójának bizonytalanságaira. Erre mindenki felhívást kapott a szerzőktől: „A viták akkor maradnak tudományos kereteken belül, ha azzal foglalkoznak, hogy az alkalmazott módszerek valóban igazolják-e a belőlük levont következtetéseket, illetve azzal, hogy az eredményeknek végül milyen társadalompolitikai következményei vannak. Hatalmas sikernek könyvelnénk el, ha a magyarországi roma kisebbség integrált oktatásáról folyó vitát sikerülne ilyen mederbe terelnünk.” Írásomban a módszerekkel és az azokból levonható következtetésekkel foglalkoztam.

Kulcsszavak: *közoktatás, integrált oktatás, roma, oktatáspolitikai, oktatási reform*

IRODALOM

- Kézdi Gábor (2007): *Az integrált oktatás hatása roma és nem roma tanulóknak*. Előadás. http://www.kormanyszovivo.hu/media/retrieve_file/2694?lang=hu
- Kézdi Gábor – Surányi Éva (2008): *Egy sikeres iskolai integrációs program tapasztalatai. Kutatási összefoglaló*. Educatio Társadalmi Szolgáltató Közhasznú Társaság, Budapest

- <http://bin.sulinet.hu/tanar/szabadido/planetarium/8.1.1.pdf>
- Kézdi Gábor – Surányi Éva (2009b): *A Successful School Integration Program. Roma Education Fund* <http://www.romadecade.org/files/ftp/Successful%20School%20Integration%20Program.pdf>
- OIOH pályázati felhívás, 2003. http://www.behav.org/kabai/okt/palyazat_integr-1.doc



Megemlékezés

Köpeczi Béla annak idején tanulságos televíziós beszélgetésben adott képet tudományos pályájáról és törekvéseiről. E beszélgetés során a következőkben foglalta össze munkásságának „vezérgondolatát”: „Ez a vezérgondolat talán így fogalmazható meg: mit mond az irodalom, a művészet, a tudomány, általában a kultúra az emberről, miért mondja, és az, amit mond, hogyan használható fel az ember formálására. Azt hiszem, hogy ez egyszerre tudományos és gyakorlati program, s ezt azért hangsúlyozom, mert csak a kettő együttesében tudom munkám vezérgondolatát megfogalmazni.” A tudományos és gyakorlati program gondolata hitelesen képviselte Köpeczit, a tudóst és a művelődéspolitikust: kutató tudósként ugyanis sohasem zárkózott be a könyvtár szűk körébe, tudományos munkásságának számos olyan területe van, amely a művelődéspolitikai gyakorlat elméleti kiindulása lehetett, a művelődéspolitikai munka mozgalmas feladatköre pedig nem egyszer jelölt meg elméleti feladatokat. A magyar tizenhetedik–tizennyolcadik század – a Thököly-féle mozgalom és a Rákóczi-féle szabadságharc – historikusa ugyan talán elvonulhatott volna a kutatás csendjébe, jóllehet



KÖPECZI BÉLA
1921–2010

éppen Köpeczi tudta és hirdette, hogy a nemzeti jelen formálása sohasem nélkülözheti a történelem tanulságainak, tanácsainak figyelembe vételét; a jelenkor történéseinek feladatköre azonban már maga is a gyakorlati művelődéspolitikai tennivalók megfogalmazásának kötelezettségével járt együtt. A korszerű művelődés szerkezetének, a nemzeti hagyományok érvényesülésének vagy a

huszadik század viszonyainak megfelelő szellemi stratégiák tudományos megközelítése már önmagában hatással van a művelődéspolitikai gyakorlatra, kivált akkor, ha a tudós és a politikus személye közé nem kell közvetítő tényezőknek ékelődniük.

A tudós és a politikus szerepe mindazonáltal – a huszadik század magyar történelme figyelemreméltó tanulságokkal jár ebben a tekintetben – meglehetősen eltér egymástól. Köpeczi Béla mint történelemtudós, mint a Rákóczi-kor és a magyar–francia történelmi és kulturális kapcsolatok kutatója, hatalmas munkát végzett, és megkerülhetetlen tudományos eredményekkel gazdagította nemzeti önismeretünket. Erdélyből származott: Nagyenyeden született, és ennek a városnak a történelmi környezetében ismerkedett meg

a magyar és az erdélyi magyar (valamint a román és a német) kultúra hagyományaival, szellemiségével. A budapesti Eötvös Collegium és a budapesti egyetem nevelő közösségében vált tudóssá, majd a párizsi Sorbonne hallgatójaként kötelezte el magát a francia kultúrának. Könyvkiadók szerkesztőjeként, a Kiadói Főigazgatóság vezetőjeként, a budapesti egyetem francia professzoraként, a Magyar Tudományos Akadémia főtítkáráként vállalt igen eredményes szolgálatot. Első tudományos munkája – *Zur Frage der rumänischen Lehnwörter im Ungarischen* címmel – nyelvészeti jellegű volt, ezt követték a II. Rákóczi Ferenc-féle szabadságharcot, diplomáciatörténetét és a fejedelem életét bemutató művei, közöttük számos olyan munka, amely a kor szak dokumentumait: a történetírás forrásait tárta fel. Ezek a művei ma is megkerülhetetlenek: ifjú nemzedékek és beérkezett tudósok mindig szellemi haszonnal forgatják (és forgathatják) őket.

Az imént arról szóltam, hogy a tudósként és művelődéspolitikusként vállalt szerep között volt némi disszonancia. Kétségtelen, Köpeczi Béla igen fontos művelődéspolitikai posztokon képviselte és szolgálta azt a politikai stratégiát, amelyről mostanában kevés jót szoktunk mondani. Szerepvállalását az államigazgatásban és a kommunista párt irányító testületeiben bizonyára érheti bírálat, nem ismerem ennek a szerepvállalásnak a belső lelki és etikai indítékait. Azt azonban el kell

mondanom, hogy a húsz esztendeje megbukott diktatórikus rendszernek is voltak olyan reprezentánsai és tisztségviselői, akik „jó ügyek” szolgálatában, így a nemzeti kultúra védelmében és külföldi elismertségének megalapozásában érvényesítették hivatali lehetőségeiket. Közéjük tartozott Köpeczi Béla is, aki különben partnernek tekintette azokat is, akikről ideológiai és politikai ellentétek választották el. Ő is azok közé a nem túlságosan számosak közé tartozott, akik „humanizálni” szerették volna az úgynevezett „létező szocializmust” – holott ez a személyes vállalkozás az eleve lehetetlenek közé tartozott.

Végezetül egy személyes élmény. Néhány esztendeje egy erdélyi kulturális találkozón együtt voltam Köpeczi Bélával, szomszédos szobákban laktunk, alkalmam volt megfigyelni nemcsak lenyűgöző tudását és mindig eleven érdeklődését, de szelíd humorát is. Ahogy ott, a Nagyenyed melletti turistaszálló éjszakai csendjében eltűnődtünk közös gondjaink, így az erdélyi magyarság sorsa felett, ugyanazt: bölcsességet, jóindulatot, érzékenységet tapasztaltam, mint azoknál a barátaimnál, akik nagyon is távol állottak a kommunista rendszertől. Könyvei mellett, amelyeket nem csak őrzök, forgatok is, ezt a kései szelíd élményt viszem magammal a tudós csendes távozása után.

