

# *Magyar Tudomány*

Száz éve született Gillemot László

A vízről és a levegőről

A magyar nyelv és kultúra oktatásáról

Szemere Bertalan

Kétszáz éve született Tóth Ágoston

---

***2012•10***

*Főszerkesztő:*

CSÁNYI VILMOS

*Szerkesztőbizottság:*

ÁDÁM GYÖRGY, BENCZE GYULA, BOZÓ LÁSZLÓ, CSÁSZÁR ÁKOS,  
HAMZA GÁBOR, KOVÁCS FERENC, LUDASSY MÁRIA, SOLYOSI FRIGYES,  
SPÁT ANDRÁS, SZEGEDY-MASZÁK MIHÁLY, VAMOS TIBOR

*A lapot készítették:*

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

*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.t-online.hu

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

Előfizetési díj egy évre: 10 440 Ft  
Terjeszti a Magyar Posta és alternatív terjesztők  
Kapható az ország igényes könyvesboltjaiban

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

---

## TARTALOM

### *Tanulmány*

- Rosta István – ifj. Rosta István – Vélner András:  
Megemlékezés Gillemot László akadémikus  
tudományos munkásságáról születésének centenáriumán ..... 1154
- Mészáros Ernő és Somlyódy László: Beszélgetés a környezet két fontos közegéről –  
a vízről és a levegőről ..... 1160
- Pál József: A magyar nyelv és kultúra oktatásáról a külföldi egyetemeken –  
helyzetértékelés és vitaanyag ..... 1206
- Reményi Károly: Arrheniustól indult, és... ..... 1217
- Hermann Róbert: Szemere Bertalan ..... 1224
- Klinghammer István: Kétszáz éve született Tóth Ágoston honvédezésre,  
az MTA tagja, a 19. századi magyar térképezés úttörője ..... 1238

### *Tudós fórum*

- Az öregnek aurája volt...  
Záborszky László agykutató Szentágotthai Jánosról (Gimes Júlia interjúja) ..... 1244

### *Vélemény, vita*

- Szentpétery Péter: Trónfosztás – vagy csak behunyt szemmel a trón előtt?  
Hozzászólás Brendel Mátyás *A nagy trónfosztás* című írásához ..... 1248
- Brendel Mátyás: Fides et ratio ..... 1252
- Gánóczy Sándor: Milyen értelemben lehet tudomány a keresztény teológia? ..... 1256
- Kampis György: Mi a tudomány? És mi nem az? ..... 1268

### *Megemlékezés*

- Enyedi György 1930 – 2012 (*Horváth Gyula*) ..... 1270

### *Kitekintés (Gimes Júlia)* ..... 1274

### *Könyvszemle (Sipos Júlia)*

- Válság és apokalipszis (*Balázs Ervin*) ..... 1276
- A nemzeti jogok és az európai jogrendszer kapcsolata (*Szmodis Jenő*) ..... 1277

# Tanulmány

## MEGEMLEKEZÉS GILLEMOT LÁSZLÓ AKADÉMIKUS TUDOMÁNYOS MUNKÁSSÁGÁRÓL SZÜLETÉSÉNEK CENTENÁRIUMÁN

Rosta István ifj. Rosta István

a történelemtudomány kandidátusa,  
egyetemi tanár, gépészmérnök, Kaposvári Egyetem  
bene.eva@ke.hu

okl. közgazdász, Kaposvár

Velner András

főiskolai docens, technikatörténész,  
Kaposvári Egyetem  
velner.andras@ke.hu

Gillemot László 1912. október 7-én született Budapesten, 1977. augusztus 20-án hunyt el. 1935-ben szerzett gépészmérnöki oklevelet a Magyar Királyi József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. A Királyi Magyar Pázmány Péter Tudományegyetemen matematikát, fizikát és filozófiát tanult, ugyancsak az 1930-as években. Gillemot László édesapja, az 1875-ben, Budapesten született Gillemot Ferenc 1916-ban hunyt el Petrosény közelében az első világháború egyik áldozataként. Kiváló sportoló volt, és a szakma őt tekinti a modern magyar sportújságírás megteremtőjének. Már 1897-től munkatársa volt egyebek mellett a *Sport-Világ* című lapnak is.

Gillemot László 1930 és 1935 között volt a Magyar Királyi József Műegyetem (illetve 1934-től a jogutód intézmény, a M. Kir. József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem) hallgatója. Műszaki doktori oklevelét 1941-ben, mindössze huszonkilenc évesen kapta, szintén Budapesten, a Műegyetemen. Értekezését a műszaki röntgenvizsgálatok témaköréből írta, ami megalapozta későbbi vizsgálatait a hegesztett hidakról. Ezért kapta meg 1946-ban a magántanári képesítést, majd 1949-ben a Kossuth-díjat.

Európában az 1940-es évek elején kezdtek terjedni a hegesztett hidak. Sajnos több nyugat-európai hídkatasztrófa is történt, részben a hegesztési hiányosságok következtében,

részben pedig azért, mert nem voltak kielégítőek a vizsgálati eljárások. Gillemot 1937-ben megkezdett kutatásai itthon is bevezették a hegesztési varratok röntgenvizsgálatait. A hegesztések ilyen ellenőrzésével sok varrathibát ki lehetett küszöbölni. Gillemot vezette az ellenőrzéseket a budapesti Kossuth-hídnál, a Lánchíd első újjáépített formájánál és a vásárosnaményi Tisza-hídnál. Jelentős gazdaságtörténeti fejleménynek ítélnék azt, hogy a szegecselt hidakat kezdték felváltani a gazdaságosabbban elkészíthető hegesztett hidak.

1940-ben Gillemot László nyerte el az amerikai Carnegie-alapítvány díját a drótkötélpályák megbízhatóságának anyagtudományi vizsgálataiért (BME Lt., 414. *Nemzeti Újság*. 1939. december 22., 5.).

Harmincöt éves korában, 1947-ben lett a Műegyetem Mechanikai Technológiai Tanszékén (később Mechanikai Technológiai és Anyagszerkeztetani Intézet) nyilvános rendes tanár. Az intézetet haláláig vezette. A Mechanikai Technológiai Tanszék vezetésében elődje Dr. Misángyi Vilmos nyilvános rendes tanár volt, aki az 1944. év végén a családjával együtt Németországba távozott. Gillemot mint helyettes tanár lett az utóda (BME Lt., 414. Iratok. 3. doboz. Dr. Gillemot László professzor életrajzai. 1952. október 24.). A tanszék mai neve Anyagtudomány és Technológia Tanszék. Két kutatóintézetet is létrehozott, és ezek igazgatását egy ideig el is látta. A Fémipari Kutató Intézet és a Vasipari Kutató Intézet a vezetése alatt kiváló eredményeket ért el.

Számos részletet tárt fel a fémek törésének okairól, amit nagy elismeréssel jutalmazott többek között a Francia Tudományos Akadémia is. Számításokat dolgozott ki annak megállapítására, hogy a fém milyen erőviszonyok közepette törik, milyen erőhatást, mekkora terhelést képes elviselni. A hegesztett



Gillemot László szobra a Műegyetemen, egykori intézetének épülete előtt

szerkezetekben előforduló rideg törések mechanizmusának kutatásával jelentősen növelte a technikai rendszerek működési biztonságát. Ezt a témakört, érthető módon, igen nagy nemzetközi érdeklődés kísérte, és kíséri azóta is. Sokat foglalkozott az acél, az öntöttvas, az alumínium és ötvözetek kutatásával.

Kidolgozta a fémtitán előállítási technológiáját. Ezért kapta meg a második Kossuth-díjat 1957-ben. Gillemot munkássága jelentősen hozzájárult ahhoz, hogy az acélszürke (de az acélénál kisebb sűrűségű), nagy szilárdságú, igen kemény és korrózióálló titán a korábbiaknál használhatóbb szerkezeti anyag lett – különösen a reaktorépítésben és a raké-

tatechnikában. Bár a titánt már a XIX. század első felében felfedezték, gazdaságos előállítása sokáig késett. Ennek egyik oka az volt, hogy a klasszikus kohászati módszerek nem vezettek eredményre, mert a titánnak az oxigén iránt igen nagy az affinitása. Gillemot eljárása világszerte nagy érdeklődést váltott ki, mert a korábbi eljárásoknál nemcsak műszakilag volt célszerűbb, hanem gazdaságosabbnak is bizonyult.

Eredményeket ért el a nagy sebességű képlékeny alakítás gyakorlati megvalósításában. Ezzel a kovácsolt előgyártmányok méretpontossága növelhető volt. Életének utolsó éveiben egy nagy sebességű alakító gép tökéletesítése foglalkoztatta. A porkohászati alkalmá-

zásnál ilyen módon a fémorból sajtolt és izotróp testeknél számottevő tömörségnövekedést lehetett elérni. A nagy sebességű alakító gépet több külföldi nagyvárosban, Londonban, Párizsban, Düsseldorfban ismertette. Szenvedélyéről így szokott vallani: „Olyant alkotni, amely egy lépéssel az igények előtt jár.” (Hajduska, 1975, 88–89.) Párizsban a „Magyar Tudományos és Műszaki Napok” keretében 1968. november 25–29. között tartotta igen sikeres előadását a nagy sebességű fémalakításról (BME Lt., 414. Iratok. 4. doboz. Jegyzetek, számítások. Program.). Franciaországi kapcsolataival sokat tett azért, hogy a magyarországi tudományos eredmények Párizsban megismerhetők legyenek.

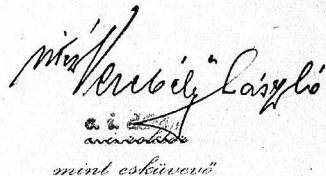
### Hivatalos eskü.

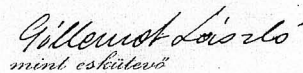
En Gillemot László

esküszöm a mindentudó és mindenható Istenre, hogy Magyarországhoz, annak alkotmányához és Magyarország kormányához hű leszek. Magyarország törvényeit és törvényes szokásait, valamint az alkotmányos kormány rendelőit megtartom. hivatali előjárásimnak engedelmességekem, a hivatali titkot megőrzöm és hivatali kötelességeimet pontosan és lelkiismeretesen teljesítem.

Isten engem így segíljen!

Budapest, 1937. évi. január. hó 26. n.

   
 mint esküvő

   
 mint eskütevő

Gillemot László műegyetemi oktatói esküjének szövege 1937-ből  
(BME Levéltára. 414. Dr. Gillemot László hagyatéka. 3. doboz)

MŰSZAKI MECHANIKA. DR. KOZMANN	4	2				66. 11.21.
ANYAGSZERK. DR. GILLEMOT LÁSZLÓ	2	0				
ANYAGSZERK. DR. GILLEMOT LÁSZLÓ	2	2				69. I. 31.
FÉMEK TECHNOLÓGIÁJA DR. GILLEMOT LÁSZLÓ	3	0				
FÉMEK TECHNOLÓGIÁJA DR. GILLEMOT LÁSZLÓ	2	2				

jelölés (s) 1966. 11.14.	jele (h) 1966. 11.14.
Kozmann	Kozmann
jele (l) 1967. 7.31.	jele (l) 1967. 7.31.
Kozmann	Kozmann
jele (l) 1967. 11.26.	jele (s) 1967. 11.26.
Gillemot	Gillemot

Gillemot professzor és tanszéke munkatársainak bejegyzései egy leckekönyvbe 1966/67-ből. (Rosta István felvétele saját leckekönyvéről)

A Magyar Tudományos Akadémia tagjairól megjelent háromkötetes műben így jelentették: „Legjelentősebb eredményeit az anyagszerkezettan, az anyagvizsgálat és a hegesztések röntgenvizsgálata területén érte el.” (Glatz, 2003, I/413.)

1949. október 31-én lett a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja, székfoglaló előadását 1950. június 24-én tartotta meg *A gömbszemcsés grafit kristályosodása* címmel. Vizsgálataival kimutatta, illetve megerősítette, hogy a gömb alakban kristályosodott grafitot tartalmazó öntöttvasnak számos előnyös tulajdonsága van: jó önthetőség, könnyű forgácsolhatóság, hőkezeltetőség, kopásállóság, nagyobb szilárdság, nyújthatóság, kovacsolhatóság, egyes tulajdonságokban hasonlatosság a lágabb acélok jó tulajdonságaihoz. (A rezgécscillapító hatása viszont rosszabb, mint a közönséges öntöttvasé.)

Több tucatnyi szabadalmából csak néhány jellemzőt emelünk ki: „Eljárás timföldgyártás hulladéktermékeinek, főként a vörösizsarnak feldolgozására”; „Melegen alakítható alumínium, illetve ónbronoz, és eljárás

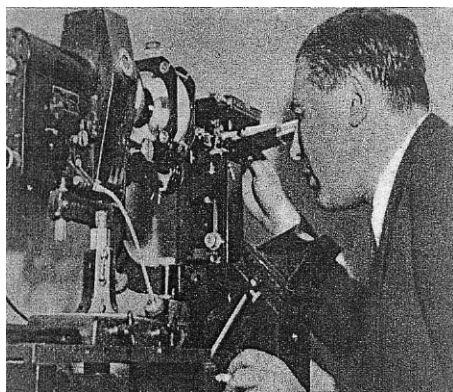
annak előállítására”; „Eljárás korrózióálló acél alkatrészek előállítására”; „Eljárás szerkezeti alumíniumötvözetek hegesztésére” (Konkoly, 1986, 493–494.). Ezek a felismerések és munkák jelentékeny gazdasági előnyökkel jártak.

A Magyar Tudományos Akadémia rendes tagjává 1965. április 23-án választották meg. Székfoglaló előadása 1966. január 25-én hangzott el *A fémek tulajdonságainak jellemzése a fajlagos alakváltozás munkájával* cím alatt. Tudományos és szakmai sokoldalúságát számos tény igazolja. Ezek egyike, hogy gépészmérnök letére lektora volt Dr. Vajta László és Dr. Szébenyi Imre *Kémiai technológia* című 1969-ben kiadott jegyzetének.

1954 és 1957 között a Budapesti Műszaki Egyetem rektora, 1965 és 1967 között tudományos rektorhelyettese volt. Dr. Konkoly Tibor volt műegyetemi tanáira emlékezve Gillemot Lászlóról a következőket állapította meg: „Mindig a legújabbra törekvés, intuíció, a szakirodalom naprakész követése, az új fejlesztések gyors hazai kipróbálása, mély humor, kedélyes szemléletmód, finom – nem bántó – irónia.” (Konkoly, 1986, 107.)

Szívesen foglalkozott a ritkafémekkel és a különleges ötvözetekkel is. A *Szerkezeti anyagok technológiája* című művében tárgyalja a kobaltot, a kadmiumot, a bizmutot, az aranyat (pénzérmékhez rézzel ötvözve), az ezüstöt és a platínát.

Széles körű érdeklődésre való hajlamát mutatja, hogy foglalkoztatták műszaki szaknyelvi, nyelvhelyességi kérdések is, ezért lett szerkesztője a *Műszaki Értelmező Szótár* egyik kötetének. (Talán példaképe lehetett ebben a XIX. századi Jedlik Ányos, aki igen sokat fáradozott a természettudományos magyar szaknyelv kimunkálásán!) Az előszóban ezt olvashatjuk: „... még jótollú szakírók is sokat vétettek a szakmai szabatosság és a nyelvhelyesség ellen [...] felbecsülhetetlen az az érték, amit ez a Szótár pedagógusaink számára jelent, hathatós segítséget nyújtva nekik abban az erőfeszítésben, mit nap-nap után kifejtünk [...] nyelvünk tisztaságának megőrzése érdekében.” (Gillemot, 1960, 11/5–6.) Ritkaság, hogy a természettudományok és a mérnöki tudományok képviselője ilyen jó érzékkel közeledjen az anyanyelvi kultúrához.



Dr. Gillemot László hegesztési varratot vizsgál röntgenkészülékkel (*Esti Hírlap*, 1963. január 7., hétfő. BME Levéltára. 414. Dr. G. L. hagyatéka. 1–7. doboz, családi album)

Az egyetemi professzori hivatásról alkotott felfogása is időtálló. „A tudomány széles területéről ki kell választani azt az anyagot, amit a diáknak okvetlenül ismernie kell, [...] Ez csak olyan tananyag lehet, amelyet az előadó, a professor, vagy az asszisztens saját, személyes tapasztalataival is ellenőrzött. [...] egy egyetemi professzornak nem szabad olyasmit tanítania, amiről személyes élménye, vagy tapasztalata nincsen. Az egyetemen tehát a tudományos kutatómunka és az oktatás szerves egységet képez, egymástól nem választhatók szét...” (Kardos, 1976, 67.)

Meggyőződése volt az, hogy a mérnök-hallgatók tudásában az alapoknak kell nagyon szilárdnak lenniük. „A mi foglalkozásunkban úgy kell kiképezni az embereket, hogy 30 év múlva is alkalmasak legyenek szaktudományuk művelésére. Egy bizonyos fokú prófécia kellene ahhoz, hogy megmondhassam, 30 év múlva mi lesz az, amit tudniuk kell. Meg kell mondanom, hogy én nem is tudom. Az alaptudományi törvényszerűségek azonban 30 év múlva is változatlanok lesznek, és ezért kell a műszaki oktatásban is elsősorban az alaptudományokra és azok gyakorlati alkalmazására támaszkodva oktatni a hallgatókat. Egy gondolkodásmódot kell átadni a diáknak...” (Konkoly, 1986, 463–464.)

Túlzás nélkül állítható, mert a tudománytörténet igazolja, hogy az eredményeihez hasonló jelentőségű, nagy felismeréseket jutalmaztak már Nobel-díjjal is. Energiáinak egy részét azonban lekötötték a közéleti, társadalmi tennivalók: egyetemi professzori munkája mellett igazgatott kutatóintézeteket, vezetett tanácsok, bizottságok tevékenységét, dolgozott tudományos osztályokon, szakfolyóiratok szerkesztő bizottságaiban. Nagy tudós volt, de életútja során szinte sohasem fordíthatta idejének és energiáinak teljességét

csak a tudományra. A korszak elvárása volt a tudós sokirányú leterhelése, így még a Hazafias Népfrent is igényt tartott a munkájára.

A halálát követő esztendőben a *Magyar Tudomány* hasábjain Gillemot Lászlóról a professzortárs és akadémikustárs, Lévai András tollából jelent meg nekrológ (Lévai, 1978,

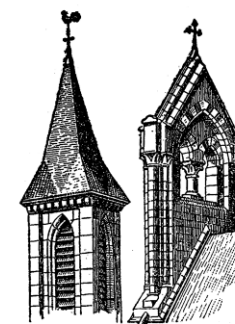
82–83.). Születésének 100. évfordulóján tisztelettel és kegyelettel emlékezünk rá, aki a XX. század egyik nagy magyar tudósa volt.

Kulcsszavak: *Gillemot László akadémikus, hegesztett kötések, műszaki röntgenvizsgálat, anyagszerkezet*

#### IRODALOM

- BME Lt., 414. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Levéltára. 414. Dr. Gillemot László hagyatéka. 1–7. doboz.
- BME Lt., 414. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Levéltára. 414. Dr. Gillemot László családi albuma. *Nemzeti Újság*. 1939. december 22., péntek. 5. oldal.
- BME Lt., 414. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Levéltára. 414. Dr. Gillemot László iratai. 3. doboz. Dr. Gillemot László professzor életrajzai. 1952. október 24.
- BME Lt., 414. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Levéltára. 414. Dr. Gillemot László iratai. 4. doboz. Jegyzetek, számítások. Program. (Kutatás: 2012. május 31.)
- Glatz Ferenc (főszerk.) (2003): *A Magyar Tudományos Akadémia tagjai*. I. kötet. A–H. MTA Társadalomkutatási Központ–Tudománytár, Budapest

- Hajduska István (1975): *Tudósok közelről. Ötven magyar akadémikus portréja*. RTV-Minerva, Budapest
- Kardos István: *Magyar tudósportrék. Kardos István tévésorozata*. Kossuth, Budapest
- Konkoly Tibor (1986): Gillemot László. Műszaki nagyjaink. 6. kötet. Szerkesztő: Pénzes István. A Gépipari Tudományos Egyesület kiadása. Budapest, 1986. 677 oldal. 449–507.
- Konkoly Tibor (1986): *Megmaradtam mérnöknek. Mérnök vagyok*. Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár. Budapest, 95–130.
- Lévai András (1978): Megemlékezés. Gillemot László 1912–1977. *Magyar Tudomány*. 1, 82–83.
- Gillemot László (szerk.) (1960): *Műszaki Értelmező Szótár*. II. *Mechanikai Technológia 1. Anyagszerkezet és anyagvizsgálat*. Szerkesztette: Dr. Gillemot László. Terra, Budapest



# BESZÉLGETÉS A KÖRNYEZET KÉT FONTOS KÖZEGÉRŐL – A VÍZRŐL ÉS A LEVEGŐRŐL

Beszélgetőpartnerek: Mészáros Ernő  
és Somlyódy László

az MTA rendes tagjai

*Prológus: miről szól a beszélgetés,  
tartalomjegyzék*

M. E.: Kedves Laci! Élettünkben számos tudományos és kevésbé tudományos megbeszélésen, konferencián vettünk részt. De nemcsak sokat ültünk, netán unatkoztunk együtt, hanem sok esetben meghallgattuk egymás előadásait, felszólásait. Ezekből egyre jobban kiviláglott az a közel sem forradalmi felismerés, hogy a Te területed, a vízburok, és az én kutatási közegem, a levegő folyamatai mennyire hasonlatosak. Ebből következik, hogy tanulmányozási módszereik sem térnek el nagyon egymástól. Azt hiszem, eljött az ideje, hogy erről kicsit részletesebben is elbeszélgessünk, és a beszélgetés lényegét papírra vessük – jó professzorként reménykedve abban, hogy amit mondunk, az másoknak is okulásul szolgál.

S. L.: Teljesen egyetértek. Talán csak annyit hozzátéve, hogy a két környezeti tartomány hasonlóságai mellett a különbségeket is említsük meg. Azt javaslom továbbá, hogy nagyjából előre állapodjunk meg, milyen témákról fogunk beszélni. Beszélgetésünk így

nem válik parttalanná. Megállapodásunk ilyen módon beszélgetésünknek mintegy a „tartalomjegyzékévé” válhat, ami, ha leírjuk, nagyon is kívánatos. Másik javaslatom, hogy, tekintve a víz és a levegő összefüggését a bioszférával, az étellel, néhány bevezető szót erről is kellene szólni.

M. E.: Lássuk először, miről is fogunk beszélni. Tartalomjegyzék helyett:

A két közeg összetétele és néhány tulajdonsága: *Víz, levegő, élet • A körforgásokról • Oldott és szilárd anyagok*

Főbb szennyezők és problémák: *Főbb szennyezők • A globális felmelegedésről • A savasodásról • Az ózonnál és más anyagokról • A szerves- és tápanyagokról • Néhány érdekesség*

Áramlás és transzport, egyenletek: *Leíró egyenletek • Jellemző esetek*

Modellek: dilemmák és alkalmazások: *A modellalkotás • Az alkalmazás előfeltételei • Példa a transzportegyenlet numerikus megoldására • Modellezés és környezeti problémák*

Káosz

Éghajlati prognózis

Epilógus

## A KÉT KÖZEG ÖSSZETÉTELE ÉS NÉHÁNY TULAJDONSÁGA

*Víz, levegő, élet*

M. E.: A Föld alapvető jellemzője, hogy rajta élet, bioszféra van. A bioszféra kialakulását a bolygó tulajdonságai, így Naptól való távolsága és nagysága tették lehetővé. Az említett tulajdonságok miatt a víz a felszínről nem szökött el, és bolygónk felszínének mintegy kétharmadát ma is víz borítja. A legvalószínűbb feltevés szerint, valamikor 3,8 milliárd évvel ezelőtt, az első egysejtű lények a sekélyebb vizekben jöttek létre. Életük fenntartásához nélkülözhetetlen energiát a nap sugárzás szolgáltatta, míg az anyagcseréjükhez szükséges elemeket (szén, oxigén, hidrogén) a vízből és az őslégkörből nyerték. A további fejlődés szempontjából hatalmas jelentőségű esemény volt, amikor 3,5 milliárd évvel ezelőtt egyes egysejtű baktériumok (cianobaktériumok) a szénhidrátok előállításához szükséges hidrogént a víz elbontásával nyerték. A fotoszintézisnek ez a ma is uralkodó módja felszabadította a víz oxigénjét, és egyúttal csökkentette a légköri szén-dioxid mennyiségét.

Az oxigén igen reakcióképes. A vízbe és az akkori oxigénmentes légkörbe jutva molekulái oxidáltak a különböző anyagokat (például: metán, redukált állapotú vasvegyületek), majd kb. kétmilliárd évvel ezelőtt megindult az oxigén felhalmozódása, és mennyisége kb. 300 millió évvel ezelőtt elérte a ma is megfigyelhető értéket. A víznek köszönhető légkörünk legfontosabb tulajdonsága, a jelentős koncentrációjú szabad oxigén jelenléte.

A megjelenésekor az oxigén az akkori egysejtűek nagy része számára mérgező volt. Egyesek közülük, főleg a sejttaggal rendelkező lények azonban „felismerték”, hogy az oxigén felhasználásával sokkal hatékonyab-

ban lehet szervezetüket működtetni, mint fotoszintézissel. Kialakult a légzés, ami új utakat nyitott az élet elburjánzásához. Számunkra, mai emberek számára, az oxigén és a víz nélkülözhetetlenek. Oxigén nélkül csupán néhány percig tudnánk életben maradni, de az oxigén a levegőben szinte korlátlan mennyiségben áll rendelkezésünkre. Az óceánok sós vizét nem tekintve, a víz mennyisége jóval korlátozottabb. Igaz, víz nélkül néhány napig is megvagyunk. Végül a tevékenységünkhöz és kényelmünkhöz szükséges energiát zömmel oxidációval, égéssel nyerjük.

A levegő a Naprendszer bolygóinak gázburkát tekintve különleges gázkeverék. Különleges, mivel egyik fő összetevője az oxigén, amely a többi bolygó légkörében gyakorlatilag nem fordul elő. De különleges-e a víz, amelyet mindannyian oly közösnek gondolunk tartunk?

S. L.: A kérdésfeltevés érdekes különbségre hívja fel a figyelmet: a levegő sokkomponensű keverék, míg a természetben egyébként nem létező tiszta víz egykomponensű vegyület. Ebből arra következtethetünk, hogy a közönségesnek gondolt víz sokkal egyszerűbb közeg, mint a levegő. De valóban így van-e? Az élet szempontjából mindkettő egyformán fontos: szén-dioxidot szolgáltatnak a fotoszintézishez, miközben kart-karba öltve, egymással sokoldalú kölcsönhatásban vannak. A víz azonban különleges már csak összes tömege miatt is: a földfelület leggyakoribb molekuláris vegyülete. Különleges azért is, mivel nélküle egyetlen állat vagy növény sem létezne a Földön. Különlegességének gyökere azonban a csodálatos és rendkívül specifikus molekulaszervezete. Emiatt kapja a víz a legkülönbözőbb jelzőket és jellemzéseket a folyadékok között: ellentmondásos, Janus-arcú, szfinx és így tovább.

A víz a létező legegyszerűbb és legkisebb aszimmetrikus molekula: a 16-os tömegszámú oxigénatomhoz két, egymással 105°-os szöget bezáró, 1-es tömegszámú hidrogénatom kapcsolódik. A nagy méretkülönbség miatt az oxigénatom magához vonzza a két hidrogénnek a kovalens kötésben részt vevő elektronját. Emiatt a vízmolekula erősen polarizált: az oxigénatom negatív, a hidrogének pozitív töltésűek. A szomszédos molekulák ellentétes töltéseinek vonzása a kovalens kötésnél gyengébb, ám jelentős energiájú hidrogénhidakat alakítanak ki. A hidrogénhidkötés teszi a vízmolekulát unikális kémiai szerkezetűvé.

Az ideális jégkristályban az oxigénatomok egy tetraéder középpontjában helyezkednek el, a négy csúcson a két kovalensen kötött és a két hidrogénhíddal kapcsolódó hidrogénatomot találjuk. A hőmérséklet emelkedése a molekulák kinetikus energiájának növekedését jelenti. A jég megolvadásakor a rendezett belső szerkezet részben felbomlik, a molekulák közelebb kerülnek egymáshoz. A térfogat csökken, a sűrűség növekszik (a jég sűrűsége kisebb, mint a vízé). Légköri nyomáson a sűrűség 4 °C-on a legnagyobb. A hőmérséklet növekedésével csökken az egymással asszociált vízmolekulák száma, a térfogat növekszik, a sűrűség csökken. A vízgőzben már nincsenek asszociált molekulák. A víz az egyetlen folyadék, amelynek a sűrűsége a hőmérséklet függvényében szélsőértékkel rendelkezik (ezt és ennek a következményeit hívjuk sűrűségi anomáliának, amiről később még biztosan szólunk). Szintén a specifikus molekulászerkezet az oka annak, hogy magas a víz olvadáspontja, olvadáshője, forráspontja, forrás- vagy párolgáshője, felületi feszültsége, viszkozitása, dielektromos állandója és oldóképessége, azonban igen alacsony a ve-

zetőképessége. A víz fajhője magasabb, mint az ammónia kivételével bármilyen más folyadéké. Felmelegedése és lehűlése ezért lassabb, mint más közegeké. Ez a magyarázata annak, hogy a víz hőmérséklete kisebb mértékben ingadozik, mint a szárazföldé: nagy vizek klímaki egyenlítő hatása közismert. Például az észak felé mozgó, meleg, lassan hűlő Golf-áramlat nélkül Nagy-Britannia sokkal hidegebb téllal szembesülne.

Mindezek, a többi folyadékétól eltérő tulajdonságok az élet és az élettani folyamatok szempontjából sokoldalú következményekkel járnak. A víz az egyetlen vegyület, ami a természetben mindhárom fázisban (szilárd, folyékony és vízgőz) előfordul (és a hasonló szerkezetű vegyületekkel szemben szobahőmérsékleten nem gáz halmazállapotú), így módon lehetővé teszi a víz, az anyagok és a hő körforgását a bioszférában. A víz kiváló hűtőanyag (de jó fűtőközeg is): ez fontos tulajdonság a földi éghajlat és a melegvérű állatok hőmérsékletének szabályozása szempontjából. A sűrűségi anomália miatt a víz felülről kezd befagyni. A jó hőszigetelő jégréteg megvédi az alatta levő víztömeget a lehűléstől és a megfagyástól, és biztosítja az élővilág áttelelését. De a jég tágulása okozza a kőzetek fizikai mállását is, ami a talajképződés első lépése. Ugyanez az anomália mély vizekben hőmérsékleti rétegződést alakít ki: a felülről felmelegedő víz (epilimnion) a lényegesen hidegebb hipolimnionon „lebeg”.

A nagy felületi feszültség miatt a kapillárisokban a víz más folyadékoknál magasabbra emelkedik. Ezen a tulajdonságon alapul a magasabb rendű (edénynyalábos) növények nedvkeringése; ez teszi lehetővé, hogy a talajvíz nedvesen tartsa a felső, a növények számára elérhető talajrétegeket. A nagy viszkozitás jelentős felhajtóerőt jelent. A vízben élő

szervezeteknek nincs szükségük támasztó és merevítő rendszerekre, mint a szárazföldi élőlényeknek. Ugyanakkor persze a vízbéli mozgás lényegesen több energiát emészt fel.

Némi túlzással gyakran mondják, hogy a víz a legáltalánosabb oldószer: valóban több anyagot old, mint a többi közönséges folyadék. Ez biztosítja azoknak az ionoknak a megjelenését, amelyek elengedhetetlenek az élőlények számára. A víz az aszimmetrikus szerkezetű gázokat is jól oldja, ezekkel gyakran kémiai reakcióba lép. A légkör zömét alkotó szimmetrikus (apoláros) N<sub>2</sub>- és O<sub>2</sub>-gáz – szemben a polárosokkal – rosszul oldódik. Emiatt, az egészséges vízi élet előfeltételét képező oldott oxigén a légkörrel szemben gyakran csak szűkösen áll rendelkezésre. A sók ionokra disszociálnak a vízben, az anionokat és a kationokat hidrárburok veszi körül. A vízmolekulák a nagy, elektromosan töltött molekulák körül is hidrárburokká rendeződnek, ezeket a molekulákat kolloid „oldatban” tartják. Az élet azért alakulhatott ki az ősóceánokban, mert a víz a szükséges egyszerű molekulákat és azok polimerjeit egyaránt nagy koncentrációban tudta oldatban tartani. Ugyanakkor a víz nem, vagy rosszul oldja a töltéssel nem rendelkező, apoláros molekulákat. A sejtet apoláros, a víz számára átjárhatatlan lipidmolekulákból felépülő sejthártya burkolja. A víz és a vízben oldott anyagok csak a lipidrétegbe ágyazott poláros fehérjecsatornákon keresztül jutnak a környezetből a sejtbe és vissza. Az élő szervezetek lágy szöveteinek 85–95%-a víz. Az emberi testben 60–70% a megfelelő érték. A víz döntő szerepet játszik a környezettel zajló cserefolyamatokban: például agyunkon naponta több mint 1000 liter víz áramlik át, odaszállítva a működéséhez szükséges anyagokat, és eltávolítva a bomlástermékeket.

### *A körforgásokról*

M. E.: Mindannyian tudjuk, hogy a levegő nemcsak oxigénből, hanem molekuláris nitrogénből, illetve jóval kisebb mennyiségben nemes gázokból, elsősorban argonból áll. Kevésbé közismert, hogy a légkörünk egy térfogatszázaléknál jóval kisebb mennyiségben, nyomokban számos más gázt tartalmaz. A nyomgázok közül legismertebb a víz. Kondenzációra képes, azaz gőz halmazállapotban van. Így biztosítja a felhő- és csapadékképződést, s ezáltal a vizet a szárazföldi ökoszisztémák számára. Koncentrációja annyira változó, hogy amikor a levegő összetételéről beszélünk, általában száraz levegőre gondolunk. A többi nyomgáz együttes koncentrációja a 0,04%-ot sem éri el. Jelenlétük mégis alapvető. Szabályozzák a napsugárzás és a Föld által kibocsátott hosszuhullámú sugárzás átvitelét, és ezen keresztül az éghajlatot. Egyik közismert képviselőjük az ózon, amely a légkör magasabb rétegeiben oxigénmolekulákból keletkezik, és kiszűri a napsugárzás spektrumából az élőlényekre halálos, nagyenergiájú ultraibolya sugarakat. Másik közismert példa a szerves anyagok bomlásából, kisebb mértékben a légzésből és vulkánizmusból származó szén-dioxid, amely a nyomgázok többségét teszi ki. Ez a gáz átengedi a Napból jövő rövidhullámú energiát, ugyanakkor elnyeli és kisugározza a földi hőszugárzást, azaz a levegőt a kertészetben használatos üvegházhoz teszi hasonlóvá. A szén-dioxid mennyisége bolygónk története során az éghajlatot alapvetően meghatározta, és meghatározta napjainkban is. Az üvegházhatást tovább fokozzák olyan, szintén biológiai eredetű nyomgázok, mint az oxigénmentes környezetben keletkező metán vagy a talajok nitrifikációs és denitrifikációs folyamatai során

felszabaduló dinitrogén-oxid. Az emberi tevékenység miatt a levegőben az említett gázok egyensúlya felborult, ennek következtében koncentrációjuk növekszik. Az üvegházhatás szempontjából, már csak a nagyobb koncentráció miatt is, a metán szerepe jelentősebb, mint a dinitrogén-oxidé. Ugyanakkor a teljes üvegházhatáshoz a metán és dinitrogén-oxid csak hozzájárul, mivel a szén-dioxid koncentrációja mindkét gáz légköri mennyiségét jelentősen meghaladja.

A levegőbe került gázok molekulái természetesen nem maradnak örökké a légkörben, hanem meghatározott, ún. nyelő folyamatok kivonják őket. A földtörténet során a természetes források és nyelők egyensúlyba kerültek, ami azt jelenti, hogy erősségük kiegyenlíti egymást, ezért a levegő összetétele nem változik. Minden anyag molekulái átlagosan meghatározott időt töltenek a levegőben. A tartózkodási idő alapvetően szabályozza adott vegyület koncentrációjának tér- és időbeli változékonyságát. Minél hosszabb a tartózkodási idő, az illető gáz a légáramlásokkal annál jobban elkeveredik. A légkör teljes keveredése egy-két éves időtartam alatt megy végbe. Tekintve, hogy az üvegházhatású gázok tartózkodási ideje ennél jóval hosszabb, a levegőben lényegében egyenletesen oszlanak el. Különösen hosszú, több mint száz év a dinitrogén-oxid tartózkodási ideje. Ez lehetővé teszi, hogy molekulái feljussanak a légkör kb. 15 km fölötti részeibe, ahol az ózon többsége helyezkedik el. Itt a napsugárzás hatására elbomlanak, és a bomlástermékek részt vesznek az ózon kivonásában.

A levegőbe a szárazföldi és vízi bioszférából, esetleg a vulkánokból olyan gázok is jutnak (például: kén- és nitrogén-oxidok, ammónia, szerves gázok), amelyek egymással reakcióba lépnek, illetve vízben jól oldódnak,

és csapadékhulláskor elhagyják a légkört. Ezek képezik a reaktív gázok csoportját, amelyek tartózkodási ideje általában néhány nap. Ezek a forrásoktól a légáramlások irányának és erősségének megfelelően távolodnak el. Légköri körforgalmuk alapvetően függ a víz légköri ciklusától, amely része a víz *hidrológiai körforgásának*. Hogyan is megy ez végbe egy kicsit pontosabban?

S. L.: Tekintsük először a *statikus képet* és a tárolt készleteket. A Föld teljes vízkészlete mintegy 1400 millió km<sup>3</sup> (a felszín 71%-át víz borítja, de a víz a Föld tömegének csak mintegy 1%-át teszi ki). Ennek csupán 2,5%-a az emberi igények kielégítésére közvetlenül alkalmas édesvíz. Utóbbi háromnegyede jég formájában található (nagy része az Antarktiszon), és mint ilyen, nem hozzáférhető. Azaz valójában csupán 0,6%-kal gazdálkodhatunk, ami túlnyomóan a felszín alatt található. A hétköznapiakon a vizet többnyire a folyókkal és a tavakkal asszociáljuk, ezek részesedése csupán 0,014%. Első ránézésre még ez is bőségesen elegendő, hiszen a népesedést lényegesen meghaladó ütemben növekvő évi globális vízhasználat napjainkban is „csak” 6000 km<sup>3</sup> körüli.

A különböző készletek közötti *dinamikus kapcsolatot* a hidrológiai körforgás teremti meg, ami a napenergia hatására, a hidroszféra nyitott rendszerében jön létre, kölcsönhatásban az atmoszférával és a litoszférával. Ezt kizárólag a szűk hőmérsékleti tartományon belüli fázisváltások teszik lehetővé: a víz fázisdiagramja és a bolygók hőmérséklet- és nyomás jellemzőinek relatív viszonya magyarázza, hogy jelenlegi ismereteink szerint folyékony víz valószínűleg csak a Földön található. A hidrológiai körforgás kulcseleme a felszíni vizek óriási energiaigényű párolgása (ez hőelvonással jár, és csökkenti a levegő-víz határ-

felület hőmérsékletét), amely jóval forráspont alatt (szublimáció formájában még szilárd halmazállapotban is) bekövetkezik (a levegő víztartalma már 20 °C-on is elérheti az 5%-ot).

Számos más anyag földi körforgásának hajtóereje a víz körforgása – a víz a legáltalánosabb szállító közeg. A nagy körforgás számos kicsiny ciklus eredője. A tengervíz 3,5%-a oldott anyag, túlnyomóan nátrium-klorid (a további főbb összetevők: kalcium, magnézium, bikarbonát, szulfát, klorid és szilícium, de nyomelemnyi mennyiségben aranyat is tartalmaz). Párolgás és a szárazföldi bioszféra transzspirációja révén évente 0,45 millió km<sup>3</sup> megújuló víz lép vízgőz formájában a folytonos, nagy körforgásba (a nagyságrend érzékeltetése céljából jegyezzük meg, hogy ennek az egész Földet befedő, 1 méter vastag vízréteg vagy kétszáz ezer Balaton felel meg). A víz-molekulák az óceánból a légkörbe lépve hátrahagyják a sóikat és a bejutott szennyezőanyagok nagy részét. A folyamat nagyléptékű desztillálásként képzelhető el, amely eredményeként „tisztá” édesvíz jut a szárazföldre. Miután a lehulló csapadék nagy része közvetlenül az óceánba jut vissza, a ténylegesen hasznosítható, megújuló, dinamikus készlet a szárazföldi lefolyás eredménye, mindössze 40 000 km<sup>3</sup> körüli, azaz kb. húsz ezer Balatonnyi.

A körforgás során a folyók a talajból és a kőzetekből anyagokat oldanak ki, amit a tengerekbe és óceánokba szállítanak. A tengerekben kicsapódó és kiülepedő anyag emberi szempontból „elvész”. Háromezer év kell ahhoz, hogy a teljes vízkészletnek megfelelő térfogatú víz egyszer körbeforduljon (ennyi az óceánokban a víz átlagos „tartózkodási ideje”, de ugyanez a légkörben vagy a folyókban csupán egy-két hét). A csapadékból származó víz felszíni lefolyása a topográfiai viszonyok által meghatározott ún. vízgyűjtőterületeken történik, melyek a vízgazdálkodás természetes alapegységét képezik. A kisebb vízgyűjtők kifolyószelvénye nagyobb vízfolyásokba torkollik. Így épül fel a hidrológiai fa, a különböző rendű mellékfolyók és vízgyűjtők, egészen addig, amíg a főfolyó valamelyik tengerbe vagy óceánba nem szállítja a vizét.

A „sok víz” hiedelemmel szemben a dinamikus globális készlet napjainkban a víz-igénynek (1000 m<sup>3</sup>/fő/év, aminek 70%-át az öntözés teszi ki) csupán mintegy hatszorosa. A trend a népesedés következtében roppant kedvezőtlen: a fajlagos készlet száz év alatt 27 000 m<sup>3</sup>/fő/év-ről csökkent mintegy 6000 m<sup>3</sup>/fő/év-re. Fizikai értelemben a sok, térben és időben erősen változó, kicsi körforgás az oka, hogy a vízzel kapcsolatos gondok földrészenként, térségenként, évenként és évszázakonként változó módon jelentkeznek. Az alapvető gondot a roppant egyenlőtlen elosztás jelenti: vízhiányok, aszály és árvizek fordulnak elő. A vízzel ezért gazdálkodni kell, ami nem olcsó. Napjainkban a fejlődő világban gyakran a gazdasági okok miatti vízhiány, továbbá az ivóvízellátási és szennyvízelhelyezési gondok jelentik a legnagyobb kihívást. Ehhez adódik az éghajlatváltozás hidrológiai körforgást „gyorsító” hatása, ami a készletek területi átrendeződésében és a szélsőségek gyakoribbá válásában jelentkezik.

Az élet kialakulása óta a víz által szállított anyagok mennyisége csak kisebb mértékben függ attól, hogy a víz mit tud kioldani, és magával sodorni. Ennél fontosabb tényező a szárazföldi és vízi élővilág anyagcseréje, és a fontosabb elemek (például C, N, P) változó körforgása. A ma társadalmunk közvetlenül vagy közvetve olyan mennyiségű szennyezőanyagot juttat a vizekbe, hogy azt sem a kémiai



folyamatok, sem az élővilág nem képes feloldozni. A vízminőségi bajok szinte mindenütt robbanásszerűen jelentkeznek, sokféle – főként a fejlődő világban – a kezelés esélye nélkül. Néhány évtized alatt nagyságrenddel nőtt a szárazföldről a vizek felé irányuló irreverzibilis anyagáramlás.

M. E.: Befejezted?

S. L.: Alighanem fogsz még kérdezni.

#### *Oldott és szilárd anyagok*

M. E.: Mint említettem, a légkörben nyomokban számos gáz található. A nyomgázok kémiai reakciói a levegő jellegének megfelelően oxidációs folyamatokat jelentenek. A reakciók során sok esetben különböző gőzök (például kénsav, salétromsav) keletkeznek, amelyek a vízgőzzel együtt kondenzálódnak, és kicsiny, nanométeres nagyságú cseppecskéket képeznek, amelyek egymással egyesülve növekednek tovább. Erre a legáltalánosabb példa a kénsavcseppecskék keletkezése, amelyeket az ammóniagáz semlegesít. Ily módon ammónium-szulfát részecskék/oldatcseppek keletkeznek. Természetes körülmények között a szulfátrészecskék az óceáni bioszféra által kibocsátott kéntartalmú gázból, dimetil-szulfidból keletkeznek. Az óceánokból tehát nem csak vízgőz, hanem a vízgőz kondenzációját elősegítő részecskék is érkeznek a levegőbe.

Olyan aeroszolforrások is működnek (például erdőtüzek), amikor gőzök (például különböző szerves anyagok) vagy részecskék (például korom) közvetlenül szabadulnak fel. Másrészt a kémiai reakciók sokszor nem gázfázisban, hanem az elnyelt gázok között a felhőcseppekben mennek végbe. Ilyenkor a részecskék a felhők elpárolgása útján jutnak a levegőbe. Csapadék keletkezése esetén anyaguk a felszínre kerül. A részecskék mérete jóval nagyobb, mint a gázmolekuláké, ugyan-

akkor bizonyos ideig lebegő állapotban a levegőben maradnak: a légkör hatalmas diszperz rendszert, aeroszolt alkot. A gázreakciókkal, illetve kondenzációval általában 1 mikrométernél kisebb, gömb alakú részecskék keletkeznek. Ezeket közös néven finom részecskéknek nevezzük.

A levegőben az említett méretnél nagyobb, ún. durva részecskék is találhatóak. A durva részecskék a felszín mechanikus porlódása útján keletkeznek, amelyet a légáramlások váltanak ki. Kémiai összetételük természetesen a felszín jellegét tükrözi. Óceáni környezetben tengeri sóból (elsősorban nátrium-klorid), míg szárazföldek fölött főleg az alumínium, a szilícium és a vas oxidjaiból épülnek fel. Ez utóbbi esetben formájuk szabálytalan. A durva részecskék közös jellemzője, hogy ülepedésük a levegőben közel sem elhanyagolható.