Pomogáts Béla
irodalomtörténész

(A felvételt Majoros Klára készítette)

A Magyar Tudomány szerkesztősége tisztelettel és kegyelettel emlékezik a volt főszerkesztőre.

Kitekintés

A KÉPZELETBELI NYÚL ELHAGYTA A TESTET

Egymást követő gyors, apró ütések a bőr egy bizonyos pontjára, majd ezután egy másik pontra, azt az érzetet keltik, hogy az inger kapott két pont között is történt koppintás. Az emberi agy egy ilyen jelsorozatot úgy dolgoz fel, mintha az első ponttól a másodikig egy apró nyúl ugrálna végig a bőrön.

Kutatók hosszú ideje foglalkoznak a jelenség (cutaneous rabbit) okának és mechanizmusának felderítésével. Meghatározták a különböző testrészek érzékenységet, megállapították például, hogy a „nyuszi” nem halad át a test középvonalán, funkcionális MRI-készülékkel felvételeket is készítettek kísérleti alanyok agyáról, de még mindig vannak nyitott kérdések.

Japán kutatók most egy újabb változatát írták le a tapintási illúzióknak. Eszerint az érzékcsalódás nemcsak a testen belül működhet, hanem átmehet egy kézben tartott tárgyra is.

A vizsgálatokban egy berendezés pontosan szabályozható helyen és időközönként hajtotta végre a koppintásokat. A kísérleti személyek két mutatóujjuk között tartottak egy 10 centiméter hosszúságú alumínium rudacsát, mikor a készülék 800 milliszekundum különbséggel kétszer koppintott az egyik ujjukra, majd 50–80 milliszekundummal később a másikra. A résztvevők mindezt úgy érzékelték, hogy az első koppintás az első ujjon, a második (ami valójában ugyanott történt) a

két ujj között tartott rúd közepe táján, a harmadik pedig a másik ujjon történt.

A meglepő eredmények közelebb vihetnek a különös jelenség és egyúttal az emberi agy működésének jobb megértéséhez.

Miyazaki, Makoto – Hirashima, Masaya – Nozaki, Daichi: The “Cutaneous Rabbit” Hopping out of the Body. *The Journal of Neuroscience*. 3 Feb 2010. 1856–1860. doi:10.1523/JNEUROSCI.3887-09.2010

ÚJ PONTOSSÁGI VILÁG- CSÚCS SZÜLETETT

Az amerikai National Institute of Standards and Technology fizikusai megépítették egy korábbi atomórájuk továbbfejlesztett változatát, ami így a világ legpontosabb órája lett. 3,7 milliárd évenként késhet vagy siethet egy másodpercet, és ez kétszer pontosabb az eddigi legjobbnál.

Működésének alapja, egy elektromos térben, az ultraibolya fény rezgési tartományában rezgő alumíniumion, ami magát az órajelet adja. A rezgés frekvenciája százszázszor nagyobb, mint a másodperc jelenlegi sztenđerjeként használt céziumatom rezgési frekvenciája, így annál sokkal pontosabb. (Az utóbbi százmillió évenként tévedhet egy másodpercet.)

Az extrém pontos óráknak fontos gyakorlati hasznuk is van. Felhasználásukkal sokkal pontosabban lehet meghatározni alapvető

természeti állandókat, melyek rendkívüli jelentőségűek a világegyetem kutatásában, vagy a fizika törvényeinek, például Einstein általános és speciális relativitáselméletének ellenőrzésében. Segíthetnek ezen kívül a földtudományokban használható új típusú gravitáció-érzékelők, illetve szuperpontos navigációs berendezések kifejlesztésében.

Chou, Chin-wen – Hume, D. B. – Koelemeij, J. C. J. – Wineland, D. J. – Rosenband, T.: Frequency Comparison of Two High-Accuracy Al⁺ Optical Clocks. *Physical Review Letters*. 2010. In print
Kézirat: <http://arxiv.org/abs/0911.4527>

MI VOLT AZ ÖSTENGEREK BEN?

Az óceánok kémiai összetétele sokat változott a Föld története során. Brit és amerikai kutatók most publikált cikkükben új módszert ismertettek, amely szerint a tengerfenék alatt található kalcium-karbonát telepek összetételéből következtetni lehet a tengerekben valaha volt állapotokra, ezekből pedig az éghajlatban és a lemeztektonikában bekövetkezett változásokra, vagy akár az élet kialakulásának folyamataira.

A kutatók rekonstruálták az elmúlt 170 millió év során jellemző stroncium/kalcium és magnézium/kalcium arányokat. Ehhez analizálni kellett a több évtizeden át tudományos programok során mélytengeri fúrásokkal nyert kalcium-karbonát mintákat.

Coggon, Rosalind M. – Teagle, D. A. H. – Smith-Duque, C. E. et al.: Reconstructing Past Seawater Mg/Ca and Sr/Ca from Mid-Ocean Ridge Flank Calcium Carbonate Veins. *Science*. Online 4 February 2010. DOI: 10.1126/science.1182252

A PÉNZFÉLTÉS KÖZPONTJA

Amerikai és brit kutatók összefüggést találtak a pénzvesztéssel szemben érzett idegenkedés és egy bizonyos agyterület, az érzelmi életet befolyásoló amygdala (mandulamag) között. A halántéklebény középső részében található két, mandula alakú agyterületnek szerepe van többek közt a szorongás, a depresszió és az autizmus kialakulásában is.

A vizsgálatokban, melyekben egészséges önkéntesek mellett szerepelt két olyan páciens is, akiknek az amygdala agyterülete egy ritka genetikai betegség következtében sérült, a résztvevőknek egyszerű, pénzzel kapcsolatos döntéseket kellett hozniuk. Például megkérdezték őket: fogadnának-e olyan feltételekkel, hogy egyenlő az esélye 20 dollár megnyerésének és 5 dollár elvesztésének (a legtöbben egy ilyen fogadásba belemennének), illetve 20 dollár nyerésének 20 dollár elvesztésével szemben (ezt legtöbben nem vállalnák). A többség visszautasította azt a verziót is, ahol 20 dollár megnyerésének lehetősége áll szemben 15 dollár veszteséggel, noha itt a várható egyenleg pozitív. Az amygdala-sérültek azonban minden szituációban több kockázatot vállaltak, mint a korban és iskolázottságban hozzájuk hasonló egészségesek, habozás nélkül kockáztattak akár ötven dollárt is.

A veszteségtől való félelmet már több, a gazdasági döntéseket vizsgáló tanulmányban kimutatták, de ez az első eredmény, amely összefüggést talál a félelem és valamelyik agyterület között.

De Martino, Benedetto – Camerer, C. F. – Adolphs, R.: Amygdala Damage Eliminates Monetary Loss Aversion. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA*. online before print 8 February 2010. doi:10.1073/pnas.0910230107

PASSZÍV DOHÁNYZÁS „HARMADKÉZBŐL”

A cigaretta káros hatásai túlmutatnak a dohányzáson és a passzív dohányzáson – állítják a kaliforniai Lawrence Berkeley National Laboratory kutatói. Hugo Destaillats és munkatársai az Amerikai Tudományos Akadémia lapjában beszámolnak arról, hogy a dohányfüstben lévő nikotin a falakon, bútorokon, függönyökön, szőnyegekben megtapad, majd a levegőben lévő nitrogén-vegyületekkel reagál. E kémiai reakciók eredményeként agresszíven rákkeltő anyagok, ún. nikotinspecifikus nitrozaminok, TSNA-k (tobacco-specific nitrosamine) képződhetnek. Ezek belélegezve, vagy a tárgyról a bőrre kerülve egyaránt károsak lehetnek. Destaillatsék szerint különösen a kisgyerekeket veszélyeztethetik, mert ők sokat játszanak a földön, és sok mindent a szájukba vesznek.

A dohányosok a bőrükön és a ruhájukon is szállítják a nikotint, illetve ezeket a TSNA-kat, így a problémára a szellőztetés sem nyújt igazi megoldást – mondják a kutatók, akik szerint el kellene gondolkodni azon, hogy megengedhető-e egyáltalán a zárt térben történő dohányzás.

A kutatók egyrészt dohányosok lakásából származó mintákban – például tapéta- és kárpitdarabokban – kimutatták a nitrozaminok jelenlétét, másrészt vizsgálták egy napon ta fél doboz cigarettát elszívó sofőr teherautóját is. Azt találták, hogy ha a kocsiban a levegője nitrogéntartalmú savmaradványokat is tartalmazott, akkor a cigarettafüst hatására mindig képződtek rákkeltő anyagok, mégpedig legnagyobb mennyiségben a vezetőfülkében. A kutatók laboratóriumi kísérletekkel tesztelték a jelenséget, és amikor például egy papírlapot nikotinnal vagy dohányfüsttel, majd nitrózus

savval szennyeztek, a papírlapon igen hamar megjelentek a TSNA-vegyületek.

Stephen Hecht, a University of Minnesota munkatársa szerint azonban Destaillatsék „túllihegik” a dolgot. Szerinte nincsenek közvetlen bizonyítékok arra, hogy a TSNA-k ily módon is veszélyesek lennének. „Szerintem az ily módon bevitt ártalmak minimálisak, de természetesen a további vizsgálatokra szükség van” – mondta.

Destaillats, Hugo et al.: Formation of Carcinogens Indoors by Surface-Mediated Reactions of Nicotine With Nitrous Acid, Leading To Potential Thirdhand Smoke Hazards. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA., DOI: 10.1073/pnas.0912820107

ELLENANYAGOKKAL A RÁK KORAI FELISMERÉSÉÉRT

Egy nemzetközi kutatócsoport tagjai daganatos betegekben olyan ellenanyagokat találtak, amelyek a tumor által termelt cukortartalmú fehérjemolekulák (glikoproteinek) ellen irányul. Ha ezen antitestek vérből történő kimutatását sikerülne rutinszerűen megoldani, akkor újabb érzékeny biomarkerekkel bővílnének a rákdiagnosztika lehetőségei.

Az ellenanyagok olyan fehérjék, amelyeket az immunrendszer termel az ún. antigének ellen. Az antigének lehetnek vírusok, baktériumok, gombák vagy más kórokozók, de amikor például autoimmun betegségek esetén az immunrendszer működése félresiklik, tekintheti antigénnek a szervezet saját sejtjeit is. Az immunrendszer a rákos sejtek ellen is védekezik, hiszen ma általánosan elfogadott teória, hogy minden ember szervezetében nap mint nap keletkeznek daganatos

sejtek, de a védekező mechanizmusok megbirkóznak velük, az immunrendszer az ellenanyagok segítségével többnyire elpusztítja a rosszindulatú sejteket. A kutatók ilyen ellenanyagok vizsgálatáról számoltak most be. (Természetesen világszerte sokan kutatják, hogy ennek ellenére miért alakulhat ki rákbetegség, és hogy például a daganatos sejtek bizonyos esetekben miért és hogyan tudnak elbújni az immunrendszer elől.)

Az amerikai, dán és brit tudósok a mucin nevű glikoproteinek tanulmányozták. Ezek a sejtek külső felszínén foglalnak helyet, szerepük van a sejt-sejt kölcsönhatásokban, de a rákos sejteken megjelenő mucinok szerkezete eltér az egészségesektől. Ennek ismeretében a Koppenhágai Egyetem kutatói, Hans H. Wandall és Ola Blixt feltételezték, hogy ezen módosult struktúrájú glikoproteinek ellen az immunrendszer támadást indít, így a daganatos betegek vérében ezekre irányuló

ellenanyagot lehet kimutatni. Vizsgálataikhoz emlő-, petefészek- illetve prosztatákban szenvedő páciensek vérében használták, amelyekben amerikai és brit kollégáikkal egyrészt különböző, a szokványostól eltérő szerkezetű glikoproteinek azonosítottak, másrészt ellenanyagokat is kimutattak.

A nemzetközi konzorcium tagjai eredményeiket igen ígéretesnek gondolják, és egy olyan tesztrendszert szeretnének kidolgozni, amely a módosult mucinok ellen termelődő ellenanyagok kimutatásán keresztül segítheti a rák korai felismerését, vagy a veszélyeztettség megállapítását.

Clausen H, et al. Autoantibody Signatures to Aberrant O-Glycopeptide Epitopes Serve as Undiscovered Biomarkers of Cancer. Cancer Research, Feb 15, 2010. DOI 10.1158/0008-5472.

Gimes Júlia



Könyvszemle

Hányféle nyelvész van?

A nyelvészetről –

I. szám, I. személyben II.

Nehezen letehető könyv ez. Még a nyári strandolvasmányok között finnyásan vagy kapkodva, válogatva is, nehéz volt letenni – egy ültő helyemben elolvastam. Két dolog igazolhatja ezt a mohó olvasást. Az egyik személyes, nem különösen érdekes: félig magam is nyelvész vagyok, és ugyanabba a korosztályba tartozom, akárcsak a szerkesztők, mint az a huszonegy 1946-ban, illetve az előtt született nyelvész, aki itt vallomást tesz életéről. A másik tényező általánosabb: a mai egyre személytelenebbé váló tudományos közegben és az egyre iparszerűbb értelmiségi munka körülményei között mindig izgalmas visszatérni a tudomány és az értelmiségi lét közvetlen közegéhez. Ahhoz, hogy a tudományt is emberek csinálják, és mint személyek építenek jelentéseket, formálják saját pályájukat, és válnak egyszerre szerzőivé és szereplőivé életútjuknak.

A nyelvészet a 20. század közepétől az embertudományok sajátosan központi területévé vált. A kódok vizsgálata kiterjesztve az emberi kultúra kánonjainak vizsgálatában átfogó modellt vált, amikor megszületett a strukturalizmus. Másrészt, először az 1950-es években, új matematikai formalizmusokkal, majd a 20. század végén tényleges technológiai lehetőségekkel, megjelent a lehetőség az emberi nyelv produktumainak technikai fel-

dolgozására is (gondoljunk csak az interneten koválygó milliárdnyi szövegre). Harmadrészt, a generatív nyelvészet keretében a nyelv vizsgálata (újra) úgy fogalmazódott meg, mint az ember ember-mivoltának központi kérdése, ahol a forma oldalán a nyitottság, a megjósolhatatlan kreativitás, a megalapozás oldalán pedig a nyelv mint emberspecifikus biológiai vonás jelenik meg. Mindezek indokolják, hogy a magyar nyelvészek 60+ évének önbeszámolója a magyar kultúra egésze számára is tanulságos legyen. Kétségtelen, hogy a nyelvvel való foglalkozás cáfolata annak az attitűdnek, amelyet József Attila fejezett ki a *Költő vagyok, mit érdekelne engem a költészet maga!* programmal. A nyelvhez ugyanis egyetemesen kapcsolódik a nyelvre való reflexió lehetősége, ahogy a dán strukturalista nyelvész, Louis Hjelmslev fogalmazta: minden nyelv univerzális metanyelv.