Az aeroszol részecskék fontos összetevői a levegőnek: számos légköri folyamat szabályozásában fontos szerepet játszanak. Befolyásolják a napsugárzás légköri terjedését, mivel anyaguktól, nagyságuktól és formájuktól függően szórják, kisebb mértékben nyelik el a sugarakat. Ily módon valamelyest csökkentik a felszínre elérő napenergiát, és meghatározzák azt a távolságot (látótávolság), ameddig ellátunk. Aeroszol részecskék nélkül a látótávolságot csupán a gázmolekulák szabályoznák. Értéke meghaladná a 300 km-t. Ha a részecskék a talajra, vizekre rakódnak, vagy belelegezük őket, akkor az élővilágra is hatással vannak. Legfontosabb szerepük azonban az, hogy lehetővé teszik a felhőképződést, mivel a vízgőz számára, elsősorban a vízben oldódó hányaduk kondenzációs magvakat szolgáltat. Aeroszol részecskék nélkül nem lennének felhők, így csapadék sem hullana. Másrészt az éghajlat is jóval melegebb lenne,

mivel a felhők szerkezetüktől függően a napsugárzást hatékonyan visszaverik.

Az aeroszol részecskék részben vízben oldódó (például ammónium-szulfát, nátrium-klorid), illetve oldhatatlan anyagokból épülnek fel. Ez lényeges különbség a környezeti vizekben lebegő részecskékhez képest, amelyek az adott kémiai környezetben túlnyomóan oldhatatlan vegyületekből állnak.

S. L.: Így van, a természetben található vizeknek szintén velejáruk a szilárd részecskék jelenléte. Változatos és szerteágazó világ tárul elénk, ami lefedi a finom kolloidokat és az akár hét-nyolc nagyságrenddel nagyobb hordalékot is. Folyók hordaléka erózió és mállás révén a vízgyűjtőről, a mederből és partról származik. Döntően ásványi anyag, de részét képezik a változatos szennyezőanyagok szilárd formái is. A klasszikus vízimérnöki gyakorlat megkülönbözteti a lebegtetett és a görgetett hordalékot, amelyek alatt kizárólag az ásványi anyagokat értik. A görgetett hordalék jellemzője, hogy kúszva vagy ugrálva szinte folyamatosan a mederfenéken halad, míg a lebegtetett hordalék a vízsebességgel közel azonos sebességgel, lebegve mozog. A hordalék szállítása energiát igényel, ami csökkenti a víz áramlási sebességét. A mozgásban, az erózióban és a meder morfológiai változásaiban (kimélyülés és feliszapolódás) döntő szerepet játszanak az energiaviszonyok. A kinetikus energia és a fenéksúsztató feszültség növekedése például árvek vagy sekély tavak esetén a potenciális energia növekedését és felkeveredést idéz elő, és ezzel nő a vízben a lebegtetett hordalék koncentrációja. Mindez függvénye a hordalék összetételének, ami a folyó hossza mentén, az esés függvényében jellegzetes változást mutat: felvízi szakaszon a durvább részecskék is képesek lebegésben maradni, míg az alvízi részeken csak az igen

finom frakciók. Ahogyan már utaltam rá, a hordalék nagyság szerinti eloszlása rendkívül széles tartományt fed le az 1–2 µm-nyi finom agyagtól a különböző durvaságú homokon és az akár 100–200 mm-es kavicsra át a méteres kőgörgöttegig. A lebegtetett hordalék felső határát általában a finom és a durva homok jelenti, ami legfeljebb 1,0 mm átmérőjű. Érzékeljük tehát, talán nem először és nem is utoljára, hogy a természetes víz – szemben a tiszta vízzel – bonyolult keverék, ami matematikai értelemben a változó meder adta peremen belül áramlik.

Vízminőségi szempontból oldott és szilárd, részecske formájú anyagot különböztünk meg. A kettő közötti határ távolról sem éles. A gyakorlat némileg önkényesen, konvencióként a 0,45 µm pórusméretű membránszűrőn fennmaradó frakciót lebegőanyagnak (az 50 µm feletti részecskék láthatók szabad szemmel), míg az azon átfolyót oldott anyagnak tekinti. Ahogyan már említettem, a víz kiváló oldószer, és sok szilárd anyagot, így szerves sókat képes oldatba vinni. Az édesvizek oldott szilárdanyag-tartalma 50 és 1000 mg/l között változik (a tengeré sokkal nagyobb, 35 g/l körüli – erről már volt szó). A nem, vagy nehezen oldható anyagok szilárd formában maradnak, a jellemző lebegőanyag koncentráció átlagos körülmények között 10–100 mg/l (de például a Sárga-folyóban több g/l). A szilárd részecskék lehetnek szervesek (agyag, vasoxid, kalcium-karbonát stb.), szervesek (természetes és mesterséges eredetűek), valamint élő vagy holt egysejtűek (vírus, baktérium, alga, protozoa stb.).

A lebegőanyag és a finom üledék gyakran kohezív tulajdonságú, ami nagyobb méretű, jobban ülepedő aggregátumok keletkezését eredményezi. Az 1 µm alatti részecskéket kolloidoknak hívjuk (1 nm-ig, ami a makromo-

lekulák jellemző mérete). A kolloid tartományban a nagy diffúzió miatt az ülepedés nem tud érvényesülni, ugyanakkor a nagy fajlagos felület következtében az oldott anyagok adszorpciója igen hatékony. Ez a magyarázata annak, hogy a lebegőanyag-tömegre vetített szennyezőanyag-koncentráció a frakció méretének csökkenésével általában nő.

A szilárd részecskék sokoldalúan és kiszámíthatatlanul alakítják a vizek minőségét. Sok mikroorganizmus patogén hatású, és veszélyes az emberi egészségre. A zavarosság – az összetételtől és a méreteloszlástól függően – a légkörhöz hasonlóan befolyásolja a fényelnyelést a vízben és az algák szaporodását. A nagy adszorpciós kapacitás szennyezők és tápanyagok (nehézfémek, humin anyagok, foszfor stb.) megkötését eredményezi: látszólag hozzá nem férhető szilárd formák jönnek létre. Azonban a szilárd szennyezőanyagok viselkedését alapvetően a kémiai környezet határozza meg (erre már utaltam): a gyakran ártalmatlannak gondolt részecskék transzport révén más környezetbe kerülve alakulhatnak át oldott, toxikus formába. Más esetekben, önmagában az adszorpciós kapacitás kimerülése eredményezi a tavak üledékében felhalmozott foszfor visszalépését a vízbe (ezt hívjuk belső terhelésnek).

A kolloidok a szilárd és oldott fázis között a látszólag „elhanyagolható méret” roppant fontos világát jelentik. A vízkezelés szempontjából ez a sokszínű világ azt jelenti, hogy a biztonságos ivóvízellátás érdekében igen széles skálán szükséges a részecskéket eltávolítanunk. Erre a célra a legtöbb esetben olyan folyamatokat hasznosítunk (szűrés különböző méret-tartományokban, szétválasztás, ülepedés, de-rités stb.), amelyek a természetben is lejátszódnak. A különbség az, hogy igyekszünk jól szabályozott feltételeket biztosítani, nagyobb

koncentrációval (vagy biomasszával) dolgozunk a helykímélés érdekében, és sok folyamatot vegyszeradagolással valósítunk meg, vagy teszünk hatékonyabbá. Utóbbira jó példa az apró kolloidok eltávolítása: első lépésben vegyszeradagolással (fém só) destabilizáljuk a részecskéket, majd a másodikban valamilyen polimer adagolásával segítjük elő az egyesülésüket, amit most már követhet az ülepedés. Az eljárás teljesen hasonló a szennyvíztisztítás során is. A példa egyúttal jól szemlélteti a vízminőség-szabályozás technológiai vonulatát, amire még többször visszatérünk.

### FŐBB SZENNYEZŐK ÉS PROBLÉMÁK

#### *Főbb szennyezők*

M. E.: Az ember élete a környezeti adottságoktól függ. Az utóbbi századokban azonban tevékenysége olyan méreteket öltött, hogy maga is környezete alakítójává vált. Így egyre inkább szennyezi a levegőt (a vizeket és a talajt), mivel az energia előállítása, az ipari és mezőgazdasági termelés, valamint a közlekedés és szállítás során a légkörbe egyre több gázt és aeroszol részecskét bocsát. Az ember tevékenysége során növeli a természetes forrásokból származó anyagok mennyiségét, sőt az is előfordul, hogy a levegőbe olyan vegyületeket juttat (például a magas légköri ózont befolyásoló freonok), amelyek a légkörben elő sem fordulnak. Ebből következik, hogy akaratlanul módosítja mindazokat a hatásokat, amelyeket a légköri összetevők kifejtenek. A légszennyeződés hatásai nagymértékben a tartózkodási időtől függenek. A rövid tartózkodási idejű anyagok hatása csupán a források, a városok és ipartelepek környezetében jelentkezik. Ez a lokális légszennyeződés közvetlenül befolyásolja az emberi egészséget,

mivel összetevőit a levegővel együtt belélegezzük. Másrészt károsítja az épületek, műemlékek és tereptárgyak állapotát. Végül az emberi tevékenységnek köszönhető aeroszol részecskék csökkentik a látótávolságot, és növelik a ködök előfordulási gyakoriságát. A 20–30 km-nél nagyobb léptékű, ún. regionális szennyeződés a szárazföldi és vízi ökoszisztémák természetes működését zavarja meg. Erre jó példa a savas légköri ülepedés (köznyelven savas eső), amely az erdőket és tavakat károsítja. Végül a több éves tartózkodási idejű gázok, mint a szén-dioxid és metán, az egész légkörben elkeverednek, és globális légszennyeződést hoznak létre. Ennek következménye a globális felmelegedés vagy az ózonlyuk.

S. L.: De mi is a már többször emlegetett tartózkodási idő? Egységes definícióval nem rendelkezünk. A légkörkutatókban a leegyszerűsített konvenció szerint az átlagos tartózkodási idő valamely adott térfogat osztva az időegység alatt kiáramló (vagy beáramló) levegő mennyiségével, ami nem más, mint az átlagos kiürítési (forgalmi) idő. A vízminőség-szabályozásban ezzel szemben a legelterjedtebben az átlagos feltöltési időt ( $\tau$ ) alkalmazták:  $\tau = V/Q_{be}$ , ahol  $V$  a vizsgált víztest (például tó vagy tározó) térfogata,  $Q_{be}$  pedig a beáramló víz hozama. Valójában azonban látnunk kell, hogy szabatosan a tartózkodási idő – a levegőben és a vízben egyaránt – statisztikai változó, ami jellemzi az áramlási teret, a holttereket, az örvényeket és a rövidzárokat, magyarul azt, hogy a részecskék mennyire eltérő módon áramolnak át a vizsgált térfogaton, miközben a szennyezőanyagok erősen eltérő reakciókon és átalakulásokon mennek keresztül. Azaz, ugyanahhoz az átlagos tartózkodási időhöz jelentősen eltérő eloszlások és környezeti állapotok tartozhatnak.

M. E.: A tartózkodási idő és a keveredés szoros összefüggése a levegőben eléggé nyilvánvaló. Biztosan így van ez folyók, tavak vagy tengerek esetén is. Általában, hogyan lehetne a szennyezést, a szennyeződést és a vízminőséget jellemezni?

S. L.: A válasz nem könnyű, és azt lépésenként kíséreltem megadni. Kémiailag tiszta vizet a természetben nem találunk (erre már korábban is utaltam), azt csak mesterséges úton (desztillálás vagy fordított ozmózis) lehet előállítani. Ahogyan már említettem, a természetes víz különös kémiai összetételű oldat, és egyúttal bonyolult keverék is, a vízi élővilág élettere. Azt is mondtuk, hogy helytől és időtől függően mindig tartalmaz oldott és szilárd, szerves és szervetlen, élő és holt anyagokat, ezek lehetnek természetes és mesterséges eredetűek. Eredetétől és összetételétől függően sok fajtáját ismerjük: csapadékvíz, felszíni víz, mélységi víz, tengervíz, karsztvíz, forrásvíz, hévíz, gyógyvíz, termálvíz, kemény és lágy víz stb.; a mindennapi életben is használt kifejezések. Szennyezésnek a természetes vizeket károsan befolyásoló, vízgyűjtőről emberi tevékenység eredményeként bejutó anyagokat tekintjük (időegység alatti értéke a terhelés vagy emisszió), amelyek a befogadók vízminőségének romlását idézik elő.

M. E.: De mi is a vízminőség?

S. L.: Az értelmezéshez érdemes a filozófiai alapokhoz fordulni: a minőség a „dolgok” lényegét jellemző tulajdonságok összessége, köznapi értelemben pedig az igény vagy a cél kielégítésének mértéke. Ennek tükrében a víz *lényegi tulajdonságait* a fontosabb szennyezőanyagok koncentrációival és az élővilág főbb ismérveivel jellemezzük, ezek összessége a vízminőség. Lehetőleg olyan indikátorokat választunk, amelyekre valamilyen (jó–rossz) skála állítható fel, és így az emberi használatok

(ivás, öntözés, fürdés stb.) és az élővilág igényeinek ismeretében a célok megfogalmazhatók. A *lényegi* tulajdonságok kiválasztása sokszor nehéz, nem mentes szubjektív elemektől, ezért azután a legtöbb esetben a vízminőség-szabályozás sajátja a bizonytalanságok jelenléte és a „puha” jelleg. A vízminősítés jelen módszerét az EU egységes vízstratégiája, az ún. *Víz Keretirányelv* határozza meg, ami az ökológiai állapotra helyezi a fő hangsúlyt.

S. L.: A terminológia ugye hasonló légszennyezések esetében is?

M. E.: A különbségek a részletekben jelentkeznek. A levegőminőség elnevezést elsősorban városok esetében használják, amikor a levegőnek az emberi egészségre gyakorolt hatását tanulmányozzák. Általánosabb a *légszennyeződés* kifejezés annak ellenére, hogy tulajdonképpen folyamatot jelöl. A pontosabb „légszennyezettség” ugyanis meglehetősen nehézkes. Mi is a légszennyeződés? Erre nem is olyan könnyű válaszolni. Gondoljunk csak arra, vajon légszennyeződés-e, ha a levegőbe vulkáni gázok vagy részecskék, illetve nagy mennyiségű tengeri só kerül. A probléma úgy oldható fel, ha légszennyezőnek csak az emberi tevékenység során keletkező anyagokat tekintjük. Még hozzátehetjük: szennyeződésről akkor beszélünk, ha a kibocsátott anyagok valamilyen szempontból (egészségügyi, savas ülepedés, ózonlyuk, éghajlatváltozás) káros hatást váltanak ki. Ehhez persze meg kell állapítanunk, hogy mekkora szennyeződési szintnél (koncentrációnál) jelentkeznek a káros hatások. Erre a célra a városokban a hatóságok egészségügyi határértékeket adnak meg (megengedhető maximális koncentráció), és a koncentrációkat ennek százalékában fejezik ki. A korrekt szabályozásnál azt is figyelembe vesszük, hogy adott koncentráció mennyi ideig figyelhető meg.

S. L.: Hasonló lehet a szabályozás baleseti szennyezésekre a víz esetében is.

M. E.: Akkor folytassuk is a vízszennyezés rejtjelmeivel.

S. L.: A természetes vizek élővilága igen változatos: például az édesvizekben több tízezer állat- és növényfaj található. Ezek közül a tápláléklánc alján található legkisebbek, a baktériumok, az algák (lebegő mikroszkopikus növények) stb. csupán néhány mikron ( $\mu\text{m}$ ) nagyságúak (a vízmolekulánál alig nagyobb, oly sok bajt okozó vírusok nem élőlények, ezért nehéz felfedezni őket). Az alga lehet néhány 100 mikron nagyságú is: mérettartományuk két nagyságrendet, térfogatuk négy-öt nagyságrendet ölel fel. A vízi tápláléklánc legnagyobbjai, az édesvízi halak néhány méterese is lehetnek.

A biológiai produkció során az anyag – a szennyezésektől befolyásoltan – a termelés és a lebontás révén állandó körforgásban van. A körforgás során a különböző anyagok térben is áthelyeződnek, és kölcsönhatásba léphetnek az üledékkel, a talajjal és a légkörrrel. Az időben és térben változó fizikai, kémiai és biológiai folyamatok sokasága befolyásolja a vízminőség alakulását és az anyagok *biogeokémiai körforgását*.

A lejátszódó reakciók alapvetően függenek attól, hogy mekkora a víz tartózkodási ideje. Ahogy említettük, a tartózkodási idő a Földön néhány ezer év, amelyet a sarkvidéki jég, a gleccserek és az óceánok határoznak meg. Az édesvizeké ennél sokkal kisebb: a felszín alatti vizeké száz év, a tavaké év, a tározóké hónap, a folyóké pedig nap nagyságrendű (de például a felszín alatti vizek „tartózkodása” elérheti a tízezer évet is). Az üledék sokkal „lomhább”, mint a felette lévő víz: a felszín alatti vizekhez hasonlóan az akkumuláció jellemzi, és ezért a „vízgyűjtő történések” me-

móriájaként működik (gondoljunk a folyók deltáira). Hosszú ideig „emlékezik”, és adhatja le az évtizedek során túlzott mennyiségben felgyülemlett szennyezőanyagokat: sok „nem fenntarthatóan” használt (kírabolt) tó lassú vagy sikertelen rehabilitációjának ez az oka. Az élőlények elterjedését és viselkedését döntően befolyásolja a szaporodási és a tartózkodási idő viszonya: a baktériumok szaporodási ideje néhány óra (vagy kevesebb), az algáké néhány nap, míg a halaké legfeljebb néhány év. Hasonló megállapítás tehető a kémiai folyamatok relatív fontosságára is.

A szennyvíz fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságai, fajszegény élővilága miatt számottevően eltér a természetes vizektől. Gyakorik benne a kórokozók. Ipari, háztartási és mezőgazdasági célokra „elhasznált” közeg, A különböző szerves és szervetlen szennyezők, és növényi tápanyagok nagy koncentrációban, „besűrűsödve” vannak jelen. A társadalom által használt bármely anyag előbb vagy utóbb kimutatható benne.

A természetes vizekbe jutó szennyvizek és szennyezések hatásai sokfélék lehetnek: elemek, anyagok és vegyületek túlzottan alacsony vagy magas koncentrációban, a kémiai és fizikai környezet módosulása, a biológiai körforgás és az ökoszisztéma torzulása, bizonyos élőlények eluralkodása és a biodiverzitás csökkenése, mérgezés, egészségkárosító hatások és így tovább (ezek gyakran egyszerre, egymást befolyásolva jelentkeznek). Mindezek gátolják, megdrágítják, vagy éppen megakadályozzák a vízhasználatokat, és súlyos, hosszabb távon jelentkező károkat okozhatnak. Jellemző példát jelentenek a mikroszennyezők és a Minamata-betegség.

M. E.: Mi is történt?

S. L.: Az ötvenes évek elején Japán egy kis falujában, Minamatában, sok lakos idegrend-

szeri elváltozásokat tapasztalt. A szerencsétlenebbeknél a gyenge szimptomákat erős reszketés, paralizis, esetenként halál követte. A vizsgálatok higanymérgezést mutattak ki. A Chisso vegyigyár éveken keresztül vezetett a magas higanytartalmú szennyezését (higany-szulfát formájában) a Minamata-öbölbe. A higany-szulfát a vízben rosszul oldódik, és a feltevés az volt, hogy az üledékben „örökre” eltemetődik. A vizsgálatok azonban kimutatták, hogy ez a vegyület még rosszabbul oldódó higany-szulfiddá redukálódott, amelyet az üledékben található baktériumok erősen toxikus metil-higany kationná alakítottak át. Utóbbi a vízben oldódva csak  $\mu\text{g/l}$  koncentrációban volt jelen, de feldúsult a táplálékláncban: a halat és kagylót fogyasztó emberek szervezetébe veszélyesen sok mérgező anyag halmozódott fel. Több mint 3500-an betegedtek meg, és közel ötvenen haltak meg. Ezt követően vezették be a  $\mu\text{g/l}$  koncentrációban is rendkívül veszélyes, ún. *mikroszennyezők* fogalmát és az Egészségügyi Világszervezet (WHO) elkészítette a veszélyes anyagok (nehézfémek, DDT, poliklórozott bifénilek – PCB, poliaromás szénhidrogének – PAH stb.) ún. „fekete” listáját. Ezek az anyagok, a tradicionális szennyezőkkel szemben nem (vagy csak nehezen) bomlanak a természetben, ezért kibocsátásukat igyekeznek tiltani.

Ma már nanoszennyezőkről is beszélünk, ide tartoznak a hormonháztartást befolyásoló szteroidok, gyógyszermaradványok, kozmetikumok és társaik, amelyek  $\text{ng/l}$  mennyiségben okozhatnak problémát. Ismereteink még eléggé korlátozottak, de bizonyosnak tűnik, hogy a szabályozás klasszikus eszközei aligha fognak sikerrel vezetni.

A vizekbe jutó anyagokat célszerű két fő csoportra osztani, úgymint természetazonos és természetidegen anyagokra. Előbbinek két

alcsoportja van: az elsöre az élőlényeknek egyenesen szükségük van (például foszfor és nitrogén). Egy határon túl azután persze már nem mindegyiknek „örülnek” (például Cu, Zn, Fe), vagy nem mindenki „örül” (például a halak számára a sok ammóniumion mérgező). A másodikat az élőlények ismerik, de sohasem „örülnek” neki (pl. a szteroidok).

A másik főcsoport a már hivatkozott szintetikus vegyületek (például Hg, Pb, azok a fémek, amelyeket a szervezet nonspecifikus utakon próbál semlegesíteni, és ha ez nem sikerül, halált okoznak). Az utóbbiak szabályozására használt toxikus határértékek „mesterséges” számok, amelyeket gondos állatkísérletekkel határoznak meg. Biztonsági tényezőkkel is beszorozzák, valójában azonban nemigen tudjuk, mi a hosszú távú hatás, akár az egyes ember életét, akár a genetikai állományunkat tekintve. Erről nem szívesen beszélünk. Legalább az jó, hogy van a „biztonságot” valamilyen mértékben szolgáló határérték.

A vízminőséget befolyásoló hatások változatossága követi a vízben lévő anyagok és élőlények sokszínűségét. Nagyjából felismerésük időrendi sorrendjében (a 19. század második felétől kezdve) a következők sorolhatók:

- járványokat és egyéb megbetegedéseket előidéző patogén baktériumok és paraziták,
- az oxigénháztartást könnyen felborító szerves anyagok (szén- és nitrogénvegyületek lebontása révén),
- felmelegedett hűtővizek hőszennyezése,
- eutrofizálódást kiváltó tápanyagok,
- szerves és szerves toxikus mikro- és nanoszennyezők.

Ezekhez adhatjuk

- a felszín alatti vizek elszennyeződését (nitrát, vas, mangán, arzén, a hulladéklerakókból származó különböző szennyezők),

- a savasodást, és
- az éghajlatváltozást, valamint a globalizáció szerteágazó következményeit.

A felsorolás alapján több fontos trendet figyelhetünk meg. Először is, nő a problémák léptéke a lokálistól a regionálison át a globális irányába. Másodsorban, az üledék, a talaj és a talajvíz elszennyeződése miatt egyre fontosabbá válik a növekvő késleltetések szerepe a beavatkozások és a hatások jelentkezése között. Harmadsorban, egyre több problémát kell együttesen, egymással kölcsönhatásban kezelni, és végül, folyamatosan szembesülünk új, meglepő problémákkal, amelyeket többnyire az egyre alacsonyabb koncentrációk jellemeznek.

De hogyan is néz ki egy hasonló osztályozás a légszennyezés esetére? Melyek az élővilágra és az emberre gyakorolt hatások? Melyek a szabályozás eszközei? Az alkalmazott technológiák főbb fajtái?

M. E.: A kedvezőtlen hatások alapján a légszennyeződést hasonló módon osztjuk fel; megkülönböztetünk lokális, regionális és globális légszennyeződést. A városokra és ipartelepekre jellemző lokális légszennyeződést a forrásokból közvetlenül kikerülő szennyezőanyagok okozzák. Tipikusan ilyen az erőművekből, és általában a tüzelőanyagok felhasználásakor kibocsátott kén-dioxid. Ebbe a kategóriába tartozik még a közlekedésből származó szén-monoxid és nitrogén-monoxid, valamint az elemi szén (korom) és a különböző szerves gázok csoportja. Ezek az anyagok a levegőben sokszor még veszélyesebb, másodlagos vegyületekké oxidálódnak, így ózonná, különböző savakká, illetve aeroszol részecskékké (például kénsav, szerves anyagok). A lokális légszennyezőket a levegővel együtt belélegezzük, így szervezetünkben különböző, például légúti problémákat okozhatnak.

Ugyanakkor veszélyt jelentenek a növényzetre, a különböző építményekre, és a részecskék lecsökkenését lassítja. Ha a városi (ipartelepi) légszennyeződés jelentős, akkor légszennyeződési epizódokról beszélünk.

A 10–1000 km léptékű regionális légszennyeződést a lokális légszennyeződés „táplálja”. Különösen fontosak közülük a savas anyagok, amelyek elsősorban a csapadékvízben oldva a szárazföldi és vízi ökoszisztémákba kerülnek. Végül a globális légszennyeződést elsősorban a hosszú, többéves tartózkodási idővel rendelkező üvegházhatású gázok hozzák létre, amelyek éghajlatváltozást okozhatnak. A légszennyeződés elleni védekezés természetesen a kibocsátások csökkentésén alapul. Ipartelepeken és erőművekben ez történhet légtisztító berendezések alkalmazása útján, de a technológia célszerű megválasztása szintén eredményes lehet. Így az erőművekben jobb hatásfokú, speciális kazánokat alkalmazhatunk. A közlekedési légszennyeződés mérséklése történhet a belső égésű motorok teljesítményének fokozásával, illetve a szennyezőket a kipufogó gázokból kivonó katalizátorok segítségével. A technika fejlődése ellenére azonban nagyon nehéz az üvegházhatású szén-dioxid kibocsátásának csökkentése, ezért merül fel az alternatív erőforrások (megújuló erőforrások, bioenergia stb.) felhasználása. A kérdést tovább bonyolítja, hogy a globális légszennyeződést csak komoly nemzetközi összefogással lehet mérsékelni.

S. L.: Az elmondottakból egy alapvető különbség adódik a légszennyezés és a vízszennyezés között: előbbi térben szinte folyamatosan játszódik le, míg utóbbi részben vagy egészben elkülönült terekben (például tavak, tározók, felszín alatti vízbázisok), amelyeket folyók, csatornák, illetve maga a hidrológiai

körforgás kapcsol össze (a légkör bevonásával). Ezért azután a „globális” szó értelmezése a vízre messze nem olyan egyértelmű, mint a légkörre, és az igazából csak a hidrológiai körforgásra vonatkozhat. De lépünk tovább. Sokat hallunk manapság a globális felmelegedésről. De mi erről a kérdésről a vélemény a tudomány mai állása szerint?

#### *A globális felmelegedésről*

M. E.: A közvetett és közvetlen mérések szerint az ipari forradalom óta az üvegházhatású gázok légköri mennyisége folyamatosan emelkedik. A szén-dioxid koncentrációja az ipari forradalom előtt 280 ppm volt (1 ppm egység azt jelenti, hogy normál körülmények között 1 m<sup>3</sup> levegőben 1 cm<sup>3</sup> a szén-dioxid térfogata). A jelenlegi érték meghaladja a 370 ppm-et. Minden információ arra utal, hogy ilyen magas koncentráció az utóbbi egymillió évben sohasem fordult elő. Elfogadott nézet, hogy a trendet a trópusi erdők irtása, illetve, nagyobb mértékben, a fosszilis tüzelőanyagok felhasználása okozza. Az előrejelzések szerint a 21. században ez az emelkedés folytatódik. A másik fontos üvegházhatású gáz, a metán koncentrációja a 16. század óta kétszeresére emelkedett, és napjainkban eléri az 1,7 ppm értéket. Az emelkedés minden bizonnyal a rizsföldek területének, illetve a háziállatok számának növekedésével függ össze. Valamelyest nőtt a szintén üvegházhatású dinitrogén-oxid légköri mennyisége is, amelynek a koncentrációja ma már a 0,4 ppm-es értéket közelíti. Ez a műtrágyázás rovására írható, amely befolyásolja a talajban végbemenő mikrobiológiai folyamatokat.

A megfigyelések szerint a 19. század vége óta a Föld átlagos hőmérséklete is lényegében emelkedik. A tudomány nagy kérdése, hogy ez mennyire függ össze az emberi tevékenység

üvegházhatás-erősítő hatásával. A kérdésre azért nehéz válaszolni, mivel az éghajlat nagyon komplex elemegyüttes, számos tényezőtől függ, amelyek között bonyolult kölcsönhatások, visszacsatolási folyamatok zajlanak. Az emberi tevékenység és az éghajlat összefüggését a tudomány bonyolult modellekkel igyekszik meghatározni. Az eredmények alapján nagyon valószínű, hogy a hőmérsékletemelkedés az ember energiatermelésének következménye. Természetesen a modellekben számos bizonytalan tényező van. Ezek közül kettő a vízhez, pontosabban a víz körforgalmához, illetve a tengeráramlásokhoz kapcsolódik. Magasabb hőmérsékleten az óceánok hatékonyabban párolognak. Tekintve, hogy a vízgőz maga is üvegházhatású gáz, az intenzívebb párolgás a fölmelegedést tovább fokozza (pozitív visszacsatolás). Ha azonban a vízgőz kondenzálódik, a keletkező felhők hűtik az alattuk lévő légrétegeket, mivel visszaverik a Napból érkező energiát (negatív visszacsatolás). További nem eléggé tisztázott kérdés az éghajlat melegedésének és az óceánok áramlásának kapcsolata. Sokan azzal érvelnek, hogy a fölmelegedés e kapcsolat hatására hűlésbe megy át, például azért, mert megszűnik a Golf-áramlás.

S. L.: Hogyan is van ez?

M. E.: Az északkeleti irányban hőt szállító áramlás vize ugyanis lassan párolog és hűl. Ezáltal sókoncentrációja növekszik, meghaladja a környezetét, és az Atlanti-óceán északi részén a töményebb víz a mélybe süllyed. Ezt a hatást fokozza a viszonylag kevés csapadék, amely hígíthatná a vizet. Ha tehát a globális fölmelegedés miatt az Atlanti-óceán vizének hőmérséklete emelkedne, akkor megszűnhetne a leáramlás, azaz végső soron a vízáramlás. Ez viszont a környező szárazföldek éghajlatát jelentősen hűtené. Így nem

kizárt, hogy a melegedés végső soron komoly lehűlést váltana ki.

A tudomány sajnos nem tud arra választ adni, hogy ez pontosan mikor következne be. Az egyik legnagyobb hiányosság ezen a területen az, hogy a lassú változásokat leíró éghajlati modellek nem képesek a hirtelen változásokat előre jelezni.

Általában a globális fölmelegedést leíró modellek sajnos több bizonytalanságot is tartalmaznak. Az egyik, talán legfontosabb problémát, mint említettük, az intenzívebb párolgás miatt a levegőbe kerülő víz sorsa jelenti.

A viták ellenére ma már a tudományos közösség egyetért abban, hogy a 19. század vége óta megfigyelt melegedést nagy valószínűséggel az emberi tevékenység okozza. Csak remélni lehet, hogy olyan nemzetközi egyezmények születnek, amelyek meggátolják, vagy legalábbis mérséklék a nem kívánt éghajlatváltozást.

S. L.: Az éghajlatváltozás természetesen a víz körforgalmát is befolyásolja, hozzájárul a készletek átrendeződéséhez és a szélsőségek felerősödéséhez. A rendelkezésre álló becslések szerint a jövő vízhiányos területeinek kialakulásában a népesedés hozzájárulása 70–80%, míg az éghajlatváltozása 20–30%.

#### *A savasodásról*

M. E.: Nagyvárosokban és ipartelepek környékén a forrásokból kikerülő elsődleges szennyezőanyagok az oxigéntartalmú levegőben különböző sebességgel oxidálódnak. Mint már említettem, az energiatermelés legfontosabb elsődleges szennyezőanyaga (természetesen a globális hatású szén-dioxid mellett) a kén-dioxid, kisebb mértékben a nitrogén-monoxid, mivel a fosszilis tüzelőanyagok mindig tartalmaznak szerves kén- és

nitrogénvegyületeket, amelyek a tüzelésnél oxidokká alakulnak át. Másrészt magas hőmérsékleten a levegő nitrogénje és oxigénje nitrogén-monoxidot hoz létre. Ez történik a gépkocsik motorjaiban is. Másrészt a járművek működésük közben, a tökéletlen égés miatt, szén-monoxidot (és szén-dioxidot) és különböző szerves vegyületeket juttatnak a levegőbe. Különösen jelentős az aeroszol formájú szerves anyagok és az elemi szén kibocsátása dízelüzemű gépkocsik esetén.

Az elsődleges szennyezőanyagokból a légkörben másodlagos szennyezőanyagok keletkeznek, így a kén-dioxidból kénsav, a nitrogén-oxidokból salétromsav, a szerves vegyületekből szerves savak. A másodlagos szennyezőanyagok elsősorban (de nem kizárólag) regionális léptékben fejtik ki hatásukat, mivel kialakulásukhoz a forrásoktól távolodó levegőben időre van szükség. Tekintve, hogy jelentős mértékben savakból állnak, a felszínre ülepedve alkotják a savas esőnek nevezett jelenséget. Az ülepedés történhet csapadékmentes időben (száraz ülepedés), amikor a szállítást a felszín irányába a rendezetlen, turbulens mozgások végzik. Ha a nyomanyagokat a csapadékvíz juttatja a felszínre, akkor nedves ülepedésről beszélünk. A savak, elsősorban a legnagyobb koncentrációban előforduló kénsav, az ökoszisztémák működésében számos problémát okoznak. Hatásuk értelem szerűen a nem műtrágyázott területeken jelentkezik, mivel a műtrágyázott földeken a savasodást maguk a műtrágyák váltják ki. Így erdőkben a savas ülepedés egyrészt kivonja a levelekből a tápanyagokat (például magnéziumot), másrészt a talajban elősegíti a savasodást, ami egyes fémeket vízben oldódó, a hajszálgökökre és a gyökerekkel együtt élő gombákra mérgező formára változtatja. Ily módon gátolja a víz és a tápanyagok felvéte-

lét. A légköri savas ülepedés nyilvánvalóan a tavak és víztározók életfolyamatait is befolyásolja. Általában, milyen hatással van a légköri ülepedés a felszíni vizekre?

S. L.: Először talán érdemes az elsődleges és másodlagos szennyezők fogalmára visszautalni. Ezt a vízminőségi gyakorlat alig használja. Például a nitrogén szerves, ammónium vagy nitrát nitrogénként kerülhet a vízbe. Nemkívánatos hatását sokféleképpen kifejtheti: a szerves N és ammónium N oxidálása (nitrifikáció) oxigénproblémákat okozhat, az ammóniumion toxikus hatású (különösen, ha oxigénhiánnyal együtt, szinergikusan lép fel), a magas nitráttartalmú víz fulladásos halált idézhet elő, különösen csecsemőknél, a magas összes N-szint pedig hozzájárul a vizek eutrofizálódásához. Mindezek ellenére egyik N-formát sem emeljük ki: természetes, hogy a vízben és a víz, a levegő és a talaj határfelületein keresztül az N és az anyagok váltakozó formában és váltakozó hatással állandó körforgásban vannak, ami az N esetében magába foglalja a nitrifikációt, az ammónifikációt, a denitrifikációt, az N-kötést és egyebet.

A kis kitérő után térjünk vissza a feltett kérdésre, ami a légköri ülepedésre és a felszíni vizekre vonatkozott. Ahogyan láttuk, a légkör és a víz közötti kölcsönhatás meghatározó eleme a hidrológiai körforgásnak. De szintén fontos része az elemek biogeokémiai körforgásának és a szennyezések vándorlásának is. Az egyik legismertebb, közvetlen hatás a savasodás, amiről ugyan már a 19. század második felében írtak, de igazából csak a 20. század hatvanas éveiben vált széles körben elterjedt problémává. Skandináv tudósok kimutatták, hogy a halak eltűnését tavaikban a több mint ezer kilométerről, Nagy-Britanniából származó savas ülepedés váltotta ki.

Hasonló esetek fordultak elő az USA és Kanada között, és máshol is. Igazából ez volt az első alkalom, hogy felismertük a határokon túlnyúló, nemzetközi szennyezés jelentőségét, ami azután például az EU keretei között hatékony emissziómonitorozási és -szabályozási stratégiához vezetett.

A száraz és nedves savas ülepedés hatása a hatvanas-hetvenes években sokfelé drámai volt, különösen hegyvidéki kis vízgyűjtővel rendelkező tavak esetében, ahol a kőzetek és a talaj kiegyenlítő pufferkapacitása nem tudott érvényesülni. Sok ilyen jellegű to savas-sága Kanadában akár a kétszázszorosára nőtt. A következmények szerteágazók. A savas eső táp- és toxikus fémeket (például Al<sup>3+</sup>) mos ki a talajból és az üledékből. Különösen nagy a hatása a lökészerű tavaszi hóolvadásnak, amely által előidézett terheléshez a vegetációs időszak kezdetén a normális körülmények között reprodukáló vízi élővilágnak nincsen ideje alkalmazkodni.

Erősen savas környezetet a vízi élővilág nem képes tolerálni. A halakon a hatások kétfélek. A közvetlen hatás abban jelentkezik, hogy azok nem képesek az élethez szükséges oxigént, sót, azon belül a lényeges ionokat, továbbá a tápelemeket felvenni. A közvetett hatást a visszaoldódott toxikus nehézfémek okozzák. A pH csökkenésével növekvő mértékben károsodik az élővilág. pH 5,6 körül az algaszaporodás gátlódik, és egyes fajok kipusztulnak. Még alacsonyabb pH esetén a nagyobb halak is eltűnnek. A pH 5 értéket már csak kevés hal éli túl, deformálódnak, és képtelenek szaporodni. A nagy kalcium- és magnéziumkarbonát-tartalmú talajok és vizek magas pufferkapacitása – ami szerencsére jellemző Magyarországra is – védi a vizeket a felsorolt bajoktól. Kanadában és Svédországban ezzel szemben sok tóvízhez a semle-

gesítés céljából mésztejet adagolnak, ami drága, és csupán időleges tüneti kezelést jelent a pH szabályozására.

A légköri ülepedés más elemek körforgását is befolyásolja. Sok tó esetében a száraz és a nedves ülepedés hozzájárul a tavak tápanyagterheléséhez. A Balaton – és sok más tó – esetében például az összes P és N terhelés mintegy 10–15%, illetve 20–30%-a ilyen eredetű. Valójában a légköri ülepedés nem pontszerű terhelést jelent, ami ugyan látszólag nem nagy, azonban nem, vagy aligha szabályozható.

A légkör és a víz közötti kölcsönhatás sokkal szerteágazóbb, mint amit a légköri ülepedés kifejez. A teljesség igénye nélkül említem a szerves szén heterotróf baktériumok által történő lebontását a természetben vagy a szennyvíztisztító telepeken, aminek egyik végterméke a légkör szén-dioxid tartalmát növelő üvegházhatású emisszió. A nitrátosodás szabályozásának és a denitrifikációnak az az alapja, hogy bizonyos körülmények között (kevés oxigén) a nitrát szolgáltatja a szükséges oxigént. Eredményként a nitrogén gáz formájában hagyja el a rendszert. Ezzel ellentétes folyamat, amikor például cianobaktériumok a légkörből nitrogént kötnek meg.

Látnunk kell tehát, hogy vizsgálatainkhoz még akkor is, ha csak a vízre vagyunk kíváncsiak, a bioszféra egészére szükséges anyagmérleget felállítanunk. Amikor a vizek „öntisztulásáról” beszélünk, és ezalatt a vízben mért anyagáram és/vagy koncentráció csökkenését értjük, tudjuk, hogy valójában a „hiányzó” anyag mennyisége a „víz”-rendszerből a háttérterületek valamelyikén távozik: az üledékbe ülepedés és adszorpció révén, vagy a légkörbe gáz formájában.

S. L.: De hogyan is állunk a savasodás európai léptékű monitorozásával és szabályozásával? Beszélhetünk-e sikertörténetről?

M. E.: A sikertörténet szó talán kicsit erős. Ugyanakkor el kell ismerni, hogy a savas ülepedés elleni küzdelem Európában és Észak-Amerikában jelentős sikereket hozott. Ezt illusztrálja, hogy Európában a savasodást meghatározó kén-dioxid teljes kibocsátása 1980-ban kénben kifejezve kerekén 28 millió tonna volt. 2000-re ez az érték a felére csökkent. Magyarországon még ennél is jelentősebb volt a csökkenés. Ugyanakkor az érvényes nemzetközi egyezmény csak 30%-os mérséklést irányzott elő. A savasodáshoz szintén hozzájáruló nitrogén-oxidok kibocsátását, az idevágó nemzetközi egyezménynek megfelelően, sikerült gyakorlatilag állandó szinten tartani annak ellenére, hogy a gépkocsi száma az említett időszakban jelentősen növekedett. Ez a gépkocsi hatékonyságának növekedését, illetve a katalizátorok alkalmazásának hatását tükrözi.

A kibocsátások mértékének csökkenését követi a csapadékvíz pH-jának lassú emelkedése, mint azt, külföldi megfigyelések mellett, a magyar vizsgálatok is alátámasztják.

*Az ózonnól és más anyagokról*

S. L.: Köztudomású, hogy az ózon az egyik legfontosabb légköri nyomanyag. Az ózon elsősorban a magasabb légkörben keletkezik. De keletkezik-e ózon a talajközeli, szennyezett levegőben?

M. E.: A lokális és regionális légszennyeződés legfontosabb anyaga az ózon. Ózon, mint már szó volt róla, elsősorban a légkör magasabb rétegeiben, az ún. sztratoszférában keletkezik. A Napból jövő ultraibolya sugárzás hatására ugyanis a molekuláris oxigén elbomlik, és a keletkező oxigénatomok molekuláris oxigénnel háromatomos oxigénmódosulatot, ózont képeznek. Az ózon további ultraibolya sugárzást nyel el, így a felszínközeli

levegőbe, a troposzférába 0,3 mikrométernél kisebb hullámhosszú, nagyenergiájú sugárzás nem jut el (nagy szerencsénkre). Az ultraibolya napsugarak elnyelése miatt a levegő felmelegszik, és mintegy 12–50 km-es légrétegben létrejön a sztratoszféra, amelyben a hőmérséklet gyengén növekszik a magassággal. Ez azért meglepő, mert a troposzférának nevezett alsó légkör a hőt a talajból kapja, ezért a magassággal a hőmérséklet csökken. Előfordulhat, hogy a troposzféra egy-egy vékonyabb rétegében a hőmérséklet a magassággal növekszik, ilyenkor inverzióról beszélünk. Az inverzióknak a légszennyező anyagok felhalmozásában nagy szerepük van, mint erre a későbbiekben még visszatérünk.

A sztratoszférában az ózon keletkezése meglehetősen egyszerű. Ugyanakkor a kémiai kivonása meglehetősen bonyolult folyamat, mivel benne nem csak az oxigén módosulatai vesznek részt, mint azt kezdetben gondolták. Meghatározó szerepet kapnak a troposzférából érkező nyomanyagok, így elsősorban a dinitrogén-oxid, amely a sztratoszférában nitrogén-oxidokká (így nitrogén-monoxid-dá) alakul át. Az emberi tevékenység növeli az ózonkivonó nyomanyagok koncentrációját. Erre közismert példát jelent a freonok (halogénezett szénhidrogének) csoportja, amelyek az erős ultraibolya sugárzás hatására a sztratoszférában elbomlanak, és klórt hoznak létre. A freonok (pontosabban a származékaik) ózonbontó hatása speciális meteorológiai feltételek mellett igen jelentős lehet. Erre a tavaszi antarktisi *ózonlyuk* szolgáltat példát, amikor a 20–25 km-es rétegben az ózon csaknem teljesen elbomlik. Szerencsére a freonok gyártását és felhasználását a nemzetközi egyezmények jelentősen visszaszorították.

A sztratoszférában az oxigénmolekulák az ultraibolya sugárzás hatására bomlanak el.

Ilyen sugarak, mint említettem a troposzférát nem érik el. Hogyan keletkeznek akkor a troposzférában a szennyezett levegőre annyira jellemző ózonmolekulák? A folyamat első lépése, hogy a forrásokból (például nagyvárosokban járművekből) származó nitrogén-monoxid nitrogén-dioxidá oxidálódik. Ennek előfeltétele, hogy a levegőben megfelelő szénhidrogének legyenek. Ez a feltétel nagy gépkocsiforgalmú környezetben mindig teljesül. Ilyenkor olyan két oxigént tartalmazó szerves gyökök képződnek, amelyek egyik oxigénjukat a nitrogén-monoxidnak gyorsan leadják. A kipufogógázokkal szintén felszabaduló szén-monoxid viszont oxigén leadására kész szerves gyököket hoz létre. A nitrogén-monoxid a felszín közeli levegőt még éppen elérő 0,4 mikrométer hullámhosszú sugárzás hatására fotokémiailag (a napsugárzás hatására) nitrogén-monoxidra és oxigénatomokra bomlik el, ami az ózonképződés elengedhetetlen feltétele.

A kémiai mechanizmus során tehát ózon képződik. A folyamat különösen azért érdekes, mivel az elindításához is ózonra van szükség. Az ózon bomlásából származó atomos oxigén ugyanis a vízgőzzel hidroxil szabad gyököket képez. A szabad gyökök igen reakcióképesek, mivel a külső elektronpályájukon páratlan az elektronok száma. Ezek a gyökök reakcióba lépnek a szénhidrogénekkel, ami a reakciólánc első lépése. Általában a hidroxilgyökök kémiai reakciókkal számos anyagot vonnak ki a levegőből, így metánt és szén-monoxidot is. Ezért a levegő kéményseprőinek is nevezik őket.

Szemben a magas légköri ózonnal (jó ózon) a talajközeli ózon nagyobb koncentrációban veszélyes anyag (rossz ózon). Közvetlenül érintkezünk vele. Izgatja az emberek nyálkahártyáját, károsan hat a növényekre, és

számos anyagot (például gumicsövek) elroncsol. Van-e valamilyen szerepe az ózonnak a vízburokban?