Ennek emberi oldalát mutatja meg ez a kötet. A nyelvészek, akik fürödnek a metanyelvi készségekben, világosan meg tudják fogalmazni azt is, hogy milyen módon lesznek nyelvészek. A magyar 20. századi kultúra és kulturális szocializáció kettősségeit jól érezte-ti, ahogy a harmincnál több megkérdezettből válaszoló huszonegy, hol kiváló, hol az iparszerű nyelvészetet képviselő kutató és tanár bemutatja, hányféle nyelvészet és nyelvész van. Ami a nyelvészt illeti, Sebestyén Árpád, Varga László, Kiss Jenő és mások vallomásaiból világosan kiderül, hogy a nyelvész furcsa pályájához nálunk kétféle szocializációs út vezet. Az egyik jellegzetesen poliglott közegeből származ-

zik. A többnyelvű helyzetek, legyenek akár a kulturális többnyelvűség helyzetei, mint Péntek János esetében, aki Erdélyben dolgozó magyar nyelvész, vagy utazások, illetve családi hatások (családon belüli többnyelvűség, illetve a nyelvtanulás családon belüli erőltetése) vezetnek a nyelv iránti kiemelt érdeklődéshez. A mai magyar nyelvészek másik, sokkal „népibb” típusa jóval kevésbé a kommunikációs sokrétűségre való rácsodálkozásból, a többnyelvű helyzetek zűrzavarából és összehasonlítási kényszeréből eredeztethető, hanem sokkal inkább a saját nyelvjárásra való iskolás rácsodálkozásból, illetve tágabban, intézményes iskolás rácsodálkozásból fakad. A 20. század közepén az utóbbihoz többnyire sajátos latinus műveltségi keret járul. (Bizony akkor még a latinizmusnak nagy jelentősége volt, bármennyire eltávolodtam is tőle, magam is ilyen közegben szocializálódtam.) Mindenesetre ez a második típusú nyelvesszézés és az anyanyelvben való fokozottabb elmélyedést és az anyanyelvvél mint értékrendszerrel való azonosulást állítja előtérbe.

Az önbeszámoló szerzői az életutat jellemzően úgy mutatják be, hogy kitüntetett szerepe van a középiskolának. Ez is egy általános értelmiségi tanulság. A ma irányító értelmiségi nemzedék képviselői számára még világos, hogy életükben a döntő lépés a középiskolában történt. Ekkor álltak rá az értelmiségi pályára. A mai kor feszültsége éppen az lesz, hogy ez nem mindig történik meg, s bizony lehet, hogy ez a döntő szocializáció át fog húzódni az első egyetemi évekre. Ha viszont áthúzódik, akkor azokban az években sokkal személyesebb szocializációra lesz szükség, mint ahogy azt a mai Bologna-típusú alapképzés tömegoktatása elképze- li.

A könyv filológusok munkájaként mutatkat is tartalmaz. A mutatókból igen világos

az, ami az egyes beszámolókból személyes, meggyőző és érzelmeteli módon jelenik meg, vagyis hogy kik voltak a rendkívül fontos alakítói a magyar nyelvészek ma domináns nemzedékének. A „hagyományos” nyelvészet klasszikusai szerepelnek ebben, Bárczi Géza és Pais Dezső, távolabbról pedig többnyire már csak mint olvasmányalapú, illetve szellemi hatás Gombocz Zoltán, illetve Lazicius Gyula. Lazicius már átvezet a modern, mondjuk így: strukturalista nyelvészeti hatásokhoz, melynek jellegzetes, kiemelkedő szereplői Dezső László, Fónagy Iván, Telegdi Zsigmond és a magyar nyelvészet örök *enfant terrible*-je, a strukturalizmus vállaltan szélsőséges képviselője, Antal László. De kiemelkedő hatása van, mint már a „sorozat” első kötetéből is kiderült, sokak szocializációjában Szépe Györgynek, aki saját nemzedéktársai számára is egy szemfelnyitó, állandóan új horizontokat teremtő szereplő volt. Ahogy saját magát jellemzi a kötetben, „extenzív tudományos életet” élt. Ez az élet azonban extenzivitásában éppen hatásai révén volt és maradt felülmúlhatatlan.

A nyelvészet hagyományosan filológiai diszciplína, sőt maga a filológia. Szövegekkel foglalkozik, a szövegeket gondozza, azok pontos értelmezésére törekszik és így tovább. A 20. század közepének nyelvészetében óriási a feszültség e filológia mindenhatóságának megkérdőjelezése és a nyelvészet filológián túli kiterjedése között. Nyomárkay István vállalja a filológia védelmezőjének szerepét. Jól látja, hogy a filológiából a nyelvészet hangsúlya eltolódik a kötőjeles nyelvészetek (psicho-, szocio-, neuro-, gyermek-nyelvészet) felé. Nagy kérdés, hogy megmarad-e akkor még a filológia. Érdekesen mutatja a hatvanéves nemzedék korlátait, hogy az az új filológia, amelyet például az irodalomban Horváth

Iván, a nyelvészetben Prószéky Gábor vagy Várad Tamás képvisel, fel sem merül a szerzők perspektívájában. Ezen az új filológián azt értem, hogy az internet kínálta, akár sokmillió szóból álló szövegtestek új adatbázist jelentenek a nyelvészet számára, és egy új, a rontott és állandóan átalakított szövegekkel megküzdő filológia perspektíváját vetik fel.

A filológiától az alkalmazott nyelvészetek felé való elmozdulást ez a nemzedék még csak mint tényt konstataálja. Igen sokan beszélnek arról, hogy a hagyományos, papíralapú filológiai nyelvészet ideje elmúlt, és a nyelvvel foglalkozók érdeklődése alkalmazott kérdések felé fordul. Ezt többnyire fanyalognak kezelik mint a talaj elvesztését a lábuk alól, illetve mint a hagyományos nyelvészeti iskolázottság háttérbe szorítását. Az egyetlen talán Bánréti Zoltán, aki maga is az anyanyelv-pedagógia, illetve a neuro-lingvisztika, vagyis két alkalmazott ágazat kiváló művelője, aki első kézből beszél erről az átalakulásról, miközben, mint generatív ihletű nyelvész, világosan előtérbe állítja az elmélet és az elméleti kérdésfeltevés központi szerepét.

A huszonegy életút vallomások jellege és a szocializációban bemutatott mintaképző tényezők tanulságos bemutatása mellett, jól tükrözi a hazai nyelvtudomány két visszatérő gondját. Az egyik visszatérő gond a *formális nyelvészet szerepe*. Két tekintetben is megosztó tényező ez. Megosztó, hogy vajon lehet-e a nyelvet pusztán formális rendszerként értelmezni, mint ahogy a klasszikus strukturalisták gondolták, s hogy vajon a formális elemző módszerek adnak-e valamit a klasszikus nyelvészet címkézéssel besorolásához képest. Világosan kiderül, hogy a formális nyelvészettel kapcsolatos attitűd nagy vízvonalzó volt a 20. század második felében. Vízvonalzó volt – tudjuk jól – általában az értelmiségi világban.