S. L.: A kérdés meglepő, a válasz pedig látszólag egyszerű: az ózonkoncentráció a felszíni vizekben annyira alacsony, hogy azt nem is mérik. Mi is a jelenség oka? Három tényezőt említek. Az ózon nagyméretű apoláros molekula, ennek következtében vízben csak nehezen oldódik. Telítési koncentrációját a Henry-féle törvény határozza meg, azonban értéke 20 °C-on mindössze 0,24 mg/l, azaz az oxigénre vonatkozó értéknek csupán mintegy negyvenede. Ez az első ok. A második az, hogy a felszíni vizek tényleges ózonkoncentrációját a légkör talajközeli (rossz) ózonkínálata határozza meg, ami a nagyobb városok közvetlen környezetét leszámítva szerencsére vékonyka. A harmadik ok egyszerűen az, hogy az ózon a vízben roppant instabil: mintegy tíz lépésből álló láncreakció során gyökökre esik szét, aminek indító lépéseként az ózon a hidroxidionnal reagál. A folyamat kémiaja majdnem annyira bonyolult, mint a légkörben lejátszódóé. Nagymértékben függ a hőmérséklettől, a pH-tól és a természetes és/vagy szennyezett vizekben található szerves és szervesetlen anyagoktól. Ezek az anyagok a reakció megindítójaként, gyorsítójaként vagy gátlójaként működhetnek. Például a hidrogénperoxid és a humin anyagok gerjesztő hatásúak (az UV sugárzás szintén), míg a karbonát- és bikarbonátionok megszakítják a láncreakciót.

Ugyan az ózon az elhanyagolható koncentrációja miatt a természetes vizekben különösebb szerepet nem játszik (reaktív és toxikus volta miatt az élővilág szempontjából nagy baj lenne, ha nem így lenne), a víztisztítás aligha lenne elképzelhető nélküle. Pontosan a fokozott reakcióképességét kihasznál-

va, alkalmazzák fertőtlenítésre, szerves anyagok és peszticidek lebontására, vas, mangán és szulfidok oxidálására vagy éppen a vizek színtelen, szagtalan és íztelen). Ellentétben a természettel, jól szabályozott folyamatokat valósítanak meg, hiszen alapvetően ez határozza meg, hogy az ózon a kezelendő vegyületekkel közvetlenül, molekuláris formában vagy a láncreakció tudatosan kiszemelt lépésében keletkezett gyökök révén, közvetlenül lép-e reakcióba. A célzott fizikai és kémiai feltételek megvalósítása az összes víz- és szennyvíztisztításban alkalmazott technológia fontos sajátossága.

Az ózonnal történő hatékony fertőtlenítés a hetvenes években kezdett elterjedni, amikor meglepődve jöttek rá arra, hogy a „megbízható”, olcsó és széles körben használt klórozás egészségre káros melléktermékeket is eredményezhet. Későbbi felismerés, hogy bizonyos körülmények között a drágább és energiaigényes ózonkezelés is kedvezőtlen hatással bírhat (más esetekben azonban éppen az ózon kedvező gátló hatása érvényesülhet). Jó tehát óvatosnak lenni: az ún. nyers víz összetételének ismeretében a megfelelő technológia kiválasztása mindig komoly szakmai tudást igényel.

M. E.: A légszennyező anyagok kémiai folyamatainak fontos csoportját képezik azok a reakciók, amelyek kondenzációra képes gőzöket hoznak létre. Ily módon az emberi tevékenység a légköri aeroszolt is alapvetően befolyásolja. Növeli a szulfát (kénsav és ammónium-szulfát) és nitrát (salétromsav, ammónium-nitrát), valamint a széntartalmú (szerves és elemi szén) részecskék koncentrációját. A fűtésen és közlekedésen kívül – elsősorban trópusi vidékeken – a kiirtott bio-

massza (fák, bokrok) eltüzelése szintén hozzájárul a széntartalmú részecskék mennyiségének növekedéséhez. Ebből következik, hogy az ember az aeroszol részecskék számának megváltoztatásával közvetlenül (a napsugárzás gyengítése), vagy közvetve (a felhőtakaró kiterjedésének növelése) hozzájárul az éghajlat módosításához. Rövid tartózkodási idejük (mintegy 5–10 nap) miatt az aeroszol részecskék hűtő hatása elsősorban regionális léptékben jelentkezik, szemben az ember okozta üvegházhatással. Másrészt az aeroszol fázisú szennyeződés a látótávolság csökkenéséhez vezet, ami nemcsak a városi közlekedést nehezíti, hanem regionális léptékben mérsékli egy adott táj turisztikai értékét is.

A részecske formájú szennyeződések nagyon fontosak az emberi egészség szempontjából is. Különösen, ha figyelembe vesszük, hogy az emberi tevékenység (kohászat, energiatermelés, közlekedés) a levegőbe különböző fémeket (például ólom, kadmium, nikkel, vanádium) is juttat, amelyek belekeverve kis koncentrációban is komoly károsodást okozhatnak. A fémtartalmú kicsiny részecskék a légkörben viszonylag messzire eljutnak, és fokozzák adott régió fölött a nedves ülepedés környezeti veszélyeit.

Az utóbbi évek kutatásainak egyik fontos eredménye annak kimutatása, hogy az aeroszol hatását a szerves anyagok jelentős mértékben meghatározzák. Mi a szerepük a szerves anyagoknak a víz szennyeződésében, és hogyan befolyásolja a vízszennyeződés a különböző vízi ökoszisztémák tápanyagellátását?

*A szerves- és tápanyagokról*

S. L.: A szerves anyagok okozta szennyezés a vízminőség-szabályozás bölcsője. A kiindulópontot a civilizáció egyik legjelentősebb innovációja, az angol WC jelentette, ami a 19.

század második felében a megfelelő kapacitású csatornák kiépítésével együtt biztosította azt, hogy a háztartási szennyezéseket és a drámai járványokat (kolera, tífusz stb.) okozó kórokozókat az ivóvíztől elválasztva távolítsuk el, azaz a vizet szállítóközegként használjuk, miközben azt tudatosan elszennyezzük. Az árnyoldal a felszíni vizek megnövekedett szervesanyag-terhelése: a Temze, az Ohio és számos egyéb folyó vált szennyvízcsatornává, amelyet a lebontó baktériumok tevékenysége következtében oxigénhiányos állapot, halpusztulás, elviselhetetlen bűz és az élővilág torzulása jellemez.

Némi időt igényelt a felismerés, hogy a halpusztulás oka a tisztátalan szennyvizek bevezetése a vizekbe. A „fejlesztési feladat” a megbízható szennyvíztisztítási technológiák megteremtése volt. A századfordulóra megszületett a biológiai és a kémiai tisztítás. Az ún. eleveniszapos eljárás lényege, hogy a műtárgyakban – a természetes folyamatból kiindulva – nagy mennyiségben szaporítunk el szervesanyagbontó és -nitrifikáló baktériumokat, miközben mesterségesen oxigént viszünk be a rendszerbe. A végeredmény kettős: a légkörbe távozó, üvegházhatású szén-dioxid és a természetbarát iszap (amennyiben azt az ipari előtisztítás hiánya nem gátolja meg). Az iszap sorsa kulcskérdés: okos és fenntartható megoldás a mezőgazdasági elhelyezés, a biogáz előállítás; a másik végletet pedig a hulladéklerakó vagy a visszavezetés jelenti a folyóba. A kémiai kezelés lényege kicsapás és ülepítés, ami a kezdeti időkben kezelhetetlenül sok iszapot eredményezett. Ezért először túlnyomóan a biológiai eljárások terjedtek el.

A húszas évekre a szervesanyag-lebontás jelensége viszonylag jól feltártta vált. H. W. Streeter és Earle B. Phelps 1924-ben publikálta a jelenség korszakos matematikai leírását,

ami a vízminőségi modellezés megalapozó, úttörő lépésének tekinthető.

Mire az oxigénháztartási gondokat megoldottuk, „bezöldültek” a tavak. A baj neve eutrofizálódás, a nem fenntartható fejlődés következménye. Nem csupán esztétikai probléma, hanem ökológiai is, számos veszélyforrással, mint a toxinképző kéalgák megjelenése. A túlzott tápanyag-feldúsulás jelenségét már az 1910-es években ismerték. Később megállapították, hogy a szabályozás szempontjából fontos, ún. limitáló szerepet a foszfor játssza. Ennek ellenére a szennyvíztisztítással foglalkozók évtizedeken keresztül csak a szerves szén eltávolítására és a nitrifikációra összpontosítottak, anélkül, hogy a P felkeltette volna a figyelmüket.

A történet azonban folytatódik. Ma szinte az összes nagy európai folyó az eutrofizálódás jeleit mutatja. Ettől szenvednek a beltengerek, a Balti- és a Fekete-tenger is. Két nehézséggel állunk szemben: (a) a terhelések nagyobbik hányada mezőgazdasági nem pontszerű eredetű és (b) a vizsgálatok szerint az édesvízi tavakkal szemben nem a P az algaszaporodást korlátozó tényező, hanem az N vagy a kettő együtt. Egyértelmű az igény az N eltávolítására is a szennyvizekből. A megoldást a biológiai denitrifikációban találják meg, amelyet a többi folyamattal párosítanak. A beltengerek megóvása és a sikeres technológiai fejlesztések vezetnek az EU új települési szennyvíztisztítási irányelvéhez, amely az ún. érzékeny térségekben, a nagy városokra előírja a C, P és N együttes eltávolítását. A tápanyag-eltávolítás, a költségek és a helyigény csökkentése számos új kihívást jelentett, amelyre a tudományos-műszaki fejlesztés sokrétű választ adott. A korábban egyszerű, mérnöki „ökol-szabályok” alapján tervezett eleveniszapos szennyvíztisztító telepeken lejátszódó folya-

matok biotechnológiai (mikrobiológiai, biokémiai és ökológiai) kutatások alapján ma már sokkal jobban feltártak. A C-, N- és P-eltávolítás érdekében tudatosan hoznak létre az eltérő tulajdonságú baktériumok elszaporodását célzottan biztosító tereket (amelyeket az oxigén- és a nitrátellátottság mértékével jellemezhetünk), a helykímélés céljából gyakran ugyanabban a bioreaktorban. Bevezetjük a szennyvíz eddig gyűjtőparaméterekkel jellemzett alkotórészeinek részletesebb frakcionálását, a különböző léptékű reaktorkísérleteket és az eleveniszapos folyamatok reaktorkinetikai modellezését. Matematikai modellezés révén vizsgálják a befogadók vízminőségére gyakorolt hatásokat is, újabban különös tekintettel a költséghatékony integrált stratégiák kialakítására. A biológiai eljárásokat egyre gyakrabban párosítják kémiai módszerekkel a hagyományos P-eltávolítás mellett, a kapacitás növelése, a biológiai tisztítási lépés tehermentesítése, a nitrifikáció hatékonyságának növelése és számos egyéb ok miatt. Anyagtudományi és kolloidkémiai kutatások alapján nagy hangsúlyt fektetnek a visszafogott adagolást lehetővé tevő, optimális vegyszer-kombináció kifejlesztésére.

#### Néhány érdekesség

M. E.: Korábban említetted a víz sűrűségi anomáliáját. Mi ez kissé részletesebben?

S. L.: A víz az egyetlen, unikális folyadék, amelynek a sűrűsége a hőmérséklet függvényében 4 °C-nál maximummal rendelkezik. A következmények alapvetően meghatározzák a mély tavak hőrétegzettségét és életét. Mi is történik? A mérsékelt égövön a nyár felmelegíti a fedőréteget (*epilimnion*), ami szinte úszik a hidegebb alsó rétegen (ezt *hipolimnionnak* hívjuk, az alján a hőmérséklet 4 °C körüli). A felmelegedéssel nő a hőmérséklet-

és sűrűségkülönbség, ami megakadályozza a két réteg elkeveredését. Ez a „termikus ellenállás”. A fedőréteget a fény behatolása és az elsődleges termelés jellemzi, a hipolimnion pedig a kiüledő szerves- és a tóba jutó egyéb anyagok „bugyra”. Ősszel az epilimnion erősen lehűl, eléri a 4 °C-ot, sűrűsége meghaladja az alsó réteget, következképpen „alábugylik”. Ez az őszi átfordulás vagy cirkuláció. Amennyiben a hipolimnion túlzottan sok szerves anyagot tárol, a két réteg átkeveredése vezethet meglepetésszerű oxigénhiányos állapothoz és halpusztuláshoz.

A víz befagyása inverz rétegzettséget hoz létre: közvetlenül a jég alatt „könnyű” hideg víz található, míg a legmelegebb 4 °C-os víz legalul helyezkedik el. Tavasszal bekövetkezik a második átfordulás: a 4 °C-ra felmelegedő „nehéz” víz újból alászáll. A mérsékelt égövi mély tavak élete évről-évre szinte szabályosan ismétlődik, különösen, ha nagy a rétegzettség stabilitása, amit a fedőréteg vastagsága és a mélység menti hőmérsékletkülönbség határoz meg. Az átfordulások száma (0, 1 vagy 2) természetesen függ a tó földrajzi elhelyezkedésétől: a trópusi tavakban cirkuláció ritkán jön létre. A sekély tavakban tartós rétegzettség nem alakul ki: a szél által bevitt kinetikus energia elégséges a nehezebb alsó réteg „felemeléséhez”. Egyúttal ez a sekély tó közvetett definíciója is.

S. L.: Stabilitásról és inverzióról beszélünk a légkör esetében is. Hasonló jelenségről van szó?

M. E.: A troposzférában az átlagos hőmérsékleti gradiens (egységnyi magasságkülönbségre jutó hőmérsékletváltozás) 0,65 °C/100 m értékkel egyenlő. Az átlagérték körül azonban jelentős ingadozás figyelhető meg. Így előfordulhat, hogy a gradiens meghaladja az 1°/100 m-t. Az ilyen helyzetek azért fontosak,



mivel a felszálló, adiabatikusan (hőcseremen-tesen) hűlő levegő ilyen mértékben változtatja a hőmérsékletét. Ha a ténylegesen mért hőmérsékleti gradiens meghaladja az adiabatikus értéket, akkor az emelkedő levegő mele-gebb, mint a környezete. Mindaddig emel-kezik, amíg hőmérséklete (sűrűsége) egyen-lő nem lesz a környező levegő hőmérsékleté-vel. Ilyenkor azt mondjuk, hogy az adott légrétegben a levegő labilis állapotú. A labilis légállapot a felhőképződés feltétele. Emelke-dés során ugyanis a levegő nedvessége telítet-té válhat, ami kondenzációt eredményez. Másrészt a labilis légállapot kedvez a légszeny-yező anyagok függőleges keveredésének is.

A labilitás kialakulásának egyik lehetséges változata, amikor napsütéses, elsősorban nyári napokon a felmelegedett felszín mele-gíti a vele kapcsolatban lévő légréteget, amely a kisebb sűrűsége miatt emelkedni kezd. A meteorológiában ezt *szabad konvekciónak* (feláramlásnak) nevezzük. Gyakori jelenség, hogy az áramló levegőt hegység vagy időjár-ási front készíti feláramlásra. Így jön létre a *kényszerkonvekció*.

Az is előfordul, hogy a hőmérsékleti gra-diens kisebb, mint a megadott átlagérték. Az sem kizárt, hogy a troposzféra egy-egy rétegé-ben vagy a felszínen a magassággal átmeneti-leg nem változik vagy emelkedik a hőmér-séklet (*izotermia*, illetve *inverzió*). Ilyenkor nincsenek függőleges mozgások és elkevered-és, a csóva vékony csík marad, és a légszeny-nyeződés feldúsulásával kell számolnunk. Talajközeli inverzió kialakulásának legkézen-fekvőbb módja, hogy a talajközeli levegő kisugárzás miatt éjszaka lehűl, vagy egy me-dencében a hideg levegő megreked. Erre jó példa a Kárpát-medencében télen kialakuló hidegpárna, amely ködös, nagy légszennye-zettséggel járó helyzetet eredményez. Ráadá-

sul ezekben az időjárási helyzetekben a hori-zontális légmozgás is jelentéktelen, ami to-vább fokozza a nagy légszennyezettségű (és nedvességtartalmú) levegő megrekedését. Ilyenkor rendelkeznek el szmogriadót.

Visszautalok rá, hogy a levegőben a leg-jelentősebb és legkiterjedtebb inverziós réteg a sztratoszféra, amely mint egy fedő lezárja a rendezett függőleges mozgásokat, és a tropo-szférával általában csak diffúzióval keveredik. A levegő szempontjából tehát a vertikális hőmérsékleti, illetve az ezzel egyenértékű sűrűségbeli változások a függőleges légmoz-gások meghatározói.

S. L.: A víz sűrűségéről már beszéltünk. Mekkora a levegőé?

M. E.: A víz sűrűségét mindnyájan jól ismerjük ( $1 \text{ g/cm}^3$ ). Kevesebben tudjuk, hogy a levegő sűrűsége ( $1,23 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$ ) normál állapotban mintegy ezrede a víz sűrűségének, ami a ma használatos SI-egységek szerint köbméterenként kereken  $1 \text{ kg-t}$  jelent. A le-vegő anyag, így súllyal nehezedik ránk, nyo-mása van. A légnyomás a tengerszinten  $1013 \text{ hPa}$ -al egyenlő. Tudjuk, hogy a légnyomás mérése a meteorológiában nagyon fontos, hiszen eloszlása határozza meg a légáramlások jellegét, ezen keresztül az időjárás változásait, illetve a nyom- és légszenyező anyagok transzportját.

Érdekes, és ez még kevésbé köztudott, hogy a levegő teljes tömegét ( $M$ ) a meteoroló-gusok a nyomás ( $p$ ) alapján számítják ki. A nyomás ugyanis a felületegységre ható nyo-móerő ( $Mg$ , ahol  $g$  a nehézségi gyorsulás:  $9,81 \text{ ms}^{-2}$ ). Tekintve, hogy a Föld felszíne ( $A$ )  $5,1 \times 10^{14} \text{ m}^2$ , a  $p = Mg/A$  formula segítségével egyszerűen adódik, hogy a légkör tömege  $5,13 \times 10^{18} \text{ kg}$ . Ez az érték önmagában nagyon tűnik. Ha azonban a Föld teljes tömegéhez ( $5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$ ) hasonlítjuk, akkor elhanyagol-

ható érték. A földi életet lehetővé tevő, illetve az élet jelenlétének köszönhető levegő a boly-gó tömegének mindössze egymilliomod része.

Óhatatlanul felmerül a kérdés: láttuk már, hogy mekkora bolygónk teljes vízkészlete, és ezen belül a szárazföldi bioszféra számára nélkülözhetetlen édesvíz mennyisége, de mi a regionális helyzet, és melyek a trendek?

S. L.: Maradjunk még a globális helyzet-nél. A kérdés az, hogy a  $6000 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év}$  készlet hozzáférhető-e? Erre a válaszom hatá-rozottan nemleges, számos ok miatt markáns csökkentő tényezők jelentkeznek. Vegyük sorra ezeket! Először, a megújuló készletek mintegy 20%-a távoli, „eldugott” területen található és aligha hozzáférhető – például az Amazonas óriási készlete. Másodsor, a fenn-maradó fele – a vízfolyás méretétől függően – árvizekkel és monszonnal érkezik, vagyis gyorsan lefolyik, és csak egy kis része haszno-sítható. Harmadsor, a készletek jelentős, de pontosan nem ismert hányada (legalább 30%-a) kiiktatódik az ökológiai vízigény és a legkülönbözőbb szennyezések következtében. Így a *megújuló, hozzáférhető és hasznosítható készlet*  $2000 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év}$ , azaz  $1000 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{év}$  igény mellett a globális kihasználtság nagy-ságrendileg 50%, ami nyugtalanítóan magas érték (összehasonlításképpen Magyarorszá-gon 8%, augusztusi kisvízre vetítve pedig mintegy 20%).

A globális helyzetkép tehát sötét. Ameny-nyiben a készletek és az igények területi elosz-lása egyenletes lenne, csak mérsékelten ag-gódnánk. Ez azonban nincsen így. A vízgaz-dálkodást nagy területi (és időbeli) változé-konyosság jellemzi, ami a népesség és a társa-dalmi-gazdasági fejlettségi szint mellett alapvetően az éghajlat területi változékony-ságából fakad: változik a párolgás, a csapadék, a hóesés, a hóolvadás, az árvizek és az aszályos

időszakok stb. A megújuló készleteket a hid-rológiai körforgás részeként végső soron a csapadék és a párolgás együttesen határozza meg, ami pótolja a vízáradó rétegek készleteit, és biztosítja a felszíni és felszín alatti lefolyást. A csapadék a párolgással együtt területileg erősen változik: Egyiptomban például ritkán tapasztalni esőt, de lefolyástérképeket tanul-mányozva feltűnő az Észak-Kína – Délkelet-Ázsia – Közel-Kelet – Észak-Afrika sáv, vala-mint Kalifornia és Ausztrália: az évi lefolyás sokféle csupán  $10 \text{ mm}/\text{év}$  körüli (Magyaror-szágon az átlag  $50 \text{ mm}/\text{év}$ , de az Alföld egyes térségeiben alig több  $10 \text{ mm}/\text{évnél}$ ). Így első-sorban ezeken a területeken számíthatunk a készletek szűkösségére. Az eredmények ezt igazolják is: a vízben legszegényebb harminc ország itt található (például Kuvait, Arab Emirátusok, Katar, Líbia, Szaúd-Arábia, Jor-dánia, Jemen, Izrael, Algéria, Tunézia, Egyip-tom, Ciprus stb.), a Közép-Keleten a készle-tek többnyire  $100 \text{ m}^3/\text{fő}/\text{nap}$  alattiak. Más-képpen jellemezve, az arab világban a Föld népességének 5%-ára a készletek 1%-a jut, míg Kanada a másik véglet: a globális készletek 20%-ához a népesség csupán 0,2%-a tartozik.

M. E.: Hány embert érint a vízhiány vagy a fizikai stressz?

S. L.: Megbízható válaszunk nincsen. Ennek oka egyszerűen az adathiány: hiába kiemelt téma a víz a különböző fórumokon és az ENSZ-en belül is, nem üzemel megbíz-ható globális és regionális monitoringrendszer, az egyes országok adatszolgáltatása pedig hiányos. A meglévő információ is elégséges azonban a trendek érzékelésére. Az elem-zések szerint 1990-ben a népesség 4–5%-a élt fizikailag vízhiányos területen. Ez az érték 2025-re, 40–50%-ra növekedhet, alapvetően a fejlődő világban, elsősorban a népesség gyarapodása, másodsorban pedig az éghajla-

ti hatások miatt. Utóbbi területileg átrendezi a készleteket: leegyszerűsítve csökkenti azokat, ahol eddig hiányosak voltak, és fordítva. Az igények is kedvezőtlenül módosulnak: a hőmérséklet emelkedése miatt növekednek az öntözésre berendezkedett területeken. Az igények más okok miatt is átrendeződhetnek: a városiasodás és a megvárosok elzaporodása, a migráció, a középosztály gazdaságtól függő területi fejlődése és így tovább.

**M. E.:** Mintha hallottam volna a vízlábnyomról. Ez nyilván az ökológiai lábnyom mintájára született, amely köztudottan annak a területnek a nagysága, amely képes adott népség eltartására.

**S. L.:** A felismerés, hogy a termékekbe közvetve nagy mennyiségű „víz épül be”, vezetett a *vízlábnyom* fogalmához (konyhai példák a vízigényre l/kg-ban: rizs – 3000, búza – 1500, marhahús – 16 000, csirke – 4000, tej – 200). A vízlábnyom az a térfogatban kifejezett, egy főre eső vízmennyiség, amennyit valamilyen termék előállításához és/vagy szolgáltatás elvégzéséhez évente felhasználunk. Egy ország esetében a vetítési alap az ország összes terméke és szolgáltatása. A lábnyom globális átlaga a jelenlegi becslések szerint 1240 m<sup>3</sup>/fő/év. Az érték az USA-ban a legnagyobb (2480 m<sup>3</sup>/fő/év, ami mérhetetlen pazarlásra utal), Kínában 700 m<sup>3</sup>/fő/év, míg Magyarországon némileg az átlag alatt van. Nehéz végiggondolni, melyek lennének a regionális és globális következményei, ha Kína megduplázná – az egyébként növekvő – lábnyomértékét, hiszen a jövedelmek nőnek, a középosztály erősödik, a fogyasztás általában és az élelmiszer-fogyasztás különösen nő, ami fokozza a vízigényeket.

**M. E.:** Áruul még el, mi a virtuális víz?

**S. L.:** A fogalom még nincsen két évtizedes. A felismerés az, hogy a globális kereske-

delem – elsősorban a mezőgazdaság területén – a termékekbe beépülve óriási mennyiségű virtuális vizet szállít a határokon keresztül. A hatás egyaránt lehet pozitív és negatív. Pozitív, amennyiben az áruk vízbő területéről vízhiányosra történő exportjáról van szó, és negatív a fordított esetben. Jelenleg a teljes virtuális vízkészlet évente a vízfogyasztás 40%-át teszi ki, ami évente nyolcszáz Balatonnak felel meg. A mezőgazdaság területén legnagyobb bruttó vízimportőr az India–Kína térség, miközben az export is nagy. Nyugat-Európára a régió belüli kereskedelem a jellemző, a negyven Balatonnyi import pedig Dél-Amerikából és Észak-Afrikából származik. A legnagyobb exportőr az USA.

#### ÁRAMLÁS ÉS TRANSZPORT: EGYENLETEK

##### *Leíró egyenletek*

**M. E.:** A légkörben és a vizekben bonyolult áramlások és transzportfolyamatok alakulnak ki, amelyek ismerete alapvető ahhoz, hogy megértsük környezetünk viselkedését, és meg tudjuk oldani a gyakorlatban felmerülő feladatokat, a meteorológiai és hidrológiai előrejelzéstől kezdve a levegő- és vízminőség szabályozásáig. Milyen törvényszerűségekre tudunk támaszkodni?

**S. L.:** A válasz rövid: az anyag- és az energiamegmaradásra, vagy másképpen a kontinuitásra és Newton második törvényére, amelyet mindannyian jól ismerünk.

**M. E.:** Ezek egyszerűek és közérthetőek, a levezetett egyenletek mégis igen bonyolultak. Mi ennek az oka?

**S. L.:** Az elsődleges magyarázat az, hogy valamely fluidumban (víz vagy levegő) – szemben a szilárd testekkel – a sebesség és a nyomás térben és időben egyaránt változik.

Ezt Newton második törvényében ( $P = m a$ , ha az  $m$  tömeg állandó) az erő ( $P$ ) és a gyorsulás ( $a$ ) kifejtésénél egyaránt figyelembe kell venni.

**M. E.:** Talán kezdjük az erőkkel.

**S. L.:** Helyes a többes szám használata, hiszen a fluidumra – térben és időben változó mértékben – több erő hat. Ezek (i) a nyomáskülönbségből származó (nyomási gradiens) erő, ami az izobárokra merőleges, (ii) a függőleges gravitációs erő, (iii) a Föld forgási tengelyére és az áramlási sebességre merőleges, a Földdel együtt mozgó koordináta-rendszerben a vízszintes síkban érvényesülő Coriolis-féle eltérítő erő (ami valamely forgórendszerben elmozduló tömegre hat), (iv) a görbült pályájú mozgás esetén a jól ismert centrifugális erő és a (v) a sebességgel ellentétes irányú súrlódási erő. A felsorolt öt erővel a tehetetlenségi erő tart dinamikus egyensúlyt, ami közismerten arányos a gyorsulással.

**M. E.:** Az erőket értem. És a gyorsulás?

**S. L.:** Képzeljünk el a vizsgált tér tetszőleges pontjában egy folyadékreszcscskét, amelynek az  $x$  irányú sebességösszetevője (a három irány –  $x$ ,  $y$ ,  $z$  – egyikében)  $v_x$ . Kicsiny  $\Delta t$  idő alatt ez  $\Delta v_x$  értékkel módosul. A változás – és így a gyorsulás – két részből tevődik össze: (i) a rögzített pontban a sebesség időben megváltozik (ezt az idő szerinti differenciálhányados fejezi ki) és (ii) eközben a reszcscske másik pontba helyeződik át, ahol már a kiinduláskor is eltérő volt a sebesség (ami a sebesség gradiensétől, azaz az  $x$ ,  $y$  és  $z$  szerinti differenciálhányadosoktól függ). Ezeket rendre *lokális* és *konvektív* gyorsulásnak nevezzük, amelyeknek általános esetben mindhárom irányban vannak összetevői (megjegyzem, a meteorológiában advekczióról beszélnek, a konvekció szót a feláramlásra alkalmazzák). A jelenség bonyolult voltát mutatja,

hogy – szemben a merev testekkel – valamely síkáramlásba elhelyezett téglalap alakú vízszál négyféle elmozdulást végezhet: eltolódhat, elfordulhat, megnyúlhat és eltorzulhat.

A lokális gyorsulás zérustól különböző, ha az áramlás időben változó (nem permanens vagy instacionér), míg a konvektív gyorsulás akkor észleljük, ha a fluidum sebessége (a nagysága és/vagy az iránya) a térben változik. A kétféle gyorsulás kifejtése miatt Newton második törvényéből a sebesség három összetevőjére három mozgásegyenlet (matematikailag nehezen kezelhető, másodrendű, nemlineáris parciális differenciálegyenletek) adódik. Súrlódásmentes közegre ez a nevezetes Euler-egyenlet, míg súrlódásos közegre a Navier–Stokes- vagy a Reynolds-egyenlet.

**S. L.:** Már itt meg tudnád világítani, mi az alapja az időjárás előrejelzésének?

**M. E.:** Persze. Sokan felteszik a kérdést, hogyan lehetséges a várható időjárást kiszámítani, *számszerűen előre jelezni*. Természetesen a Navier–Stokes-egyenletek alapján. A modell ugyan bonyolult (és csak nagyteljesítményű számítógépeken lehet futtatni őket), azonban az elv egyszerű. De talán folytasd Te az árvízi előrejelzés példáján.

**S. L.:** Ez azért könnyű, mivel az árvíz folyókban alapvetően hosszirányban vonul le: a probléma egydimenziós. Ha a sebesség  $U$ , az árvíz valamilyen  $C$  állapota (például a vízállás) az  $x$  koordinátával jellemzett szelvényben, a  $t + \Delta t$  *jövőbeni* pillanatban azonos lesz a  $\Delta x = U \Delta t$  távolságra lévő felvízi szelvényben, a  $t$ -vel jellemzett *jelenben*, azaz  $C(t + \Delta t, x) = C(t, x - U \Delta t)$ . A hullám tehát egyszerűen csak áthelyeződik (a valóságban a jelenség azért bonyolultabb).

**M. E.:** Az időjárás esetében is hasonló a helyzet, azzal a különbséggel, hogy az időbeli változások a sebesség jelenlegi térbeli válto-

zásaihoz kapcsolódnak. Ez azt jelenti, hogy a vizsgált (A) régió *holnapi* prognózisát nagyban annak a (B) „testvér” régióinak a *mai* állapota határozza meg, ahonnan a levegő majd megérkezik (A)-ba. A felvázolt módon jelenleg tíz napra készülnek előrejelzések, persze az időelőnnnyel a megbízhatóság nagymértékben csökken. Az időjárás előrejelzése az árvízi előrejelzés alapja is: a legfontosabb bemeneti adatot, a csapadékot szolgáltatja.

A tényleges megoldáshoz szükséges gyorsulás a ható erőktől függ. Ezek egyike a nyomási gradiens erő. A levegőt a különböző pontokban mért légnyomás különbségei mozgatják. Minél nagyobb a távolságegységre jutó változás, a gradiens, annál nagyobb a mozgóerő. A mozgó levegő a Föld forgása miatt eltérül, mivel az áramlást a felszínhez rögzített koordináta-rendszerben vizsgáljuk. Ezért megjelenik az eltérítő erő. Végül a felszín közelében hat a súrlódás. Az erők nem tartalmazzák az időt, de lehetővé teszik a sebesség időbeli változásának kiszámítását. Ez az egyenletek idő szerinti numerikus integrálásával történik: leegyszerűsítve a sebességváltozást úgy kapjuk, hogy a fent felsorolt hatóerőket a választott időlépcsővel szorozzuk meg.

S. L.: A Navier–Stokes-egyenlet(ek) levezetésénél a sebességet és a gyorsulást a hely és az idő függvényében szemléltük, amit Euler-féle tárgyalásmódnak nevezünk. Ettől eltérő felfogású a Lagrange-i írásmód, ami a szilárd testek mozgásának kezeléséhez hasonlóan a folyadékrezek pályáját és sebességét határozza meg az idő függvényében. A Lagrange-i megközelítés – ahogyan majd látni fogjuk – a transzportegyenlet megoldásánál vezet előnyökhöz, ezért elsősorban itt nyer alkalmazást.

M. E.: Milyen egyszerű egyensúlyi vagy specifikus esetei vannak a Navier–Stokes-egyenletnek?

S. L.: Kevés erő jelenlétében beszélhetünk ilyenekről. Ha például a sebesség zérus, továbbá csak a nyomási gradiens erő függőleges, z irányú komponense és a gravitációs erő hat a fluidumra, a hidrosztatika nevezetes egyenletét nyerjük. De például a légkörben és sekély vizekben a függőleges irányú gyorsulás gyakran kicsiny, és ilyenkor a megfelelő komponens egyenlet is a hidrosztatikai alakot veszi fel. A másik példát a légkör magasabb régiója jelenti, ahol a súrlódás elhanyagolható. Ilyenkor – párhuzamos izobárok esetén – a nyomási gradiens erő és a Coriolis-erő tart egyensúlyt, amiből az ún. geosztrofikus szél sebessége vezethető le. Görbült izobárok esetén a centrifugális erőt is figyelembe kell venni, ami a gradiens szél kialakulását eredményezi. Erről részletesebben beszélünk még.

M. E.: Az áramlások fontos tulajdonsága a súrlódás, és gyakran beszélünk a *turbulenciáról* is. Hogyan jellemezzük a Navier–Stokes-egyenletben a súrlódást, és mit jelent a turbulencia bűvös szava?

S. L.: Egyik kimagasló tudású professzorom kedvenc mondása volt, hogy a turbulenciát az elmúlt évszázad során ezrek kutatták, mégsem tudjuk, hogy mi is az. Van benne valami. Mondják, hogy a turbulencia rendezetlenség, instabilitás, kis és nagy örvények sokasága, amik elviszik az energiát, azaz ellenállást keltenek.

Valós közeg áramlásába a súrlódás hatására csúsztató feszültségek ébrednek. Az ilyen áramlások két nagy családját különböztetjük meg. A lamináris (réteges vagy rendezett) áramlás jellemzője, hogy az áramvonalak egymással párhuzamosak. A sebesség erre merőlegesen változik, amivel arányos csúsztató feszültség ébred. Az arányosságot a viszkozitási tényező – fontos anyagjellemző – fejezi ki.

A turbulens vagy gomolygó áramlásban a sebesség az idő függvényében a helyi középérték körül véletlen jelleggel ingadozik: ez a pulzáció. Jelenléte a vizsgált helyen az egymást követően áthaladó, különböző méretű és intenzitású örvényekkel magyarázható. A sebesség nagysága és iránya egyaránt ingadozik, a mozgás maga pedig a turbulencia intenzitásának növekedésével (ezt például a relatív szórással jellemezhetjük) egyre kaotikusabb jellegűvé válik. A turbulencia előidézője lehet az érdes meder, a mederváltozások, mőtárgyak, sarkantyúk, hídpillérek, a sűrűségkülönbség, a szél stb. vagy a különböző sebességű folyadékok keveredése. Ezeket kötött, illetve szabad turbulenciának nevezzük. A légkörben és a vizekben mindkettő fontos szerepet játszik. A falak közelében kialakuló határreteg nem homogén: elméletileg az alsó, vékony lamináris réteg felett alakul ki a sokkal fontosabb turbulens zóna.

S. L.: Jellemeznéd a légköri turbulenciát?

M. E.: A légköri áramlások szinte mindig turbulensek. Az örvényekben, amelyek mérete millimétertől akár száz méterig is terjedhet, a szél sebessége és iránya gyorsan változik, azaz széllökések jönnek létre. A turbulencia egyik formája egyenetlen felszín (pl. városok, hegységek) fölött keletkezik (ezt mechanikus turbulenciának hívjuk). Kiváltásának másik oka a szélnyírás, amely olyan légrétegekben lép föl, ahol a szél iránya és sebessége gyorsan változik (dinamikus turbulencia). Végül a hőmérséklet-különbségek miatt emelkedő levegőben termikus turbulencia jön létre. A turbulencia alapvető szerepet játszik az impulzus, a hő, a nedvesség és a szennyezőanyagok szállításában. Különösen fontos a hatása az alsó kb. 10 m-es légrétegben, ahol a nyomóanyagokat a koncentrációkülönbségek miatt fellépő turbulens diffúzió keveri össze.

M. E.: Ugyanaz a mozgásegyenlet alkalmazható lamináris és turbulens áramlásra?

S. L.: Igen, azzal a különbséggel, hogy a turbulens esetben az egyenlet a turbulencia időléptékére vonatkozó átlagokat írja le. Ez azonban komoly tartalmi különbséget takar. A viszkozitást az örvény-viszkozitási tényező helyettesíti, ami a gomolygás impulzuscserejéből adódó turbulens csúsztató vagy nyíró feszültséget jellemzi (érdemes észrevenni a statisztikai hátteret: valójában a sebesség-összetevők keresztkorrelációi jelennek meg). Ha erre – lamináris áramláshoz hasonlóan – gradiens típusú feltevéssel élünk, a turbulens áramlásra vonatkozó mozgásegyenletet kapjuk, amit megkülönböztettként gyakran Reynolds-egyenletnek hívunk. Ennek alakja matematikai szempontból változatlan, azonban az örvényviszkozitási tényező már nem anyagjellemző, hanem a perem és az áramlás függvénye. A legtöbb esetben a hely és irány szerint változik (inhomogén és anizotrop). A természetben – néhány kivételtől eltekintve – a kinematikusnál nagyságrendekkel nagyobb örvényviszkozitási tényező játssza a meghatározó szerepet. Becslésére a gyakorlat szélcsatorna-vizsgálatokat, helyszíni méréseket és empirikus összefüggéseket alkalmaz. Ugyanakkor meghatározása a turbulenciakutatás központi kérdését is jelenti. Az elmúlt két évtized igéretes eredményeket hozott a turbulenciamodellek alkalmazása területén folyókra és tavakra. Ezek az örvényviszkozitási tényezőket például a turbulens kinetikus energia és a disszipáció függvényében számítják.

A turbulenciával megint lényeges kérdéshez érkeztünk. A rendezett és rendezetlen mozgásoknak nemcsak az a szerepük, hogy a levegőt és a vizet egyik helyről a másikra szállítják. Az áramló fluidum (levegő és víz) „magával viszi” a fizikai (például hőmérséklet)

és kémiai (nyomanyagok koncentrációja) tulajdonságait, így meghatározza a szennyezőanyagok transzportját. Milyen elven, elveken alapul a vízben és levegőben a szennyezőanyagok szállítása?

M. E.: A légkörben az anyagok transzportját hasonlóan jellemezzük, mint vizek esetén; ugyan több tulajdonságban jelentős eltérések lehetnek (a víz például ezerszer nehezebb, mint az összenyomható levegő). A transzportot jellemző összefüggéseket a gyakorlatban a szennyeződések terjedésének számszerű leírására használják. A modellek a szennyező forrásokat és a tér különböző pontjain kialakuló koncentrációkat kapcsolják össze. Javasolom, hogy erre a fontos kérdésre a későbbiekben még térjünk vissza.

M. E.: A mozgásegyenlet elégséges az áramlástani feladatok megoldásához?

S. L.: Természetesen nem, hiszen a nyomás (vagy a vízmélység) is ismeretlen. A negyedik egyenletet a kontinuitás jelenti, ami azt fejezi ki, hogy adott térfogatelem tömegének időbeli megváltozását a be- és kiáramló fluidum tömegének különbsége határozza meg. Ha a közeg összenyomható, mint a levegő, akkor újabb változóként megjelenik a sűrűség (a víz sűrűsége is változhat például a felmelegedett hűtővizek befogadókba történő visszavezetése következtében – hőszennyezés – vagy tengeröblökben az édes- és a tengervíz keveredése miatt). Meghatározására a vonatkozó anyagtörvényt (levegő esetében az általános gáztörvényt) hívhatjuk segítségül.

M. E.: Akkor még nem szóltunk a szennyezőanyagokról.

S. L.: Erre szolgál a transzportegyenlet, ami szintén az anyagmegmaradáson alapul, csak most a kérdéses szennyezőanyag tömegéről beszélünk, amit a koncentrációjával fejezünk ki. Ebben az esetben is azonos alakú

egyenletet alkalmazunk lamináris és turbulens áramlásra. Feltételezzük, hogy a turbulencia a molekulák véletlen bolyongásához hasonlóan a koncentrációt kiegyenlítő szerepet játszik, és az ingadozásokból adódó többletfluxus Fick második törvényéhez hasonlóan jellemezhető. Azaz a diffúziós tényezőt a több nagyságrenddel nagyobb turbulens diffúzió tényezője helyettesíti. Ez az örvényviszkózitási tényezőkhöz hasonlóan a sebességtér függvénye, általános esetben nem homogén és nem izotróp.

Az transzportegyenlet a sebességtér ismeretében oldható meg. Azt fejezi ki, hogy a koncentráció időbeli megváltozása az advékción (ahogyan már arra utaltunk, a vízimérnöki gyakorlatban konvekció) és a diffúzió együttes eredménye. Az egyenlet szerint az advékción  $\Delta t$  idő alatt a szennyezőanyag  $v$  sebességvektor irányába történő  $\Delta r = v \Delta t$  transzlációját idézi elő, miközben sík áramlás esetén valamely kis geometriai alakzat (például egy kör) megtartja az alakját. A Fick-törvénnyel leírt molekuláris diffúzió a kör átmérőjét növeli (a diffúzió tényezője anyagjellemző és a legtöbb esetben állandó), míg a jóval intenzívebb és a természetben domináns turbulens diffúzió a véletlen hatások és az anizotropia eredményeként szabálytalan foltot hoz létre. Ezeket a hatásokat figyelhetjük meg kémények gomolygó füstszálóinak viselkedésén: valamely szennyezőanyag terjedésének a fő irányát a szélesebbektől jellemzett advékción határozza meg, miközben az a turbulens diffúzió hatására – közelítően a Gauss-eloszlást követve – egyre jobban elkeveredik a környező légtérrel, és kiterjed (hasonló a helyzet folyókban szennyvízbevezetések alatt, azzal a különbséggel, hogy sekély vizekben a függőleges irányú kiegyenlítő hatás – elkeveredés – gyorsan bekövetkezik).

M. E.: Azt hiszem, most már mindent értünk.

S. L.: Meglátjuk. Kikapcsolódásként vegyünk néhány példát.

#### *Jellemző esetek*

M. E.: Ha a levegő függőleges irányba mozog, akkor természetesen a nehézségi erőt figyelembe kell vennünk. A vertikális mozgásnak a felhőképződésben van jelentősége, de fontos szerepet játszik a nyomanyagok elkeveredésében is. Ha feltételezzük, hogy a függőleges mozgás gyorsulása zérus, akkor a mozgásegyenletből egy fontos, egyszerű összefüggés adódik. Ez az ún. *hidrosztatika* egyenlete, amely megadja, hogy egységnyi magasságkülönbségre mekkora nyomásváltozás esik. Segítségével fontos feladatot oldhatunk meg: kiszámíthatjuk, hogy különböző magasságokon mekkora a levegő nyomása. Ily módon a különböző magasságokban mért légnyomást adott vonatkoztatási szintre (általában a tengerszintre) számíthatjuk át. Gondolom, ez az egyenlet a vizek tanulmányozásában is alapvető összefüggés. Általában felmerül a kérdés, hogy a nehézségi erőnek milyen szerep jut a vizek – és azon belül folyók – áramlásának leírásában.

S. L.: A téreörök alapvető szerepet játszanak a szabadfelszíni áramlások kialakításában. Nem véletlen, hogy a tehetetlenségi erő és a nehézségi erő hányadosa a Froude-szám, a vizek áramlásának egyik meghatározó dimenzió nélküli mennyisége. Ha a Froude-szám kicsiny, az áramlás lassú és/vagy a vízmélység nagy. A felszín megzavarása révén keletkező hullámok az áramlással együtt és azzal szemben is haladnak.  $Fr = 1$  a kritikus állapotra utal: a víz sebessége megegyezik a sekélyvízi hullám terjedési sebességével (határbesség). E felett a kinetikus energia dominál, a folya-

dék gyorsabb, mint a hullám, ezért a zavarások csak az áramlás irányába terjednek.

A hidrosztatika gyakorlati jelentősége napjainkban elsősorban a sekély vizek áramlásának leírásában jelentkezik. Ezekre jellemző, hogy a mélység több nagyságrenddel kisebb, mint a vízszintes kiterjedés, és a nyomás mélységmenti változása jó közelítéssel megegyezik a nyugalmi állapotban mérttel (a dinamikus nyomás elhanyagolható). Ez lehetővé teszi a matematikai probléma egyszerűsítését és mélység menti integrálást követően a kétdimenziós írásmód alkalmazását.

M. E.: Vegyünk egy másik esetet. A sűrűségi réteg fölött, amelynek vastagsága a meteorológiai viszonyok és a felszín tulajdonságainak függvénye (átlagosan kb. 1 km), az áramló levegőre két erő hat, a gradiens (nyomási) erő és az eltérítő, Coriolis-erő. Adott légtér fogat a gradiens erő miatt lép mozgásba, tegyük fel, hogy északi irányba. Hat rá az eltérítő erő is, amely az északi félgömbön a felszínhez képest a mozgó levegőt jobbra téríti. Az eltérítő erő a szélesebbre merőleges, és nagysága függ a földrajzi szélességtől. Az Egyenlítőn értéke zérus, és a sarkok körzetében maximális. Az eltérített levegő mindaddig jobbra fordul, amíg a gradiens erő és az eltérítő erő egyensúlyba nem kerül. Ilyenkor a szélirány párhuzamos az azonos nyomású helyeket összekötő vonalakkal, az izobárokkal. Az a paradox helyzet alakul ki, hogy a szél nem az izobárokra merőlegesen, hanem azokkal párhuzamosan fúj. A meteorológusok az ilyen szelet *geosztrofikus szélnek* nevezik. Ha együtt mozognak az áramlással, akkor az alacsonyabb nyomás a bal kezünk felé helyezkedik el. Az izobárok tehát kijelölik a szélirányt, míg sűrűségük (gradiensük) a szélesebbeséget. Természetesen, ha az izobárok görbültek, akkor a centrifugális erőt is figyelembe kell vennünk.

A légköri sűrűlódási rétegben természetesen minden bonyolultabb, mint a felette lévő szabad légkörben. A sűrűlódás egyrészt lefékeli a szelet. Másrészt az irányát úgy módosítja, hogy a szél szöveget zár be az izobárokkal, és az alacsony nyomású terület felé fúj. Mindez azt eredményezi, hogy a magasság növekedésekor a szélesség növekszik, iránya egyre inkább jobbra fordul, és felveszi a geostrofikus szél irányát. Ezt a szélváltozást a neves svéd tudósról Ekman-spirálnak nevezzük. Teljesülhetnek-e áramló vízben a geostrofikus feltételek? Van-e az itt leírthoz hasonló áramlás felszíni vizekben, amikor a maximális sebesség a felszínen található?

S. L.: Miután a leíró egyenletek gyakorlatilag azonosak, a hasonlóság valószínű. A kérdés az, hogy a felszíni vizekre jellemző nagy sűrűség, geometria és morfológia, továbbá a peremfeltételek lehetővé teszik-e a légkörnek megfelelő jelenségek kialakulását. Gyors válaszom az, hogy ezek folyókban és tavakban nem jönnek létre (a fogalmak nem is igen ismertek az édesvizek területén), ugyan a legnagyobb sebesség a legtöbbször valóban a szabad felszín közelében figyelhető meg. A magyarázat egyrészt a sűrűlódás és a tehetetlenségi erő domináns szerepe a határreteg jellegű áramlásban, másrészt pedig az, hogy az Ekman-spirál kifejlődéséhez szükséges nagy vízszintes kiterjedés és nagy mélység nem áll rendelkezésre. Intuíciónk tehát azt sugallja, hogy az óceánok, a tengerek (és esetleg a legnagyobb tavak) területén vizsgálódjunk.

Ilyen vizekben valóban előfordul geostrofikus áramlás és az Ekman-spirál. Geostrofikus esetben a vízrészecskék az izobárok mentén mozognak, az északi féltekén a jobb oldalukon nagyobb nyomással. A maximális sebességet a szélró, a Coriolis-erő és a sűrűlódásból származó erő egyensúlya eredményezi.

Az óceán felső vízrétegét közvetlenül a szélró, az alatta lévőket pedig a sűrűlódás hajítja. Az egymás alatti rétegek egyre csökkenő sebességgel mozognak, mégpedig a Coriolis-erő elterelő hatása miatt szöveget bezárva a felettük lévő réteggel (az északi félgömbön – ÉFG – jobbra, a délin fordítva), amíg a sűrűlódás el nem hal. A rétegek átlagos áramlási iránya az ÉFG-én, az uralkodó szélirányhoz viszonyítva elméletileg 90 fok (jobbra mutat), a szabad felszínen pedig ennek fele. A légkörhöz hasonlóan az egymás alatti sebességvektorok végpontjai karcsúsodó, 100–150 m mély spirált alkotnak, amit a vízrészecskék mozgása is követ. Ez az Ekman-spirál, amit a nyílt óceánon főként jég alatt figyeltek meg, a szabad felszín közelében ugyanis a turbulencia napi ingadozása és a hullámok destabilizálják a bűvös képződményt. A part közelében más a helyzet, a vízrétegek mozgásukban fizikailag korlátozottak. Ezért a széliránytól való elterelés is módosul, a gyakorlatban nem több mint 30 fok.

Ennél talán fontosabb, hogy az óceánok parti zónáiban a fenti erők – a partvonal és a sekély meder adta korlátok miatt – nem spirált, hanem felfelé és lefelé irányuló, a Coriolis-erő által elterelt mozgásokat indukálnak (Ekman-transzport). Feláramlásról akkor beszélünk, amikor a víz a felszínen a parttól távolodik, amit a kontinuitásból adódóan feláramló víz pótol. Ellenkező eset az, amikor az érkező vízrészecskék a partvonalnál „alábuknak”. A feláramlás a leggyakoribb Kalifornia és Északnyugat-Afrika mentén, északi szelek esetén. A déli féltekén a déli szelek eredményeznek feláramlást Chile, Peru és Délnyugat-Afrika partjainál. Fel- és leáramlás a nyílt vízben is bekövetkezhet, ha egy adott térségből a szél hatására víz távozik, illetve érkezik. A Coriolis-erő elterelő hatása az

Egyenlítő mindkét oldalán elfordítja az áramlás irányát. A nyugat felé irányuló felszíni áramlások északra fordulnak az északi oldalon és délre a déli oldalon: a felszíni vizek távolodnak az Egyenlítőtől, és feláramlások pótolják őket. Utóbbiak fontos szerepet játszanak a felszíni vízhőmérséklet (tágabb értelemben az időjárás és az éghajlat) és a biológiai produktivitás alakításában: hideg tápanyagban gazdag vizet hoznak a fényvel elátott zónába, elősegítve a kulcsfontosságú algaszaporodást, ami a tengeri tápláléklánc alapját jelenti. Ezek a zónák egyúttal halászati paradicsomot is jelentenek.

Érzékeljük, hogy az óceán áramlása, az Ekman-spirál, a fel- és leáramlások kialakulása stb. – visszacsatolásokkal – függvénye a légmozgásnak és a légköri Ekman-spiráloknak. Minden mindennel összefügg: ismételjük, elkerülhetetlen a levegő-víz leíró egyenletek szimultán megoldása. Ezt a tudomány és a technológia fejlődése egyre inkább lehetővé is teszi.

M. E.: A tavakban, így a Balatonban kialakulnak-e fel- és leáramlások?

S. L.: Persze. Valamely tó vízmozgása sok összetevőből áll: lengés, kilendülés, körözés, hullámozás stb. A magyar tenger – jellegzetes hosszúság, sekély tó – térségében az uralkodó szélirány északi, északnyugati, amelyet Szigliget és hegytársai alaposan elterelhetnek. A bevitt nyíróerő nem ritkán okoz hosszirányú lengéseket. Ekkor a tó egyik végében fel-, a másikban leáramlás következik be. A legnagyobb kilendülés mértéke megközelítheti az egy métert. Nyugalmi állapotban a nyíróerő függőleges komponensével a gravitációs erő tart egyensúlyt. Ekkor nagy léptékű körözések, örvények alakulnak ki. A szél csökkenésével/megszűntével a gravitáció ismét lengésbe hozza a szabad felszínt, az örvények kinyíl-

nak és Dunányi mennyiségű (!) víz áramlik át a tihanyi szoroson, nem ritkán a széllel szemben. A lengésidő hét óra körüli, az intenzív áramlás megfordul, miközben a lengés csillapodik. A jelenség az árapálymozgáshoz hasonlítható.

#### MODELLEK:

#### DILEMMÁK ÉS ALKALMAZÁSOK

##### *A modellalkotás*

M. E.: Sokat emlegettük már a modelleket. Mit is értünk alattuk?

S. L.: Ne kívánd, hogy definiáljam. A modell, amiről itt beszélünk, a vizsgált, valós rendszer egyszerűsített képe, ami közelítően helyesen írja le annak főbb sajátosságait. Esetünkben a rendszer főbb folyamatait az áramlás és a szennyezőanyag transzportja jelenti, amelyeket a kontinuitás és a mozgásegyenlet ír le. A célok például szolgálhatják a megértést, a tervezést, az előrejelzést és a döntéshozást. A modell komponensei a leíró egyenletek numerikus megoldása, a peremet előállító morfológiai (topográfiai) modell, a rendelkezésre álló különböző mérések, az emissziók és ezek forgatókönyvei, az értékelés módszerei (gazdasági, kockázati stb.) és így tovább. Azt javaslom, hogy a következőkben elsősorban a kulcsfontosságú transzport modellekkel foglalkozzunk. Többek között azt szeretném illusztrálni, hogy a látszólag jól definiált egyenletek ellenére a modellalkotás valójában művészet.

M. E.: Lássuk, hogy mire is gondolsz.

S. L.: A klasszikus transzportegyenlet, amelyről eddig beszéltünk, a környezetével reakcióba nem lépő, azzal azonos sűrűségű, nem ülepedő oldott, *konzervatív* anyagra vonatkozik. Sajnos a természetben ilyen ritkán található: az anyagok és szennyezők számos

fizikai, kémiai és biológiai átalakuláson, kölcsönhatáson mennek keresztül. Például a vizek szervesszén- és -nitrogén-terhelésének bonyolult bakteriális lebontása szén-dioxid- és nitrogéngáz távozásához vezet a szabad felszínen keresztül a légkörbe (azaz az anyagmegmaradás a vízre és a légkörre, továbbá több komponensre együttesen teljesül, oly módon, hogy a vízbeli történések befolyásolják a légkör állapotát is), miközben az oldott oxigén koncentrációja kedvezőtlenül csökken, hacsak azt a szabad felszínen keresztül diffúzió révén az oxigénbevitel ki nem egyenlíti. Ahogyan már érintettük, leegyszerűsítve ezt írja le az első vízminőségi modell, Streeter és Pheps munkája. A vízminőség-szabályozás alapvető célja az emissziók „optimális” mérséklése oly módon, hogy az élővilág számára alapvető oxigénszint sehol ne csökkenjen az előírt célállapot vagy határérték alá. Érzékeljük, hogy a megfogalmazás távolról sem egyszerű döntési vagy optimalizálási problémát takar, amelynek megfogalmazásánál a célfüggvényben megjelenhetnek a költségek, a kockázatok, a meghaladási valószínűségek, a bizonytalanságok és egyébek.

A példából leszűrhető következmények számosak. Sorolom: (a) Az anyagok körforgása miatt szinte mindig több (tíz) „állapotváltozóval” kell számolnunk, amelyek mindegyikére vonatkozik egy-egy egyenlet; (b) Ezek kiegészített, összefüggő, nemlineáris transzportegyenletek, amelyek megfelelő reakciókinetikai almodellel (vagy forrás- és nyelő tagokkal) veszik figyelembe az átalakulásokat (fenti példánkban a szerves szén lebontását) és a kölcsönhatásokat (az oldottoxigén-koncentráció változását). Az almodell paramétereire általában ismeretlenek, és mérések alapján, kalibrálás segítségével határozandók meg; (c) a leíró egyenletek megoldása az állapotválto-

zók számának növekedésével egyre bonyolultabbá válik; (d) ezzel egy időben, mivel a reakciók leírása gyakran nélkülözi a megalapozott elméleti tudást, nő a mérési és kísérleti igény.

**M. E.:** Azt hiszem, itt kardinális kérdéshez érkeztünk.

**S. L.:** Valóban így van, maga a modelltalkotás válik kulcsfontosságú kérdéssé. A reakciók leírásában – szemben a mozgásegyenletek és a kontinuitás látszólag egzakt voltaival – többnyire hipotézisekkel dolgozunk, amelyeket a meglévő elméleti és a megszerelhető empirikus tudásunkra, továbbá az adatokra alapozunk. Súlyos kérdések merülnek fel: tudjuk-e igazolni kiválasztott hipotézisünket? Tudunk-e választani a lehetséges alternatív hipotézisek közül? Egyáltalán, jól definiált-e a rendszer, vagy az ellentétes, egymást kiegyenlítő folyamatok jelenléte miatt nem is lehetséges a modell struktúrájának az identifikációja, a modellparaméterek célmérésekre alapozott becslése (kalibrációja), majd ezt követően a modell független adatokra alapozott igazolása (validációja)? És, ha szerencsénk is van, mit jelent a múltbeli észlelésekre alapozott igazolása, amikor minket mindig a jövő, azaz a megváltozott rendszer érdekel? Tudatában vagyunk-e annak, hogy a reakciókinetika és az ökológia területén valójában még mindig a „múltra” illesztett, „buta” nulladrendű modellekkel dolgozunk? Hogy első- és másodrendű modellekkel, amelyek paramétereiket, vagy intelligensebben, az állapotváltozóikat is képesek lennének adaptív módon a megváltozott feltételekhez illeszteni, szinte egyáltalán nem rendelkezünk? Tudjuk-e, hogy melyek a fizikai transzport és a reakciókinetikai változások jellemző tér- és időbeli léptékei? Képesek vagyunk-e az identifikáció, kalibráció, validáció, bizonytalansá-

gi elemzések stb. matematikai módszereit alkalmazni a bonyolult leíró egyenletekre? Látjuk-e, hogy mindezek alapján egyszerű vagy összetett modelleket válasszunk? És alapvetően mi a különbség az előrejelzési képességekben?

**M. E.:** Jó sok kérdést tettél fel! Tudsz-e legalább részben válaszolni?

**S. L.:** Megpróbálok. Egyrészt, világosan jelentkeznek a kutatási igények. Másrészt, azt gondolom, az informatika előreszaladt a numerikus modellezés területén, amit a mérés-technika, az automatikus monitorozás, a távérzékelés, az úrfelvételek használata és társai késve követnek. „Nagyszerű” modellekkel rendelkezünk, de ezek az adatok oldaláról még nincsenek kielégítően feltöltve: paradox helyzet, hogy a vízben és a légkörben valamely adott feladatnál több százezer pontban határozzuk meg a leíró egyenletek numerikus megoldását, miközben – műszerezettség és finanszírozási okok miatt – csupán néhány pontban és nem feltétlenül kielégítő időbeli felbontásban vagyunk képesek észleléseket végezni. Itt nagyok a fejlesztési igények és az üzleti lehetőségek is. Végezetül és alapvetően, kiemelten fontos a kutató, az elemző vagy a mérnök szaktudása, intuíciója és innovatív gondolkodása. Szemben a gyakori hiedelemmel, a rendelkezésre álló bonyolult szoftverek semmit sem érnek mély szakmai ismeretek nélkül (sőt kellő hozzáértés és ellenőrzés hiányában „életveszélyesek” is lehetnek, hiszen azt a benyomást kelthetik, hogy „gombnyomásra” szolgáltatják a helyes eredményeket). A kérdést a másik oldalról megközelítve, az adatbázissal, GIS-sel és kiegészítő elemzési eszközökkel ellátott, rugalmas modellek és döntéstámogató rendszerek hihetetlen lehetőséget ajánlanak, hogy azokkal – mint a valóság közelítésével – kísérleteket végezzünk.

Tegyük ezt interaktív módon, nagyszámú változatot elemezve, a részfolyamatokat tanulmányozva, érzékenységi és bizonytalansági vizsgálatokat végezve, kikapogtatva a megoldás valószínű környezetét. Itt jelentkezik azután az elemző felelőssége: ismerve a modellek, a különböző adatok, a paraméterek, a megoldások stb. pontatlanságait és bizonytalanságait, döntenie kell, mit is tekint elfogadhatónak, valószínűnek, meggyőzőnek, azaz megoldásnak. Másképpen, ezek a „korszerű logarícek” lehetővé teszik, hogy jobban, sokoldalúbban és megfelelő alázattal értsük meg a problémákat. A korszerű mérnök elképzelhetetlen ilyen eszközök nélkül. Az oktatás dilemmája, hogyan tanítsuk meg a mai „csipléceket” okosan, a mérnöketika íratlan szabályait betartva használni.

Egyszerű vagy bonyolult modell? Úgy vélem, a válasz: egyszerű és bonyolult. Az elemzést mindig célszerű kis adatigényű, kevés változós modellel kezdeni, ami gyors, nagyságrendi vizsgálatokat és a főbb, globális paraméterek rögzítését teszi lehetővé. Ezt többletadatokra és célirányos kísérletekre támaszkodva követhetik a részletesebb számítások, természetesen a probléma súlyától és a rendelkezésre álló finanszírozástól is függően.

**M. E.:** Akkor most már továbbléphetünk, és folytathatjuk a peremfeltételekkel?

**S. L.:** Lehet. Kiindulásként ismét a leíró egyenletekre hivatkozunk: ezek megoldása igényli a perem- továbbá az ismeretlen változókra a kezdeti és a peremfeltételek megadását. Természetes körülmények között – a léptéktől függően – a perem roppant szabálytalan, és nem mindig ismert kielégítő részletességgel. Például a lokális és városi légszennyezési modellekhez az utcák és az épületek topográfiáját szükséges megadni, de ma már a városi lefolyási modellek is finom felbon-

tással dolgoznak, ami az útborításra vonatkozik. Folyók és tavak esetében részletes morfológiai modelleket használunk, míg a több tízezer km<sup>2</sup> kiterjedésű vízgyűjtőkön a lefolyás számítását nem ritkán 50x50 m rácshálójú topográfiai modellekre alapozzuk. Problémát okozhat, hogy az idő függvényében maga a meder vagy a terep is változhat hordalékmozgás, erózió, felkeveredés és kiülepedés következtében.

A mozgás- és a transzportegyenlet peremfeltételei többfélék lehetnek. Határoló fal mentén fluidum nem lép be vagy ki: a normális irányú sebesség zérus. Ha anyagátadás sincsen, a Fick-törvény értelmében a koncentráció normális irányú gradiense is zérus. Más szakaszokon, illetve felületeken éppen a sebesség és a koncentráció definiálásával adhatjuk meg a hozzááramlást vagy kilépést, és azok időbeli változásait. Szabad felszínű áramlások esetén a felszínre vonatkozó kinematikai feltételt is szükséges előírni, ami biztosítja a kontinuitás betartását.

Gyakran egyszerűsített egyenleteket használunk. Ahogyan már említettük, sekély vizekre a mélység mentén integrálunk, és két-dimenziós összefüggésekkel dolgozunk. Ez befolyásolja a peremfeltételeket is: a szabad felszínnél és a mederfenéken ébredő csúsztató feszültségek a két mozgásegyenletben jelennek meg (a szabad felszíni csúsztatófeszültséget a szél idézi elő). Más esetekben vegyesen határozzuk meg a feltételeket. Például folyókra gyakran alkalmazzuk az egydimenziós, keresztiszelvény integrálagokra vonatkozó Saint Venant-egyenletrendszer. Ebben az al- és felvízi feltétel lehet a vízhozam ( $Q$ , m<sup>3</sup>/s), a vízmélység ( $H$ ) vagy a mérésekből becsült  $Q(H)$  görbe bármelyike.

Érdekesként jegyzem meg, hogy a hidrológia egyik alapkérdése éppen az ismer-

etlen alvízi peremfeltétel előrejelzése. Ezt a mai számítástechnikai lehetőségekkel úgy hidaljuk át, hogy a vizsgált folyószakaszt kiterjesztjük valamely „fix” pontig, amelynek a vízszintje állandó és/vagy ismert. Ez lehet egy tó, tározó vagy maga a befogadó tenger. Ha ezek egyike sem jelent kézenfekvő megközelítést, valamely távoli szelvény  $Q(H)$  görbét adjuk meg.

A szemléletet tágítva ismét megjegyzem, hogy leíró egyenleteink és az elmondottak érvényesek a tisztítási technológiákra is (az eleveniszapos szennyvíztisztítás lebontási folyamatait hasonlóan írjuk le, mint a folyókban bekövetkező oldotttoxigén- és tápanyagkoncentráció-változásokat). A különbséget a magasabb koncentrációk és biomasszák, de főként a reaktorok szabályos pereme jelenti.

**M. E.:** Végezetül mit tudsz mondani a leíró egyenletek megoldásáról?

**S. L.:** Sokkal többet, mint harminc évvel ezelőtt, ami a számítástechnika és az informatika robbanásszerű fejlődésének tudható be. A mozgás- és transzportegyenlet analitikus vagy közelítő analitikus megoldása csak egészen egyszerű esetekre ismert (szabályos perem, állandó együtthatók stb.), és bonyolultabb feladatokra is csak ezeket kísérhettük meg alkalmazni. Egydimenziós permanens áramlásokra bevett gyakorlat volt a Navier–Stokes-egyenlet integrál alakjának használata (Bernoulli-egyenlet), míg a transzport esetében a levegőre és a vízre egyaránt a Gauss-típusú megközelítések terjedtek el. Ám ezeknél is gondot jelentettek már a térben változó sebességek (és vízmélységek) – amelyeket például mérésekből származtattunk – és a gradiensre vonatkozó peremfeltételek figyelembevétele. Ilyenkor szakaszonként analitikus megoldások összegzésével kíséreltünk meg elfogadható becsléseket nyerni.

A hardver és a szoftver soha korábban nem remélt mértékű fejlődése forradalmi változásokat hozott. Elterjedtek, és ma is egyre finomodnak a különböző numerikus módszerek, mint a véges differencia, a véges elem, a határelem és mások, továbbá az euleri és a lagrange-i írásmód kombinálása. Utóbbi esetben az áramlást euleri szemlélettel számoljuk, majd – elsősorban légszennyezési feladatoknál – a transzportegyenletet lagrange-i alapon oldjuk meg, különösen akkor, ha a diffúzió kicsiny: stacionárius esetben valamely fluidumdobozt  $\Delta t$  alatt az áramlási pálya mentén helyezünk át (advekción), majd egyszerűen a reakciók okozta változást számoljuk ki.

A numerikus módszerek külön „tudományt” képeznek, mivel több kívánalmat szükséges egy időben kielégíteni. Például a leggyakrabban alkalmazott véges differenciák módszere esetében olyan megoldási sémát és hálóméretet kell választani, ami biztosítja a megoldás konvergenciáját (a rácshálók méretének csökkentésével a megoldás tart az ismeretlen, pontos megoldáshoz), stabilitását (a számbábról származó kerekítési hibák korlátosak) és a pontosság szem előtt tartásával a gazdaságosságát, azaz a „kicsiny” számítási időt.

A fenti szempontok alapján ma már szinte feladattól függően dolgoznak ki „optimális” sémákat, gyakran változó méretű „multigríd” hálók alkalmazásával, amelyek segítségével – a végeselem-módszerhez hasonlóan – okosan vehetők figyelembe az eltérő mértékű térbeli változások: ahol ezek nagyok, sűrű rácspontkiosztással dolgozunk, míg máshol ritkítunk. Gyakran alkalmazzuk a részekre bontás módszerét, ami lehetővé teszi, hogy operátoronként (advekción vagy diffúzió) és irányonként ( $x$ ,  $y$  és  $z$ ) egymást követő lépésekben számoljunk, mindig a legkedvezőbb

numerikus sémát választva. Ez különösen fontos az advekción esetében, ami a számítások legkényesebb lépését képezi: a korábban említett, megfestett kör alakjának megtartása a fellépő hibák miatt az egyik legnehezebb feladat. A legnagyobb „veszélyt” az ún. numerikus diffúzió megjelenése jelenti: a véges differenciákkal történő közelítések a háló egy elemén belül általában közvetve teljes elkeveredést tételeznek fel, azaz valójában numerikus eredetű, formailag diffúziós jellegű hatások jelennek meg. A megoldás megválasztásánál alapvető, hogy a numerikus diffúzió tényezője lényegesen kisebb legyen, mint a fizikai diffúzió (a Lax–Wendroff-séma az egyik igen neves, diffúziómentes megoldás, aminek egyik megalkotója Lax Péter Wolf-díjas magyar származású matematikus). A numerikus diffúzió eltüntetése vagy mérséklése persze csak az egyik első fejlesztési lépés. Utána vizsgálnunk kell még a magasabb rendű (fázis és amplitúdó) hibákat ahhoz, hogy az advekción pontossági igényeinknek megfelelően leírhatjuk.

Napjainkban az ismert közelítő módszerekkel gyakran több százezer vagy millió rácspontban végzünk számításokat. A szükséges „gépidő” – feladattól függően – a valós időnél két-három nagyságrenddel kisebb. A számítási idő csökkentése több ok miatt fontos: (i) gyakran szezonokat, vegetációs időszakokat, éveket, évtizedeket szimulálunk; (ii) sokszor szeretnénk a meteorológiai és hidrológiai sztochasztikus hatásokat Monte Carlo-módszerrel, szintetikus előállított adatokkal elemezni, és (iii) a tervezés és stratégia fejlesztés elengedhetetlen eleme a forgatókönyvek és alternatívák vizsgálata.

**M. E.:** Tudnád-e osztályozni a rendelkezésre álló modelleket és döntéstámogató rendszereket?

S. L.: Az osztályozást röviden és részletesen végezhetjük el. Ha meglegszel az elsővel, az tudom mondani, hogy az osztályozást több szempont alapján végezhetjük el: a modellezés célkitűzése, a leíró egyenletek rész-halmaza, az egyszerűsítési lehetőségek, a reakciókinetikai modell felépítése (lineáris, nemlineáris) és az állapotváltozók száma (egy, több vagy sok), a perem alakja és a peremfeltételek, a megoldási és a kiegészítő módszerek köre (például formális kalibráció, bizonytalansági elemzés, optimalizáció és többszempontú elemzés), a felhasznált adatok jellege, az eredmények megjelenítése, az interaktivitás mértéke, a rendszer rugalmassága stb.

A célok szolgálhatják a tudományos megértést, sokféle előrejelzést (meteorológiai, hidrológiai, baleseti szennyezések levonulása stb.), befogadók szennyezési problémáinak megoldását, térségi környezetszabályozás kidolgozását, egyéb tervezéseket, operatív üzemirányítást, hosszú távú stratégiák kidolgozását és más. A víz esetében a következő modellekről beszélhetünk: hidrológiai, vízgőy-utó-lefolyási, árvízi, hidrodinamikai, transzport, vízminőségi, összekapcsolt hidrológiai–hidrodinamikai–vízminőségi, permanens és nempermanens, 1-, 2- és 3-dimenziós, determinisztikus, sztochasztikus és számos egyéb.

A felsorolásnál talán még fontosabb két tényezőt ismételni: (i) az automatikus mérések, a távérzékelés és az űrbeli megfigyelések eredményeként rendelkezésre álló nagy időbeli felbontású, továbbá térbeli és területi információk (topográfia, csapadékmező, vegetációs térkép stb.) hihetetlen új modellezési lehetőségeket biztosítanak és (ii) ezzel is összefüggésben, sok területen a hidrológiában és a meteorológiában, a korábbi empirikus összefüggéseket fokozatosan szorítják ki a fizikailag megalapozott egyenletek.

#### *Az alkalmazás előfeltételei*

S. L.: Sokat beszéltem, Te jössz. Az elmondottak tükrében fel tudnád-e idézni a korszerű meteorológia kialakulását, ami nélkül aligha léteznének ma alkalmazások?

M. E.: Az ember, amióta ráeszmélt környezetére, a légkör rövid távú (időjárás) és hosszú távú (éghajlat) állapotát állandóan igyekszik megfigyelni, sőt várható változásait előre jelezni. Ez nagyon is érthető erőfeszítés, hiszen tevékenységét (mezőgazdaság, vízgazdálkodás, hajózás stb.) az időjárás és éghajlat alapvetően meghatározta, és meghatározza napjainkban is. Túlzás nélkül mondhatjuk, hogy a múltban a meteorológia empirikus tudomány volt. Elődeink az ismereteket a levegőről megfigyelésekkel szerezték, és a megfigyelések eredményeit indukcióval próbálták általánosítani. A 18. századtól végzett laboratóriumi kísérletek, elsősorban a levegő összetételének megismerését segítették elő. A megfigyelések lényegesen különböznek a laboratóriumi kísérletektől. Megismételhetetlenek: ugyanaz a jelenség soha nem ismétlődik. Ebből következik, hogy a megfigyelések eredményeiből nem tudjuk pontosan megmondani, hogy mi is fog következni. Sokan ezért a meteorológiát a múltban nem is tartották „komoly” tudománynak.

S. L.: Hasonló a helyzet a hidrológia területén is. De folytasd, kérlek.

M. E.: Az elméleti meteorológia egészen a 19. század végéig meglehetősen bizonytalan lábakon állt. Tudomásom szerint az első dedukcióval kapott fontos eredmény a 19. században született, amikor az adiabatikus változások egyenletét, valamint a hőmérséklet és gőznyomás változásának összefüggését levezették a termodinamika általános törvényszerűségeiből. Ide sorolható az általános gáz-

egyenlet megalkotása is, amely az ideális gázok hőmérsékletének és nyomásának összefüggését adja meg. Ezeket a munkákat nem meteorológusok végezték, és az illető kutatóknak a légkör feltehetően eszükbe sem jutott. Mégis, ezek az eredmények lehetővé tették számos légköri feladat megoldását, többek között az emelkedő levegő hőmérséklet- és nyomásváltozásának számszerű leírását, illetve a felhőalap szintjének kiszámítását.

A mozgó levegő elmélete, az ún. dinamikus meteorológia elsősorban úgy fejlődött, hogy a légkörre alkalmazták az egyenleteket, amelyeket a dinamika nagyjai (Leonhard Euler, Gustave-Gaspard Coriolis, Claude-Louis Navier, George Gabriel Stokes) *Newton* második törvénye alapján a fluidumok mozgásának jellemzésére javasoltak. Fontos esemény volt az Euler által levezetett, a tömegmegmaradást leíró kontinuitási egyenlet légköri alkalmazása is.

A 20. században azután minden megváltozott. A dinamikus meteorológia olyan nagyot fejlődött, hogy a légkörtan minden más ágának alapjává vált. Az elméleti meteorológián alapul az időjárás számszerű előrejelzése, az éghajlatváltozások leírása vagy a nyomanyagok légköri terjedésének, szakszóval transzportjának kiszámítása. Mindez ma már *modellekkel* történik, amelyek tudásunk mértékének megfelelően közelítik a természetes folyamatokat. Napjainkban a *műholdak* és az időjárás *radarok* korában sokan megvannak győződve arról, hogy az időjárás előrejelzése a korszerű eszközökkel végzett légköri megfigyeléseknek köszönhető, amelyek követik a ciklonok és időjárás frontok vonulását, illetve a csapadékos zónákat. Ez azonban csak részben igaz. A 20. század közepén az igazi áttörést a modellszámítások végzése jelentette. Így azt mondhatjuk, hogy az elmé-

leti számítások legalább olyan fontosak, mint az empirikus megfigyelések. A modellszámítások és a megfigyelések természetesen feltételezik egymást. A számítógépes modellek futtatásához bemenő adatokra van szükség. Sőt, a kaoszelméletnek megfelelően, mint még beszélünk róla, igen pontos megfigyelési adatokra. Az előrejelzések sokszor úgy készülnek, hogy a számításokat a megfigyelések hibaintervallumán belül többször megismétlik. Az elmélet és a műszaki fejlesztés teljesen összemosisodik. Nem véletlen, hogy a számítógépek hasznosságát Neumann János, az Egyesült Államokba kivándorolt nagy matematikusunk, meteorológus munkatársai segítségével, légköri példákkal illusztrálta.

Képzeld el! Az időjárás folyamatok számszerű megoldásához szükséges egyenletek már a 20. század elején rendelkezésre álltak. Az időjárás azonban sokkal gyorsabban változott, mint amilyen gyorsan a számításokat el lehetett végezni. Így az első numerikus kísérlet, amelyben egy megszállott angol kutató, Lewis Fry Richardson próbálta kiszámítani a másnapi időjárást, évekig készült. Ennek ellenére a kapott eredmények rosszak voltak, mivel a buzgó angol az integrálásnál túl hosszú időlépcsőket használt. Amikor könyvében erről értekezett, azt a reményét fejezte ki, hogy egy nap talán gyorsabban lehet a számításokat elvégezni, mint ahogy az időjárás változik. Neumann János és munkatársai első számításainak üteme 1950-ben beérte az időjárás változásainak gyorsaságát. Az egynapos prognózis pontosan egy napig készült. Utána már nem volt megállás. Mind a számítógépes numerikus technikák, mind maguk a számítógépek hatalmasat fejlődtek. Napjainkban már több világcentrumban, így az angliai Bracknellben az időjárás „kiszámítása” rendszeresen folyik. Nyugodtan mond-



hatjuk, hogy a korszerű meteorológia kialakulásában a számítógépek, illetve a numerikus modellek meghatározó szerepet játszottak. Gondolom, hasonlóan történt a természetes vizek mozgásának leírása területén is.

S. L.: Erre egyszerű „igen” a válaszom. Három évtizeddel ezelőtt a Balatonban kialakuló szél keltette áramlást 1 km × 1 km-es hálóban számoltuk. Ma ez, mondjuk, 5 m × 5 m, vagy kevesebb. Az észak-amerikai Nagytavak áramlásának számítására 1980 körül az akkori legkorszerűbb számítógépet használták kizárólagosan, egy év szimulálása fél évet igényelt. Ma ugyanez interaktív üzemben csak percekbe telik. És az észlelések: harminc éve a Balaton alga-biomasszáját hetente, kéthetente mérték. Ma a domináns algafajok klorofill-a koncentrációját több mélységben szinte folyamatosan monitorozzuk.

És ismétlem, nem először, és valószínűleg nem is utoljára. A numerikus hidraulika és a CFD (Computational Fluid Dynamics) napjainkban forradalmi változáson megy keresztül. A vízmérnöki szakmában, turbulenciamodellel kiegészítve, több millió pontos morfológiai modellre támaszkodva, hihetetlenül összetett áramlásokat tudunk számításal nyomon követni, egyre inkább elfogadható pontossággal. A példák magukba foglalják a folyókat, a tavakat, a hordalékmozgást, a csatornahálózatokat, a tisztítási műtárgyakat, a vízminőséget. Ma már a vízgyűjtőn történő lefolyást is hasonló módon, fizikai modellekre építve számítjuk, automatizálva a vizsgált folyórendszer előállítását is. De a vízmérnöki szakma egyes részei (hidraulika, hidrobiológia, vízkémia, vízellátás-csatornázás stb.) is kezdenek „összeállni”. Például százéves a biológiai, eleveniszapos szennyvíztisztítás. Ma már az üzemirányítást a nyers szennyvizek összetételének ismeretében kiforrott, a szén,

a nitrogén és a foszfor körforgását a technológiai rendszerben leíró modellekkel, *online* végezzük. A tervezésekhez CFD-modellt is alkalmazunk. De a folyók oxigénháztartását leíró, első, kilencven éves Streeter–Phelps vízminőségi modell is óriásit fejlődött a korszerű számítás- és mérés technikával.

S. L.: Tudnál-e néhány szót mondani a léptékekről?

M. E.: A légköri folyamatok érdekessége, hogy nagyon különböző térbeli léptéken játszódnak le. Az új kémiai vegyületeket létrehozó kémiai reakcióknak, illetve a cseppek, kristályok keletkezéséhez vezető fázisváltásnak molekuláris a léptéke. A turbulens örvények átmérője néhány centiméter vagy méter. Az időjárás-változásokat hordozó mérsékelt övi ciklonok mérete a több ezer kilométert is elérheti. Ráadásul a különböző léptékű folyamatok sokszor egy időben zajlanak. Erre jó példa a felhő- és csapadékképződés, amelyet csepp-, illetve jégképződési, valamint dinamikai (a feláramlás jellege) mechanizmusok együttesen szabályoznak. Ráadásul a turbulencia befolyásolhatja a felhőelemek növekedését. Ebből következik, hogy a légkör tanulmányozása közel sem egyszerű folyamat. Megismeréséhez – ahogyan Te is hangsúlyoztad – egyebek között szükség van reakciókinetikai, kémiai termodinamikai (fázisváltás), kristálytani és áramlástani ismeretekre is. Ma már egészen más meteorológusnak lenni, mint abban az időben, amikor a kutatás éghajlati középértékek kiszámításából állt. Gondolom, valami hasonló a helyzet a hidrológia területén is.

S. L.: A léptékek kérdéséhez ismét a Balatont hívom példaként. A turbulencia térbeli és időléptéke néhányszor tíz centiméter és pár másodperc, de a hidrológiai átfolyásé közel 100 km és néhány év. A fotoszintézist

napi ciklus jellemzi, az algavirágzás bekövetkezéséhez néhány hét szükséges, az eutrofizálódás léptéke pedig évtized körüli. De képzeljük el, hogy a Duna megfigyelt tápanyagfeldúsulását 800 000 km<sup>2</sup> kiterjedésű vízgyűjtő terület történései határozzák meg.

A szakma fejlődése hasonló a meteorológiához. A hidrológia hosszú ideig az empirikus összefüggések gazdag tárháza volt. Ahogyan arra már többször utaltam, ma az „ökolozsábályok” helyét egyre inkább átvették a fizikai alapú modellek, amelyek korszerű területi észlelésekre alapoznak: űrfelvételek, csapadékradar-képek, távérzékelés, részletes domborzati viszonyok és társaik.

#### *Példa a transzportegyenlet numerikus megoldására*

S. L.: Már beszéltünk a transzportegyenlet megoldásáról általában. Megvilágítanál specifikusan egy, a levegőre vonatkozó eljárást?

M. E.: Képzeljünk el egy dobozt a levegőben, amely a Föld felszínén helyezkedik el. Tételezzük fel, hogy a dobozban adott anyag egységesen oszlik el. Koncentrációjának megváltozását nyilvánvalóan az időegység alatt beáramló és kiáramló anyagmennyiség különbsége határozza meg. Az áramlást a rendezett (szél) és a rendezetlen (turbulens) mozgások biztosítják. Ha a doboz alján olyan források helyezkednek el, amelyekből a vizsgált anyag a dobozba kerülhet, akkor ez a koncentráció növekedéséhez vezet. Másrészt, a nyelők (például az ülepedés) a koncentráció csökkenését okozzák. Végül az esetleges kémiai reakciók csökkentik vagy növelik a koncentrációt attól függően, hogy a vizsgált anyag kiindulási vagy végterméke-e a folyamatoknak. Ha egyetlen dobozt tekintünk, akkor a modell nulladimenziós. Ha több dobozt teszünk egymásra a vertikális eloszlás

kiszámítása céljából, akkor egydimenziós modellről beszélünk. Ilyenkor az ülepedés, illetve kibocsátást természetesen csak a legalsó dobozban vesszük figyelembe. A nulladimenziós modellek alkalmasak például az igen hosszú (mintegy száz év) tartózkodási idejű gázok (például freonok) függőleges elkeveredésének leírására. Ha a dobozokat a magasság és az erre mérőleges vízszintes (például földrajzi szélesség) mentén helyezzük el, akkor a modell kétdimenziós. Ilyenkor feltételezzük, hogy a vízszintes keveredés teljes. Ez a feltétel a mintegy tízéves tartózkodási idejű üvegházhatású gázoknál (szén-dioxid, metán) teljesül. Kétdimenziós modellt azonban kisebb léptékű folyamatok leírására is használhatunk, például ha a felszínre helyezett dobozokkal egy város légszennyeződési folyamatait akarjuk jellemezni. Végül a modellt egy adott tér (pl. az egész troposzféra) esetén is alkalmazhatjuk. Ilyenkor a modell háromdimenziós, a dobozok száma nagy, a számítások elvégzése komoly számítógépet igényel. Különösen bonyolult a helyzet, ha sok kémiai folyamatot veszünk figyelembe. A nagy mennyiségű bemenő adat előállítását sem egyszerű feladat. Minden bizonnyal hasonló a helyzet a víz esetében is.

S. L.: A teljes elkeveredés feltételét tavakra vagy tószegmensekre alkalmazzuk, nagyságrendi vizsgálatoknál (zéródimenziós modellek). Részletes elemzéseknél legalább két dimenzióban követjük nyomon az áramlást és a transzportot is. Hosszú folyók vízminőségének változása vagy az árvízi levonulás jellegzetesen 1D feladat, de a hullámteret és egy esetleges gátszakadás hatását már 2D-ben számoljuk. Nagy folyók elkeveredési viszonyait három dimenzióban, turbulenciamodellel kiegészítve vizsgáljuk. Az adatigény valóban óriási lehet. Elő kell állítani a térbeli

peremet, erre szolgál a morfológiai modell. Feladattól függően szükséges a terhelések ismerete, továbbá a meteorológiai és hidrológiai hajtóerőké (csapadék, hőmérséklet, szélesség és irány, összes sugárzás, párolgás, a vegetáció jellemzői stb.). Végeterül fontos az interaktív kapcsolat az adatbázissal és az eredmények (képi) megjelenítésével. Ez vezet azután a szakértői és döntéstámogató rendszerekhez.

**M. E.:** A Balaton eutrofizálódását hogyan modellezték?

**S. L.:** Címszavakban: morfológiai modell, 2D sekély vízi hidrodinamikai modell, ami a szél keltette áramlást számítja több évre, 2D-transzportmodell, kiegészítve alternatív hipotéziseken alapuló P forgalmi-alga modellel. Utóbbi erősen nemlineáris (például a szaporodás és a limitálások leírása miatt) és a P frakciókon túl négy alga- „kompartimentet” tartalmaz. A modell rögzített hálóval és a véges differencia módszerével dolgozik. A nempermanens áramlás eredményeit Lagrange-i szimulációval is párosítottuk. Ezzel vizsgáltuk például a Zala-víz sorsát a tóban, vagy azt is, hogy a Keszthelyi-medence kékalga spórái milyen ütemben fertőzték el a többi medencét. A számítások meglepően rövid időt eredményeztek, ami nem hosszirányú konvekció, hanem körözésekből és lengésekből származó diszperzió következménye.

**S. L.:** Befejezésként még két megjegyzést szeretnék tenni. Az első: a tavi hidrodinamika területén itthon, a Műegyetem vizes társantárján is egyre ígéretesebb eredmények születnek a szélmező, a domborzatok, a hullámozás és a nádasok határteregre és áramlásra gyakorolt hatásának figyelembevételére.

A második: érdemes szem előtt tartani, hogy a reakciótagokkal kiegészített transzportmodell kapcsolatot teremt a kibocsátások (E)

és a befogadó különböző helyein vett koncentrációk (C) között. A kapcsolatot az ún. átviteli tényező fejezi ki. A legtöbb gyakorlati problémára kimutatható, hogy C lineáris függvénye E-nek, ami azután viszonylag könnyen lehetővé teszi költségek hozzárendelését a lehetséges terheléscsökkentésekhez, és optimális stratégiák kidolgozását. Ez történt például a savasodás európai szabályozása során is. Erről mindjárt beszélünk is.

#### *Modellezés és környezeti problémák*

**S. L.:** Mind a levegő, mind a víz esetén a szennyezőanyagok transzportjának vizsgálata a környezetvédelem fontos kérdése. Feltehetően a két közegben szokásos vizsgálatok között sok hasonlóságot találunk.

**M. E.:** Levegő esetén gyakori, hogy a számításokat a már említett dobozokra végezzük el (doboz modell). Itt választhatunk felszínhez rögzített koordináta-rendszert (*Euler-féle közelítés*), amikor a dobozok helyzete rögzített. A másik megközelítésnél a dobozok a légáramlással együtt mozognak (*Lagrange-modellezés*). Az Euler-féle modellezés elvileg minden esetben alkalmazható. Sokkal nagyobb azonban a bemenő adatigénye és hosszabb a számítások időigénye, mint a Lagrange-féle eljárásnak. Ezért a gyakorlatban sokszor a Lagrange-közelítést választjuk. Az áramlási trajektóriákat a magaslégtér mérésekből határozhatjuk meg, előrejelzés esetén viszont a mozgásegyenletekből számíthatjuk ki. A keveredési réteg magasságával rendelkező dobozok a kibocsátási mező fölött mozognak, és anyagnyereségük a kérdéses terület kibocsátásával egyenlő. A közelítést nagymértékben leegyszerűsíti, hogy a számításoknál a dobozok közötti keveredést nem vesszük figyelembe, ami első közelítésben sokszor megtehető. Adott anyag koncentrációja a

dobozokban a légköri ülepedés miatt csökken, és változik a kémiai reakciók miatt.

A nagyléptékű, kontinentális modellezésre fontos példa az EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme), amelyet az ENSZ kötelékébe tartozó Európai Gazdasági Bizottság hívott életre. A program keretében Lagrange-típusú modellezést alkalmaznak. Ehhez felhasználják az egyes országok által szolgáltatott kibocsátási értékeket, a mindenkori meteorológiai adatokat, valamint különböző levegőkémiai kutatások eredményeit. Az EMEP elsődleges célja az országhatárokon át terjedő légszennyeződés nyomon követése, ellenőrzése. Először a savasodás szempontjából fontos kénvegyületek eloszlását modellezték, majd kiterjesztették a tevékenységet a különböző nitrogénvegyületekre is. Számunkra a számítások legfontosabb eredménye, hogy Magyarországon a kénkibocsátás még mindig meghaladja az ülepedést, míg a nitrogén-oxidok mérlege gyakorlatilag egyensúlyban van. A másik fontos eredmény, hogy az ország területére ülepedő kénnek csak kb. a fele kerül magyar forrásokból a levegőbe, a többi kén külföldről érkezik hozzánk.

**S. L.:** Közvetlenül jegyzem meg: a víz területén ritkábban alkalmazunk Lagrange-i közelítést, mint Euleri eljárást. Ennek magyarázata a sebesség nagyfokú változása és a gyakran „szűk” tartomány. Ilyenkor a pályák számítása és a gyakori interpoláció komoly problémát okozhat, és numerikus stabilitási kérdéseket vet fel.

**M. E.:** Az EMEP azonban nem csak modellezésből áll. Tartozik hozzá egy kémiai megfigyelési hálózat is, amelynek méréseit a modellezés eredményeinek ellenőrzésére használják. A számítások megfigyelési adatok figyelembevételével indulnak, de mérések szolgálnak a kapott eredmények ellenőrzésé-

re is. A vizsgálatokból kiderül, hogy a modellek hosszabb (éves) időléptékben elfogadható információkat szolgáltatnak-e. Egyes helyzetekben a válasz nemleges: ez általában abból következik, hogy a kémiai reakciók sebességét, illetve a légköri ülepedés folyamatát nem megfelelően becsülték.

**S. L.:** A transzport modelleket a vízhez hasonlóan nyilván kisebb léptékű vizsgálatokhoz is használják. Hallhatnánk erről is néhány szót?

**M. E.:** Természetesen. Sajnos ilyenkor a talajhoz közeli légáramlást kell figyelembe vennünk, amelyet a domborzat és a tereptárgyak jelentősen módosíthatnak. Ez azt jelenti, hogy a felszín érdessége a szélmeztől jelentősen megváltoztatja. A fő probléma ebben az esetben magának a szélmeztől a modellezése. Gondoljunk csak el! Az utcákban (szaknyelven „*kanyonokban*”) sokszor az épületek fölötti légáramlással ellentétes örvények alakulnak ki, amelyek matematikai leírása nem könnyű feladat. Igazából csak félempirikus modellek léteznek, amelyek felállítását mérési programok segítik. Ezekben az ún. utca-modellekben a házak magasságának és az utca szélességének aránya fontos szerepet játszik. Másrészt feltételezik, hogy az utca mentén mindkét irányban azonos viszonyok (például az autók kibocsátása) uralkodnak.

A kisléptékű modellezés speciális esete, amikor a felszínhez rögzített koordináta-rendszerben magas pontforrás (kémények) körüli légszennyeződés-eloszlást modellezzük. Feltételezzük, hogy a széllel párhuzamosan a légszennyeződést a rendezett áramlás szállítja, míg arra merőlegesen a turbulencia a statisztikus matematikából ismert normál eloszlásnak (Gauss-eloszlásnak) megfelelő koncentrációeloszlást alakít ki. Ebben az ún. *Gauss-féle modellben* számos más feltételezéssel is élnek,

így elhanyagolják a kémiai átalakulások és az üledés hatását. A modell ezért csak kicsi, maximum 10–20 km-es léptékben alkalmazható. Végül ebben a (stacionér) modell típusban az idő nem szerepel, így a szennyeződés előrejelzésére nem alkalmazható. A nehézségek ellenére a modell első közelítésben általában kielégítő eredményeket ad. Ennek ellenére a Gauss-modell alkalmazása egyre kevésbé általános, átadja a helyét a tudományosan megalapozottabb modelleknek.