A 20. század 60-as, 70-es éveit tele vannak a formalizmust kritizáló marxista röpiratokkal, illetve a hagyományos kultúra és az ember fogalmát féltő fenomenológiai formalizmus kritikákkal. Az is világos azonban, hogy az ekkor szocializálódó nemzedék egy része számára vonzó volt a formalizmus. Éppen azért, mert a filológiai indítású nyelvészetben is benne levő rendszerező, szigorú, következetes gondolkodásnak adott ez mankókat. A másik megosztó tényező a generatív nyelvtan. Décsy Gyula, az Indianai Egyetem nemrégiben elhunyt professzora fogalmazza meg legőszintebben, hogy a generatív nyelvészet mozgalmi jellege sokak számára mélységesen taszító. A kötet szereplőinek legalább a fele érzi, hogy a generatív nyelvészettel kapcsolatos állásfoglalás valamiféle vízvonalzó volt a század utolsó harmadában. Nagyon tanulságos, ahogyan megjelenik mind a hagyományos szemléletet követő, mind a hagyományos nyelvészetet a társas nyelvészetet a szociolingvisztika jelszavaival felújító törekvésekben a mélységes rettegés a Noam Chomsky által bemutatott paradigmától. Megjelenik ez persze az itt nem szereplő fiatalabb nemzedékben is, akik számára Chomsky fellépésének mozgalmi jellege és saját elméletének örök győztesként való beállítása válik fontos szociológiai taszítóvá. A formalizmussal és a generatív nyelvtannal kapcsolatos állásfoglalások izgalmasá teszik a könyvet, hiszen megmutatják, hogy a megosztó tényezők igenis élő, fermentáló mozzanatok voltak a modern magyar nyelvészet alakulásában.

Az életpályák elemzésében, illetve önbe mutatókban tanulságos az, ami hiányzik a könyvből. Három ilyen mozzanatra utalnék. Hiányzik a nyelvészet és a nyelv általános humántudományi, illetve ismeretelméleti mintává tétele. A nyelvészek úgy beszélnek a

nyelvről, mintha a 20. század közepének filozófiájában és társadalomtudományában nem ment volna végbe egy nyelvi fordulat. Márpedig ez a nyelvi fordulat végbement a magyar filozófiában és a magyar társadalomtudományokban is. Gondoljunk a néprajz szemiotikai modelljeire, a kultúra kommunikációs metateóriájára és hasonlókra. Érdekes látélet, hogy a vezető nyelvészek számára ezek a feszültségek és ezek a kiterjesztések mint idegen mozzanatok, valahogy eltűnnek. Csak a saját kötőjeles területeik és a filológia küzdelme marad meg.

Egy másik igen jellegzetes hiány a *szép* iránt való érdeklődés. Ez a nemzedék, eltérően mestereitől, például Fónagy Ivántól, de még akár Szathmáry Istvántól vagy Bárczi Gézáttól is (Bárczitól még mint kezdő magyar szakos hallottam nyelvészeti elemzést Fejes Endre *Rozsdatemető-jéről*) idegenkedik a nyelvi szépség problémájától. A nyelvész kétségtelenül metaműveleteket végez, amikor a kódra reflektál. Roman Jakobsontól tudjuk, hogy ezt teszi a nyelv művésze, a költő is. Ő is reflektív, csak ő nem a kódra, hanem az üzenetre reflektál. Ezt a kétféle reakciót kapcsolták össze a klasszikus strukturalizmus s annak magyar követői is, például Hankiss Elemér vagy Fónagy Iván munkáikban. Ez a mozzanat az itt bemutatott nemzedékből szinte teljesen hiányzik. Sokkal sivárabb lesz ettől a nyelv, és kulturális következményeiben sokkal szegényesebb a nyelvészet.

A harmadik hiányzó mozzanat a *mai kor átalakulásai*. Miközben az önbeszámoló írói

sokat lamentálnak pro vagy kontra a kötőjeles nyelvészeteken, és miközben közülük kétharmad (ha jól számolom tizenhatan a huszonegyből) az egyetemi nyelvészeti oktatás kiemelkedő szereplői, semmi reflexiót nem kapunk a kommunikáció problémájáról. Arról, ahogyan a 20. század utolsó évtizedében az egyetemeket elárasztyják a kommunikáció és média szakok. Az angol mellett a legnépszerűbb bölcsészeti szakról van szó. Ez a szak, ha a 20. század közepének perspektívájából, a nyelvi fordulat felől néztük volna, a nyelvészeti modell győzelmét jelenti a kulturális sűdiumokban. Mégis, a vezető nyelvészek nemzedéke teljesen kimaradt ebből, még kritikusan sem reflektál rá. Nagy kérdés, hogy ez az eltávolodás a kóddal hivatászerűen foglalkozó nyelvészek és az üzenetekkel foglalkozó, hivatásukat kereső kommunikáció-kutatók között hová fog vezetni? Vajon a mai nyelvészet, az új nemzedék ahelyett, hogy megtalálná saját új gyökereit, ezoterizálódik, a kommunikáció-kutatás pedig ahelyett, hogy megtalálná a nyelvészetből átvethető szigort, habkönnyű diszciplínává válik? Vagyis, mint oly sokszor a magyar közegben, az önvallomások kötet a hiányokkal is sok mindent elmond a jelen feszültségeiről a magyar kultúrában. (*Hányféle nyelvész van? A nyelvészetről – I. szám, I. személyben II. Szerkesztette: Kontra Miklós – Bakró-Nagy Marianna. Szeged: SZTE BTK, 2009, 223 p.*)

Pléh Csaba

egyetemi tanár, pszichológiai történetész

Út a megbékéléshez

A cím alapján lehetne ez a könyv egy nagyon várt politikai vitairat is, de ne okozzon csalódást a megjelenteknek, ha mégsem egy politikai programot vesznek kézbe, hanem egy igen igényesen megírt társadalomtudományi munkát. Ha nem is politikai vitairat bemutatására vállalkoztam, mégsem titkolhatom azt, hogy szeretném, ha Magyarországon minél több politikus megismerné e monográfia tárgyát képező, a konfliktusok békés, erőszakmentes feloldására hivatott helyreállító filozófiát. Ennek a módszernek a hazai alkalmazása a politikai erőterben kialakult feszültségeket jelentős mértékben oldaná.

A szerző a most megjelent monográfiában bemutatja a helyreállító igazságszolgáltatás szemléletét, a gyakorlati alkalmazás alapelveit, modelljét és nem utolsósorban átfogó elemzéssel hiteles képet ad e módszer alkalmazásának első hazai tapasztalatairól. Fellegi Borbála igaz híve a helyreállító igazságszolgáltatásnak, bízik abban, hogy e szellemben megújulhatnak a szolgáltató intézmények, ugyanakkor elmondja e módszer alkalmazásának korlátait is. Kritikus elemzőként végzi el a nemzetközi és a hazai gyakorlat bemutatását. Úgy végzett alapos kutatóként elemzést, hogy a gyakorlatban ki is próbálta, meg is tapasztalta a vizsgált módszerben lévő lehetőségeket. Ezért könyve nemcsak kiváló társadalomtudományi munka, hanem kézikönyv is azok számára, akik mostanában szembesülnek a helyreállító igazságszolgáltatással kapcsolatos új szakmai feladatokkal, vagy akik módszertani segítségre várnak személyes vagy közösségi konfliktusok megoldásában.