Feltételezem, hogy az egyszerűbb, kevésbé pontos modellek a víz minőségének leírásában is egyre inkább elvesztik jelentőségüket.

S. L.: Szennyvízbevezetések elkeveredésének gyors becslésére még ma is alkalmazunk Gauss-típusú modellt és analitikus megoldást. Ezek az egyszerű esetek. De fontosabb problémáknál 2D- vagy 3D-modellel dolgozunk. A gyakorlatban – jobb kutatóhelyeken – rendelkezésre állnak a fontosabb részproblémák numerikus megoldásai, és adott feladatnál ezek szoftvereiből mint „lego”-elemekből állítjuk össze a modellrendszert.

## KÁOSZ

M. E.: A légkör talán legérdekesebb tulajdonsága, hogy kaotikusan viselkedik. A levegő nemcsak komplex, hanem kaotikus rendszer is. Leegyszerűsítve, a komplexitás térbeli, a káosz időbeli rendellenességekre utal. A kaotikus viselkedés nem meglepő egy olyan rendszerben, amely számos (mondhatni számálhatatlan), egymástól nagymértékben független egységből, molekulából áll. Gondoljunk csak el! Normál hőmérsékleten és nyomáson egy köbcéntiméter levegőben kerekén  $10^{19}$ , azaz tízmilliárdszor milliárd molekula van, amelyek állandóan szabálytalan hőmozgást végeznek, és folyamatosan ütköznek egymással. A levegőben végbemenő folyamatok ál-

landó kölcsönhatásban állnak egymással. Az ilyen rendszerek nemlineárisak, ami azt jelenti, hogy adott kezdeti változás nem arányos változásokat vált ki. Másik fontos ismerv, hogy a rendszer időbeli változása nagyon érzékeny a kezdeti állapotokra: a kezdeti adatok (kezdeti feltételek) kicsiny eltérései a kiindulási időponttól távolodva egyre jelentősebb eltéréseket eredményeznek. Ebből következik, hogy az időjárás előrejelzésének csak bizonyos időhatárig (7–10 nap) van értelme, mivel a kiindulási adatok mindig bizonyos hibával terhelték. Ezért az időjárás előrejelzését végző meteorológus a számításokat a kiinduló adatokat a mérési hibának megfelelően változtatva, többször végzi el. A kapott eredmények alapján valószínűségi előrejelzést végez. A káosz tulajdonsága, hogy a determinisztikus dinamikus egyenletek időbeli integrálása valószínűségi eredményeket ad.

A káoszelméletből következik: ugyanaz az időjárás kétszer sohasem fordul elő. Ha például a változók száma három (például légnyomás, hőmérséklet, szélesség), akkor az időbeli változásukat ábrázoló görbék a háromdimenziós térben sohasem metszik egymást. A számításokat hosszú időre elvégezve azt tapasztaljuk, hogy a görbe hurkot ír le, és sohasem hagyja el a tér meghatározott részét. Menete lepkeszárnyyszerű képződményt alkot. Ha a pontok a szárny egyik részéből a másikba kerülnek, akkor a görbe forgási iránya megváltozik. Az ilyen formációkat attraktoroknak nevezzük. Ez azt jelenti, hogy bár az időjárás kaotikus, az időjárás jellemző változók sohasem lépnek ki az attraktor által megszabott térből, más szavakkal a légkör állapota nem lehet tetszőleges. Ahogy a pontok pillanatnyi helyzete a változó időjárást, az attraktor az éghajlatot, a viszonylagos állandóságot jelenti. Az attraktor a rend a rendezet-

lenségben. Adott attraktor meghatározott éghajlati rendszert jelent. Az emberi tevékenység éghajlat-módosító hatása azért veszélyes, mivel előidézheti, hogy a jelenlegi attraktorból egy másikba lépünk át. Ez pedig az ember számára meglehetősen kellemetlen, netán végzetes lenne.

A káoszelmélet a meteorológiában, és számos más tudományágban forradalmi változásokat okozott. Így van a hidrológiában is?

S. L.: Úgy tűnik, késésben vagyunk. Nem sokat tudok mondani. Mintegy húsz évvel ezelőtt olvastam néhány cikket – kezdeti próbálkozásokat – az algaszaporodás determinisztikus, nemlineáris egyenletekkel történő sztochasztikus modellezéséről. Itthon a Műegyetemen is született újabban néhány érdekes értekezés, amelyek nyitott áramlási rendszerek esetére foglalkoztak térbeli káoszsal és fraktálgeometriával. Ha jól emlékszem, többek között azt találták, hogy a részecskék szálas fraktálszerűen gyűlhetnek össze, és hosszú időre csapdázódhatnak. Bonyolult eloszlásuk tökéletes keveredéshez vezet, ami lehetővé teszi például a versengő planktonpopulációk meglepő együttélését is.

A káoszsal szemben a víz területén a bizonytalansági elemzések terjedtek el széles körben, hiszen ismereteink, modelljeink, adataink mind hiányosak, közelítőek, hibával terhelték. Olyan eljárások a kelendőek, amelyek kellően robusztusak és a matematikai probléma jellegétől függetlenül alkalmazhatók. Ilyen például a Hornberger–Spear–Yong (HSY)-módszer. A kiindulópont – a gyakran hiányos adatok alapján – a rendszer viselkedésének definiálása. Például ismerjük a jellemző koncentrációk alsó és felső határát, szezonálisát stb. Ezután meghatározzuk az állapotváltozókat és alternatív hipotézisek alapján a reakciókinetikai egyenleteket. Fel-

tevéünk az, hogy a paraméterek fizikai alappal rendelkeznek, és ismerjük ezek tartományát. Véletlenszám-generátorral, többnyire egyenletes eloszlásból előállítunk egy paramétervektort, és ellenőrizzük, a szimuláció kielégíti-e a viselkedés definícióját. Ha igen, a paraméterkombinációt megtartjuk, ha nem, elvetjük. Az eljárást több ezerszer megismételve általában 1–2%-ban kapunk „igen” eredményt. A paraméterek keresztkorrelációjának vizsgálata a modell egyszerűsítéséhez vezethet. A végeredmény – az adott hipotézisre – a modellegyenletek, a paraméterek az eloszlásokkal, amelyek a tervezés célú használat során lehetővé teszik sztochasztikus jellegű szimulációk elvégzését. Így megkapjuk a várható érték trajektóriáját és az eloszlásokat is.

## ÉGHAJLATI PROGNÓZIS

M. E.: A levegő állapotának időbeli változásait tartalmazó modelleknek egyre nagyobb a jelentőségük az éghajlat előrejelzésében is. Ilyen számításokkal igyekeznek a kutatók arra a kérdésre is választ találni, hogy milyen hatása lesz az emberi tevékenységnek (például az üvegházhatású gázok kibocsátásának) az éghajlat alakulására. Az időjárás előrejelzéséhez hasonlóan az alapvető összefüggéseket ebben az esetben is a mozgásegyenletek és a kontinuitási egyenlet szolgáltatják.

S. L.: Álljunk itt meg egy pillanatra. Azt hallottuk, hogy a levegő kaotikus viselkedése miatt az időjárást csak kb. tíz napra lehet elvárható megbízhatósággal előre jelezni, főleg a bemenő adatoktól való függőség miatt. Hogyan lehet akkor éghajlati előrejelzést végezni, amelynek időléptéke legalább tíz év, de akár száz év is lehet?

M. E.: A kérdés nagyon is indokolt. Az ilyen előrejelzést az teszi lehetővé, hogy az éghajlati rendszer egyes komponensei az

időjárásához képest összehasonlíthatatlanul lassabban változnak. Ennek ellenére ilyenkor is ajánlatos kissé megváltoztatott kezdeti feltételekkel több számítást, érzékenységvizsgálatot végezni. Az éghajlat (például a várható hőmérséklet- és csapadékeloszlás) előrejelzése két lépésben történik. Az első a várható emberi tevékenységének megbecslése, forgatókönyvek révén. Ez már önmagában is sok buktatót és bizonytalanságot rejt magában, hiszen például az üvegházhatású gázok kibocsátása a Föld gazdaságának alakulásától függ. A második lépés annak meghatározása, hogy a becslött emberi hatások az éghajlatra milyen hatást fognak gyakorolni. Itt is számos hibalehetőség adódhat. Ezek egyike, talán a legfontosabb, hogy az ún. *visszacatolási folyamatokat* igen nehéz előre látni, és figyelembe venni. Lehet ugyanis, hogy a kezdeti hatást egy másik folyamat felerősíti (pozitív visszacsatolás), esetleg gyengíti. A problémák ellenére nagyon valószínűnek látszik, hogy az elkövetkező mintegy száz évben – feltevéstől és forgatókönyvtől függően – a globális éghajlat egy-két fokot melegebbé fog. A Kárpát-medence felmelegedése ennél várhatóan nagyobb lesz. Az éghajlati prognózisokra gyakran helyesen mondják, hogy ami biztos, az a bizonytalanságok döntő szerepe. A globális felmelegedésnek minden bizonnyal fontos következményei lesznek adott terület, ország vízgazdálkodásában is.

**S. L.:** Valóban ez várható. A század végéig – a feltevések szerint – a globális hőmérséklet 2–5 fokkal nőhet. A folyamat eredményeként változik a kisebb térségek, így hazánk éghajlata is. A globális és regionális modellek prognózisai alapján éghajlatunk mediterrán irányba tolódik el, melegebbé és szárazabbá válik. Kissé részletesebben, minden bizonnyal sok pofon vár ránk. A hőmérséklet (és a po-

tenciális párolgás) minden évszakban nő. Az évi csapadék némileg csökken, oly módon, hogy nő a téli–tavaszi és csökken a nyári–ősz felében. Várhatóan csökken a csapadékos napok száma, nő a nagy csapadékok gyakorisága és a száraz időszakok hossza. Gyakoribbá válnak az időjárási szélsőségek, nő a tartósságuk és intenzitásuk. Nő az árvízi kockázat. A vízfolyások nyári kisvízi készlete csökken, és a tavakban gyakoribbá válnak az alacsony vízállású időszakok (kisebb sekély tavak kiszáradhatnak). Az Alföld dinamikus (utánpótlódó) felszín alatti vízkészlete csökken. Egyes fajlagos vízigények (hűtővíz, növénytermesztés, halastavak) nőnek. Várhatóan nő a vízért való versengés, a konfliktusok erősödnek az Alföldön. A csökkenő kisvízhozamok miatt nő a nem éghajlati hatásokból (bemosódás, tisztítatlan szennyvizek) eredő vízminőségi kockázat. Csökken a vizek természetes öntisztuló képessége. Kedvezőtlenek az ökológiai hatások.

A felsorolás talán túl „katonásra” sikeredt. Olvasásánál ne felejtjük, az éghajlatváltozás területén egy dolog biztos, hogy nagyok a bizonytalanságok. Ezért mindenhová beszűrhető valami olyasmi, hogy várható, potenciális, talán, minden bizonnyal, lehetséges stb.

### EPILÓGUS

**S. L.:** Ernő, miért is írtuk le a beszélgetésünket? Az *Opus*, ahogyan nevezted?

**M. E.:** Talán azért, amiért mindenki, aki leír valamit. Hogy talán valaki elolvassa. Netán tanul belőle. De ha ez a remény indoklatlan is, akkor azért, hogy saját magunk számára megörökítsük szakmai barátságunkat, amely évtizedekre nyúlik vissza.

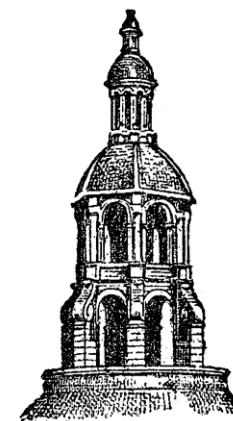
**S. L.:** Régen ismerjük egymást. Valahogy mindig szerettem volna együtt dolgozni Veled. Ezt terveztük is, először vagy harminc

éve, de az alkalom nem akart összejönni. Azt is hozzáteszem, rokon szakterületen Te mindig előttem jártál, kutatóintézeti, egyetemi és akadémiai emberként egyaránt. Nyomon követtem pályádat, és talán tanultam is belőle. Most örülök, hogy elhatároztuk magunkat. Talán még folytatás is lesz.

**M. E.:** Köszönöm, amiket rólam mondtál. De nyilván csak azért történt így, mivel pár évvel idősebb vagyok Nálad. Minden-

esetre életünkben az emberi kapcsolatok, és az ezekkel járó jó beszélgetések jelentik a legnagyobb értéket. Számomra a mi kapcsolatunk ilyen érték. És az marad a jövőben is. Így beszélgetéseink is folytatódni fognak.

Kulcsszavak: *anyagforgalom, áramlás, körforrások, környezeti szennyeződés, környezeti problémák, levegőminőség, matematikai modellezés, modellalkotás, káosz, szennyezők, vízminőség*



# A MAGYAR NYELV ÉS KULTÚRA OKTATÁSÁRÓL A KÜLFÖLDI EGYETEMEKEN HELYZETÉRTÉKELÉS ÉS VITAANYAG

Pál József

az MTA doktora, egyetemi tanár,  
Szegedi Tudományegyetem  
paljzsf@gmail.com

## 1. Történeti áttekintés

Az 1920-as, 30-as években hathatós állami támogatással kiépült egyetemközi kapcsolatoknak köszönhetően néhány európai városban (Berlin, Párizs, Róma, Bécs) a legkitűnőbb szakemberek oktatták a magyar kultúrát. A második világháború utáni években ez a helyzet az emigráció működése révén nem romlott, inkább még több egyetemen kapott katedrát magyar professzor. Sorsunk fintora, hogy a generációváltás lehetőségét az 1956-os forradalmat követő külföldre menekülési hullám teremtette meg. Ezen utóbbi tanárok nagyjából a rendszerváltás körüli időben mentek nyugdíjba, esetenként méltó utódotkat hagyva, akik átvették a tanszékek vezetését. A hatvanas években a korábban külföldre települt és ott egyetemi karriert kiépítő magyar professzorok mellett a „hivatalosan” kiküldött magyar vendégtanárok is (például a 70-es években Rómában tanított Szauder József, majd Klaniczay Tibor akadémikus) színesítették a palettát, így a hatvanas-hetvenes évek végére egészen komoly lett a nyugati magyar tanszékek hálózata.

A magyarságtudomány oktatásának és a világban való jelenlétének egyik legfőbb szakmai fóruma a Nemzetközi Magyarságtudományi Társaság. (Jogelődjét, a Nemzetközi Magyar Filológiai Társaságot, az MTA Klaniczay Tibor kezdeményezésére alapította, 1977. augusztus 25-én, Nyíregyházán. Mai nevén 2002 óta szerepel, 1979 óta az UNESCO által nyilvántartott tudományos szervezet.) A hungarológiai oktatás és kutatás, valamint a stúdiumok versenyképessége szempontjából jelentős lépésre került sor, amikor 1986-tól átalakult (jelentős mértékben modernizálódott, és más, nyugat-európai országok gyakorlatához közelített) a külföldi magyar vendégoktatói rendszer finanszírozási logikája, ami egyébként összhangban volt a korábbi, Klebelsberg Kuno idején megfogalmazott magyar kormányzati koncepcióval is.

Emellett jelentősebb (és folyamatosnak tervezett) könyvtári és kisebb infrastruktúra-javító lehetőségeket is megnyitott. Ennek eredményeképp a tartalmi gazdagodás mellett extenzív fejlesztésekre is sor kerülhetett – például új lektorátusok beindítása vagy éppen a párizsi Egyetemközi Magyarságtudo-

mányi Központ (CIEH – Paris III – Sorbonne) megnyitása 1985-ben. (A nyolcvanas évek közepén kialakított támogatási rendszer forrásai azonban fokozatosan szűkültek, s az eredeti elképzelésekhez képest jóval szerényebb szinten stabilizálódtak, majd az elmúlt években tovább csökkentek.)

Megemlítendő az is, hogy ezekben az évtizedekben még létezett egy olyan intézményi struktúra is – Hungarológiai Központ, Magyar Nyelvi Intézet (MANYI?), Nemzetközi Előkészítő Intézet (NEI) – amely (a nagy egyetemi szakmai központok mellett) a hungarológiai tevékenység magyar finanszírozású szakmai háttereként működött (közülük a NEI látta el a – gyakran magyar ösztöndíjasként érkező – egyetemi tanulmányokat végző külföldi hallgatók intenzív nyelvi képzését).

Még az 1989-es rendszerváltozást követően is több kiemelkedő tehetségű magyar kutató, egyetemi oktató talált magának egyetemi állást külföldön. De a hanyatlás tendenciája már nyilvánvalóan megmutatkozott. Sajnos az elmúlt huszonhárom esztendőben Magyarországon hiába dolgoztak ki stratégiát a hungarológia hatékony oktatására, ezt nem követte konkrét eredménnyel járó lépés. Sőt, egyre kevesebb anyagi forrás áll rendelkezésre a cél legalább minimális szintű megvalósítására.

A legjelentősebb változásra 2000-ben került sor, amikor az akkori művelődési kormányzat – a NKÖM (Nemzeti Kulturális Örökség Minisztériuma), a KüM-mel (Külföldi Ügyminisztérium) és az Oktatási Minisztériummal karöltve – a külföldi kulturális intézetek hálózatát megerősítve lendületet adott a magyarságtudományi területen folyó oktató és kutató tevékenységnek (Collegium Hungaricumok). A hazai intézményrendszerben jelentős változást hozott a Balassi Intézet (ko-

rábban Balassi Bálint Intézet – BBI) létrejötte 2002. január 22-én, amely egyrészt átvette és egybefogta a korábbi intézmények (NEI, MANYI, Hungarológiai Központ) tevékenységét, majd 2004-ben a művelődési kormányzat kibővítette a feladatkörét azzal, hogy a Balassi Intézethez utalta a korábbi Külföldi Kulturális Intézetek Igazgatóságát, a Márton Áron Szakkollégiumi rendszert és a Magyar Ösztöndíj Bizottságot.

## II. A jelenlegi helyzet rövid áttekintése

A hungarológia gondozásával ma a Balassi Intézet van megbízva, amely korábban a kulturális és oktatási minisztériumokhoz, ma viszont (szakmai szempontból nagyon nehezen magyarítható módon) a KIM-hez (Közigazgatási és Igazságügyi Minisztérium) tartozik. A rendszer irányítása és működtetése – különösen, ha a hazai és nemzetközi vonatkozásait egyben nézzük – átláthatatlan. A szervezet alapvetően a KIM-hez tartozik, ám még több más minisztérium és terület kompetenciájába vágó tevékenységét szervezi, ellenőrzi és működteti: mindez elég reménytelennek tetsző vállalkozás. Úgy tűnik, politikailag nincs gazdája a területnek. Ezen mindenképpen változtatni kellene.

Az intézet honlapján olvasható küldetése a következőképpen szól: „A Balassi Intézet működteti Magyarország Vendégoktatói Hálózatát, amelynek keretében magyar anyanyelvi oktatók külföldi egyetemeken magyar nyelvet, kultúrát, nyelvészetet és irodalomtudományt tanítanak.

A »lektori hálózat« a kulturális diplomácia régi és jól bevált eszköze, és fontos szerepet játszik a külföldi egyetemeken működő hungarológiai oktatás és kutatás minőségének biztosításában, illetve az oktatóhelyek magyarországi kapcsolatrendszerének támogatásá-

ban. Az oktatás és a diákműhelyek szervezése mellett vendégoktatóink részt vesznek a tanszék/szervezeti egység tudományos és közösségi életében, tudományos és tudományos-szervező munkát folytatnak, és kulturális programokat szerveznek, nemcsak egyetemükön, hanem a nagyközönségnek is.

Oktatóhelyeink 20 (elsősorban európai) országban működnek. Általában 40-45 vendégoktató tanít 1-4 éves megbízás keretében 35-38 különböző egyetemen; évente 12-15 hely üresedik meg.

A Balassi Intézetben belül a Vendégoktatói Iroda látja el a Vendégoktatói Hálózat működtetésével kapcsolatos feladatokat. Az Iroda végzi a pályázatátással és a szakmai felügyelettel kapcsolatos teendőket, megszervezi a taneszközellátást, elősegíti az információ-áramlást és minden év augusztus végén megrendezi a vendégoktatók éves értekezletét.” (URL) (Megjegyzés: a vendégoktató általában lektort jelent.)

A honlap (2012. február) három csoportba osztva felsorolja a „külföldi lektorátusokat”. Tanulmányom e részében felhasználtam a honlap egyes adatait, de azokat gyakran kiegészítettem (pl. Kanada), illetve az oktatásra vonatkozóan egyéb forrásból származó tényeszerű megállapításokat tettem. Így a honlaphoz képest itt lényeges eltérések is vannak.

1. Vendégoktatók: Amerikai Egyesült Államok, Ausztria, Bulgária, Csehország, Egyiptom, Észtország, Franciaország, Horvátország, Kína, Lengyelország, Macedónia, Oroszország, Románia, Szerbia, Szlovákia, Szlovénia, Törökország.

2. Helyi lektorok: itt egy adat szerepel: Egyesült Királyság: University of Glasgow, Centre for Russian, Central and East European Studies, Department of Central and East European Studies.

3. Az egyéb, kiküldött lektor nélkül működő oktatóhely link olyan helyre vezet, ahol különféle kulturális programokról van szó, például kávéházi performanszról, de egy szó sem esik egyetemi hungarológia-oktatásról.

(A felsorolásból hiányzó fontos kapcsolatok közül a németről és az olaszról az intézet munkatársai külön részletes tájékoztatást adtak.)

II.1. A magyart oktató tanszékek tevékenységéről • A külföldi egyetemeken a magyar nyelv oktatása meglehetősen változatos egységekben folyik. Van, ahol a finnugor tanszékek keretében helyezkedik el (ezek vannak legtöbben), de létezik a keleti nyelvek és kultúrák, a szláv intézetek, a germanisztika területéhez kapcsolt változatokban. Vannak konjunkturális kezdeményezések is (jellemzően ilyenek azok az egyetemi intézetek, ahol az Európai Tanulmányok keretében, a Közép-Kelet-Európára fókuszáló központokban jelent meg magyar nyelv és civilizáció oktatása).

Az amerikai kontinensen az elmúlt évtizedekben egymás mellett tanítottak (több ezer kilométer távolságban) Robert Austerlitz, Deák István, Sinor Dénes, Birnbaum Marianne, Bisztray György, mellettük a Bloomingtoni egyetemen is beindult, ha nem is a hagyományos értelemben vett, magyar szakos képzés magyar vendégprofesszorokkal (Bérend T. Iván, Ránki György, Szegedy-Maszák Mihály stb.). Az övékhez hasonló tematikával és mélységben szinte sehol sem folytatódik a hungarológia oktatása.

Napjainkban a magyar történelemről időnként kurzusokat szerveznek a Rutgers, the State University of New Jersey Német, Orosz és Kelet-európai Nyelvek és Irodalmak című programjában. Az oktatóhely vezetője: Dr. Paul Hanebrink, bár a mostani tanévben az oktatás (minor, BA) szünetel. A magyar

program nincs fenn az egyetem honlapján. Paul Hanebrink egy speciális, Magyarországra is vonatkozó témával foglalkozik: az antiszemitizmus 20. századi történetével. A kutató tanulmányaiban a jól ismert kliséket ismétli. Angol nyelvű publikációiban erősen bírálja Klebelsberg és Szekfű Gyula munkásságát. Hanebrink egyetemi honlapján magyar nyelvű publikációt fel sem tüntetett, egy magyarra fordított tanulmányáról tudok.

Angliában a londoni egyetemen egymás mellett oktatott az Eötvös Collegium híres angol lektorából lett magyar tanszékvezető, George Cushing professzor, a kiváló magyar kötődésű történész, Péter László, Peter Ewans és a politikatörténész Schöpflin Gyula. Később Cushing professzor helyét előbb Czizány Lóránt, majd az Austerlitz-tanítvány amerikai Daniel Abbondolo pályázta és nyerte meg. (Itt egyébként fokozatos visszaszorulásnak vagyunk tanúi: a magyar lektori hely már évekként elszűnt.)

Ausztriában, a Bécsi Egyetemen (Filológiai-Kultúratudományi Kar Európai Összehasonlító Nyelv- és Irodalomtudományi Intézet Finnugor Osztály) az oktatóhely vezetője Dr. Timothy Riese, vendégoktatója most Dr. Czibula Katalin vendégtanár.<sup>1</sup> A nagy múltú (egykor Rhédey Károly kapott itt vendégprofesszori megbízást) intézmény vezetőjének publikációs tevékenysége szinte kizárólag a finnugor tanulmányok körébe

<sup>1</sup> Hungarológia képzések: Hungarológia bachelor (150 ECTS-pont), Hungarológia master (120 ECTS-pont), Szabadon választható 30 ECTS-pont nagyságú hungarológia-csomag nem hungarológus hallgatók számára (Magyar nyelv, irodalom és kultúra), Fennisztika bachelor: (150 ECTS-pont), Finnugrisztika master (120 ECTS-pont), Szabadon választható 30 ECTS-pont nagyságú fennisztika-csomag nem fennisztika szakos hallgatók számára (Finn kultúra és nyelv)

tartozik. Sok tanulmánya Magyarországon is megjelent.

Bulgáriában két helyen<sup>2</sup> folyik magyar oktatás. Szófiában magyar szak van, Veliko Tarnovában heti négyórás nyelvtanfolyam. Az MA-képzést folytató hely vezetője jelentős nemzetközi publikációs tevékenységet folytat a görög és a szláv nyelvészet és művelődéstörténet területén. Magyar vonatkozású tanulmányt nem találtam tőle. Ez vonatkozik Tsenka Ivanovára is. Bedecs László vendégtanár ismert irodalomtörténész, főleg a 20. századi magyar irodalom a kutatási területe.

Csehország. A prágai Károly Egyetemen<sup>3</sup> mind hungarológiához értő vezető, mind kellő számú oktató rendelkezésre áll, s ők is a hungarológia valamelyik területével foglalkoznak.

Egyiptomban a magyar a német tanszék része. Itt pusztán magyar nyelvoktatás folyik (Kovács Renáta lektor). (Jelenleg két magyar vonatkozású – egy történeti, egy pedig irodalmi tárgyú – doktori disszertáció készül, azzal a perspektívával, hogy a legnagyobb kairói egyetem, az Ain Shams, magyar nyelvi és civilizációs tanszéket kívánt alapítani.)

Észtországban a Tartui Egyetemen a Finnugor Tanszék részeként magyar lektori nyelv-

<sup>2</sup> Ohridi Szent Kelemen Tudományegyetem Klasszikus és Új Filológiai Kar Magyar Szak, az oktatóhely vezetője: Dr. Mirena Slavova, vendégoktató: Dr. Bedecs László. Hungarológiai képzések: BA és MA. Veliko Tarnovói Szent Cirill és Metód Egyetem Modern Nyelvek Kara Szláv Tanszék. Az oktatóhely vezetője: Dr. Tsenka Ivanova, vendégoktató: Zsolcsák-Dimitrova Edina. Hungarológia: nyelvoktatás heti négy órában (hat félév).

<sup>3</sup> Károly Egyetem Bölcsészettudományi Kar Szláv és Kelet-európai Nyelvek Intézete Közép-Európai Stúdiumok Szakcsoport. Az oktatóhely vezetője: Marek Junek, PhD, vendégoktató: Dr. Fercsik Erzsébet vendégtanár. Képzés: Közép-európai tanulmányok BA, MA

oktatás folyik. Lektor Tóth Tünde. Képzések: Hungarológia BA-mellékszák 30/180 ECTS, Hungarológia MA-főszak 120 ECTS.

Hollandiában a nagy múltú Groningeni tudományegyetem Finnugor Intézetének vezetésére a nyolcvanas évek második felében Honti László kapott meghívást, aki mellett egy Hollandiában élő magyar oktató, de Biekerkjártó Ágnes tanította (és tanítja ma is) a magyar irodalmat és nyelvészetet. Így Groningenben Honti professzor Udinébe való távozását követően is megmaradt a magyar nyelv és irodalom oktatása.

Franciaországban elvileg jó a helyzet, hiszen hat helyen is folyik magyar oktatás, a Sorbonne-on van Egyetemközi Tanulmányi Központ. Párizsban két helyen van magyar oktatás (Paris3, Inalco). Itt igen jelentős, a francia szakmai közvélemény által is megbecsült hungarológusok dolgoztak korábban (például a központot megalapító nyelvész Jean Perrot – Paris3, az irodalmár-fordító Jean-Luc Moreau – INALCO). A mostani vezetők azonban – Szende Tamás kivételével – egyáltalán nem foglalkoznak (S. Martens francia-német kapcsolatok, Constantin Bobas grecista, Martine Vertalier általános nyelvész, Bernard Genton amerikanista) vagy csak perifé-

rikusan foglalkoznak (mint a Paris3-n működő Egyetemközi Magyar Tanulmányi Központ vezetője, szociolingvista-afrikanista Patrick Renaud) hungarológiával. A CIEH-ban van magyar lektor, magyar vendégprofesszor (Maár Judit) és magyar fél által javasolt magyar vendégdocens. Az INALCO-n van magyar szekció, amelyet Szende Tamás vezet, és ott oktat Kányádi András is. Francia területen a hungarológia oktatásának domináns eleme a lektori nyelvoktatás.<sup>4</sup> Némi vigaszt nyújthatnak a társírányítású doktori disszertációk (*co-tutelle*), e területen több magyar vonatkozású disszertáció született, amelyek magyar oktató-kutatóhelyekhez is kötődnek.

Franciaországban az egykor jó pozíciók rohamosan romlani kezdenek: a fentiek kivül Lyonban is volt magyar lektorátus (Lyon3), a másik lyoni egyetemen (Lyon2) pedig bizonyos rendszerességgel meghívott magyar vendégprofesszor (Granasztói György, Jónás Ilona, Beke László) dolgozott. A lyoni lektorátus stratégiai fontosságú hely volt, amiről – rosszul értelmezett takarékoságból – a magyar fél mondott le. A helyzet súlyosságát, és a kulturális diplomáciai csatornák elmúlt esztendőkből történő beszűkülését mutatja, hogy a hungarológiai oktatás éppen most

<sup>4</sup> Bordeaux3 Michel de Montaigne Egyetem Nyelvek és Civilizációk Kara Germán és Szláv Tanulmányok Tanszéke Magyar Részleg. Vezető: Stéphane Martens, vendégoktató: Dr. Varga Róbert lektor. Oklevelet adó hároméves nyelvtanfolyam (heti 2–3 óra).

Charles de Gaulle Egyetem Lille3, Újlatin, Szláv és Keleti Nyelvek Tanszéke. Az oktatóhely vezetője: Constantin Bobas, vendégoktató: Krizsán Enikő lektor. Oklevelet adó hároméves magyar nyelv és civilizáció kurzus (120 perc/hét az első négy félévben, majd 180 perc/hét az utolsó két félévben).

Párizsi Keleti Nyelvek és Kultúrák Intézete (INALCO). Az oktatóhely vezetője: Dr. Szende Tamás, vendégoktató: Sziklai Éva lektor. Magyar szak BA és MA, Nem bolognai típusú 4+1 éves képzés.

Párizsi Sorbonne Egyetem, Párizs3, CIEH: Egyetemközi Magyar Tanulmányi Központ. Az oktatóhely vezetője: Dr. Patrick Renaud. ILPGA: Általános és Alkalmazott Nyelvészeti és Fonetikai Intézet. Az oktatóhely vezetője: Martine Vertalier, vendégoktató: Gárdosi Rita lektor. Nyelvtudományi BA keretében önálló minor, és folytatható MA-képzésben is. Magyar nyelvtanfolyam, két féléves, 4 ECTS, a nyelvtanfolyam fakultatívan folytatható, még négy féléven keresztül (így az egész hároméves BA-képzés alatt elérhető). Magyar nyelvtanfolyam, két féléves.

Strasbourggi Egyetem Magyar Tanulmányok Tanszéke. Vezető: Bernard Genton, vendégoktató: Dr. Szépe Judit lektor. Oklevelet adó hároméves nyelv és civilizáció kurzus (heti 10 óra).

veszti el egyik szimbolikus, nagy jelentőségű professzúráját a Sorbonne-on (Paris3).

Kanada. University of Toronto Munka School of Global Affairs keretében működő Centre for European, Russian and Eurasian Studies Hungarian Studies Programme, Robert Clegg Austin (PhD), történésszel, fő szakterülete a Balkán (Albánia, Koszovo), Susan M. Papp (M. A.) több tanulmányt írt az észak-amerikai magyar emigrációról és Tomory Éva nyelvoktató. A University of Manitobán a German and Slavic Studies keretében van magyar oktatás. Intézetvezető: Cherryll Dueck, a professzorasszony germanista. Van egy minor program Central and East European Studies néven, ebben szociológiai, történelmi előadások vannak magyar témákról is, kínálnak kezdő és haladó magyar nyelvi kurzusokat.

Kína. A pekingi egyetemen magyar BBI-kiküldött tart lektori órákat. Pekingi Idegennyelvi Egyetem Európai Nyelvek és Kultúrák Kara. Vezető: Dr. Hszü Jan Ji (Xu Yan Yi) (nem találtam róla témánk szempontjából érdemi adatot), vendégoktató: Molnár Ilona lektor. Magyar szak – két évente induló BA (négyéves képzés) és négy évente induló MA. Még egy helyen folyik 2009 óta ilyen munka az észak-kelet-kínai Harbin egyetemén, ide az ELTE közvetlenül küld magyar lektort.

Lengyelországban három intézményben<sup>5</sup> folyik hungarológiai képzés (Varsó, Krakkó, Poznan): mindhárom helyen magyar szakos

<sup>5</sup> Krakkó, Jagelló Egyetem Filológiai Kar Magyar Filológiai Tanszék. Vezető: Dr. CSc Nagy László Kálmán, vendégoktató: Dr. habil. Domonkosi Ágnes. Magyar nyelv és irodalom BA és MA, Ötéves egyetemi magyar szak.

Poznan, Adam Mickiewicz Egyetem Nyelvtudományi Intézet. Vezető: Koutny Ilona, lektor: Dávid Mária. Magyar szak BA és a 2010/2011. tanévtől MA,

képzettséggel (esetenként magyar tudományos minősítéssel) is rendelkező szakemberek és lektorok tanítanak.

Macedónia. A skopjei egyetemen néhány hónapja indult magyar nyelvoktatás két felelősének hungarológiai tudományos munkásságáról nincs adat. Az előtérben nyilvánvalóan a nyelvoktatás áll. Szent Ciril és Metód Egyetem Blazse Koneszki Filológiai Kar Török Tanszék. Vezető: Dr. Sevin Alil, vendégoktató: Czinege-Panzova Annamária. Magyar mint idegen nyelv, C-szak (négy félév, heti négy óra)

Németországban a magyar professzori szintű oktatása évszázados múltra (Gragger Róbert) tekint vissza. A göttingai egyetemre Gulya János kapott professzori megbízást, később Bayreuthba is magyar vendégtanárokat hívtak meg (Vajda György Mihályt és őt követően Kulcsár Szabó Ernőt, akivel később újraéledt a berlini Humboldt Tudományegyetemen is a magyar tanszék).

A berlini Humboldt Egyetemen a hungarológiai képzés a Szláv Intézet keretén belül folyik. A tanszékvezető Lőrincz Csongor, munkatárs Dr. Hegedűs Rita és Görbe Tamás. Az önálló képzés 2008-tól alapképzés és nyelvoktatás formában folyik. A tanterv erőteljesen összpontosít az irodalom- és kultúratudományokra. A tanszéknek két teljes és két félállású oktatója van.

Göttingenben a Finnugor Tanszéken<sup>6</sup> folyik lektori nyelvoktatás. A finnugor szakos

Nem bolognai rendszerű ötéves magyar szak (az ideai IV–V. év)

Varsói Tudományegyetem Neofilológiai Kar Magyar Filológiai Tanszék. Vezető: Prof. dr. Boženna Bojar, lektor: Joós Katalin. Képzések: Magyar szak BA és MA, Finnugor szak BA magyar szakirány, Nem bolognai rendszerű ötéves magyar szak.

<sup>6</sup> Georg-August Egyetem Finnugor Tsz. Rab Irén lektor

BA és MA keretében van lehetőség hungarológiai szakirány elvégzésére, a tanszék meghatározó profilja a finnugor nyelvészet.

A Hamburgi Egyetemen szintén a finnugrisztika, illetve az uralisztika dominál.<sup>7</sup>

Nem különbözik az általános iránytól a müncheni (regensburgi) magyar oktatás sem,<sup>8</sup> a hungarológia itt is csak másod- vagy harmadrendű szerepet kap, elsősorban lektorátusi nyelvórák formájában.

A regensburgi egyetemnek nincs magyar intézete, eddig ott – a pécsi egyetemmél együttműködve – csak nyelvoktatás folyt. A bajor és magyar állami támogatással működő Müncheni (már Regensburgban működő) Magyar Intézet órákat is ad az egyetemen, és tervezik a nyelvoktatáson túlnyúló, igényes hungarológiai program létrehozását, a már létező cseh, szlovák és román kezdeményezések nyomán. (Egyelőre ez – magyar támogatás híján – még csak terv.) A német állam és a Bajor Szabadállam a regensburgi egyetemen összpontosítja a németországi kelet- és délkelet-európai kutatásokat. (URL2)

A német (és francia) nyelvterület mellett a hungarológia másik fellegvára hagyomá-

nyosan Olaszország.<sup>9</sup> A rendszerváltás idejében tíz olasz egyetemen folyt hungarológiai képzés. Az azóta eltelt időszakban két milánói, a pavai és a torinói egyetemen megszűnt a magyar nyelv, irodalom és kultúra „szakos” oktatása. Maradt hat, a vezető professzorok hetvenhez közeledő életkora (egy kivétellel) ezek bezárásának a rémképét vetítik előre. (Olaszországba a Balassi Intézet nem küld lektorokat sem.)

A magyar művelődés egykor híres központjának számító Bolognai Egyetemen (Modern Idegen Nyelvek és Irodalmak Tanszéke) az elsősorban finn irodalommal foglalkozó vezető (Carla Corradi) mellett lektori magyar nyelvoktatás folyik (Rozsnyói Zsuzsanna).

A Firenzei Egyetem Modern filológiai tanszékén két kolléga dolgozik: Töttössy Beatrix docens és Kapácsy Kinga lektor.

Nápolyban a Keleti Intézetben a Kelet-európai Tanulmányok tanszékén oktatják a hungarológiát, a tanszék vezetője ismert hungarológus, Amadeo Di Francesco, munkáját lektor segíti. A hallgatók főleg az alapképzésben vesznek részt.

nyos értelemben vehető magyar tanszék (egy vagy két tanárral és egy-egy lektorral): Torino (Paolo Santarcangeli, majd Gianpiero Cavaglia); Udine (Csillaghy András és később Roberto Ruspanti, mellettük a finnugrista Bereczki Gábor majd Honti László), Padova (Dezső Lászlót követően Danilo Gheno, most Cinzia Franchi), Bologna (Várady Imre, utána Guglielmo Capacchi, ma Carla Corradi Musi), Firenze (Pálinkás László, Hubay Miklós, majd Töttössy Beatrix és mellettük a finnugrista Danilo Gheno), Róma (1979-től Sárközy Péter és mellette a finnugrista Angela Marcantonio), Nápoly (Amadeo Di Francesco és mellette 2000-ig Marinella D'Alessandro).

De más egyetemeken is folyt valamilyen szinten magyar oktatás (Velencében lektorátus és altajisztikai intézet), 1989-ben tizenegy egyetem részvételével létesült az Olaszországi Egyetemi Központ.

A Padovai Egyetemen<sup>10</sup> az 1930-as években alapított magyar tanszéknek jelenleg egy magyar és egy olasz oktatója van, s a munka középpontjában itt is a nyelvoktatás és a finnugrisztika állt. Nemrégén a nyugdíjba vonult finnugor specialista docens (Danilo Gheno) helyére pályázatot írtak ki, amelynek nyertese egy, a magyar irodalomtörténettel foglalkozó olasz kollégán.

A Római „La Sapienza” Egyetem Magyar Tanszékének vezetője Sárközy Péter professzor. A tanszéken rajta kívül egy kutató, két óraadó és két lektor tanít; évente három-négy végzősük szokott lenni BA-szinten, míg évente egy-két fő szerez MA-oklevelet. A tanszék fennállása óta tucatnyi disszertáció született magyar vonatkozású témából. A hallgatók főszakként (egy másik nyelv mellett), illetve mellékszakként (harmadik nyelvként) is felvehetik a hungarológiát, amely mindkét szinten nyelvórákból (heti hat óra), irodalom- és kultúrtörténetből (heti öt óra), valamint heti két óra finnugrisztikából vagy (mediáció szakon) fordításelméletből áll. A tanszéknek saját folyóirata van (*Rivista di Studi Ungheresi*), amelynek évi egy száma jelenik meg.

Az Udinei Egyetemen<sup>11</sup> a hungarológia az idegen nyelvek és irodalmak szak keretében végezhető, egy másik nyelvvel együtt. MA-szinten fordítástudomány és mediáció keretében „c”, azaz 3. nyelvként választható, továbbá európai és Európán kívüli nyelvek és irodalmak keretében a két nyelv egyikeként.

<sup>10</sup> Nyelv-, Kommunikáció- és Színháztudományi Intézet Magyar Nyelv és Irodalom Tanszék. Lektor: Rózsavölgyi Edit.

<sup>11</sup> Kelet-európai Nyelvek és Kultúrák Tanszéke. Roberto Ruspanti tanszékvezető, Paolo Driussi tudományos munkatárs.

<sup>12</sup> Udmurt Állami Egyetem Udmurt Filológiai Kar Általános és Finnugor Nyelvészeti Tanszék. Vezető:

Oroszország három egyetemén<sup>12</sup> folyik magyar oktatás, mindhárom helyre a BBI küld lektort. Az oktatási egységet vezető szakemberek közül az udmurt egyetemen dolgozó kollégától (K. Kelmanov) nem találtam publikációs adatot, a moszkvai (Nagyvezda Bratcsikova) finn nyelvkönyvet írt Oroszországban (2010), a szentpétervári (N. Ny. Kolpakova) viszont orosz–magyar összehasonlító nyelvész, akinek van(nak) Magyarországon is megjelent tanulmánya(i).

Törökország. Az ankarai egyetemen (Nyelv- és Történelemlétföldrajzi Kar Nyugati Nyelvek és Irodalmak Tanszékcsoportja) a hungarológia oktatását elismert és sokoldalú ismerettel rendelkező szakember, Naciye Güngörmüs tanszékvezető irányítja. Lektor: Kincses-Nagy Éva. Hungarológia BA (240 ECTS; 191 ECTS-t kitevő szakirány), MA és PhD, Fakultatív magyar nyelvtanfolyam (fél-évente 4 ECTS, 4 óra/hét).

Gyökeresen más helyzetben van a hungarológia oktatása a szomszédos országokban, a részben magyarok lakta területeken. Horvátországban két helyen (Eszék, Zágráb) van magyar oktatás. Eszéken a nem túl biztató, Választható Tudományok nevű tanszéken egy lektor dolgozik. A személyi állomány alapján Zágrábban a hungarológia, török és judaisztika (közös) tanszéken magas színvonalú munka folyik. A három romániai (Bukarest, Kolozsvár, Marosvásárhely), a szerbiai (Belgrád és Újvidék), a négy szlovákiai (Beszter-

Valentyin Kelmakovics Kelmakov, lektor: Asztalos Erika. Nem bolognai típusú ötéves egyetemi szak (magyar–udmurt), kétévente indul.

Moszkvai Állami Lomonoszov Egyetem, Filológiai Kar, Finnugor Filológiai Tanszék, vezető: Dr. Bratcsikova Nadezhda, vendégoktató: Túróczi Szilvia lektor. Kötelezően választható szlovák és orosz szakosoknak (heti 6 óra), fakultatív újságíró szakosoknak (heti 4 óra)



cebánya, Pozsony, Nyitra, Eperjes), illetve a két szlovéniai (Ljubljana, Maribor) magyar képzőhelyen dolgozó szakemberek nyilvánvalóan más feltételek mellett, más feladatot látnak el, mint a nem magyarok lakta területen működők, ezek az intézmények esetenként jelentősen hozzájárulnak a hazai tudományosság eredményeihez is.

Noha a fogalmak tisztázottnak tűnnek, mégis rendszeresen összemósódnak bizonyos kérdések. Így például általánosan elfogadott az a megközelítés, hogy a hungarológia célcsoportjai külföldön mindenekelőtt a nem magyar anyanyelvűek, akik a magyar mint idegen nyelv iránt érdeklődnek, s a magyar művelődés tanulmányozásához is ilyen alapon közelítenek. A történeti okokból külhoni országokban lévő magyar közösségek e téren más helyzetben vannak, hiszen a magyar kulturális nemzet részei.

### III. Következtetések, veszéylek

A felvázolt kép alapján világosan látszik: a terület általános áttekintésére van szükség, amihez nem lehet úgy hozzákezdeni, hogy ne gondolnánk arra, a kormányzatnak hozzá kell rendelni forrásokat.

1. A tárcaközi irányítás jelenlegi rendszere szakmai szempontból és a nemzetközi oktatási és tudományos együttműködés szempontjából nem megfelelő.
2. A külföldi egyetemokről eltűnőben vannak a magyar témából sokoldalúan felkészült, nemzetközi tekintélynek örvendő nagy tanáregyéniségek. Ha vannak ilyenek, azok nem a hungarológiai központokban, illetve azok vezetésében dolgoznak.
3. Nem lehet magyar szakból disszertálni, magiszter képzésben résztvenni.
4. A magyar kultúra helyett a finnugor nyelvést játsza a főszerepet, ami – értelem-

szerűen – csak nagyon kis része a hungarológiának.

5. A magyar nyelv oktatása második vagy harmadik nyelvként, valamilyen más diplomához (szlavisztika, germanisztika) szükséges melléktantárgyként szerepel.
6. A hungarológia kimerül a XX. század Közép- és Kelet-Európa történelmének oktatásában, ahol a térség históriájának többé-kevésbé hangsúlyos fejezetét tanítják (gyakran negatív megközelítésben).
7. A nyolcvanas évek végétől több helyen erőteljes kísérlet történt a nyelvészeti terület prioritásának megteremtésére, illetve megőrzésére. A terület szakmai felelősei nem vették figyelembe, hogy a hallgatói és kutatói érdeklődés inkább (de legalábbis a nyelvoktatás mellett egyre erőteljesebben) a magyar, illetve közép-európai művelődéstörténet, az összehasonlító irodalomtörténet tanulmányozása felé fordult.<sup>13</sup> Bebizonyosodott, hogy a magyarságtudomány kutatásában és a hungarológiai oktatásban – ha meg akarjuk tartani a pozíciókat – szakmailag több lábon kell állnia. Erre a központok egy része nem volt, és ma sincs fölkészülve.
8. Vannak szakmai szempontból biztató események is. Az elmúlt években több

<sup>13</sup> Ennek volt jó példája, amikor a Paris3 CIEH vezetésére Xavier Richet, Magyarországot jól ismerő és jó kapcsolatokkal rendelkező közgazdász kapott megbízást (2001–2005), aki a nyelvi és irodalmi oktatási feladatokat megtartva és tiszteletben tartva, a kutatási programokat illetően sikeresen nyitott a történelem, a művelődéstörténet, a politológia és általában véve a társadalomtudományok irányába. A „csak” nyelvészeti és nyelvoktatási kompetenciák csatasorba állítása (műveljék bár a területet esetleg mégoly színvonalasan is) beszűküléshez, a hallgatói létszám drasztikus csökkenéséhez és izolálódáshoz vezet. Richet rofesszor megbízatását követő időszakban Párizsban ez a folyamat zajlott le.

helyen (így Szegeden és Budapesten) sikerült hungarológia mesterszakot akkreditáltatni (Szegeden angol nyelven is.) Ez hozzájárulhat ahhoz, hogy a hungarológia oktatása és kutatása az elvárt színvonalon alakuljon.

A közvetlen gazdaságossági szempontok mindenütt (egyed)uralkodóvá válnak az egyetemi oktatásban. Kizárólag ezt tekintetbe véve a hungarológia, mint a legkisebb szakok egyike, megszűnik, vagy tovább degradálódva pusztá kuriózzummá válik. Hiába állandó hivatkozási alap az 1920-as évek kultuszminisztere, valójában erőteljes anti-klebsbergianus irány vált meghatározóvá, s felő, hogy a hidegháború után tartalmilag újra lebontásra kerül az, amit a miniszter (majd Hóman Bálint) felépített. (A rendszerváltás előtti és az a körüli évek a hungarológia területén ma már aranykornak tűnnek.) Az utóbbi két évtizedben, akik felelősséget éreztek a magyar nyelv és kultúra külföldi egyetemeket való színvonalas oktatása iránt, nem tudták eléggé hallatni a hangjukat. Mások nem tekintették igazán fontosnak a nemzetközi hungarológia ügyét. Ha ez nem változik, a magyar irodalom, kultúra és nyelv egyetemi oktatása Európában néhány év múlva magától meg fog szűnni, vagy pusztán lektorátusi nyelvoktatásra redukálódik. A drámai mértékű visszaesés jelei mindenütt mutatkoznak. A húsz évvel ezelőtíhez képes radikálisan csökkent azon oktatási egységeknek (tanszékeknek) a száma, amelyekben egyetemi tanár (professzor) vagy docens (társult professzor) irányítja a magyar képzést, ahol erről teljes értékű diplomát lehet kiadni. Ebből (is) következően a magyar szaknak az adott egyetemen belüli jelentősége is drámai zsugorodást mutat.

A régi professzorok hagyományos módon nem válthatók újjakkal. Ennek elsőrendű oka

az oktatás és kutatás általánossá vált pénzalapú megítélése, amelyből elkerülhetetlenül következik a kis (kevés hallgatót vonzó) szakok megszűnése. További nehézséget jelent a meglévő álláshelyek művelődéspolitikai és/vagy nemzetközi politikai szempontú más szakokhoz, nyelvekhez való átcsoportosítása, illetve az a tény, hogy az elmúlt évtizedekben több új, egyetemi oktatásban megjelenni kívánó, önálló állam jött létre.

A megüresedés (nyugdíjba vonulás) után a pénzt zárolják, vagy elveszik ezektől az egységektől, s jövedelmezőbb szakokhoz teszik át. (Hasonló folyamat zajlik egyébként nálunk is.) Az átátpótlás hiánya tehát elsősorban nem szakmai okokra vezethető vissza: az elmúlt évtizedekben számos olyan disszertáció született, és számos olyan kolléga van, akik képesek lennének egy hungarológiai program színvonalas megszervezésére és véghezvitelére. Ez azonban nem fog menni úgy, hogy a magyarságtudományi központok el-tartásában és finanszírozásában a terhek döntő többségét az ezeket a központokat befogadó egyetemekre és országokra terheljük. Amíg a magyar állam nem veszi ki a részét a saját nemzeti értékeinek, nyelvének, művelődésének külhoni oktatásából, addig a szakterület elhúzódó, de egyre gyorsuló eróziójának leszünk tanúi.

A meglévő lektori hálózat jelenlegi formájában erre még újabb fejlesztés esetén sem tud megoldást nyújtani. Felkészült, a fogadó egyetem magas szakmai köreiben tekintéllyel rendelkező kollégák kiküldése-alkalmazása lenne szükséges, akiknél a hallgatók záródolgozatot írhatnának, diplomát szerezhetnének.

### IV. Javaslatok

Mindenekelőtt tisztázni kell, hogy a hungarológia művelése hogyan illeszkedik Magyar-

ország külügyi, nemzetpolitikai, tudományos és oktatási stratégiájába. Ebben ki kell térni a külföldön lévő oktató és kutatóhelyek fennmaradásának segítségével kapcsolatos kérdésekre, de választ kell adni arra is, hogy van-e (lesz-e) hazánknak olyan ösztöndíj-politikája, mely lehetővé teszi, hogy külföldi hallgatók szignifikáns csoportjai részesüljenek magyarországi képzésben (ezzel együtt nyelvi és hungarológiai alapképzésben). A külföldi egyetemeken működő magyar oktatóhelyek erre az igényre is támaszkodhatnak.

A legmagasabb szinten fel kell vetni a hogyan tovább kérdését, s el kell dönteni: magára hagyva lassú kimúlásra ítéljük-e a hungarológia külföldi oktatását, vagy lépéseket teszünk megmentéséért. Ez utóbbira többféle lehetőség kínálkozik.

1. A külföldi egyetemekkel, kormányokkal együttműködve néhány (négy-öt) erős hungarológiai tanszék megmaradását, illetve fejlesztését akár a kölcsönösség, akár a közös finanszírozás alapján. El kell dönteni, ezek hol lehetnek az EU nagy országain belül. A lektori hálózat helyett a kisebb létszámú, de sokkal hatékonyabb professzorit lehetne kialakítani. (Az egyébként is Európa nagyvárosaiban élő magyar szakos kollégák – pl. Rómában legalább két tucat él – a lektori feladatokat könnyen el tudnák látni.)

2. Megoldást jelenthetne magyar vendégutazók küldése is, melyeknek különböző formái léteznek, ám ezekben az esetekben a magyar államnak jelentősen hozzá kellene járulnia a kiküldött bérkeretéhez (több nyugati ország választotta ezt az utat).
3. Külföldi–magyar egyetemközi kooperációvá tenni ezt a feladatot, valamelyik tudományegyetem szakmailag illetékes tanszékei (megfelelő plusz állami finanszírozás mellett) ellátnák a külföldi képzést is, és viszont. Ennek részleteit ki kell dolgozni és szerződésben rögzíteni (Konfuciusz intézeti modell).
4. Fel kellene vetni, hogy az EU különítsen el forrásokat, amelyekkel a kis tagországok egymás kultúrájának, nyelvénél jobb megismerését segítenék a megfelelő tanszékek közvetlen és hosszú távú támogatása révén (ilyen rendszer jelenleg nincsen).

A tanulmány Csernus Sándor, Sárközy Péter és Ujváry Gábor segítségével készült.

Kulcsszavak: *egyetemi oktatás, hungarológia, nyelvészet, finnugrisztika, irodalom, külpolitika, kulturális diplomácia, magyar tanszékek*

#### HIVATKOZÁSOK

URL1: <http://www.bbi.hu/index.php?id=62&cid=141>

URL2: <http://www.ungarisches-institut.de>

## ARRHENIUSTÓL INDULT, ÉS...

Reményi Károly

az MTA rendes tagja  
remeniir@freemail.hu

A klímaváltozással kapcsolatos lavinát elsősorban a Nobel-díjas tudós (az elektrolitok vezetőképességének felismeréséért kapta 1903-ban), Svante Arrhenius 1896-os aktív kutatásának eredményei indították el. Természetesen elemzések már jóval korábban is készültek (például William Wood *New England's Prospect* [1634]), de előtte igazán jelentős Joseph Fourier munkái voltak. Fourier szemlélete szerint: „...a földi hőmérséklet Fourier-elméletének elemei, tehát a Föld, mint egy hűlő test, a Nap, mint periodikus hőforrás, és a légkör, mint átlátszó közvetítő.” (Fleming, 1998)

Fourier munkásságára hatással volt Isaac Newton hűléselemlete. Newton hűléselemletének értelmezése a következő: egy közepes vákuumban, egy szigetelt forró anyag a vákuumkamra hideg falával való hőcserében hőt veszít. A hőszállítás elektromágneses sugárzással történik.

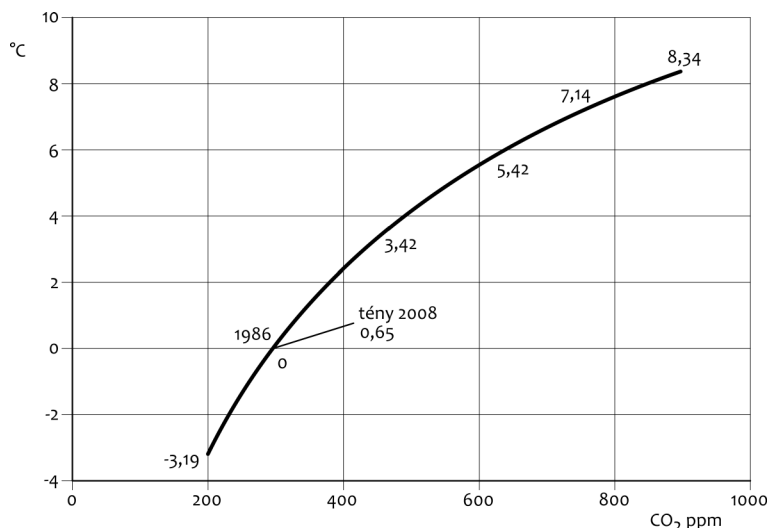
Két, egyébként azonos, egyenlő hőmérsékletű objektum, ha egyik fekete, a másik fényes, különböző módon abszorbeálja és emittálja a sugárzást. A fekete a reá eső sugárzás többségét abszorbeálja, a fényes a sugárzás többségét visszaveri. A feketének több sugárzást kell emittálnia, mint a fényesnek. Ha nem így tesz, akkor felmelegszik, míg a fényes lehűl. A földön a fehér hó a nap folyamán a napsugárzást visszaveri, és védi a földet a fel-

melegedéstől. Éjszaka a hó sokkal kevésbé sugároz, mint a sötét föld, és lassítja a hűlést. Fourier-t megérintette a hőnek newtoni elmélete: „A hő áthatolás alapelve, mint a gravitáció, minden tárgyra és a tér mindenségre érvényes, és egyszerű és állandó törvény” (Fleming, 1998).

Arrheniusnak a klímakutatás területén való színrelésével azonban új korszak kezdődött. Természetesen, a téma jellegénél fogva a különböző paraméterek hatásáról komoly viták folytak, de folynak ma is. „A klímaváltozással kapcsolatos véleményekben korábban sem volt konszenzus, és sokan gondolták az éghajlat esetleg hűvösebbé válik” (Fleming, 1998).

Arrhenius munkásságában a korábbi elméleteket és rendelkezésre álló klímaadatokat is figyelembe véve, azt látjuk, hogy elsősorban Fourier-hoz fordult vissza. Arrhenius az 1924-ben publikált memoárjaiban másolatban idézte Fourier 1827-es cikkét, ahogy másokat is, akiknél az üvegházhatás említése megtalálható. A naplójában így kiáltott fel: „Mindennap kísérletezek; a téma teljes mértékben a kezemben van” (Fleming, 1998).

Svante Arrheniust számosan az üvegházhatás és a globális fölmelegedés elméletének atyjaként dicsérik. Ugyanakkor Arrhenius munkáiról 1896 óta éles vita folyik. Munkásságának vitatott elemei: az általa használt



1. ábra • Arrhenius által számolt adatok és a valóság

abszorpciós tényező és a földfelület minőségének értéke.

Ha az Arrhenius közleményében található adatokat kritika és változtatás nélkül egy diagramba visszük fel, a várt hőmérséklet-változást az 1. ábrán láthatjuk. Az ábrában a jelenlegi levegő-összetétel használata esetén megtalálható az összetartozó (nem korreláció) szén-dioxid-koncentráció és Arrhenius kiindulási feltételeihez képest a tényleges hőmérséklet-emelkedés. Arrhenius az általa nyert adatokból azt a következtetést vonta le, hogy „Thus if the quantity of carbonic acid increases in geometric progression, the augmentation of the temperature will increase nearly in arithmetic progression.” (Arrhenius, 1896, 237.)<sup>1</sup>

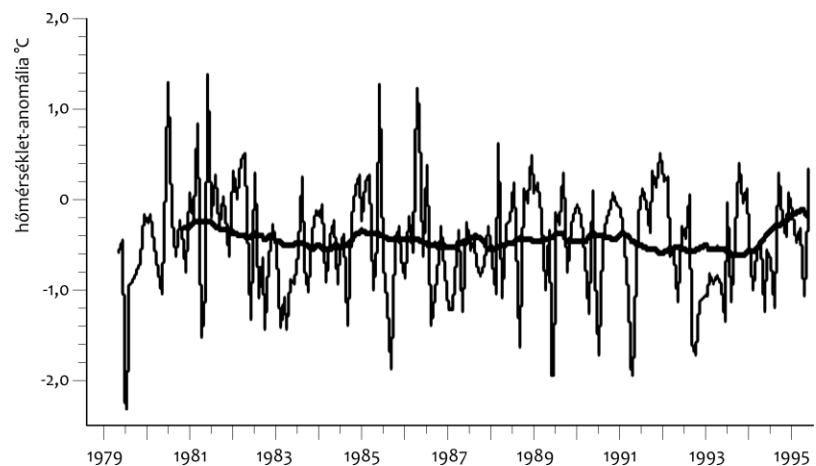
A tényleges érték kevesebb mint harmada a jóslatnak.

Az utóbbi időben a klimatológusok véleménye már egyre inkább abba az irányba változik, hogy a CO<sub>2</sub>-növekedés miatti fel-

<sup>1</sup> „Így, ha a szén-dioxid mennyisége mértani jelleg szerint növekedik, a hőmérséklet-változás közel számtani jellegű növekedés lesz.”

melegedés csak néhány tized fok lesz, annyi, amennyivel a légkör energiamegkötő képessége növekszik (ezt már magam is leírtam korábban). Sokak szerint ez az energianövekedés elegendő lehet arra, hogy a kis légköri katasztrófák számának csökkenése mellett a nagyok száma növekedjék (Rádió 1, Miki János, 2012. 01. 03.). A légkörről olyan részletes, régiókénti energetikai számítások még nem ismeretesek, amelyek alátámasztanák ezt az elméletet. A légkörben végbemenő változások következményeit korábban már magam is kikövetkeztettem. Ha ez így van, akkor véleményem szerint ezt hatást a néhány tized fokos hosszabb távú átlagos hőmérséklet-emelkedés helyett a rövid idejű, (például éves) rövid ciklusú, a globálisnál lényegesen nagyobb mértékű (több fok is lehet) hőmérséklet-emelkedések (2. ábra) okozhatják.

Jelenleg az csak feltevés, hogy a légköri katasztrófák, például a gyakoribb óriásciklonok okát és gyakoriságuk növekedését ezen hőmérséklet-változások okozta energiaváltozásokban kell keresni. A hőmérséklet-válto-



2. ábra • A rövid távú oszcillációk szemléltetése (Climate4you ... UAH MDU, 2011)

zások és az energetikai viszonyok kapcsolatának kutatása elsőrendű feladat lehet. A különböző paraméterekben a kísérletek, fáziseltolódások megismerése közelebb visz a jelenségek megmagyarázásához.

A Nap–Föld-rendszerben a Nap az energiaforrás, a Föld az energianyelőről, amely időnként túlszordul, majd utána kevesebb szabad hellyel rendelkezik. Az idők során a rendszer dinamikus egyensúlyba került, amelyet azonban lassú változások jellemeznek. A két fő elem külön-külön is változik. A Nap változása igen lassú folyamat, amelyet azonban időnként jelentős napkitörések tarkítanak. A vizsgált intervallumban a kitörések szerepe jelentős.

A Föld egyensúlyi állapotának változásai lényegesen összetettebbek, és kölcsönhatásban vannak például a víz és szárazföld arányváltozásai, a légkör összetételének változása, a szárazföldi vegetáció mennyiségi és minőségi változása, az ember okozta változások stb.

A Föld termikus egyensúlyának vizsgálatakor energetikai, hőtani és biológiai folyamatokat kell figyelembe venni. Vigyázni kell a különböző mérlegegyenletek és egyensúlyi

egyenletek helyes alkalmazásával és különösen az értékelésével. Például energetikailag, ha az energetikai mérlegegyenleteket a sugárzásokból számítjuk, akkor az összes sugárzásnál mindegy, hogy a sugárzás visszatükröződés vagy testsugárzás, míg például hőmérsékleti viszonyokat vizsgálva koránt sincs így. Az energetikai egyensúly vizsgálatok extenzív mennyiségek szerepelnek, míg intenzív mennyiségekkel (hőmérséklet) is lehet egyensúlyt vizsgálni, mert a Földnek a világűrrel való hőcsere-folyamata csak sugárzásos hőcsere lehet.

A fajlagos extenzív mennyiségek is viselkedhetnek intenzívként (például energiaáram-sűrűség, napenergia-sugárzás stb.).

A légköri rendszerhez kapcsolhatóan extenzív mennyiségek a levegő tömege, összetétele, térfogata, a víztömeg, az ásványtömeg, a biológiai tömegek stb. Extenzív jellemzők az anyagokban lévő fizikai-kémiai energiameennyiségek, a felületi jellemzők.

Intenzívek között a legfontosabb a hőmérséklet, továbbá a nyomásviszonyok, a fajlagos extenzív mennyiségek, vagyis az állapotjelzők, például az anyagok sűrűsége, az anyag- és a hőáramok fajlagos értékei.

Az energetikai mérlegegyenleteknél általában extenzív mennyiségek szerepelnek, míg az egyensúlyi folyamatoknál és állapotoknál intenzívek is.

A rendszerben lejátszódó folyamatok:

- periodikus folyamatok vagy a földtörténet nagy idősvívű folyamatai (például Milankovich-ciklus);
- a legtöbb folyamat sztochasztikus, például felhőborítottság, szél, napkitörések, vulkánok stb.;
- bizonyos időtávon monoton folyamatok, például szén-dioxid-növekedés stb.

A felhőzet alakja, mérete, minősége térben és időben sztochasztikusan változik, ezért az üvegházhatásban való részvételének számítási módja lényegesen különbözik a CO<sub>2</sub>-étől.

A Nap–Föld-rendszerrel a termodinamika mind a négy főtétele szerepet játszik.

A 0-ik főtételnek az egyensúlyra való értelmezését a légkör határára számított egyensúlyi hőmérséklet használatakor kell alkalmazni.

Az első főtételt a Napról a Földre érkező és onnan távozó energia megmaradásánál kell figyelembe venni. Ez a különböző anyagi tömegek energiavesztésének pótlására, biológiai és vegyi folyamatok energiaigényének fedezésére szolgál. A 0-ik főtétel egyensúlyi követelménye az utóbbi folyamatok miatt nem használható a statikus egyensúly megállapítására, de az egyensúlynak a rejtett hőigények miatti megbomlása után megindul annak helyreállítása.

A 2. főtétellel az egyensúly folyamatának leírását lehet megtenni. A rendszer a kisebb valószínűségi állapotból a nagyobb felé mozdul el. Ennek során az entrópia, az extenzív jellemző növekszik ( $ds > 0$ ).

A 3. főtétel a világűr közel abszolút 0 K hőmérsékletének szerepét veszi figyelembe.

A Föld energetikai mérlegegyenletei rendkívül összetettek. Az egyes tagok nagyon különböző jellege miatt nagyon vitatottak, és pontosságuk egyes feladatok megoldásához nem mindig kielégítő. A folyamatos változtatás miatt megbízhatóságuk megkérdőjelezhető (egyes szakértők szerint finomodnak). A valóságban sok a tapasztalati érték és a becslés. A sztochasztikus folyamatoknál mindig valamilyen hibával kell számolni, amit a használatukkor figyelembe kell venni.

Az energetikai mérlegegyenletet a Föld termikus egyensúlyának tárgyalására csak számos megjegyzéssel lehet használni. A Nap és a Föld között (a világűr) hőcsere folyamat játszódik le. Magát a folyamatot egy extenzív (S) és egy intenzív (T) mennyiség jellemzi. A részfolyamatokra a két-két jellemző szorzatai adják az energiaegyenlet elemeit. A Földön azonban vegyi, biológiai és fizikai (például olvadás) folyamatokhoz szükséges energia is felhalmozódik, ezért időnként a kisugárzás kisebb, mint a Napból érkező energia, amit a „napállandó” jellemez. Ez önmagában hosszabb távon nem feltétlen okozza a légközeg hőmérséklet-változását.

A Nap és a Föld hőcsere folyamatában nem mindegy, mire használja a nyelő a kapott hőt. A rejtett hő nélkül a visszatükrözött és a kisugárzott hő összege megegyezik a beesővel. Ekkor statikus egyensúlyról beszélhetünk, a napállandóból származó és az összes sugárzással számolt egyensúlyi hőmérsékletek megegyeznek.

Az egyensúly definiálásával akkor van probléma, amikor a teljes hőcsere folyamatban vegyi, biológiai és például olvadási hő is szerepel.

A világűrben a hőcsere folyamatok csak sugárzással történhetnek. A Föld légkörét elérő napsugárzás változik (a változás mértéke je-

lenleg élénk vita tárgya), de az egyensúlyszámításoknál egy adott értéket (mért) fel kell venni.

A jégre történő sugárzásnál a beeső sugárzás egy része a jég olvadására fordítódik, a másik része a hőmérsékletnek megfelelően visszasugárzódik (visszaverődik és sugárzódik) a világűrbe. A visszasugárzást a jég hőmérséklete – határesetben megegyezik az olvadási hőmérséklettel (273 K) – és a tükröződés határozza meg. Olvadás akkor jöhet létre, ha a beeső sugárzás legalábbis meghaladja az olvadáshőt, és így a helyi egyensúlyi hőmérséklet legalább 273 K. Az energiamérlegben nincsen egyensúly, mert a visszasugárzás a beeső sugárzásnál az olvadási hővel kisebb. A példából jól érzékelhető az extenzív és intenzív mennyiség szerepe.

A globális felmelegedésnél (hőmérséklet-változás) egy intenzív mennyiség (hőmérséklet) megváltozásáról beszélünk, ez a folyamatok legfontosabb jellemzője. Bár a globális hőmérséklet egyértelmű, mérésekkel alátámasztott meghatározása is hiányzik, a kutatásokban a végeredményt a CO<sub>2</sub> (vagy üvegházgázok) és a globális hőmérséklet közötti kapcsolattal szemléltetik. A CO<sub>2</sub> a légkörnek egyik komponense, súlyos hiba ennek és a globális hőmérséklet-változás értékének ilyen függvényes ábrázolása. A rendkívül bonyolult számítógépes modellek nem átláthatóak (Ban Ki Mun ENSZ-főtitkár is ezt kifogásolta), a görbék rendkívüli mértékben szórnak. A nagy szórás a rendszer bonyolultsága miatt érthető lenne, csak nem szabad ezek alapján olyan intézkedésekre javaslatot tenni, amelyek eredményei óriási erőfeszítések mellett is több mint megkérdőjelezhetőek.

A CO<sub>2</sub> szerepének elméleti számításaihoz globális mértékű, mérésekkel is alátámaszthatóan használható adatok a következők:

- napsugárzás a légkör határára (napállandó),
- a légkör tömege és összetétele,
- a CO<sub>2</sub> abszorpciók tényezője,
- a gázon áthaladó sugárzás gyengülésének egyenlete.

Az adatokból a légkör felső határára, a termikus egyensúly meghatározásához egy egyensúlyi hőmérsékletérték megfelelő közelítéssel számítható. A gázösszetétel változása okozta sugárzásgyengülés fokozódása miatt szükséges földközeli hőmérséklet-növekedés globális hőmérséklet-változási adatként kezelhető.

A Föld termikus egyensúlyát a világűről szemlélve a Föld mint test globális hőmérséklete az űrből nézve nem változhat (természetesen van a folyamatnak bizonyos dinamizmusa). A légköri rétegek hőmérséklet-eloszlásában létrejöhetnek változások. Ugyancsak változhat a vizes és szilárd felületek mértéke és minősége stb. Az összes elem eredőjeként (az extenzív és intenzív mennyiségekre vonatkozó szabályok szerint) alakul ki a Föld egyensúlyi állapota.

A CO<sub>2</sub> szerepét ebben a bonyolult rendszerben megfelelően, a helyén kell kezelni. A földi légkör összetételéből adódó 33–35 °C üvegházhatáshoz annak 20%-ával járul hozzá (igen széles, 10–20%-os tartományról is írnak az irodalomban). A 20%-nak kb. 10%-kal való változása (kb. 2%) nem hozható szoros kapcsolatba a CO<sub>2</sub> 30–35%-os növekedésével.

A -34 foknak néhány tizeddel való változása (az elmúlt 150 évben 0,74 °C) nem igazolhatja azt, hogy az emberiség lényegesen bele tudna avatkozni a földi folyamatok globális alakulásába.

A közelmúltban két, a *Nature*-ben megjelent cikk foglalkozik a CO<sub>2</sub>-nek a klímaváltozásban játszott szerepével. A cikkem anonim lektora által figyelmembe ajánlott, 2012 áprilisában megjelent *Nature*-cikk (La

Riviere et al., 2012, 97.) szerint az Antarktiszról származó jégfuratok arra utalnak, hogy a pleisztocénben szoros volt a kapcsolat a CO<sub>2</sub> és az akkori klíma között, de a CO<sub>2</sub> szerepe és fontossága a klímaváltozásban mégsem világos, mert a deutérium adatokkal helyi és nem globális hőmérsékleteket lehet számítani. A 80 proxy adatait feldolgozva az látszik, hogy az Északi-féltekén, a jégtakaró legutolsó erőteljes csökkenési időszakán jelentkező CO<sub>2</sub>-növekedés megelőzte a globális felmelegedést. A hőmérsékletváltozás és a CO<sub>2</sub>-koncentrációváltozás menetében tapasztalható fáziseltolódást az óceáni cirkulációban történő változással magyarázzák. (Ez csak igazolatlan feltételezés)

A másik, a 2012 júniusában megjelent *Nature*-cikk (Shakun et al., 2012, 49.) „ellenpéldát” mutat be a klíma és a szén-dioxid szoros kapcsolatát valló, jelenlegi nézetekkel szemben, a késői miocén (12–5 millió évvel ezelőtt) időszakra. A szerzők (University of California, Santa Cruz) állításaikat mélytengeri üledékeken végzett mérésekkel igazolják. Méréseik szerint a késői miocénben több millió évig a hőmérséklet 5–8 °C fokkal magasabb volt a jelenleginél, míg a CO<sub>2</sub>-koncentráció az ipari forradalom előtti szinten mozgott. Feltételezésük szerint ötmillió évvel ezelőtt a tengeráramlásokban lehetett valami változás, és a klíma kapcsolata a CO<sub>2</sub>-vel érzékenyebbé vált. Természetesen ez is feltételezés, ahogy a korábban említett cikk is az volt, és nem fogadható el tudományos magyarázatnak.

Arrhenius óta a számtalan klímabefolyásoló tényező közül állandóan frontvonalba kerül a CO<sub>2</sub> szerepe. A cikk lektora is kifejti véleményét: „A földi változások sokfélék, ahogyan a szövegben szerepel. A kölcsönhatások összetettek is, ahogy azt az éghajlati modellek bonyolultsága is mutatja. Az egyes tényezők

szerepét nem lehet a valóságnak megfelelően megmutatni: a számításokban minden más tényezőt változatlanul hagyva, csak a vizsgálni kívánt tényezőt változtatva kaphatunk ugyan számszerű eredményeket, de a valóságban olyan nincs, hogy csak egyetlen hatótényező változzon.”

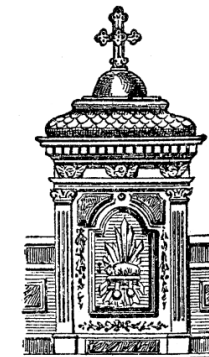
Amióta az energetikát fő CO<sub>2</sub>-kibocsátóként súlyosan felelősnek nyilvánítják a klímaváltozásban, és súlyos terheket rónak rá, azóta próbálom bizonyítani hatásának eltúlzott voltát (jelentősebb paraméterektől nagyvonalúan eltekintve) és a terhek indokolatlanságát. Mielőtt a többi paraméterre vonatkozó részletes sugárzási kényszer alkalmazását szememre vetnék, igaza van a lektornak: „Az egyes tényezők szerepét nem lehet a valóságnak megfelelően megmutatni: a számításokban minden más tényezőt változatlanul hagyva...”. Én is éppen ezt próbálom hangsúlyozni, mert napjaink realitása az, hogy elismerik a számos paraméter befolyását, végül a *hőmérséklet-változásokat* mégis a *szén-dioxid függvényében* tárgyalják (számos esetben, korrelációként). Ettől függetlenül, nem ritka a tudományos elemzéseknél, hogy a sokparaméterű függőségnél egyes paraméterek szerepét, a teljes jelenségből kiragadva a saját törvényei szerint elemzik, mint én is teszem. Én azonban nem a klímához szólok hozzá, nem vitatom a CO<sub>2</sub> fontos szerepét, csupán a fizika, kémia és biológia alapegyenleteiből az energetikát, hőtant, termodinamikát leírókat használva kíséreltem meg a CO<sub>2</sub>-t a szennyező anyagok közül kimenteni, az igaztalan vádak alól felmenteni. A szén-dioxid nem szennyezőanyag. Ezt tudományos érvek alapján és alapegyenleteket használva próbálom elérni, és nem a számos, átgondolatlan, kudarcot vallott, teljesíthetetlen elképzelés „eredményeivel” példálózva.

Kulcsszavak: *Arrhenius, globális felmelegedés, szén-dioxid*

#### IRODALOM

- Arrhenius, Svante (1896): On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. (The paper presented to the Royal Swedish Academy of Sciences, 11<sup>th</sup> December 1895) *Philosophical Magazine*. 41, 237.
- Climate4you Global Temperatures* • <http://www.climate4you.com/GlobalTemperatures.htm#UAHMSU>, 2011
- Fleming, James Rodger (1998): *Historical Perspectives on Climate Change*. Oxford University Press, New York • <http://books.google.hu/books?id=09RtcSCGv7gC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Global Temperature From Satellites. *Global Warming Science*. [www.appinsys.com/GlobalWarming](http://www.appinsys.com/GlobalWarming)

- La Riviere, Jonathan P. – Ravelo, A. Chr. – Crimmins, A. – Dekens, P. S. – Ford, H. L. – Lyle, M. – Wara, M. W. (2012): Late Miocene Decoupling of Oceanic Warmth and Atmospheric Carbon Dioxide Forcing. *Nature*. 486, 97–100. doi:10.1038/nature11200
- Shakun, Jeremy D. et al. (2012): Global Warming Preceded by Increasing Carbon Dioxide Concentrations during the Last Deglaciation. *Nature* 484, 49–54. doi:10.1038/nature10915 • <http://www.nature.com/nature/journal/v484/n7392/full/nature10915.html>
- Wood, William (1634): *New England's Prospect*. • <http://archive.org/details/woodsnewenglandoowoodgoog>



## SZEMERE BERTALAN

Hermann Róbert

az MTA doktora, a parancsnok tudományos helyettese,  
Hadtörténelmi Intézet és Múzeum  
hermann.robert@mail.militaria.hu

A magyar polgári átalakulás egyéniségei között még az úgynevezett második vonal képviselői is kiemelkedő politikai képességekkel rendelkeztek. Egyéni balszerencsájuk, esetleg tragédiájuk oka sok esetben abból fakadt, hogy tevékenységük és személyiségük háttérbe szorult az igazi nagyok, Kölcsey Ferenc, Széchenyi István, Wesselényi Miklós, Kosuth Lajos, Eötvös József, Deák Ferenc és Batthyány Lajos mögött. E második vonal egyik legérdekesebb s legtragikusabb egyénisége a Borsod megyei alispánból előbb belügyminiszterre, majd a második, immáron ténylegesen független magyar kormány miniszterelnökévé emelkedő Szemere Bertalan.

Szemere már kisdiaikként nem mindennapi szorgalomról és kezdeményezőkézségéről tett tanúbizonyságot. Miskolcon működő színjátszó társaságot alapított, Késmárkon kora hajnalban kelt, hogy megtanulja a teljes német nyelvtankönyvet és a hozzá tartozó hatezer szót. Nyelvyakorlási okokból főleg német szerzőket olvasott, így Salomon Gessnert, Christoph Martin Wielandot, Friedrich Schillert és August von Kotzebuet.

A sárospataki gimnázium tanulójaként is szorgalmas diáknak bizonyult. Itt szerezte meg a későbbi pályájához olyannyira szükséges latin nyelv ismeretét, s a szónoklattanban is itt mélyülhetett el. Tanárai között volt a kor

neves magyar statisztikusa, Magda Pál is. A család nehéz anyagi helyzete miatt Szemere komoly nélkülözések közepette töltötte pataki diákéveit. 1829–1832 között még kabátja sem volt, „a költők verseit, a szótárakat, a stúdiumokat a jeges szántóföldeken vagy a szénás padokon tanulta, belebúva szénába.” Érdeklődését jelzi, hogy ő kölcsönözte a könyvtárból a legtöbb könyvet, s a szerzők között megtaláljuk Johann Wolfgang Goethe, Gotthold Ephraim Lessing, Jean Paul műveit, a magyarok közül Verseygy Ferenc, Horváth István, Kölcsey Ferenc munkáit. Egy ideig görögül tanult, majd abbahagyva az antikvitás nyelvét, előbb olaszul, majd tizenkilenc évesen angolul kezdett tanulni.

Szemere csakhamar tekintélyé vált diák-társai között. Tevékeny szerepet játszott a különböző diákegyesületek munkájában, A jogászfaknak korábban volt egy *Pánczélország* nevű egyesülete, amely rendszeres üléseket tartott, s amely a vármegyei élet mindennapjainak modellálásával elősegítette a leendő hivatásukra történő felkészülést. Az egyesületet 1822-ben a Helytartótanács – mint annyi más egyesületet – betiltotta. Szemere és társai kérvényeinek köszönhetően 1832-től az egyesület immár Nándor Királyi Tábla néven ismét megkezdhetette működését. Az egyesület célja az volt, hogy a diákok „a honi törvények

teóriáját a praxissal egybe tudják kötni”, hiszen a pesti szigorlatokon a gyakorlatban való jártasság a fő követelmény. A tábla elnökévé, perszonálissá Szemerét választották társai. A tábla tagjai megvitatták az ország és a megye valóságos kérdéseit, s az ezeken született határozataikat írásban rögzítették. Az új politikusnemdzedék tagjai itt, a Nándor Királyi Tábla és más hasonló egyesületek keretein belül érlelődtek igazi politikussá.

Szemere iskolai befejezése után Borsod vármegyében Palóczy László főszolgabíró mellett gyakornokoskodik. Sorsuk ettől kezdve egészen 1849-ig többé-kevésbé szorosan összekapcsolódik. Palóczy a megye liberális ellenzékének tagjaként vett részt az országgyűléseken, s 1832 decemberében Szemerét is magával vitte jurátusaként a pozsonyi diétára. Szemere megkísérelte felvenni a kapcsolatot a Pozsonyi Magyar Társasággal, s felhívta a Szatmár megye követeként megjelenő Kölcsey figyelmét is a Sárospataki Ifjú Egyesületre.

Visszaemlékezései szerint itt, Pozsonyban esett át a „pályaválasztás” nehézségein. Iskolázottsága és eddigi ténykedése legalább annyira vonzották az irodalom, mint a közélet felé. Pozsonyban azonban ráébredt: ha a nemesség nem foglalkozik a „a haza dolgaival”, a többi osztály nem teheti ezt, mert ki van zárva intézésükből. A természetes hajlam és a kötelességérzet konfliktusában – nem először és nem utoljára – az utóbbi győzött.

A pályaválasztáshoz hozzájárult egy meghatározó személyes kapcsolat. Szemere ekkor ismerkedett meg Kölcsey Ferencsel, a költővel és politikussal. Kölcsey maga is jó véleményvel volt Szemeréről; „nekem szeretetemet s bizodalimat nagy mértékben bírja” – írta róla Szemere Pálnak. „Ő a nyelv grammatikáját tanulta, s tiszta, kellemes prózát ír,

s van benne elég talentum, hogy literátorink közt egyszer akkor díszben tűnjön fel; de az én kinézéseim nem annyira azok, hogy ő literátor legyen, mint azok, hogy hivatalbeli. Ez a gyermek, ha minden meg nem csal, a polgári pályán nem utolsó jelenet lesz; s országunk mostani helyzetében én inkább ohajtom, hogy a megyéken s országgyűléseinken előítéletlen, szabadelmű, merész lelkű, s nem ingó férfiak támadjanak, mint jó drámaírók. E népnek gyorsan jövő segédre van szüksége, hogy saját érdekei felől felvilágosíttassék”. Ezért is értekezett oly gyakran az országgyűlési ifjúság tagjaival, s reméli, hogy Szemere „termékeny kebellet” fogadta intéseit.

Szemere politikai nézeteinek kialakulására a Pozsonyban eltöltött hónapok komoly hatással voltak. Csengery Antalnak így nyilatkozott erről: „Patakon még az arisztokrata szerkezet mellett jegyeztem ki a könyvekből az okokat; itt már lelkem rögtön a régi republikák, a demokrata intézmények felé fordult. Az a magyar törekvés mind oly törpe volt nekem. Azonban át kellett rajta esni. Szántam a kort és a kor embereit, kik oly apróságokkal kénytelenek bíbelődni”.

Az országgyűlés munkájának lassúságával kapcsolatos elégedetlensége Kölcseyhez írt leveleiből is kitűnik. A költő távollétei idején ugyanis rendszeresen tájékoztatta meszterét a diétán törtétekről. Szemere úgy vélte, az országgyűlésen az ellenzék egyelőre nem tehet hasznosabbat, mint hogy „kifejtezget némi nagy fontosságú dolgokat, s így azt, mi ezen erő-éspontban kifő, megtanulhatják, kik itt vagy otthon vannak, s még nem tudták”. A nemzet előtt két út áll: „vér és tudomány, – amazt egyik rész sem kívánhatja, a kimenetel kétes, ezt mind a kettő ohajthatja, s mi nem veszthetünk”. A kormányzat ugyan elállotta a szabadulás „szembetűnő utait”, de

nem tud elállni minden utat. A rendszeres, szívos munka az egyetlen lehetőség, „s valóban gyönyörű pillanat leend: midőn a diétával víván, – mögé néz, s nemzetet pillant meg szilaj vagy békés erőben”. A pozsonyi tapasztalatok alapján valóban megérintette a republikanizmus szele. „Különös gondolatok fejlenek bennem a monarchák felől, ha Észak-Amerikába pillantok, s elmélkedem, hogy ott az *emberiség* életének új szakasza kezdődik” – írta Kölcseynek.

A politikai pálya melletti elköteleződését 1834. március 14-i levelében közölte Kölcseyvel. Kölcseyt kérte meg arra is, hogy beszélje meg rokonával, Szemere Pállal, nem tudna-e valami módot arra, hogy legalább egy évre külföldre utazhasson. „...természetesnek gondolom – írta –, hogy az, aki hazája élémentén munkálkodik, tudja azt, hova ohajtja emelni hazáját, s bírjon egy képet lelkében, milyenre kívánná honát alakítani. Aki magából teremt ilyet, könnyen hibázhat, s nem oly könnyen az, ki figyelmes szemmel nézte meg más országok hiányait és tökéleit, s az életből szedte magába, ami jó intézet s követsést érdemel. Sok dolog teóriában töménytelen nehézségeket mutat, melyeket az élet szelíden elhárít, és megfordítva. S mindenestre erőt és időt kímél, aki utazhat, s eszteni munkák, milliom fők rezultátumát tanulja meg könnyen, ami otthon előle zárva marad, s mit nem való könyvekből tanulni”.

Szemere 1834. május 20-án sikeres ügyvédi vizsgát tett, s ezt követően már csak Kölcsey kedvéért maradt Pozsonyban. Szeptemberben azonban elhagyta a várost. Úgy döntött, hogy Borsodban helyezkedik el a megyénél. Hazatérése után előbb gyakornokként dolgozott, majd tiszteletbeli aljegyzővé nevezték ki. 1835 májusában a megyei közgyűlésen szólalt fel Wesselényi ügyében, s noha azt

nem sikerült elérnie, hogy a megye felírjon a szólásszabadság ügyében, beszéde nagy sikert aratott, s ezáltal némileg az ügy is nyert.

Szemerét 1834 óta foglalkoztatta a külföldi utazás gondolata, s rokona, Szemere György felajánlotta, hogy kifizeti annak költségeit. 1836 márciusában útlevéért folyamodott, majd Pozsonyba utazott. Május 3-án Pozsonyból Bécsbe, onnan Drezdába ment. Németország után Franciaországon át Angliába, onnan Írországra utazott. Rövid tartózkodás után visszatért Londonba, majd onnan áthajózott Hollandiába. Innen Belgiumon és Németországon át Svájcba utazott. 1837 októberében érkezett meg Bécsbe, s 1838 elején lépett újra magyar földre.

Utazása igazi tanulmányút volt. Mindehnyire igyekezett kapcsolatot keresni az értelmiséggel, s már Németországban azt tapasztalta, hogy a Magyarországgal rokonszenvezők sem sokat tudnak az országról. Szemerét azonban nem annyira az emberek, mint inkább az intézmények érdekelték. Szász- és Poroszországban a népnevelés és a fiatalok nevelő intézete, Franciaországban a választási rendszer, a sajtó, az igazságszolgáltatás, a biztosítók, az óvodák és a fogházak, Angliában a szegénnytörvény, az ipar és a börtönök keltették fel figyelmét. Foglalkozott az írószági szegénység és éhínség okaival, s egész útja során tanulmányozta a református papok özvegyeinek és árváinak megsegítésére létrehozott intézményeket.

Bécsben hozzálátott, hogy útinaplóját könyvvé dolgozza ki. Az eredmény a reformkori útleírás-irodalom egyik legjobb darabja lett. Útinaplójában Szemere nem elégedett meg úti élményeinek leírásával, hanem valóságos értekezéseket szőtt a naplóba. Mindenütt feljegyezte, milyen az illető országban a Magyarországról kialakult kép. Megtalálta a

módot, hogy népszerűsítse a képviselői demokráciát (leközölte az 1830-as francia alkotmány szövegét), az esküdtszékeket vagy a takarékpénztárakat. A kötet a cenzúra miatt csak 1840-ben jelent meg, s óriási sikert aratott. A reformnemzedék ugyanúgy a demokrácia és a haladás kézikönyveként forgatta, mint néhány évvel korábban Bölöni Farkas Sándor *Utazás Éjszak-Amerikában* című munkáját.

Amikor a magyar Tudós Társaság 1839-ben pályázatot hirdetett: „Határozatassék meg a büntetés értelme és célja; adassanak elő annak biztos elvei, s ezekhez alkalmazható nemei; fejtessek meg, találhat-e köztök helyet a halálbüntetés, és mely esetekben, miképpen és mily sikerrel gyakoroltattott ez a régi és újabb népeknél, különösen hazánkban”; Szemere is pályázott. A pályamű, *A büntetésről, s különösbbe a halálbüntetésről a szerző* külföldi tapasztalatainak, gazdag olvasottságának és hazai kutatóútjának eredménye. A beérkezett pályamunkák közül a társaság bírálói összesen hármat tartottak kiadásra és jutalomra alkalmasnak; közülük Szemerének ítelték a jutalmat. Szemere következtetése a halálbüntetéssel kapcsolatban egyértelmű: a halálbüntetés nem felel meg a büntetésekkel kapcsolatos igazságossági és társadalmi kívánatoknak. A büntetés ugyan személyes, de a bűnös rokonai is szenvedhetnek a vele járó gyaláztatótól. Nem erkölcsös viszont, amit Szemere a nyilvános kivégzések pszichológiai hatásával igazol. Nem „osztékony”, hiszen az élet elvétele és el nem vétele között nincs középút. Nem szellemi, hanem a legerőteljesebb testi büntetés. Nem javító, hiszen a kivégzéssel megakadályozza az elítélt megjavulását. Bizonyos ugyan, de nem egyenlő, hiszen másként hat az elítéltekre. Nem tanító, hiszen csak a gyilkosság esetében analóg az

elkövetett bűnnel. Példás, de gyakran az ellenkező hatást váltja ki. „Megakadályozza a bűn megismétlését, az állam más módon is meggátolhatja az elítéltek újabb bűncselekményeit.” Végül népszerű ugyan, de csak a gyilkosság esetében. Szemere e munkája a halálbüntetésről szóló magyar jogfilozófiai irodalom máig maradandó darabja.