A szerző jó helyen és jó időpontban írta meg ezt a testes monográfiát. Napjainkban a globális társadalmak egyre eszköztelenebbek

a társadalom normális működésével amúgy együtt járó konfliktusok feloldásában.

Ez a felismerés a társadalomtudományokra, különösen a kriminológiára hatott ösztönzőleg. A XX. század közepén a hagyományos közösségi kultúrákban megkezdődtek a kutatások. Új-Zéland, Ausztrália, Dél-Amerika, Afrika őslakossága körében vizsgálták azokat az általuk használt konfliktusfeloldó módszereket, amelyek kiegészíthetők vagy pótolhatják a modern civilizációban intézményesült, de eredeti funkcióikra mára már alkalmatlaná vált, vagy kevésbé hatékony intézmények működését. E kutatások elsődleges célja az igazságszolgáltatás, ezen belül a büntető igazságszolgáltatás megreformálása volt. A helyreállító igazságszolgáltatás modellje azonban mára már sikeres módszernek bizonyult arra is, hogy a hagyományos közösségekben működő, a jóvátételt célzó közvetői eljárásokat, a konfliktusok erőszakmentes feloldásának módszerét a békés társadalmi együttélést szolgáló szinte minden szakpolitikában és a természetes közösségek működésének segítésében hasznosítsák.

A posztmodern társadalmat elemző szakemberek jelentős része magukban a konfliktusokban, azok mennyiségi, minőségi változásaiban véli felfedezni a jelenkori civilizáció válságát. Ralp Dahrendorf szerint azonban a társadalomban nem a konfliktusok jelenléte, hanem azok hiánya a meglepő. Szerinte a konfliktusok feloldásában érlelődhetnek ki magának a válságnak a kezelésére alkalmas újszerű, hatékony megoldások. Azt sem kell feltételeznünk, hogy a konfliktusok mindig erőszakosak és kontrollálatlanok. Szerinte a konfliktusokat átmenetileg el lehet nyomni, szabályozni lehet, kanalizálni, ellenőrizni. E társadalmi modell eszköztárához a változáson és a konfliktuson kívül hozzátartozik a kény-

szer gondolata is. És, teszi hozzá, ahogyan a konfliktust a változás hajtóerejének nevezzük, ugyanúgy azt is mondhatjuk, hogy a kényszer az, ami a társadalomban ébren tartja a konfliktusokat (Ralf Dahrendorf: *Az utópiából kivezető ösvények. A szociológiai elemzés új irányzatához*. 1974-ben németül publikált cikk. In: Felkai Gábor – Némedi D. – Somlai P. [szerk]: *Szociológiai irányzatok a XX. században*. Új Mandátum Kiadó, 2000. 117–133. [123.]). A helyreállító igazságszolgáltatás szemlélete számol a társadalmi kötelekben élők folyamatos konfliktusaival, és biztosítja számukra az együttműködésükhöz nélkülözhetetlen, de az erőszakot mégis kerülő szelíd kényszert. Ezt a szemléletet és az annak alapján kialakult gyakorlati megoldásokat ismerhetjük meg Fellegi monográfiájában.

Egy-egy kultúrában azonban csak akkor lehet sikeresen alkalmazni a helyreállító igazságszolgáltatási eljárásokat, ha a finom közvetítői módszerek, a jóvátételi eljárások, a jóvátétel módja illeszkedik, illetve illeszkednek ahhoz a hétköznapi kultúrához, amely az emberi kötelekben, kapcsolatokban a büntetés és jutalmazás szokásvilágába hagyományosan beletartozik. Elismerünk, jutalmazunk, büntetünk a családban, a baráti körben, a munkatársi kapcsolatban, az óvodában, az iskolában, általában a tartósabb emberi kapcsolatokban. Egy normálisan működő társadalom kapcsolatrendszereiben az elismerés és a rosszallás kényes egyensúlya az emberi kapcsolatokat tartós kötelekké formálja. A büntetés és a jutalmazás kényes egyensúlya azonban már a szolgáltatások világában megbomlik, a hatósági eljárásokban átrendeződik, az igazságszolgáltatásban pedig e ket-
tősségről már nem is beszélhetünk. A társadalmi munkamegosztás kialakult rendje szerint ugyanis az igazságszolgáltatás feladata a

felelősség megállapítása és a szankciók alkalmazása. Itt már olyan jelentőségű konfliktusok megoldása a feladat, amelyekhez a társadalom zavartalan működése érdekében az állami hatalom garanciákhöz kötött gyakorlására és szakértelemre van szükség.

Alapvető kérdés persze az, hogy a posztmodern civilizációban a konfliktusok kezelésében nem alakult-e ki az állami „túlhatalom”? Az állami bürokrácia a modern civilizációban nem fosztotta-e meg fokozatosan a kisközösségeket azoknak a konfliktusoknak a belső rendezési lehetőségétől, jogától, amelyek megoldására a hagyományaik szerint – a társadalmi rend sérelme nélkül – maguk is képesek lennének? A helyreállító igazságszolgáltatás szemléletével ismerkedve ezekre a kérdésekre is választ kap az olvasó.

Napjainkban a büntető igazságszolgáltatás több szempontból válságos helyzetben van. A társadalmi elvárásoknak megfelelő működéséhez igen gyorsan reagáló büntető és közbizalmat élvező, következetes és átlátható büntető ítélkezésre lenne szükség. A demokratikus jogállamot többek között arról lehet felismerni, hogy a bűnelkövetőket belátható időn belül, igazságos és méltányos büntetésben részesítik, a bűncselekmények áldozataival pedig mind az állam, mind a társadalom szolidaritást tanúsít. A hatékony büntető igazságszolgáltatásnak azonban az előbb említettek mellett arra is képesnek kell lennie, hogy a bűncselekményben manifesztálódott drámai feszültséget oldja, mégpedig az elkövetőben, a sértettben és a megsértett közösségben egyaránt. A hazai büntető igazságszolgáltatás képviselői körében az uralkodó álláspont az – és ezt a szerző adatai is bizonyítják –, hogy az ítélkezés, az ítélet nem hathat az érintettek érzelmeire. A büntetőügyekben eljáró hatóságoknak, az ügyészek-

geknek és a bíróságoknak viszont szem előtt kellene tartaniuk azt, hogy minden emberi magatartás, így a bűncselekmény elkövetése is racionális és egyben érzelmileg motivált viselkedés. A szenvedély, a megaláztatás, az iszonyat, a düh, a bosszúvágy, a szorongás vagy a gyűlölet egyaránt lehet a bűncselekmény forrása és eredménye, egyszerre jellemezheti az elkövetőt és az áldozatot, valamint mindkettőt közvetlen környezetét, az őket körülvevő embereket. A büntetőpolitika mellőzhetetlen feladata ezeknek az érzelmeknek a „karbantartása”, a drámai feszültség levezetése, a követendő erkölcsi értékek megerősítése, a sértett és a megsértett közösség kiengesztelése. Az érzelmi hatásoktól mentes, tisztán célszerűségi szempontokra épülő büntetést aligha követi a megbánás, a büntudat kialakulása. Az ilyen szankció nem ébreszti fel az elkövető rossz lelkiismeretét, és nem alakulhat ki a sértettel való szolidaritása sem. A fel nem oldott konfliktus viszont károsítja a közösségek „kötőszövetét”, hatásukra sérül maga a közösség is. A kölcsönös megegyezésen alapuló erkölcsi, anyagi vagy akár csak szimbolikus jóvátétel (bocsánatkérés) ered-

ménye jó esetben akár a megbocsátás is lehet. Ez a fogalom lassan már a közbeszédből is eltűnik. A megbocsátás eredményeként viszont esély van arra, hogy mind a sértett, mind az elkövető a társadalom, a közösség teljes jogú tagjaként folytathatja az életét.