1841-ben a megyei követutasítási bizottság tagjává, 1843-ban pedig Palóczy Lászlóval együtt követte választották. Szereplése az 1843–1844-es országgyűlésen pályafutásának legszebb fejezetei közé tartozik. Országgyűlési jegyzőként komoly szerepe volt a feliratok, válaszok és törvényjavaslatok formulázásában. A büntetőtörvénykönyv kidolgozására kiküldött országgyűlési választmány tagjaként máig maradandó munkát végzett. Az országgyűlés kerületi és országos ülésein több mint hetven felszólalása hangzott el. Felszólalásai-ból bámulatosan gazdag érdeklődési kör és tájékozottság tárul elénk. A városi reform, az igazságszolgáltatás átalakítása, a magyar nyelv ügye, a gazdasági önrendelkezés kérdéseiben ugyanúgy magas szintű szónoklatokat tartott, mint a bányatörvény, a honosítás vagy a közteherviselés kérdéseiben. Hosszú szónoklatokban elemezte a horvát–magyar viszony közjogi árnyalatait, de egy kötelező hozzászólás erejéig rámutatott a kormányzatnak a Részek visszacsatolása kapcsán követett törvénysértő eljárására. A Kisfaludy Társaság felkérésére törvényjavaslatot dolgozott ki az írói és művészi tulajdonjogok védelméről, de hozzászólott az építendő országgház pályázata vagy a gyorsíróképzés ügyéhez is. A reformellenzék többségéhez hasonlóan az országgyűlés kezdetén a konstruktív ellenzékiesség alapján kívánt ténykedni, ezért is dicsérte a királyi előterjesztéseket. Rá kellett azonban ébrednie, hogy a kormányzat ezúttal sem a

reformok elősegítését, a hiányzó törvények meghozatalát tekinti céljának, hanem inkább a korszerű javaslatok elgáncsolását. Ezért is bírálta olyan csípősen a kormányzatot és a főrendeket, amikor először vetődött fel az országgyűlés bezárásának lehetősége: „...e hazának nincs jövője oly főrendekkel, kik amely jogot az országtól kaptak, azzal mint ostorral sújtogatják vissza az országot; nincs jövője oly kormánnyal, mely törvényhozásbeli roppant kötelezettségét következőleg szokta teljesíteni: az országgyűlést megnyitja, megnyitván, a nemzet kívánatainak ellenszegül, és miután 15 hónap lefolyása alatt annak hűségesen ellenszegült, az országgyűlést beereszti”.

Az országgyűlés végül éppen azokban az ügyekben végződött a reformellenzék kudarcával, amelyeken Szemere is oly sokat dolgozott: nem sikerült keresztülvinni a városok belső szerkezetének demokratizálását, a büntető-törvénykönyvet, az írói és művészi tulajdonjogokról szóló javaslatot. Szemere követjelentési beszéde nem egyszerűen a sérelmi politika alapjáról bírálta a kormányzatot. Arra a következtetésre jutott, hogy a rendi országgyűlés jellege miatt alkalmatlan az ország polgári átalakításához szükséges törvények meghozatalára. E beszédben elsőként kezdeményezte az egységes ellenzéki párt létrehozását.

Az 1847 októberében tartott borsodi követválasztáson Szemerét közfelkiáltással választották a megye követévé. A megye követutasításának kidolgozásában is fontos szerepet játszott. A novemberben összeülő országgyűlés alsótábláján az ellenzék volt többségben, de ez még nem garantálta a sikert. Az ellenzék működésének koordinálására egy szűkebb körű tanácskozó testületet hoztak létre, amelynek Szemere is tagja volt, de a tanácskozáson a felsőtáblai ellenzék vezetői, Batthyány

Lajos és Teleki László is részt vettek. A Kossuth és Szemere közötti ellentét ezeken a konferenciákon bontakozott ki. Szemerét zavarta, hogy Kossuth minden kérdéshez hozzászólt, s hogy minden kérdésben maga akarta a képviselendő álláspontot az ellenzék nagy konferenciája elé terjeszteni. Emellett Szemere komolyan vette a kormányzattal történő megegyezés kísérletét, s érintkezésbe lépett Apponyi György kancellárral. Felajánlották: ha a rendek megkapják az évenkénti országgyűlést, és az adóügyben (azaz a közhelyviselés kérdésében) enged a kormány, hajlandók lojális feliratot intézni az uralkodóhoz. A nádor és Apponyi ellentéte miatt azonban a kísérlet kudarcra végződött.

Amikor 1848 februárjában Kossuth az ellenzék konferenciáján javasolta, hogy kérjenek alkotmányt az örökös és az itáliai tartományoknak, illetve kérje a kormányzatot az Itáliában állomásozó magyar hadsereg hazahozatalára, Szemere is az ellenzék között volt. Az ellenzék legfőbb ellenérve az volt, hogy ha az indítványt benyújtják, Ausztria olyan pénzügyi válságba kerülhet, amelynek következményei kiszámíthatatlanok. Szemere tartózkodásának lehetett még egy magyarázata: talán még mindig abban reménykedett, hogy a kormányzat rávehető az évenkénti országgyűlés követelésének teljesítésére.

Március elsején megérkezett a párizsi forradalom híre, március 3-án Kossuth megtette nevezetes felirati indítványát, amely lényegében a február végén előterjesztetteket tartalmazta. Szemere is azok között volt, akik a párizsi fordulat után következetesen támogatták Kossuthot és Batthyányt. Ott volt az országgyűlés által március 15-én Bécsbe indított küldöttségben is. Mint az alsóház jegyzője s az ellenzék szűkebb konferenciájának tagja több törvényjavaslat kidolgozásában

vállalt fontos szerepet. A törvényjavaslatok fennmaradt fogalmazványaiból egyértelműen kiderül, hogy több, 1848 nyarán és őszén fontosnak bizonyult paragrafus és bekezdés Szemere munkája volt. Így az, amely szerint a parlament csak az előző évi zárszámadás és a következő évi költségvetés megszavazása után osztható fel; hogy a magyar minisztérium nem csupán a megszűnő feudális kormányzások köréhez tartozó ügyekben gyakorolja hatóságát, hanem azon ügyekben is, amelyeknek ezekhez tartozniuk kellett volna; hogy Szemere legnevezetesebb alkotásáról, a sajtótörvényről ne is beszéljünk.

Kezdetől fogva valószínű volt az is, hogy Szemere az új magyar kormányban miniszteri tárcára számíthat. Neve több tárcával kapcsolatban is szóba került: így az oktatás-, a bel-, illetve a rendőri ügyekkel kapcsolatban is. Batthyány március 23-án jelentette be kormánya névsorát, s ekkor vált egyértelművé, hogy a nagy közigazgatási tapasztalattal s a miniszterséghez megkívánható elméleti képzettséggel egyaránt rendelkező Szemere kapja a belügyi tárcát. (A tárcára Kossuth is aspirált, s még április elején is cserélni akart Szemerével). Népszerűségét paradox módon éppen a már említett sajtótörvény árnyékolta be. Szemere ugyanis a törvény első változatában túlzottan magasan szabta meg a lapok kaucióját (napilapoknál 20 000, időszaki lapoknál 10 000 forint), s ez joggal sértette a sajtószabadság kivívásában fontos szerepet játszó budapesti forradalmi erőket. A felháborodás akkora volt, hogy Szemere kénytelen volt átdolgozni javaslatát, s a kaució összegét felére csökkenteni.

Alighogy az országgyűlés elfogadta az átdolgozott javaslatot, Szemere fontos megbízást kapott. Batthyány a fővárosból érkező hírek hatására, amelyek szerint a Pest megyei

Rendre Ügyelő Választmány szinte kormányzati szerepet készül játszani, illetve a sajtótörvény keltezte izgalmak hatására úgy döntött, hogy bejelenti kormánya névsorát, s hogy a kormány képviselőiben ideiglenes bizottmányt nevez ki a fővárosba. Ennek tagjává nevezte ki Szemerét, a miniszterjelöltek közül a fővárosban tartózkodó Klauzál Gábort és Pulszky Ferencet. A Miniszteri Országos Ideiglenes Bizottmány március 25-én kezdte meg munkáját, s fontos szerepet játszott a közigazgatás működtetésében, a feudális kormányzásokkal, a főhadparancsnokságokkal, a megyei és városi önkormányzatokkal való kapcsolattartásban vagy a ki-kitörő társadalmi konfliktusok kezelésében.

A Miniszteri Országos Ideiglenes Bizottmány a kormány április 14-i Pestre érkezése után még április 20-ig folytatta munkáját, de közben Szemere már megkezdte minisztériuma megszervezését. Belügyminiszterként legfontosabb teendője az 1848. áprilisi törvények életbeléptetése, a velük kapcsolatos viták kérdéseinek rendezése volt. Szemere egyike volt a legszorgalmasabb minisztereknek: a belügyminisztérium elnöki iratainak jelentős része az ő sajátkezű fogalmazványa. Ő rendelte el a városi és megyei tisztújításokat, terjesztette elő a kinevezendő főispánokat. Szemere eszményét kifejti egy május 13-án kiadott rendelete: „Van szabadság, de kell lenni rendnek is. A rendtelenség sírja a szabadságnak”. E felfogás természetesen ütközött a kormány radikális ellenzékének nézeteivel. Minisztertanácsaival nem voltak nézeteltérései, sőt, Kossuthal kimondottan szoros volt az együttműködése. Mészáros Lázár emlékirata szerint a tanácsuléseken „mint praktikus életbölcész jobban szívtott Kossuthhoz, mert miniszter szeretett lenni...” Batthyány bécsi és innsbrucki útjai idején Szemerét egyszer sem



bízta meg a miniszterelnöki pozícióban történő helyettesítésével; augusztus végén viszont mind a Délvidékre küldött Mészáros Lázár hadügyminiszter helyettesítését, mind pedig saját, a nemzetőrség és a honvédség szervezésével kapcsolatos tárcaszintű feladatkörét reá bízta.

Szemerének nem voltak illúziói az osztrák kormányzattal kapcsolatban, s hamar felismerte, hogy a horvát mozgalom kiegyenlítésére és a szerb lázadás elnyomására a Béccsel történő megegyezésen át vezet az út. Belügyminiszterként a királyi, illetve kormánybiztosi kinevezések kezdeményezésével, a nemzetőrség tábori szolgálatának megszervezésével fontos szerepet játszott a délvidéki szerb lázadás, illetve a Josip Jellačić fenyegető támadása elleni védelem megszervezésében. 1848 júniusától tevékenységében ezek a gyakorlati ügyek kerültek előtérbe: a népképviseleti országgyűlés alsó- és felsőházában viszonylag ritkán szólalt fel, s akkor sem annyira elvi kérdésekben.

A Batthyány-kormány lemondása után Szemere volt az egyetlen miniszter, aki nem mondott le, mégpedig azért, hogy legyen miniszter, aki az új kormány kinevezését ellenjegyzí. Batthyány újabb, ügyvezető miniszterelnöki megbízása után is tevékenyen részt vett a horvát invázió elleni védelmi intézkedések irányításában, annak ellenére, hogy nem szerepelt Batthyány újonnan felterjesztett kormányának névsorában.

Kossuth még szeptember 15-én kezdeményezte a Batthyány honvédelmi intézkedéseinek parlamenti ellenőrzését szolgáló bizottság megalakítását. A bizottság tagjaivá Kossuthon kívül Nyáry Pált, Sembery Imrét, Madarász Lászlót, Pálffy Jánost és Patay Józsefet választották. Szeptember 22-én Kossuth már e bizottság esetleges kormányjel-

legű működésére tett célzásokat. Szeptember 28-án a képviselőház Batthyány távollétének idejére a „honvédelmi választmány” jelenlévő tagjait, Kossuthot, Semberyt és Nyáryt bízta meg a végrehajtó hatalom vitelével. Másnap Kossuth javasolta, hogy bővítsék ki a választmányt a minisztériumok államtitkáiraival. A képviselőház ezt is elfogadta. Szeptember 30-tól az eddig a „képviselőház honvédelmi bizottsága” nevet viselő testület Országos Honvédelmi Bizottságyként (OHB) folytatta működését. Már szeptember 30-án fogalmazott, illetve aláírt rendeleteket két volt miniszter, Szemere, s az ezen a napon a Délvidékről visszatért Mészáros Lázár. Másnap, október 1-jén mindkettőjüket beválasztották a bizottságba. Október 4-ére a felsőházi tagok beválasztásával a testület létszáma – az államtitkárokat nem számítva – tizenkét főre növekedett.

Október 7-én a fővárosba visszatért Kossuth a képviselőház aznapi ülésén csak egy futó célzást tett arra, hogy az országgyűlésnek majd intézkednie kell a végrehajtó hatalomról; de az ülés fő tárgya az volt, hogy a ház nyilvánítsa törvénytelennek az október 3-i, az országgyűlést elnapoló uralkodói manifestumot. Hiszen ez volt a jogi alapja annak, hogy az egyáltalán intézkedhessen a végrehajtó hatalomról. Kossuth ezen a napon csak ezzel foglalkozott. Másnap megérkezett az október 6-i bécsi forradalom híre. Ebből nyilvánvalóvá vált, hogy az október 3-i manifestum végrehajtására nem lesz erő. Kossuth tehát az október 8-án reggel 10 órakor tartott ülésén javasolta, hogy a képviselőház a végrehajtó hatalmat ruházza az OHB-ra, olyan módon, hogy három tagját bízzák meg ennek gyakorlásával, míg a többiek feladatait e triumvirátus határozná meg. A képviselőház közhelyesléssel fogadta az indítványt, majd

az OHB – egy kollegiális (tehát a tárcákat el nem osztó) kormány – elnökévé választotta Kossuthot.

A fennmaradt iratanyag tanúsága szerint Kossuth, Madarász és Nyáry mellett Szemere volt a bizottság egyik legtevékenyebb tagja. Az OHB működésében ugyan nem voltak jelentősebb fennakadások, de a szervezet belső rendezetlensége főleg Kossuth távollétei alatt érezte hatását. Az OHB átszervezését az is indokolta, hogy Schwechat után nyilvánvalóvá vált: rövid időn belül aligha lehet békés megoldásra, s így királyi jóváhagyással történő kormányalakításra számítani. Így az ideiglenes rendezés olyan módosítása tűnt kézenfekvőnek, amelyben a tárcákat felosztják az OHB tagjai, illetve más, a kormányzásba bevonandó személyek között. Technikai jellegű probléma volt, hogy az OHB tagjainak egy része – éppen a kollegiális kormányzat miatt – rendszeresen távol volt a parlament üléseiről.

Az OHB szabályos kormányra alakításáról, a tárcák elosztásáról november 16. után indultak meg a tárgyalások. Kossuth beteg volt, s így írásban érintkezett a másik legfontosabb tényezővel, Szemerével. Szemere jelezte, igazából nagy hiány van rátermett emberekből. Utalt arra, hogy a tárcák elosztásánál figyelni kell arra, hogy minden bevett vallás tagjai arányosan legyenek képviselve; hogy a testületben legyenek főrendek, s legyenek erdélyiek. A legfőbb tisztázandó elvi szempontnak pedig azt tartotta: „alkunak van-e helye a dinasztiaival, vagy nincs-e semmi esetre?” Az értekezés eredményeként sajtókompromisszum született. Kossuth nem alakított kormányt, hanem az OHB-n belül osztotta el a tárcákat. Ő vitte tovább az elnökletet, a pénzügyet és „a hadviselés politikai irányzatát”. Nyáry kapta a belügyet (polgári

közigazgatást) és a hadseregellátást. Szemere az igazságügyi, Pulszky a kereskedelmi tárcát vezette, Madarász a rendőri és postai ügyeket. Mészáros megmaradt hadügyminiszternek. A közlekedésügyet Kossuth Beöthynek ajánlotta fel, aki azonban nem válaszolt, s nem töltötte be a vallás- és közoktatásügyi, illetve a külügyi tárcát sem. A tényleges minisztériummá alakulás elmaradásának oka valószínűleg az volt, hogy Nyáry nem akart miniszter lenni, Kossuth pedig olyan kormányt akart, amelyben minden tárcát saját elképzelései szerint tölthetne be.

Az OHB új rendszer szerinti munkája azonban csak a hónap végéig tartott. Szemere december 13-tól Felső-Magyarország teljhatalmú országos biztosa volt, Pulszky 1849 elején elhagyta az országot. A minisztériumokat a Debrecenbe költözéstől kezdve lényegében ismét az államtitkárok vezették. Állandónak csak Kossuth és Madarász pozíciója bizonyult.

Szemere több mint négy hónapon át működött Felső-Magyarország teljhatalmú országos biztosaként, s meghatározó szerepet játszott a felső-tiszai hadtest megszervezésében, majd a tavaszi hadjárat gazdasági alapjainak biztosításában. Kettős pozíciója – az országos biztosság és az OHB-tagság – birtokában olyan kényes ügyekben is mert és tudott cselekedni, mint az OHB által kinevezett, de a kápolnai csatában leszerepelt fővezér, Henryk Dembiński leváltása.

Politikai súlyát jelzi, hogy Kossuth 1849. április 15-én őt kérte fel az új kormányban a belügyminisztérium vezetésére, majd a személyes tárgyalások után a minisztertanács vezetésére. Kossuth először egy amerikai típusú kormányzati rendszerre gondolt, olyanra, amelyben ő maga lenne egy személyben a kormány- és az államfő. A kormányalakít-

tási tárgyalások során azonban kiderült: a miniszterjelöltek nem értenek egyet ezzel a megoldással. Így Kossuth engedni volt kénytelen, s így született meg a lényegében az 1848. évi állapotokra emlékeztető rendezés. Kossuth a volt nádor jogkörét kapta meg, kibővítve a miniszterelnöki jogosítványok egy részével. Szemere ugyan kísérletet tett egy önálló miniszterelnöki hivatal kiépítésére, de lényegében inkább kibővített jogkörű belügyminiszterként működött.

A Szemere-kormány a törvényalkotói munkát, a polgári állam megteremtését tartotta fő feladatának. Folytatódott a nem úrbéres szolgáltatások eltörléséről és állami megváltásáról szóló törvény előkészítése, elkészültek az első tervezetek a törvényhozás rendszerének átalakításáról, a nemzetiségek jogainak törvényi szabályozásáról, a zsidók emancipációjáról. E munkát azonban csakhamar a hadszervezésé váltotta fel, s ismét a katonák jutottak szerephez.

Az osztrák–orosz hadsereg túlereje minden erő mozgósítását megkövetelte, tehát a kormány elfogadta a havasalföldi levert forradalom román politikusainak ajánlatát, akik a magyarok és románok közötti megbékélés megteremtésén fáradoztak. A július 14-én aláírt *Projet de pacification* túllépett a korábbi magyar állásponton, s immáron a megyei önkormányzatokban és a nemzetőrség vezényletében is beleegyezett a román nyelv használatába. Július 28-án pedig a magyar képviselőház is elfogadta ezeket az elveket az összes nemzetiségre vonatkozóan, s Kossuth és Szemere aláírásukkal törvényerőre emelték. A tervezet és a belőle született törvény nem akadályozhatta meg a szabadságharc katonai összeomlását, de lehetővé tette, hogy az abszolutizmus időszakában az országban lakó népek politikusai ne egymás ellenében, hanem

egymással összefogva próbálják meg felvenni a harcot a mindegyikük nemzeti kifejlődését veszélyeztető hatalom ellen.

Az országgyűlés ezen az ülésén még egy erkölcsi adósságát teljesítette. Az 1848-as átalakulást a városok egy része arra akarta felhasználni, hogy megszabaduljon a zsidó iparúzóktól. A Batthyány-kormány katonaság bevetésével törte le a mozgalmakat, ugyanakkor a feszültségek csökkentése érdekében felmentette a zsidókat a nemzetőri szolgálat alól, s nem kaptak szavazójogot sem. Kállay Ödön már 1848 augusztusában indítványozta a zsidók egyenjogúsítását, de a javaslatot az országgyűlés nem tárgyalta. A szabadságharc folyamán a zsidóság jelentős szerepet játszott a honvédsereg felszerelésében és a hírszerzésben. Az egyenjogúsításról szóló törvényjavaslatot csak 1849. július 28-án terjesztette be Szemere, s fogadta el közfelkiáltással a parlament.

1849. június közepétől egyre több feszültség mutatkozott Kossuth kormányzóelnök és a Szemere-kormány között. Kossuth miniszteri ellenjegyzés nélkül bocsátott ki rendeleteket, közvetlenül levelezett a hadsereg parancsnokaival, s 1849. július elejétől ismételt távollétei során a korábbi minisztertanácsi döntésekkel ellentétes intézkedéseket fogantatosított. Szemere több levélben figyelmeztette Kossuthot, hogy eljárása a felelős kormányzás eszméjével nem egyezik meg, majd július 21-én írott emlékiratában beadta lemondását. Kossuth ezt nem fogadta el, mire Szemere július 25-én mind őt, mind Görgeit arra szólította fel, hogy a haza megmentése érdekében diktátorként irányítsák tovább a függetlenségi harcot. A július 30-i minisztertanács Szemerét és Batthyány Kázmér külügyminisztert bízta meg azzal, hogy a Görgei és az oroszok között kezdődött tárgyalások

fonalát vegyék fel, s próbáljanak az 1848-as törvények elismerése alapján megegyezést eszközölni az oroszokkal.

Szemere és Batthyány küldetése sikertelen maradt, az oroszok csak a fegyverletételről voltak hajlandók tárgyalni, az augusztus 9-i temesvári vereség pedig megpecsételte a szabadságharc sorsát. Kossuth és a miniszterek nagy része (Csány László, Aulich Lajos, Horváth Mihály, Vukovics Sebő) beadta lemondását, s Kossuth Görgeyt diktátorrá nevezte ki. Szemere és Batthyány azonban még a kormány lemondása előtt elhagyták Aradot. Indokaik nem egészen világosak. Úgy tűnik, Szemere és Batthyány bízott abban, hogy a déli és az erdélyi hadsereg maradványai még folytathatják a harcot; de az sem kizárható, hogy ily módon kívánták kivonni magukat a lemondás felelőssége alól. Kossuth az emigrációba indult, a két miniszter azonban augusztus 24-éig magyar földön maradt, s az utolsó harcoló csapatokkal hagyta el Magyarországot. Távozása előtt Szemere néhány társával Orsova közelében elásta a koronázási ékszereket.

A tét ekkor már az emigráció vezetése volt, s Szemere kezdetben jó eséllyel indulhatott. Kossuth lemondását a török felségterületre menekült katonák és polgáriak többsége is helytelenítette, s míg Kossuthot a török hatóságok orosz és osztrák követelésre internálták, Szemere és néhány társa egypár kitöltetlen útlevelel birtokában rövid keleti utazás után október 25-én francia földre lépett.

„Pályájában 1849 augusztusa után következett be az a fordulat, ami miatt lassan elszigetelődött. Miután – ellentétben Kossuthal – nem mondott le, úgy vélte, a magyar emigráció vezetése semmi esetre sem Kossuthot illeti. Szemere ezért közel másfél évtizeden keresztül újabb és újabb újságcikkekben,

pamfletekben támadta Kossuthot és a kossuthiánusokat, s ennek következtében az emigránsok többsége elfordult tőle.” Szemere az emigrációban ismét visszatért az íráshoz. A tucatnyi Kossuth-ellenes tiltakozó nyilatkozat mellett elméleti és összefoglaló munkák kerültek ki tolla alól. 1853 nyarán nagy lélegzetű munka írásába kezdett. A cím nélküli kézirat a magyarok és a magyarországi nemzetiségek közötti kapcsolat, a magyar nemzetiségi politika történetét dolgozta fel, s célja az volt, hogy a román és szerb emigránsok által félretájékoztató európai közvéleményt meggyőzze: 1848–49-ben a magyarok nem más nemzetek elnyomásáért, hanem az emigránsok számára is kedvezőbb fejlődést lehetővé tevő független Magyarország megteremtéséért harcoltak, s az ellenük lázadó nemzetiségek tévesen mérték fel saját érdekeiket. A két részre tagolódó munka első része foglalja magába az apológiát. A második részben Szemere arra a kérdésre keres választ: milyen alapon lehet maradandó államot alkotni. Cáfolja mind a történelmi, mind a földrajzi, mind a vérségi alapon történő, mind a politikai szabadságjogok kiterjesztésén alapuló államalkotás tartósságát, s úgy véli, csak a nemzetiség és a földrajzi határok valószínű összeegyeztetése hozhat megoldást. A szöveg innentől kissé zavarossá válik, de úgy tűnik, Szemere belátta: a két elv együttes alkalmazása csak államszövetségben lehetséges, s ezért a Duna-menti népek konföderációjára tett nehezen kihüvelyezhető javaslatot.

Az osztrák–francia viszony 1859 elején tapasztalt megromlása Szemerében is új reményeket keltett. Abban reménykedett, hogy ha az olasz egység kérdésében háború tör ki, ez Magyarország függetlenségének helyreállítására is hatással lehet. Áprilisban és májusban cikkek sorát írta, ám a megkeresett

francia lapok mindegyike visszaadta ezeket, mondván, hogy megnehezíthetnék a békés viszony helyreállítását. Szemere immár arra is hajlandó lett volna, hogy Kossuthal összefogva kíséreljék meg a minden eddiginél kedvezőbb külpolitikai esélyek kihasználását. Ám Kossuth kijelentette: bárkivel hajlandó együttműködni, kivéve Szemerét. S maguk a francia politikusok is fontosabbnak tartották Kossuth megnyerését, mint engesztelhetetlen ellenfelét. Emellett pontosan felmérték: Szemere mögött senki sem áll: Kossuth mögé viszont az emigráció nagy része s a magyarországi közvélemény csaknem egésze felsorakoztatható.

Szemere a maga mellőzöttségéből nem erre, hanem egy másik, hasonlóan helytálló következtetésre jutott. Úgy vélte, Franciaország számára a magyar emigráció csak mint nyomásgyakorló csoport jöhet szóba, s Magyarország felszabadítását az európai hatalmi viszonyok miatt nem tűzheti ki hadicélné. Ezért már az első hadisikerek után emlékiratban fordult Cavour gróf piemonti miniszterelnökhöz, Lord Palmerston angol miniszterelnökhöz, s arra szólította fel őket: lépjenek közbe az önálló, tehát a Habsburg-birodalmon belüli magyar önállóság és alkotmányosság helyreállítása érdekében. Ha a Lombardiával megnövekedő piemonti királyság nem állandó fenyegetést jelentő Ausztriát akar szomszédként, az alkotmányos Magyarország helyreállítása a legjobb biztosíték. Ha Anglia az európai egyensúly szempontjából fontosnak tartja a stabil Ausztria fennmaradását, Magyarország alkotmányos igényeinek kielégítésénél nincs jobb mód ennek biztosítására. A villafrancai fegyverszünet, majd a béke után Szemere igazolva láthatta aggodalmait, és sietett közzétenni Palmerstonhoz intézett emlékiratát. Az év végén külön, francia nyelvű

röpiratot írt *La question hongroise (1849-1860) (A magyar kérdés)* címmel. A munkában Szemere a magyar alkotmányosság alapelveit fejtegette, s kijelentette: a magyarok nemcsak önmaguk, hanem a birodalom más nemzetei számára is szabadságot akarnak. A könyvnek kimondottan jó visszhangja volt mind Franciaországban, mind Angliában, a lapok többsége dicsérte tartalmát és előadását.

Az itáliai háborút követő ausztriai változásokkal Szemere kevesellte, ám annál nagyobb örömmel üdvözölte az 1860. október 20-án kiadott császári diplomát. Ellentétben a magyarországi és az emigráns közvéleménnyel, Szemere arra figyelt, ami a diplomában benne foglaltatott, s nem arra, ami hiányzott belőle. Úgy vélte: az uralkodói dekrétumokban „elvileg csaknem minden megvan; s valóságban is minden meglesz, ha őszintén és jóakarattal hajtatnak végre. Ez az egész kérdés. – Ha áll is, hogy két vagy három dolog hiányzik, amit 1848-ban bírtunk, azt se feledjük el, hogy jogainkat újabb forradalom nélkül nyertük vissza. Fegyverrel kezünkben: mindent lehet követelni; de mikor alkudozunk, mindkét félnek készen kell lennie, hogy valamit engedjen”. Végső konklúziója ez volt: „ha a király őszintén megtartja szavát, annál jobb nekünk, mert ez esetben a szabadság és haladás útja nyitva áll előttünk; ha nem tartja meg szavát, annál rosszabb reá nézve, s Magyarország csak szerencsét kívánhat magának, hogy új fegyvereket kapott kezébe, melyekkel annál nagyobb sikerrel harcolhat”. A közvélemény azonban nem elvi, hanem gyakorlati engedményeket várt, így aztán Szemere mind emigránstársai, mind a hazai politikusok és lapok részéről komoly támadásoknak volt kitéve; az *Üstökös* egyenesen császári királyi emigránsnak titulálta. Szemerét azonban egyre kevésbé zavarta, ha népsze-

rületen álláspontot kellett képviselnie. Az általa gyakran ámítónak és álprófétának titulált Kossuthal szemben maga is hajlamos volt a meg nem értett próféta szerepét játszani. Újabb, 1860–1861 fordulóján írott cikkeiben arra figyelmeztette a hazai közvéleményt, hogy a független Magyarország képtelen lenne egyedül megbirkózni a nemzetiségek elszakadási törekvéseivel, míg Ausztriával összefogva nagyhatalmat alkothat. „*Néha rajtunk, a népeken van a sor ammesztiázni*. S vannak fontos pillanatai az időknék, midőn úgy a királyok, mint a népek elvesznek, ha *megbocsátani s kibékülni* alkalmas időben nem tudnak” – írta. Szemere a pánszlávizmus és szláv népek nemzeti mozgalmainak veszélyével indokolta a magyar és a német elem összefogását: „Talán nincs oly messze az idő, mint gondolnók, midőn az óriás északi birodalom [Oroszország] szabadelvű s nemzeti politikát követend, s ellenállhatlanul magához igyekszik vonni a ledőlt *török* birodalom fajrokon népeit. Ha nagyszerű találkozások színhelye *hazánk* leend szükségképpen, kérdem, lesz-e más természetes szövetségünk a németen kívül? És mi elszigetelnők magunkat ez egytől is? Avagy magunkat az óbarbár korban képzelve, azt hinnők botorul, hogy mi minden körülünk élő fajokkal ellentétben biztosan létezhetünk?” Továbbra is csak kiindulási alapnak mondta az októberi diplomát, hozzátéve, hogy a központi birodalmi tanács ötlete halva született, s nem más, mint a korábbi centralizáció „utómagva”.

Az 1861. évi országgyűlés hangulatával Szemere nagyon elégedetlen volt. Mint az a sakkjátékos, aki csak egy bizonyos kombináció szerint tudja elképzelni a következő lépést, az ott történeteket mindig abból a szempontból nézte, megfelelnek-e az általa felvázolt kiegyezési koncepciónak. Nem a császári

udvar és a birodalmi kormány hajlíthatatlanságát, hanem az országgyűlés tagjainak túlzott radikalizmusát kárhoztatta. 1861. július 6-án Majláth György tárnokmesterhez írott levelében kifejtette, Magyarországnak választania kell: vagy a dinasztiaival és a birodalom német elemével egyezik meg vagy a szláv nemzetiségekkel. Következtetése szerint a szlávokkal alkotott szövetség csak időleges lehet, s végeredménye a magyar nemzetiség romlása lenne. Szemere azonban tovább is viszi a gondolatot: ha Magyarország a dinasztiaival és a német elemmel tart, megálljt kell parancsolnia a demokratikus tendenciáknak. Fenn kell tartani a magyar alkotmány arisztokratikus szerkezetét, a felsőház intézményét, a katolikus egyház vagyonát és hatalmát. „E szempontból kiindulva azt tartom, ha a választói képességet megszorítani nem lehet, kiterjeszteni sem kell; a községi rendezés állíttassék a legszélesb alapra, mert ez a faji vágyok legszükségesebb kielégítésének módja, de a megyei gyűlések tagjainak száma csak annyira menjen, mennyinél kevesebb a szabadság szempontjából nem lehet; a sajtó legyen szabad, de politikai lapoknál szükséges a kaució, különben faji izgatások bennünket előzőnlenek...” – írta. Sőt, úgy vélte, nem fontos fenntartani a magyar had- és pénzügyi önállóság igényét, elegendő, ha a magyar országgyűlés az újoncmegajánlás és költségvetés megszavazása jogával rendelkezik.

Ha van jelentős fordulat Szemere pályáján, ez a levél kétségkívül az. Szemere ugyanazzal a dilemmával küszködött, amivel kortársai többsége: összeegyeztethető-e a magyar nemzeti állam eszménye a demokráciával? A szabadságjogok kiterjesztése nem veszélyezteti-e egy idő után magát a magyar nemzetiséget? Szemere válasza egyértelmű: „A nemzetiség, a XIX. század e legfontosb politikai

tényezője, az ítélet trombitáját harsogtatja történelmi státuséletünk fölött”, s a megoldás csak a régi alkotmány maradványainak megővése, konzerválása lehet. Az 1843–1844-ben az arisztokrácia és a klérus politikai hatalma ellen szónokló Szemere a történelmi tapasztalatok alapján a konzervatív belpolitika útját javasolja.

A fordulatot egyértelművé tette Szemere újabb megnyilatkozása. Kossuth Duna-konföderációs tervének napvilágra kerülése után Szemere nyílt levelet írt Fényes Elekhez, a neves magyar statisztikushoz, s ebben arra szólította fel, hogy „vegye azt bonckése alá, és elemezze”. Az írás azonban maga is a kossuthi tervezet kíméletlen bírálata. Véleménye szerint a tervben Kossuth ugyanazokat az ügyeket sorolná az új államszövetség hatáskörébe, amelyeket az 1861. februári császári páténs a birodalmi tanácsnak tart fenn. Az új államszövetség felvázolt működtetése „az ősi magyar állam végromlását vonná maga után, és ami több: *nemzetiségünkét*”. Szemere valóban a Duna-konföderáció legszínvonalasabb kritikáját készítette el, ám immáron nem szabadelvű alapállásból.

Ami hátravan, már csak a pálya szomorú vége. Naplójegyzeteiből tudjuk, hogy az emigráció kezdete óta meg-megújuló fejfájások gyötörték. A túlérzékeny alkat, a megfeszített munka, a családi gondok, felesége állandó betegeskedése és az emigráción belüli egyedüllét egyre inkább felőrölték energiáit. 1864 végén Szemere olyan lépésre szánta el magát, amelyet korábban mindig helytelenített: amnesztiát kért. A kérelem fogalmazványa mindennél világosabban bizonyítja: Szemere már nem ura gondolatainak. Először egy rövid, általánosságokban mozgó beadványt készített, ezt lánya, Mária tisztázta le. Szemere azonban elégedetlen volt a szöveggel, s újat készített.

A szöveg már semmiben sem emlékeztet az 1849. május 2-i republikánus kormányprogramra, sokkal inkább Kemény Zsigmond *Forradalom után*-jának hangvételét idézi. A sajátkezü, apologetikus fogalmazvány Kossuth szidalmazásába fordul. Szemere maga is érezte, hogy a szándék és a tartalom nem fedi egymást. Újra és újra nekiült a szövegnek, ceruzával és tintával újabb és újabb betoldásokat eszközölt rajta, de végül nem tisztázta le. Talán az önkontroll és az önbecsülés maradvék tartották vissza attól, hogy az egész pályafutását megtagadó szöveget rendbeszedve, alakanyarítsa a nevé. Így aztán a kérvényt már felesége írta meg, s az uralkodó ennek alapján engedélyezte a hazatérést.

1864. végén az apja egy éjszaka dührohámában a családjára támadt. Amikor 1865. január 24-én hazaérkezett, még szállodában helyezték el. Április elején már az elmebaj súlyosbodását állapították meg az orvosok, s elmeógyógyintézeti kezelését rendelték el. Itt élte le utolsó éveit, egészen 1869. január 6-án bekövetkezett haláláig.

Szemere pályája tragikus pálya. Homlokát nem ékesítette a politikai és egyéni mártíromság koszorúja, mint Kölcseyét, Wesselényiét, Batthyányét, Széchenyiét vagy Telekiét; nem vált a nemzet élő eszményülésévé, mint Kossuth; a tisztesség és bölcsesség jelképévé, mint Deák, vagy az alkotó szabadelvűségé, mint Eötvös. Holott életműve alapján a nagyok, ha nem is a legnagyobbak között van a helye.

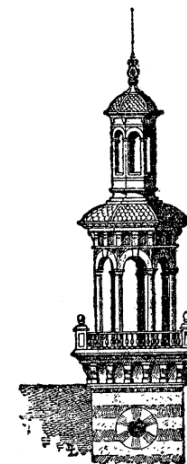
Ám a sors ehhez az életműhöz sem volt kegyes. A reformkorban megjelent munkái ma már szinte hozzáférhetetlenek. Országgyűlési beszédeit kis példányszámú kiadványok vagy megsárgult újságlapok rejtik. Az emigrációban írt művek egy része elveszett vagy kéziratban maradt, mint a nemzetiségi

kérdésről szóló munka. Ez utóbbinak máig nincs pontos kiadása. A magyar kérdésről szóló műve csak franciául és angolul férhető hozzá. Az 1870–1873-ban két kiadást megért összegyűjtött munkák csak szemezgetnek ebből a páratlanul gazdag életműből, s a bejegyzéseket erősen válogatva, a leveleket még meg is csonkítva közlik. Egyedül politikai jellemrajzainak van megbízható, kritikai jellegű kiadásuk.

Szemerének az utókorral sem volt szerencséje. Az 1867 utáni politikai irányzatok közül a függetlenségiek a Kossuthot kíméletlenül bíráló, a kiegyezés és a politikai stabilitás mellett érvelők a kormányát republikai, demokráciai és forradalmi irányúnak valló miniszterelnökből nem kértek. A századelőn

Szabó Ervin az igazi forradalmárok egyikeként hivatkozott rá – Kossuthal szemben. Az 1919 utáni történetírás vagy mint Kossuthnak a mérsékelt politikusokkal szembeni támogatóját és fegyvertársát emlegette, vagy az 1849 nyári intrikust, esetleg a Kossuthot személyes gyűlöletből támadó intrikust mutatta be. Jellemző tény, hogy az 1867–1990 közötti évtizedekben megjelent összefoglaló magyar történetek egyikében sem találni nem-hogy összefüggő arcképvázlatot, de még rövid jellemrajzot sem Szemeréről.

Kulcsszavak: *Szemere Bertalan, reformkor, forradalom, szabadságharc, Kossuth-emigráció, Batthyány-kormány, kormánybiztosság, Országos Honvédelmi Bizottmány*



# KÉTSZÁZ ÉVE SZÜLETETT TÓTH ÁGOSTON HONVÉDEZREDES, AZ MTA TAGJA, A 19. SZÁZADI MAGYAR TÉRKÉPEZÉS ÚTTÖRŐJE

Klinghammer István

az MTA rendes tagja  
klinghammer@map.elte.hu

A kartográfia tudományággá válásának közvetlen előtörténete, a résztudománnyá válás szakasza a 19. század elejére lezajlott. Ezt az időszakot követte a térképtudomány konstitúciójának első fázisa a 20. század fordulójáig. Ennek a tudománytörténeti korszaknak volt meghatározó tudósa a magyar Tóth Ágoston Ráfael (1812–1889).

## *A kartográfia résztudománnyá válása*

A kartográfia résztudománnyá váló fejlődését azok a nagy társadalmi változások befolyásolták, amelyek a 18. század végén és a 19. század elején lezajlottak. A francia forradalom győzelmével a polgári átalakulás nemcsak Franciaországban, hanem bizonyos késéssel a német nyelvű területeken is megindult.

Ez az átalakulás a hadseregben sokrétű volt. A tisztikarban már nem a származás, hanem a képzettség került előtérbe, és ez hatással volt az oktatási intézményekre és a szakirodalomra is. Kialakult egy merőben új taktika és stratégia, amely a hadtudománynak is jelentős impulzusokat adott. A feudális hadsereg átalakulása oda vezetett, hogy a vonalharcászatot felváltotta a csatár- és osz-

loptaktika, amely meglazította a kötött rendet, lehetővé tette a hadsereg nagyobb mozgékonyágát, és megkövetelte a terephez való jobb alkalmazkodási készséget. A napóleoni háborúk során a hadszíntér nagymértékben kiszélesedett, és ez fokozta a térképigényt. A stratégiában is nagy változások mentek végbe: megváltozott a cél: a térnyerés helyébe az ellenség szétverése került. Ehhez az erőket úgy kellett központosítani, hogy előnyt biztosítsanak a döntő ütközetben. Ezért vált a térkép Napóleon kezében fontos tervezési alappá.

A katonai tereptan németországi felvirágzása azt mutatja, hogy ott még fokozottabb mértékben fordult a figyelem a terepproblematika felé. A domborzatábrázolás lett a topográfiai kartográfia legfontosabb gyakorlati és elméleti problémája. A megoldást illetően erősen eltértek egymástól a vélemények. Megvolt még a régi dogma, hogy a csíkozással mind a lejtő-, mind pedig a magassági viszonyokat kifejezésre kell juttatni. Ennek az irracionális követelménynek különböző kihatásai voltak. Kialakult a szkepticista felfogás, amely tagadta a domborzat egzakt kartográfiai ábrázolásának még a lehetőségét

is, egy másik felfogás szerint pedig a magassági viszonyok bemutatása csak a lejtőviszonyok nagyon pontos visszaadása révén lehetséges. Az a felfogás, hogy a lejtő- és magassági viszonyokat különböző módszerekkel kell ábrázolni, csak jelzésszerűen volt meg.

Az első kartográfiai jellegű elmélet megalakítója a szász Johann Georg Lehmann őrnagy (1765–1811) nevéhez fűződik. 1799-ben Lipcsében jelent meg híressé vált könyve, amelynek címe magyarul *A ferde felületek megjelölését, avagy a hegyek helyszínrajzát szolgáló új elmélet ismertetése*. Ebben Lehmann nemcsak a csíkozást reformálta meg, hanem arra is törekedett, hogy a kartográfiában megeremtsse az elmélet és gyakorlat olyan új viszonyát, amelyben a gyakorlat alá van rendelve az elméletnek. Ez nemcsak abból az óhajából eredt, hogy a domborzatábrázolásból, amelyben „szinte tobzódott az individualizmus, minden szubjektivitást kiűzzön”, hanem a hadtudomány akkori elméletfelfogásából is.

A Porosz Katonai Társaság, amely a porosz hadsereg megreformálásának előfutára volt, 1803-ban Karl Friedrich Knesebeck őrnagy (1768–1848) előterjesztése alapján megtárgyalta a domborzatábrázolás kérdéseit. Knesebeck előadásában hangsúlyozta, hogy „a térkép nyelve a legprecízebb, a legrövidebb és a legegyszerűbb nyelv. A térképészetben azonban olyan nyelvzavar uralkodik, mint a bábeli torony építésénél, szabványosításra van tehát szükség.” Ez azzal járt, hogy a domborzat helyes és katonai célú térképi visszaadására rendkívül nagy hangsúlyt fektettek, ami kedvező körülményeket teremtett ahhoz, hogy Lehmann elmélete egy új térképészeti paradigma alapja legyen. Lehmann 1812-ben megjelent összefoglaló könyve, amelynek címe magyarul *A helyszínrajz tana*,

*avagy utasítás a Föld felszínének helyes felismeréséhez és a topográfiai térképeken, valamint a helyszínrajzi terveken való szabatos leképezéséhez*, lezárta az új térképészeti szemlélet kialakulásának időszakát. E paradigma kialakulása is hozzájárult a következő évtizedekben a kartográfia, mint résztudomány konszolidációjához.

Azt az integrációs szemléletmódot, amely elismeri, hogy minden térképészeti ábrázolási módszernek megvan a létjogosultsága, az osztrák Valentin Streffleur (1808–1870) alakította ki, mégpedig a domborzatábrázolási módszerek rendszerezésével. Streffleur eredetileg tiszt volt, majd az osztrák tisztképző intézményekben a tereptan és a helyszínrajz tanára. Ferenc Józsefet is tanította. 1848-ban a bécsi nemzeti gárda ideiglenes, majd helyettes parancsnoka lett. 1850-ben kivált a katonaság kötelékéből, és a pénzügyi és kereskedelmi, majd a hadügyminisztériumban dolgozott. Nagy érdemei voltak a civil kartográfia fejlesztésében, iskolai térképeket is szerkesztett. 1859-től az *Osztrák Katonai Folyóirat* szerkesztője volt, a domborzatábrázolás rendszerezéséről írt tanulmánya is itt jelent meg 1867–68-ban. Sokrétű tevékenysége kétségtelenül predesztinálta Streffleurt a kartográfia integratív szemléletére, elméleti hatása azonban csak a domborzatábrázolásra korlátozódott.

Az integrációs szemlélet átfogóbban és valamivel korábban is jelentkezett Emil von Sydow (1812–1873) 1866-ban megjelent tanulmányában, amelyben a kartográfia három alapproblémáját tárgyalta. Pályafutása hasonlított Streffleuréhez. Porosz tiszt volt, tanított a Berlieni Hadiakadémián, tagja volt a tisztvizsgáztató bizottságnak. 1855-ben Gothába költözött, a Justus Perthes Kiadónál dolgozott, ahol főleg iskolai térképeket szerkesztett. Ber-

linbe visszatérve ismét a hadiakadémián tanított, majd a porosz vezérkar kartográfiai osztályának főnökévé nevezték ki. Nagy tapasztalatra tett szert a topográfiai és a földrajzi kartográfia terén. A kartográfia három alapproblémájáról írt cikke a gothai *Földrajzi Évkönyvben* jelent meg. Ezek a problémák szerinte a következők: a gömb, a domborzat, valamint a valóság kicsinyített ábrázolása. A kartográfia különböző területeinek – vetülettan, domborzatábrázolás, generalizálás – összefoglalása már konkrét formában előkészítette azt a szemléletet, hogy a kartográfia bizonyos mértékben önálló tudományos területet képez. Most már nemcsak a domborzatábrázolási módszerek, hanem a kartográfia egészének rendszerezésére is felmerült az igény.

Az elméleti kartográfiát ebben az időben elsősorban azok a szakemberek vitték előre, akik szoros kapcsolatban voltak a kartográfia mind katonai kereteken belül, mind pedig kívül fejlődő területeivel. Közéjük tartozott az osztrák Franz von Hauslab (1798–1883), aki a helyszínrajz tanára volt a Bécsi Hadmérnöki Akadémián. Vezérőrnagy beosztásban részt vett a magyar szabadságharc leverésében, katonai pályáját tábornagyként fejezte be. Ő dolgozta ki a jelkulcsot a II. katonai felméréshez. Katonai kereteken kívül folytatott tudományos tevékenységére utal, hogy a Bécsi Földrajzi Társaság elnöke volt. Nagy szerepe volt a magassági rétegszínezés kifejlesztésében. Úttörő munkát végzett a domborzatárnyékolás felkarolásával, mivel ezt a régi módszert a csikozás szinte teljesen kiszorította. Iskolateremtő egyéniség volt, tanítványai közé tartozott Tóth Ágoston is.

#### *A térképtudomány konstitúciójának első fázisa*

Sydow és Streffleur munkái már előkészítették a térképtudomány ismeretrendszerének

integrációs szemléletét. Ehhez több más publikáció is hozzájárult, de az igazi fordulópontot Tóth Ágoston (1812–1889) könyve hozta meg: *A helyszínrajz és földképkészítés történelme, elmélete és jelen állása*, amely 1869-ben jelent meg Pesten. Tóth „helyszínrajz” alatt topográfiai kartográfiát, a „földképkészítés” alatt pedig kisebb méretarányú térképek elkészítését értette, amelyet röviden földrajzi kartográfiának nevezhetünk.