Magától értetődik, hogy a szerző által bemutatott mediáció alkalmazására nem minden büntetőügyben kerülhet sor, és a helyreállító igazságszolgáltatás sem alternatívája, hanem kiegészítő eleme lett a hagyományos igazságszolgáltatásnak. Mégis mindannyian, akik szorgalmaztuk annak hazai alkalmazását, azt várjuk, hogy a büntető eljárásban és a büntetés-végrehajtásban érintett hatóságok szemlélete változni fog, és a tevékenységük iránti közbizalom növekszik. Ennek a reménynek a valóra váltásában Fellegi Borbála most megjelent munkájának is jelentős szerepe van. (*Fellegi Borbála: Út a megbékléshez. A helyreállító igazságszolgáltatás intézményesülése Magyarországon. Budapest: Napvilág Kiadó, 2009, 380 p.*)

Gönczöl Katalin

kriminológus, egyetemi tanár
ELTE Állam és Jogtudományi kar

Feltárul a Világegyetem

A *Természet Világa* 2009. évi I. különszámában valóban feltárul a Világegyetem – ahogyan ezt a lap címe is sugallja. 2009-ben ünnepelte a világ a Csillagászat Nemzetközi Évét. Volt is ok az ünneplésre, hiszen Galilei négy száz évvel ezelőtt fordította először a csillagos ég felé teleszkópját, örökké megváltoztatva ezzel az Univerzumról, a minket körülvevő világról vallott ismereteinket.

Am a különszám olvasója mégsem emlékkötetet tart a kezében. A *Feltárul a Világegyetem* nem Galilei életét és felfedezéseit

mutatja be 96 színes oldalán, noha a nagy tudósról természetesen több cikk is megemlékezik. A kiadó elsődleges célja a Galilei óta eltelt négy évszázad fejlődésének nyomon követése, s a csillagászat tudománya jelenlegi legnagyobb kihívásainak bemutatása. Így bár az apropót a négyszáz évvel ezelőtti események adják, a különszám naprakész információkkal szolgál, miközben a csillagászat egyes területeit összefoglaló módon is bemutatja.

Az első két cikk Galilei életét, felfedezéseit, azok jelentőségét mutatja be (Vekerdi László és Horvai Ferenc tollából). Ezután Galileo Galilei *Csillaghírnök* című művének

részletei következnek Csaba György Gábor tolmácsolásában. Hetesi Zsolt egy, a Galilei életével kapcsolatban szinte mindig fölmerülő kérdést boncolgat *A Galilei-per tanulságai* című cikkében, a perrel kapcsolatos nézeteket egészen új megvilágításba helyezve.

A különszám második része a csillagászat máig legfontosabb eszközéről, a távcsőről szól. Szabados László, a különszám szerkesztője, a távcső négy évszázados fejlődésén kíséri végig az olvasót, s hasonlóan tesz Székely Péter is. Szabados a felfedezések, Székely elsősorban a műszaki fejlesztések oldaláról mutatja be a teleszkóp eddigi történetét. Am a különszám továbbmegy – miért kéne a jelenben megállni? Fűrész Gábor cikke a távcső jövőjéről, a jelenlegi távcsőfejlesztési tervekről szól.

A kiadvány következő, s egyben legnagyobb blokkja a csillagászat tudományának különböző területeit mutatja be egy-egy összefoglaló jellegű cikkben, a legújabb eredmények alapján. Illés Erzsébet a Naprendszer-kutatásról, Kun Mária a galaktikus, Frey Sándor az extragalaktikus csillagászatról ír, Kővári Zsolt és Hotya Hajni a csillagászat Nobel-díjat érő eredményei közül válogat. Ezután az új megfigyelési módszereket bemutató cikkek sorában Kovács József tollából az űrcsillagászat fejlődésének történetéről, eredményeiről olvashatunk, Szokoly Gyula pedig a röntgencsillagászatot mutatja be. Haiman Zoltán egy, a csillagászatban igen népszerű kérdéskörrel, a csillagok és fekete lyukak születésével foglalkozik. A nem elektromágneses sugárzásban vizsgálódó csillagászati „távcsöveket” (neutrínótávcső, gravitációs hullám-detektor) mutatja be cikkében Vasúth Mátyás. A teljes terjedelmében színes különszám *sokszínűségét* tovább emeli a Silberer Vera által Szalay Sándorral, a Johns Hopkins Egyetem kutatójával készített interjú, mely-

nek során napjaink csillagászatának munkájával, kutatásaival ismerkedhetünk meg. Ugyanerről a kérdéssről saját tapasztalatai alapján számol be Kiss László az *Így dolgozik egy XXI. századi csillagász* című cikkében. A csillagászat területeinek bemutatása Malcolm S. Longair kozmológiát, illetve Kálmán Béla napfizikát tárgyaló cikkével folytatódik.

A különszám végül a magyar csillagászatot, a csillagászati megfigyelések lehetőségével foglalkozik. Zsoldos Endre a magyar csillagászat történetét mutatja be az elmúlt évszázadok nemzetközileg is nagy elismerést kivívó csillagászain keresztül, majd hazai amatőr-csillagászok mutatják be eredményeiket – lenyűgöző fotók segítségével. Szatmáry Károly ezután a csillagászat oktatásáról, illetve az ismeretterjesztés jelenlegi helyzetéről értekezik, a záró cikkben pedig Kolláth Zoltán a fényszennyezésről, illetve az ezzel kapcsolatos legújabb hazai eredményekről ír.

A *Természet Világa* csillagászat iránt érdeklődő olvasói számára komoly segítségül szolgálhat Szatmáry Károly összefoglalója a különszám végén, amely a hazai információforrások mellett a *Természet Világában* az elmúlt években megjelent csillagászati-űrkutatási témájú cikkeket is felsorolja.

Talán nem szükséges tovább dicsérni a megjelenésében, terjedelmében és tartalmában is unikális különszámot, hiszen aki kézbe veszi, észre fogja venni, hogy olyan műről van szó, amely nem hiányozhat a csillagászat iránt érdeklődők polcáról. (*Feltárul a Világegyetem, a Természet Világa 2009. évi I. különszáma, szerk. Szabados László, kiadja a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat, 96 színes p.*)

Horvai Ferenc

a Nagy Károly Csillagászati
Közhasznú Alapítvány elnöke

CONTENTS

Chemistry for Sustainable Development

Guest Editor: János Szépvölgyi

János Szépvölgyi: Introduction.....	258
János Szépvölgyi: Sustainable Development – Industrial Ecology – Chemistry.....	260
Béla Sevela: Biobased Chemistry.....	270
István Tamás Horváth: Gamma-Valerolactone. A Potential Raw Material of the Sustainable Chemical Industry	275
Béla Iván: Polymers As Secondary Raw Materials	280
Imre Salma: Trends in Air Quality in Big Cities	288
Sándor Papp: Biogeochemical Cycles and Their Anthropogenic Modifications	298
Study	
Emil Pásztor: Craniovertebral Junction	309
József Móczár: Crisis in Economics	318
Sándor Magda: Responsibility of Science and Education in the Global Economic Crisis	331
Ferenc Erdősi: Prevent, Influence and/or Adapt? Thoughts on Our Approach to Climate Change	344
Győző Kovács: The Importance of the Stósz Moral	354
Discussion	
Péter Kabai: Analysis of a Study on a Successful School Integration Program	360
Obituary	
Béla Köpeczi (<i>Béla Pomogáts</i>)	370
Outlook (<i>Júlia Gimes</i>).....	372
Book Review (<i>Júlia Sipos</i>)	376

Ajánlás a szerzőknek

1. A Magyar Tudomány elsősorban a tudományterületek közötti kommunikációt szeretné elősegíteni, ezért elsősorban olyan kéziratokat fogad el közlésre, amelyek a tudomány egészét érintő, vagy az egyes tudományterületek sajátos problémáit érthetően bemutató témákkal foglalkoznak. Közlünk témaösszefoglaló, magas szintű ismeretterjesztő, illetve egy-egy tudományterület újabb eredményeit bemutató tanulmányokat; a társadalmi élet tudományokkal kapcsolatos eseményeiről szóló beszámolókat, tudománypolitikai elemzéseket és szakmai szempontú könyvismertetőket, de lapunk nem szakfolyóirat, ezért a szerzőktől közérthető, egy-egy tudományterület szakterületét mellőző cikkeket várunk.

2. A kézirat terjedelme szöveges tanulmányok esetében általában nem haladhatja meg a 30 000 leütést (ez szóközökkel együtt kb. 8 oldalnak felel meg az MT füzeteiben), ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat is tartalmaz, kérjük, ezek várható felületével csökkentse a szöveg mennyiségét. Beszámolókat, recenziókat terjedelme ne haladja meg a 7–8000 leütést. A teljes kéziratot MS Word .doc vagy .rtf formátumban interneten vagy mágneslemezen (CD-n) és 1 kinyomtatott példányban kell a szerkesztőségbe beküldeni.

3. Legfeljebb 10 magyar kulcsszót és a közlemények címének angol fordítását külön oldalon kérjük. A tanulmány címe után a szerző(k) nevét, tudományos fokozatát, a munkahely(ek) pontos megnevezését, és ha közölni kívánja(ják), e-mail címét(eit) kell írni. A külön lapon kérjük azt a levelezési és e-mail címet, telefonszámot is, ahol a szerkesztők a szerzőt általában elérhetik.

4. Szöveg közbeni kiemelésként dőlt (*italic*), (esetleg félkövér – **semibold**) formázás alkalmazható; r i t k í t á s, VERZÁL, KISKAPITÁLIS (SMALL CAPITALS, KAPITÄLCHEN) és aláhúzás nem. A jegyzeteket lábjegyzetként kérjük megadni.

5. A képek, ábrák érkehetnek papíron, lemezen vagy e-mail útján. Kérjük a szerzőket: tartsák szem előtt, hogy a folyóirat fekete-fehér; formátuma B5 – tehát ne használjanak színeket, és vegyék figyelembe a megjelenő oldalak méreteit. Általában: az ábrák és magyarázataik legyenek egyszer-

rűek, áttekinthetők. A lemezen vagy e-mailben érkező képeket lehetőleg .tif vagy .jpg formátumban kérjük; fekete-fehérben, min. 150 dpi felbontással, és nagyságuk ne haladja meg a végleges (vagy annak szánt) méreteket. A közlemény szövegében tüntessék fel az ábrák kívánatos helyét.

6. A hivatkozásokat mindig a közlemény végén, ábécé-sorrendben adjuk meg, a lábjegyzetekben legfeljebb utalások lehetnek az irodalomjegyzékre. Irodalmi hivatkozások a szövegben: (szerző, megjelenés éve – Balogh, 1957; Feuer et al., 2002). Ha azonos szerző(k)től ugyanazon évben több tanulmányra hivatkoznak, akkor a közleményeket az évszám után írt a, b, c jellel kérjük megkülönböztetni mind a szövegben, mind az irodalomjegyzékben. Különösen ügyeljenek a bibliográfiai adatoknak a szövegben, ill. az irodalomjegyzékben való egyeztetésére! Kérjük: csak olyan és annyi hivatkozást írjanak, amilyen és amennyi elősegíti a megértést. Számuk ne haladja meg a 10–15-öt.

7. Az irodalomjegyzéket ábécé-sorrendben kérjük. A tételek formája a következő legyen:

- Folyóiratcikkek esetében: Feuer, Michael J. – Towne, L. – Shavelson, R. J. et al. (2002): Scientific Culture and Educational Research. *The Educational Researcher*. 31, 8, 4–14.

- Könyvek esetében: Rokkan, Stein – Urwin, D. W. – Smith, J. (eds.) (1982): *The Politics of Territorial Identity: Studies in European Regionalism*. Sage, London

- Tanulmánygyűjtemények esetében: Halász Gábor – Kovács Katalin (2002): Az OECD tevékenysége az oktatás területén. In: Bábosik István – Kárpáthi Andrea (szerk.): *Összehasonlító pedagógia – A nevelés és oktatás nemzetközi perspektívái*. Books in Print, Budapest

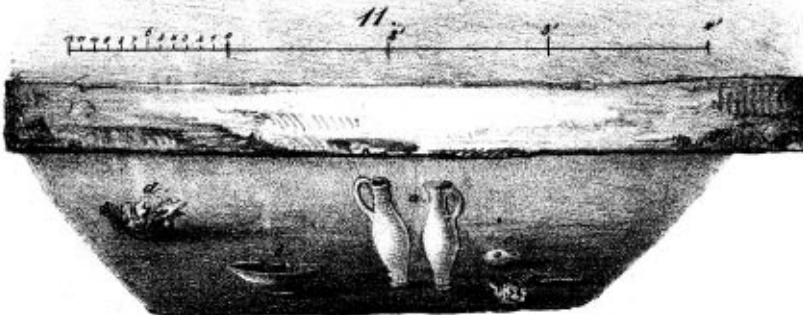
8. Havi folyóirat lévén a Magyar Tudomány kefelevonatokat nem küld, de még az elfogadás előtt minden szerzőnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát. A tördelés során szükséges apró változtatásokat a szerző időpont-egyeztetés után a szerkesztőségben ellenőrizheti.

9. A cikkeket a lap internetes oldalán, s az időszakos CD-mellékleten is megjelentetjük. Kérjük, jelezzék, ha ehhez nem járulnak hozzá.

A szentkereszt aszói prépostságá dűledékei között lelt vaskés.



Heves megyei Tisza-Dercs területén lelt edény.



Aquincum (Óbuda.) dűledékei között lelt római sír.