A kartográfia e két nagy területe számára nem volt még közös fogalma, de könyvében már együtt tárgyalta őket. Bevonta a tematikus térképeket is, voltaképpen csak a vetülettan hiányzott. Tóth a helyszínrajz fejlődésével kapcsolatos megjegyzéseivel a kartográfia tudománnyá válásának történelmi és aktuális vonatkozásait is felismerte: „A helyszínrajznak eddig csupán hadi célja volt, és történelmében oly viszonyokon ment át, mint a vegyész, mely... szolgája volt az alchimiának és gyógyászatnak, és csak később bontakozott ki lánczaiból és lett önálló tudománnyá. A helyszínrajz is szolga volt a had kezében, csak egyoldalú kifejlődésben részesült és csak újabb időben jön öntudatra, azon helyet foglalván el, melyre befolyása által a földírásra és földtanra oly igen érdemes. A hadi térképek és földabroszok kiállítása csak mellékes czélnak tekinthető... , sokkal jelentékenyebb a helyszínrajz készítményének azon hivatása, miszerint az ipart és kereskedést előmozdítja, s a közjólétet és miveltiséget gyarapítja.”

Itt felmerül a kérdés, hogyan lehetséges az, hogy a kartográfia fejlődésében akkor még a periférián meghúzódó Magyarországon fogalmazódik meg az integrációs szemlélet manifesztuma, és nem a kartográfia akkori centrumaiban. Ehhez figyelembe kell venni a következőket: Tóthnak már kiképzésétől kezdve jó kapcsolatai vannak a kartográfia

egyik fő székhelyével, Béccsel – Hauslab tanítványa a Hadmérnöki Akadémián. A vezérkari beosztás megszerzéséhez térképészetet foglalkozik, és így részt vesz a II. katonai felmérésben. Munkatársa az 1839-ben alapított Katonaföldrajzi Intézetnek. Ezek a kapcsolatok a magyar szabadságharc alatt megszakadnak. Tóth ezredest a szabadságharcban való részvétele miatt halálra ítélik, az ítéletet azonban olmtüzi várfogságra változtatják. (Itt raboskodott Zsigmondy Vilmos bányamérnök és Rómer Flóris régész is, a későbbi jeles akadémikustársak.) Szabadulása után több munkakörben dolgozik: uradalmi ispán, megyei mérnök, oktató a Keszthelyi Földműves Iskolán. Az 1867-es kiegyezés Magyarországnak térképészeti szempontból is új lehetőséget ígért. Tóthot a Közlekedési Minisztérium főmérnökének nevezik ki, és megbízzák a Topográfiai Osztály megszervezésével. A nemzetközi tapasztalatok figyelembevételének biztosítására Tóthot európai tanulmányútra küldik, így kapcsolatba kerül a kartográfia centrumaival. Meglátogatja Hauslabot Bécsben, Sydow-t Berlinben, de járt Párizsban, Brüsszelben, Stuttgartban, Karlsruheban, Drezdában is.

*Helyszínrajz...* című munkájában Tóth lényegében ezt a tanulmányutat értékelte ki, és javasolta egy magyar helyszínrajzi intézet felállítását. Felismerte, hogy csak úgy tudja elérni Magyarország felzárkóztatását a térképészet élvonalába, ha a térkép iránti sokrétű igényt, és így a kartográfia minden területét figyelembe veszi, ellentétben a bécsi Katonaföldrajzi Intézet akkori gyakorlatával. Tóth Ágoston tudomány szemléletében nyoma sem volt a természettudomány és társadalomtudomány ellentétének, és ez hozzájárult ahhoz, hogy a szaktérképeket tematikailag átfogó formában tárgyalta.

Integrációs szemléletének kialakulásában sokféle irányú tevékenysége mellett hazafiúi érzelme is szerepet játszott – progresszív patriotizmusában, mint ezt írásai is bizonyítják, a hazafiság és a nemzetközi haladás egymással szorosan összefüggő egységet alkotott. Alig jelent meg jelentős műve, máris belefogott *Az európai nemzetközi fokmérés és a körébe tartozó geodaetiai munkálatok* című cikke elkészítésébe. Az utazásai során gyűjtött anyagból megírta a fokmérés egész történetét. A Magyar Tudományos Akadémia a munkát kinyomtatta, és 1870-ben meg is jelentette. E munkája, valamint a *Helyszínrajz...* című könyve alapján választotta az MTA levelező tagjává. 1871-ben engedélyt kapott a minisztériumtól, hogy részt vegyen az antwerpeni nemzetközi földrajzi kongresszuson. A minisztérium, félve az esetleges költségektől, azonban megkötésekkel élt, és nem engedte mindazt a szép munkát kivinni, amit Tóth felsorolt. Mindössze Erdély domborművé térképét és öt svájci csataterképét vihetett ki a kiállításra. A kongresszus Tóth műveit éremmel jutalmazta. Akadémiai székfoglalóját *A földkép-készítés jelen állása, amint az képviselve volt az antwerpeni kiállításon* címmel 1871 decemberében tartotta, és előadását Hunfalvy Jánoshoz, az egyetem földrajzprofesszorához intézett felszólítással fejezte be: „alapíttassék Magyarországon földrajzi társaság, a művelt nyugat nagy államaihoz hasonlóan.” Felhívása megértésre talált, 1872-ben megalakult a Magyar Földrajzi Társaság. Első elnöke Hunfalvy János lett, alelnöknek megválasztották Tóth Ágostont és Vámbéry Ármint. (Érdekeség, hogy miután a Természettudományi Társulat ebben az időben úgy határozott, tagjai sorába nőket nem vesz fel, a Magyar Földrajzi Társaság egyik ülésén elhatározták, a tagok sorában nők is helyet

foglalhatnak. E tényt hangsúlyozandó, Tóth felhívást tett közzé *A Divat* című folyóiratban, a magyar hölgyekhez. Hatása annyiban mutatkozott, hogy a Földrajzi Társaságnak több hölgytagja is lett. . .)

A felmerült kérdésre végeredményben azt mondhatjuk, hogy Tóth Ágoston európai kapcsolatai és az ország már említett perifériális helyzetének előnyei egymást erősítették, és rendkívül kedvező helyzetet teremtett egy nagy horderejű stratégia kidolgozásához, amely a magyar térképészet kibontakozását célozta, és amelynek a kartográfia integrációs szemlélete egy szükségesen velejáró, de nem az előtérben álló része volt.

Ám a kedvező állapot csak időleges volt, Tóth koncepciója illuzórikusnak bizonyult. A bécsi Katonaföldrajzi Intézet monopóliumát nem tudta megtörni, és az ország Monarchián belüli függetlenségének határai is megmutatkoztak. Jelentkezett a perifériális helyzet egy további hátránya, a centrumra való visszahatás korlátozottsága. Hiába írta meg Tóth könyvét németül is, a bécsi könyvkiadók attól tartottak, hogy egy magyar ember kartográfiai tárgyú munkáját német nyelvterületen nem fogják komolyan venni. A magyar változatot is csak bécsi anyósának anyagi támogatásával tudta kiadni. A nemzetközi tudományos élet erről a munkáról főleg a gothai Augustus Heinrich Petermann *Közleményeiben* megjelent rövid ismertetés alapján szerezhetett csak tudomást. Ennek hátterére is csak a közelmúltban derült fény. Tragikus és fájdalmas, hogy a szöveget Tóth Ágostonnak magának kellett megfogalmaznia.

*Az integrációs szemlélet megjelenése a térképészet oktatásában*

Az 1870-es évek elején a térképészet tananyagaiban is kezd megjelenni az integrációs

szemléletre utaló tematikai bővülés; ez azonban a katonaságnak a térképpel szemben támasztott igényei megváltozásával is összefüggött. A vontcsövű és gyújtótűs puska elterjedésével megkezdődött az átmenet egy új taktikai formába: a gyalogság fellazult alakulatban, csatárláncban nyomult előre, és így jobban ki tudta használni a terep adottságait. A technika fejlődése a stratégiára is kihatott; a frontális támadás megnehezült, így az ellenség szárnyainak a megtámadása került előtérbe. Ugyanakkor rendkívüli mértékben megnőtt a hadsereg létszáma. Tovább nőtt a térkép szerepe a katonai hadműveletek összehangolásában, erősödött a taktika jelentősége is. Mindez azzal járt, hogy a térkép pontosságát illetően fokozódott a hadsereg igénye, a pontosabb térkép elkészítése viszont specialistákat követelt meg. A katonai térképigény differenciálódott is, nemcsak nagy, hanem kis méretarányú térképekre is szükség támadt. Ezek a folyamatok a katonai kartográfiai szakirodalom tematikus bővüléséhez vezettek. A még mindig aktuális térképészeti ismeretek mellett a térképészeti ismeretekre toltott a hangsúly. A magyar nyelvű tananyagok is ezeket a folyamatokat tükrözik.

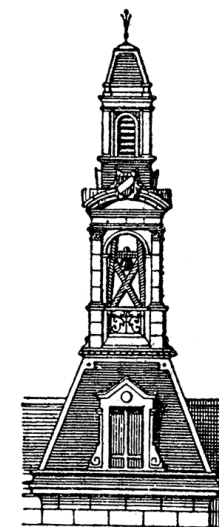
A kiegyezés után Magyarországon is meginduló tisztképzésben Tóth Ágoston részt vett; 1869 telére elkészítette a pesti egyetemen tartandó katonai előadások anyagát a következő tárgyakból: a hadművészet története, hadsereg-szervezet, stratégia, tereptan, térképolvasás és katonai felvétel. Nagy nehézségekkel kellett megküzdenie a szakkifejezések terén, mert előadásaihoz elsőként ültette át németből magyarra a szakmai fogalmakat. Eötvös József vallás- és közoktatásügyi miniszter rendelkezése a bölcsészkaron százhusz beiratkozott hallgató részvételével, tavasszal indultak az előadások. „Az előadások kezdete ünnepélyes

keretek közt folyt le. A terem zsúfolásig megtelt különböző kari hallgatókkal. Tóth félve lépett az asztalhoz és dobogó szívvel kezdett ünnepi megnyitójának felolvasásához: Szózat Magyarország harcra termett ifjúságához!” – írja 1938-as tanulmánykötetében Irmédi-Molnár László térképész ezredes, a Tóth-életmű avatott kutatója. A Ludovika Akadémia felállítását követően, amely az 1812-ben Vácot alapított, majd 1838-ban Pestre költöző Magyar Hadi Főtanoda jogutóda volt, az

egyetemen folyó előadások napjai meg voltak számlálva. 1873 elején, a vizsgaidőszak végén felmentését kérte a dékántól, és még ugyanabban az évben munkahelyén is nyugdíjazását kérte a minisztertől.

Egy kiváló ember értékes szakmai-tudományos pályafutása ezzel véget ért.

Kulcsszavak: *a térképtudomány konstitúciója, elméleti kartográfia, tereptan, domborzatábrázolás, a térképészet oktatása*



## Tudós fórum

### A ÖREGNEK AURÁJA VOLT...

#### Záborszky László agykutató Szentágothai Jánosról

Záborszky László 1966-ban medikusként került Szentágothai intézetébe, majd a Semmelweis Orvostudományi Egyetem elvégzése után 1981-ig dolgozott ott. Azóta az Egyesült Államokban él, jelenleg a Rutgers Egyetem professzora. Egyik kutatási területe, hogy a bazális előagy kolinerger sejteinek pusztulása milyen mechanizmusokon keresztül járul hozzá az Alzheimer-kóros betegek agykérgében bekövetkező anatómiai és funkcionális változásokhoz. A kérgi tevékenység ugyanis jelentős részben az előagy látja el acetilkolin ideg ingerület-átvivő anyaggal.

A Magyar Tudományos Akadémia külső tagja Szentágothai János tanítványának tartja magát, és Gimes Juliának így mesélt „az Öreggel” töltött tizenöt évről:

1969-ben végeztem a Semmelweis Orvostudományi Egyetemen, de a Szentágothai által vezetett 1. számú Anatómiai Intézetben már 1966-tól demonstrátorként anatómiát oktathattam, és Palkovits Miklós professzor mellett tudományos diákkörösként kutatómunkát is végezhettem. Papp László évfolyamtársammal ugyanis másodéves korunkban írtunk egy neuroanatómiai pályázatot, és tulajdonképpen ez adta a keretet első munkánkhoz.

A mi évfolyamunknak óriási szerencséje volt, mert Szentágothai abban az évben jött

fel Pécsről Budapestre, amikor mi megkezdtük az egyetemi tanulmányainkat. Így aztán részünk lehetett egy reneszánsz személyiség legendás előadásaiban, és nem „csupán” azt hallhattuk, hogy óriási fantáziájával és műveltségével a különböző anatómiai ismereteket hogyan kapcsolja össze a zenével, az irodalommal vagy éppen a képzőművészetekkel, hanem mindig értesültünk a legfrissebb agykutatói eredményekről is. Amikor ugyanis hazatért egy-egy külföldi kongresszusról, mindig megosztotta velünk az ott hallott újdonságokat. Akkoriban a neurobiológia óriási fejlődésnek indult, szinte napról napra születtek az érdekesebbnél érdekesebb eredmények. Intézetében az oktatás és a kutatás egyaránt világszínvonalú volt, az európai mezőnyben biztosan az első három legjobb közé lehetett sorolni.

*Őn mindig is kutató szeretett volna lenni?*

Őszintén szólva én valójában neurológusnak készültem, de amikor 69-ben Népköztársasági Gyűlési diplomámmal – ilyenekkel a 450 fős évfolyamról összesen négyen rendelkeztünk – felkerestem az Ideg-Elmegyógyászati Klinika akkori igazgatóját, Juhász Pált, hogy oda szeretnék menni dolgozni, Juhász feltételül szabta, hogy lépjek be a pártba. Mivel erre

nem voltam hajlandó, maradtam az Anatómiai Intézetben. Szentágothai nem akarta, hogy párttag legyek, és máig azt gondolom, jól döntöttem. Az ő csodálatos személyisége mindenért kárpótolt.

*Kárpótolta azért is, hogy a gyógyítás öröme kimaradt az életéből?*

Nézze, ez valóban mindig hiányzott egy kicsit. Emlékszem, talán négy éve dolgozhattam az anatómián, amikor egyszer azt mondtam Palkovitsnak, hogy mégis klinikus leszek. Ő azt válaszolta, higgyem el, jó lesz ez így, ne váltsak, és meggyőződött, hogy maradjak. Őszintén mondom, nem bántam meg.

Amikor 1981 és 1992 között a híres svéd származású Lennart Heimer meghívására a Virginiai Orvostudományi Egyetem Neurológiai Intézetében dolgozhattam, volt némi kapcsolat a klinikummal, mert bár a betegekkel személyesen nem találkoztam, részt vettem az intézet heti ülésein, így ismertem a gyógyító munkát is.

1993-ban kerültem a Rutgers Egyetem Molekuláris- és Viselkedésneurológiai Intézetébe – itt dolgozom ma is –, és bár ez egy elméleti intézet, a kutatási tevékenység a neuroanatómiától a funkcionális képalkotó vizsgálatokon keresztül a gyermekek kognitív fejlődéséig az idegtudomány számos területét felöleli. Itt ugyan nem gyógyítunk, de születnek olyan új ismeretek, amelyek a gyógyításban is alkalmazhatók, vagy egyszer azok lesznek. Nem ismerem tehát azt az érzést, amikor az orvos tudja, hogy segített a betegén. Ismerem viszont a felfedezés örömeit.

*Őn 1981-től az Egyesült Államokban dolgozott, Szentágothaival tehát tizenöt év fűzi össze. Mit adott önnek ez az időszak? Milyen volt intézetében zöldfülű kezdőnek lenni?*

Bizonyára említették már mások is, hogy az akkori egyetemi oktatás a tekintélytisztellett, hierarchiát fontosnak tartó német modellt követte, és Szentágothai személyisége ezen felül is tisztelgetet követelt. Az „Öregnek”, mert viszonylag fiatal kora ellenére így hívtuk, talán azért, mert azt gondoltuk, hogy ő mindent tud, szóval az Öregnek aurája volt. Amikor belépett az intézeti értekezletre, mindnyájan felálltunk, és haptákba vágtuk magunkat, de ha bementünk a szobájába, akkor is álltunk, amíg azt nem mondta, hogy „ülj le”. Ő tegett bennünket, és természetesen udvariatlanság lett volna visszategezni. Ennek ellenére Szentágothai rendkívül közvetlen ember volt, és mindenkivel megtalálta a hangot. Volt egy fodrász az Üllői úton, sokan jártunk hozzá, és egyszer kiderült, hogy az Öreg is nála vágatta a haját. Évekkal később mesélte, hogy mi mindenről beszélgetett Szentágothaival.

Nála „zöldfülűnek” lenni nagyon hasznos volt. A neurobiológus a mikroszkóp alatt annyira vékony szeleteket vizsgál, hogy a minták tulajdonképpen síkbeli, és nem térbeli elrendeződést mutatnak, miközben a valóságban az agyban az idegsejtek szövetvényes kapcsolatai három dimenzióban léteznek. Szentágothai azonban óriási fantáziájával a kétdimenziós eredményekből a világon az elsők között háromdimenziós ábrázolásokat és működési modelleket konstruált.

Amit az agykutató 2D-ben lát, az csak szegényes leképezése a valóságnak. Olyan, mint amikor egy térképet összehasonlítunk egy számítógép által szimulált domborzatos ábrázolással. Csakhogy abban az időben nem használtunk komputereket, és egészen hihetetlen, ahogy sejtek vagy szinapszisok megfigyelése alapján a professzor úr 3D-s modelleket alkotott. Ma is büszkén viszem előadásaimra a rajzait, és elmondom, hogy ez Szent-



ágothai modellje 1968-ból, '78-ból vagy éppen '89-ből. És tudja mi a bámulus? Hogy többségük még ma, a számítógépek és az új, akkor még nem létező neurobiológiai módszerek korában is megállja a helyét.

Megtanultuk tőle, hogy a tudományban nem csupán adatgyűjtésre van szükség, hanem gondolkodásra és fantáziára. Ő egy romantikus személyiség volt, aki nagyon sok fantáziát vitt bele az adatokba. Mi, a tanítványai erre persze nem vagyunk képesek olyan szinten, mint ő volt, de a szemléletet, a gondolkodásmódot átadta nekünk.

Átadta nekünk az oktatás fontosságával és szeretetével kapcsolatos hitét is, valamint azt, hogy az ember érdemtelenül a tanítványaitól nem vesz el babérokat.

Emlékszem, volt két olyan közleményem, amelyeket ő az első mondattól az utolsóig átírt. Azt mondta: na, add ide azt a vacakot! Cikkenként legalább tizenöt óra munkájába kerülhetett a dolog, mégsem engedte, hogy szerzőtárs legyen, mondván, hogy érdemben nem vett részt a munkában. Ma olyan ritka az ilyen szemléletű főnök! Egyrészt az emberek hiúk, másrészt állandóan újabb és újabb cikkeket kell produkálnunk ahhoz, hogylegendő támogatáshoz jussunk.

Mondok egy másik példát is: amikor 1978-ban a Ferrier-díj alkalmából előadást tartott Oxfordban, egyik ábrám is belevette az előadásba, és nem felejtette el megemlíteni a nevemet. Pedig nyugodtan használhatta volna enélkül is. De ő elismerte azokat, akikkel dolgozott, akik munkájukkal őt segítették, és akiktől talán valamit ő is tanult.

Szentágothai egyébként fantasztikusan tájékozott volt mások eredményeit illetően is, de az ő eredményei is világhírűek voltak, és sok közülük az ma is. Az evolúciós szempontból legősibb gerincvelőtől a „legújabb” nagy-

agykéregig az idegrendszer szinte minden területén végzett kutatásokat, és sok eredményét, még ma, halála után tizennyolc évvel is idézik.

Mi manapság örülünk, ha munkánk során megértjük az idegrendszer egy parányi részének működését, és azon keresztül kerülünk kicsit közelebb az agy működésének megértéséhez.

Kár, hogy az oktatásban igazi szemléletváltozást hozó tankönyve, a *Funkcionális anatómia* csak magyarul jelent meg. Bevallom, még ma is, amikor a Rutgersen előadom a humán neuroanatómiát, időnként belenézek, hogy erről vagy arról mit mondott az Öreg.

Nos, visszatérve a zöldfülséghez. Nála nagyon sok híres és kiváló agykutató megfordult, akiknek ő bemutatta azokat a tanítványait, akikről úgy gondolta, hogy csinálnak is valamit. Így ismerkedhettem meg például a Nobel-díjas sir John Eccless-szel, aki személyes barátja is volt, medikusként így találkoztam Geoffrey Harris professzorral, aki a hipotalamusz-hipofízis rendszer kutatásában volt világhírű, és Szentágothai elhozta őt a Palkovits-laborba, így ismerkedhettem meg Geoff Raismannal is, aki az első olyan kutató volt, akinek én mutathattam meg Budapestet. Akkoriban nem nagyon tudtam angolul, de valahogy elboldogultam, és húsz évvel később, amikor egyszer meghívtak Londonba, felhívtam Raismann telefonon, hogy emlékszik-e rám. Emlékezett, találkoztunk, és órákat beszélgettünk. Ilyen sokat jelentett akkoriban Szentágothai intézetében dolgozni. És az Öreg nem úgy mutatott be bennünket, hogy ezek a lehetetlen kis alakok, hanem büszkén mesélt arról, hogy mit is csinálunk.

Szóval lehetőségünk volt arra, hogy nagy embereket ismerjünk meg, és Szentágothai révén személyes kapcsolatokat is kiépítsünk.

Előfordult azonban az is, hogy túl messzire mentem. Egyszer például az mondtam az öregnek, hogy szeretnék elmenni dolgozni Max Cowanhez a Salk Institute-ba, és kértem, hogy írjon neki az érdeklődésemről. Erre ő azt válaszolta, hogy intézkedjek én, és aztán, ha Max majd úgy gondolja, megkeresi őt. Hát ehhez nem volt bátorságom, így aztán az a tanulmányút kimaradt az életemből.

*Van Szentágothaiival kapcsolatos kedvenc élménye?*

A pécsiek mesélték, hogy a hangjával irányította az intézetet, és iszonyatosan tudott ordítani. Pesten ez nehezebb volt, mert nagyobb volt az intézet, és a falak is vastagok voltak. Egyszer megkért, hogy egy nem különösebben érdekes kutatót vigyek el ide-oda, és nemet mondtam. Rettenetesen kiabált velem, és a titkárnő azt mondta: Te Laci, így még sosem hallottam ordítani a professzor urat.

*És hatott az ordítás? Megadta magát?*

Úgy emlékszem, hogy nem, mert Palkovits Miki akkor külföldön volt, ezért nekem a laborban még a szokásosnál is több dolgom volt. Ráadásul épp egy könyvfejezetet is írtam.

Szentágothai később soha nem mondta, hogy igazam volt, de azt hiszem, valahol respektálta, hogy nem hunyázkodtam meg, mertem ellentmondani. Szerintem ezt akkoriban nem sokat merték, és lehet, hogy ma már én sem tartanék ki a „nem” mellett. És ma, vén fejjel, mostani főnökömmel valószínűleg nem merném ezt megcsinálni.

De nem ezt szerettem volna kedves élményként elmondani, hanem azt, hogy sok évvel később, 1993-ban meghívtam őt a Rutgersre előadást tartani. Nagy megtiszteltetés volt, hogy eljött. Ez egyébként körülbelül egy évvel a halála előtt történt, nyolcvanegy éves volt. Én akkor kerültem Virginiából Newarkba, és nem ismertem a helyi viszonyokat. Este autóval egy vacsorára vittem, ahol neves kutatók, többek között a főnökeim is vártak ránk. Eltévedtem, és jól elkéstünk a vacsoráról. Rettegtem, hogy üvöltöni fog velem, hogy milyen hülye vagyok, de nagyon kedvesen tolerálta. És a vacsora után a két akkori igazgatómmal kapcsolatban azt mondta nekem: „Te Laci, vigyázz, hiénákkal vagy körülveve.” És hát igaza volt.

Azt azonban hozzáteszem, hogy Amerikában, ha az ember elesik, de aztán feláll, akkor tiszteletet vív ki. Nagy a verseny, de annival jobb a helyzet, mint otthon, hogy ha sikerül eggyel többször fölállni, mint ahányszor elesni, akkor az illető már sikeres. És a lehetőség, hogy az ember komoly munkával fölálljon, mindig adott.

Szentágothai kemény ember volt, de akít becsült, azzal érezte is. Egy héttel a halála előtt Budapesten tartottam egy előadást, még arra is emlékszem, hogy szombat volt. Ő képes volt reggel 8-ra bejönni, hogy meghallgasson, és aztán azt mondta: „Laci, nagyon jó dolgokat csinál...”.

Kulcsszavak: *Szentágothai János, tisztelet, fantázia, reneszánsz ember*

## Vélemény, vita

# TRÓNFOSZTÁS – VAGY CSAK BEHUNYT SZEMMEL A TRÓN ELŐTT? HOZZÁSZÓLÁS BRENDEL MÁTYÁS A NAGYTRÓNFOSZTÁS CÍMŰ ÍRÁSÁHOZ

Szentpétery Péter

PhD, habil., docens, tanszékvezető,  
Evangélikus Hittudományi Egyetem  
peter.szentpetyer@lutheran.hu

Igazat kell adnunk Paul Tillichnek: az az állítás, hogy „Isten létezik”, akaratlanul is káromlásnak minősül, mert úgy állítja be Istent, mintha alávethető lenne a lét-nemlét kategóriájának. Isten nem egy a létezők közül, még úgy sem, hogy a létezők legnagyobbika, nem objektum, hanem minden lét alapja, struktúrája (Tillich, 2000, 148.). Hadd jegyezzem meg: jelen hozzászólással teológusként nem a mundér becsületét kívánom védeni, hiszen sok, más hivatást gyakorló hívó is megfogalmaz(hatna) hasonló gondolatokat.

Ezek után pontosítsuk az ateizmust. Nagy merészség kijelenteni (legalábbis a zsidó-keresztény kultúrkörben), hogy az ateista nem hisz Istenben/istenben. Inkább azt mondhatjuk, hogy az ateista olyan istenben hisz, aki nincs. Vagyis az általa elképzelt istenről megállapítja, hogy nem létezhet. Tehát először így-úgy el kell képzelnie, hogy utána tagadhassa a létezését.

Ami a *teodicea* kifejezést illeti, ezt köztudottan Gottfried Wilhelm Leibniz alkotta, és bár az általános „istenbizonyítás” értelmében is szokták használni, elsősorban a szerető, jóságos Isten „igazolására” vonatkozik. (Aquinoi Tamás a *demonstratio*-t használja az „istenbizonyítékokra”). – A teológiát végzett Charles Darwin munkásságát döntően a teodiceai kérdés motiválta. Szerinte egy jóságos, szerető Isten nem teremthetett ilyen, ennyi pusztulással, kegyetlenséggel teli világot, ezért szerepét csak a folyamat elindítására „korlátozta”. Ugyanezen okból nem „csempészhetette vissza” mint zseniális, felülmúlhatatlan tervezőt, hanem kénytelen volt irányítatlan természeti folyamatokkal helyettesíteni. Így azt a problémát is „megoldotta”, hogy az ember különleges helyzetű, Isten képére és hasonlatosságára teremtett lény-e vagy sem (Szentpétery, 2011). Az Isten, teremtő, felsőbb értelem stb. tagadása eleve nem lehet érték-

semleges, objektív tudományos kutatás eredménye. „...ha a válasz Isten, akkor a kérdést egyszerűen csak odébb toltuk, és azt kérdezhettük, hogy akkor ki teremtette Istent.” (Hawking – Mlodinow, 2011, 204.; Brendel, 2012, 351.) Viszont miért biztos, hogy az akár egy, akár sok világ önmagából megmagyarázható, és csak az Istennel való magyarázat az odébbtolás? Onnan, hogy eleve feltételezzük, és akkor minden ezt látszik majd alátámasztani. A „trónfosztó” szerző szerint „...még mindig inkább végtelen sok univerzumot érdemes feltételezni, mint egy (pár) istent, mert a multiverzum-elmélet legalább egy olyan dologból tételez fel sokat, amiből egyet ismerünk, egy létezik, a vallások pedig valami olyat, aminek megmutatható párja nincs, és még meg sem tudják pontosan mondani, hogy miről is van szó.” (Brendel, 2012, 353.) Istennek mint a lét alapjának, önmaga-létnek eleve nem is lehet „párja”, és csak ő döntheti el, hogy mit közöl magáról. Nem feltétlenül azt, hogy önközlését (kinyilatkoztatását) csak a természettudomány művelői hitelesíthetik koruk szintjén.

Az igazi probléma az, amit Stephen Hawking és Leonard Mlodinow is felvet a könyv legelején: „Az ember [...] különös faj. Kíváncsiak vagyunk, válaszokat keresünk.” Sajnos azonban – mivel az erős antropikus elv ehhez nem elég erős – a könyv vége felé és a legvégén is átsiklanak felette: „Ez [ti. elméletük] talán nem elégíti ki azt az emberi vágyunkat, hogy kitüntetett szerepünk legyen...”. Végül: „Nagy diadal az a tény, hogy mi, emberi lények – akik magunk is csak a természet alapvető részecskéinek az összessége vagyunk – ilyen közelre tudtunk jutni a bennünket és a világegyetemet irányító törvények megértéséhez.” (Hawking – Mlodinow, 2011, II., 172., 215.) Vagyis az alapvető probléma az, hogy az ember

miért akar mindig túllátni, túllépni, túlmutatni önmagán. Röviden, miért a végtelenre nyitott lény. (Pannenberg, 1991) Ezt lehet tagadni, lehet bagatellizálni, meg lehet állapítani, hogy „...a természet alapvető részecskéinek összessége vagyunk...” – de aki szerint a kérdés ezzel távolról és véletlenül sincs megválaszolva, mert minőségileg különbözünk, az elmaradott és a tudomány ellensége? Igen tanulságosak voltak ebből a szempontból a Borhidi Attila tanulmányára (Borhidi, 2009) érkezett hozzászólások. A tudósok magánemberként, állampolgárként joga van magasabb értelemre, Istenre, célra következtetni a tudománya alapján, ezt azonban (tudományos igényű műben) ne ossza meg (Borhidi, 2010; Bujtor, 2010; Jordán, 2010; Kabai, 2010), csak azt, ha tagadja, mint Hawking, Richard Dawkins és velük együtt Brendel... Igazi kérdésünk nem az, hogy elvileg mi lehetséges egy adott kor tudományos ismereteinek szintjén, hanem az, hogy *valójában* hogyan kerültünk erre a bolygóra, az univerzumnak éppen ezen a részén. Az ilyen kijelentések, hogy „mi is csak”, „nem más, mint”, „nem több mint” nem objektív tudományos, hanem világnézeti megállapítások, amelyek értékítéletet fejeznek ki, nem minden érdek nélkül. Akik ilyeneket állítanak, eleve úgy gondolják, azzal tesznek jót, ha saját magukat és híveiket lebeszélnek arról, hogy végtelenre nyitott lény voltukból bármilyen végtelen lényre, transzcendens lételre merjenek következtetni. Persze Hawking és társai is a végtelenre nyitott lények, úgy, hogy inkább sok-sok univerzumot tételeznek fel, csak hogy ne kelljen – személyes – Teremtőben hinniük. Ez persze nem újdonság, már Epikurosz és Lucretius is kitalált valami hasonlót. A sok-sok világ közül ez itt éppen olyan, hogy ki kellett benne alakulniuk a végtelenre nyitott lényeknek. Bi-

zonyára legalább egy másikban pedig a nem feltétlenül szénalapú végtelenre nyitott lények, „babigok” eleve halhatatlanok, így nincs szükségük rá, hogy istenség, felsőbb értelem létéről, nemlétéről vitakozzanak.

Az önmagát (meg)teremtő univerzum modellje, benne az élettel és az emberrel még egyáltalán nem biztos, hogy azonos az univerzummal, hiszen csak modell. Az egészben nagyon is tetten érhető a negatív teológiai motiváció. Az ember keservesen érzi az időnek való alávetettségét, és ahhoz az illúzióhoz menekül, hogy minden látszat ellenére ő az ura az időnek. Hiszen meg tudja mondani, hogy a titokzatos, vég nélküli, mégsem végtelen nagyságú univerzum, és benne ilyen vagy olyan bonyolult lények, végül saját maga kialakulásához mennyi időre volt (valójában lehetett) szükség (az aktuális modell szerint). Ha ezeket tudjuk (tudni véljük), akkor kevésbé tűnik fájdalmasnak az időnek való alávetettségünk, sőt az ember arra is gondol, hogy az idő maga is keletkezik, „»fokozatosan« csavarodik ki a térből” (Hawking–Mlodinow, 2011, 161.; Brendel, 2012, 350.). Így ha nem is teremtője az időnek, mint az általa túlhaladottnak kikiáltott Teremtő, akinek első teremtménye az idő („*Kezdetben* teremtete...”), még azt is elmondhatja, hogy az idő nem abszolút. Persze, hogy nem, de ha az ember nem lenne a végtelenre nyitott lény, akkor honnan jönne rá a tudománya által is arra, hogy az idő valóban nem abszolút úr?

Dawkins is – akire vallási, filozófiai kérdésekben igazán kár tekintélyként hivatkozni – azzal érvel, hogy „... ha Isten képes egy univerzumot teremteni, akkor sokkal komplexebb az univerzumnál, tehát a hit egy kisebb komplexitású dolog »magyarázatára« egy bonyolultabbat tételez fel.” (Brendel, 2012, 351.) Vagyis nem *akarja*, hogy bárki, bármi

komplexebb legyen az univerzumnál. Az alkotó *per definitionem* komplexebb az alkotásánál. Boda Lászlóval: Dawkins és társai meg akarnak állni a magyarázatnak azon a szintjén, hogy a Mona Lisát ecset festette, vagyis a ható ok helyett az eszköz-oknál (Boda, 2008, 67., 74., 173.). A Mona Lisa nem magyarázható meg Leonardo nélkül, de Leonardo minden komplexitásával egyetemben megmagyarázható azzal, hogy ő is csak „a természet alapvető részecskéinek az összessége” volt? Pedig még a madár is sokkal bonyolultabb, mint a fészke, a természet is, mint a vára. Mindennapi, ismételt megfigyeléseinkkel a bonyolultabbal való magyarázat is abszolút összhangban van, a kérdés valójában „csak” az, hogy meddig terjedhet, és miért *akarja* valaki, hogy semeddig se terjedjen. Jáki Szaniszló Alfred North Whiteheadtól átvett megjegyzése jól mutatja, hogy a cél tagadása nem magyarázat, hanem odébbtolás: „Érdekes tanulmány anyagát képezik azok, akik annak a célnak szentelik életüket, hogy bebizonyítsák: az egészsnek semmi célja sincs.” Előtte: „... hogyan lehetséges, hogy egy tervszerűtlen, értelmetlen fejlődés egy olyan lénybe torkolljék, akinek alaptermészete a tervezés és értelmes célok követése?” Tehát: a célszerűség célszerűtlenséggel való magyarázata is valamilyen célt szolgál (Jáki, 1993, 63., 53.).

Végül Isten mint a lét alapja és struktúrája *per definitionem* nem lehet a hézagok istene, mivel csak ő ismerheti az összes „hézagot”. Vagyis *mindazt*, ami a létezéshez időben és azon kívül szükséges, szükséges *volt* és lesz. Amíg nem jutunk el odáig, hogy mindazt tudjuk, ami a világ, az élet és különösen a végtelenre nyitott ember létrehozásához szükséges volt, addig kár trónfosztásról beszélnünk. Addig bizony a világ, az élet és a végtelenre nyitott ember a „hézag”. De még ha

meg is szereznénk ezt a tudást, pusztán elvileg akkor sem kizárt, hogy Isten engedte meg nekünk e hézag(ok) „betömését”. (Eddigi tapasztalataink szerint – hiszen ezért szép és izgalmas a tudományos kutatás – minden megválaszolt kérdés tíz és száz és akárhány újat vet fel.) Addig pedig vigyázzunk, nehogy

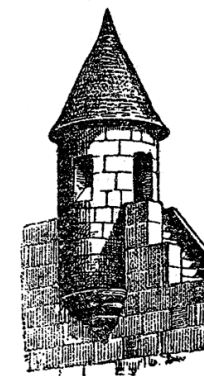
a be nem tömhető hézagokról is azt állítsuk – az ő helyébe képzelve magunkat –, hogy betömtük őket.

Kulcsszavak: *lét-nemlét, Isten, ateizmus, teodicea, Hawking, végtelenre nyitott lény/ember, célszerűség, hézag*

#### IRODALOM

- Boda László (2008): *A programozott evolúció. 1. Az ember megjelenéséig*. L'Harmattan, Budapest
- Borhidi Attila (2009): A növényvilág evolúciója és a darwini fejlődésemélet. *Magyar Tudomány*. 12, 1444–1463. • <http://www.matud.iif.hu/2009/09/dec/02.htm>
- Borhidi Attila (2010): Válasz a kritikai megjegyzésekre. *Magyar Tudomány*. 6, 746–751. • <http://www.matud.iif.hu/2010/06/14.htm>
- Brendel Mátyás (2012): A Nagy Trónfosztás. *Magyar Tudomány*. 3, 349–353. • <http://www.matud.iif.hu/2012/03/12.htm>
- Bujtor László (2010): Igényli-e a növényvilág evolúciója vagy Darwin elmélete a Biblia támaszát? *Magyar Tudomány*. 6, 741–745. • <http://www.matud.iif.hu/2010/06/13.htm>
- Hawking, Stephen – Mlodinow, Leonard (2011): *A*

- nagy terv. Új válaszok az élet nagy kérdéseire*. Akkord, Budapest
- Jáki Szaniszló (1993): *Mi az Egész értelme?* Ecclesia, Budapest
- Jordán Ferenc (2010): A Borhidi-féle fejlődésemélet. *Magyar Tudomány*. 6, 738–740. • <http://www.matud.iif.hu/2010/06/12.htm>
- Kabai Péter (2010): Borhidi Attila és az evolúció célja. *Magyar Tudomány*. 6, 734–737. • <http://www.matud.iif.hu/2010/06/11.htm>
- Pannenberg, Wolfhart (1991): *Mi az ember?* Egyházfórum, Budapest–Luzern
- Szentpétery Péter (2011): Darwin, darwinizmus, keresztény emberkép. Miért vitatják egyesek az embernek az állatvilágból való származását? *Vallástudományi Szemle*. 1, 11–27. • [http://www.zskf.hu/uploaded\\_bookshelf/5b5251c20a09958f.pdf](http://www.zskf.hu/uploaded_bookshelf/5b5251c20a09958f.pdf)
- Tillich, Paul (2000): *Rendszerez teológia*. Osiris, Bp.



## FIDES ET RATIO

Brendel Mátyás

PhD, posztdok kutató,  
CNRS LAL  
matyas.brendel@gmail.com

Abban a megismerésben részesültem, hogy a *Magyar Tudományban A Nagy Trónfosztás* címmel megjelent cikkem (Brendel, 2012) két reakciót is kiváltott ugyanebben a folyóiratban (Török, 2012; Szentpétery, 2012).

Mindkét cikk nagyon sok hivatkozást, idézetet tartalmaz, és sokfajta kérdést felölel, amelyekkel egyenként nem áll módomban vitatkozni. Ehelyett olyan kritikát fogok adni, amely egyben tovább is lép, és kimond egy tézist: a tudománynak és a művészetnek van illetékességi területe, tudjuk, mire való, ezen a területen helytállnak. Ezzel szemben a vallásnak nincs illetékességi területe, maguk a vallások sem tudták ezt eldönteni, és egymásnak is ellentmondó nézeteket fejtenek ki róla.

Török Csaba érve, hogy a racionalista és a fideista hit közül az istenérvek trónfosztása csak a racionalista hitet rendíti meg, a fideistát nem, és ráadásul a katolicizmusra ez utóbbi az előbbi jellemző, szemben például a protestantizmussal, amelyre a fideizmus nem jellemző. Következésképpen szerinte Stephen Hawkingék csak a protestantizmust döntötték meg, a katolicizmust nem. Érdekes volna szembesíteni ezzel Szentpétery Péter evangélikus lelkész.

Am pont a katolikus lexikon az, amely a fideizmust inkább a protestantizmus sajátjának mondja. Török hivatkozik még arra,

hogy az istenérvekkel operáló, racionalista irányzat a középkori metafizikára volt jellemző, de ez is ellentmondásosra sikerül, ugyanis amikor Aquinói Tamást mutatja be, akkor pont azt hangsúlyozza, hogy szerinte ő is csak olyan gyenge, sem ilyen, sem olyan szerepet szánt ezeknek az istenérveknek. Akárcsak Blaise Pascal vagy Alister McGrath. Valóban, ha elolvassuk McGrath könyvét (McGrath, 2003), akkor végig azt látjuk, hogy tézise ugyanolyan gyenge, mint amilyen Török válasza (saját bevallása szerint): az istenérveket érvek is szánja, meg nem is tudja igazán empirikus-logikai igazolásként eladni őket.

A zavart fokozza, hogy McGrath anglikán teológus (protestáns). Ráadásul annak az angolszász kultúrának a része, amely az analitikus filozófia fellegvára, amelyet Török szembeállított a kontinentális filozófiával, amely szerinte a saját katolicizmusával rokon. Utóbbival egyébként egyetértek, a kontinentális filozófia valóban rokon a vallással abban, hogy értelem és érzelem kérdésében nem tudja világosan elhelyezni magát, Rudolf Carnap szóhasználatával élve, kategóriásértő. Az sem lesz meglepetés, hogy magam egyértelműen a domináns, analitikus filozófiához tartozom.

Nehéz Török cikkében rendet rakni, nem is szándékozom, ugyanis az a helyzet, hogy szerintem nincs itt rend. A vallásban soha

nem volt rend, soha nem találta meg a maga rendjét. A hit, a vallás mindig is a fides et ratio között ingadozott, jól illusztrálja ezt II. János Pál azonos című enciklikája. Pontosabban, még a vallás sem tudta soha eldönteni, hogy az ész és az érzelem tekintetében hova helyezze magát. Ahogy látjuk, valójában még a szűkebb értelemben vett egyházak, mint a protestantizmus vagy katolicizmus álláspontja sem tiszta. Ebben is divergens, mint oly sok mindenben.

A hit valójában empirikus-logikai szempontból nem állja meg a helyét, azt pedig szégyellené bevallani, hogy csupán érzelmről volna szó. Bár Török cikkében lényegében pozitívan próbálja bemutatni azt a „gondolkodásmódot”, amely a belső „bizonyosság” alapján próbálja meg látni a világot, és viszszaigazolni magát. Szögezzük le világosan, ez a wishful thinking néven emlegetett érvelési hiba, az érzelem és értelem összegabalyodása, ezt isteníti Török és a fideizmus, mint olyan. De nem csupán szégyenről van itt szó, hanem a vallás kétségbeesett és sikertelen helykereséséről a különféle diszciplínák terében.

Az emberi „teljes lét” terében – egy tematikai hasonlaltal élve – a tudomány és a művészet teljes bázisrendszert alkot. Az objektív kutatja a tudomány, a szubjektív kifejezi a művészet. Jól leírja ezt Rudolf Carnap műveiben. E. Szabó László így mondja: „különbséget kell tenni az igaz-hamis kategóriapáros és a jó-rossz kategóriapáros között” (Dombi, 2008, 20.).

Ebben a térben harmadik bázisvektornak nincs helye. Ezt egyébként az is illusztrálja, hogy amikor a vallás keresi a helyét, akkor sokszor inkább ész és érzelem együtteseként próbálja eladni magát, és nem valamiféle harmadiknak. Ha egy harmadik dimenzió volna, akkor nem kellene állandóan a két első

dimenzióba tévelyegnie. Az ész és az érzelem vegyítése pedig ellentmondásokat okoz, és óhatatlanul felveti azt a megoldhatatlan dilemmát, hogy melyik való előbbre. Hangsúlyoznám, hogy a tudomány és a művészet kategorikus, carnapi szétválasztása feloldja ezt a dilemmát, hiszen a két diszjunkt terület között nem kell elsőbbséget tenni.

A vallás tehát illetékesség nélkül végez egyfajta Brown-mozgást az ész és értelem foglalt, kétdimenziós terében, és mára mind a tudomány, mind a művészet célirányos mozgással elhaladt a vallás mellett, a vallás pedig semelyik területen nem tud versenyezni, hanem illetékesség, szerep nélkül marad. Így válik teljessé a trónfosztás: a vallás a fideizmusba sem menekülhet, az ugyanis alapvetően szubjektív területet bitorol, azt a niche-t a művészet már elfoglalta. A vallásnak nincs niche-je az emberi kultúrtörténelem evolúciójában: kihalásra van ítéltetve.

Török maga is megpróbál helyet keresni a vallásnak, és Ludwig Wittgensteint idézi, azt a Wittgensteint, aki az általa szembeállított analitikus filozófia legelső nagy alakja. Wittgensteint a maga céljai szerint értelmezi, holott ugyanazokat a gondolatokat például Rudolf Carnap is megismételte. Az a Rudolf Carnap, aki rámutatott arra, hogy a metafizikának (a kontinentális filozófiának), kvázi a vallásnak nincs szerepe, illetékessége a kultúrában, mert megtévedt, szereptévesztésben lévő költőkről van szó. Magyarul azt fogalmazta meg, amit fentebb leírtam: a vallás legfeljebb a tudomány és a művészet öszvéreként próbálhat meg tovább élni, de az is kudarcra van ítélt.

Wittgenstein és Carnap gondolatait értelmezve eljuthatunk oda, hogy a tudományos megismeréssel nem adunk választ az életproblémákra. E. Szabó László nemrégiben

így fogalmazta ezt meg: „Világos, hogy a tudomány normatív kérdésekre nem tud választ adni. Abból, hogy én tudom, hogy a dolgok hogy vannak, hogy mi van, soha nem fogok tudni arra válaszolni, hogyan legyen tovább.” (Dombi, 2008, 14.)

De ahogy Carnap kifejti, ezen életproblémákra nem is lehet igaz válasz: „az élet rejtvényei azonban nem kérdések, hanem a gyakorlati élet szituációi.” (Carnap, 1928, 260.) És tulajdonképpen nincs is rá lehetőség, hogy a művészet módszerén kívül bármiféle megközelítést alkalmazzunk, ugyanis ezen szubjektív kérdésekre természetükénél fogva nem lehet kizárólagos válaszokat adó diszciplínát gyártani. A művészet úgymond felismeri ezt, és nem is törekszik kizárólagos válaszra. A vallás ezzel szemben próbálkozik ezzel, amivel kategóriásértést követ el, másrészt legfeljebb a művészettel versenyezhetne, abban pedig csak veszíthet. Ezenkívül a dolog természetes módon torkollhat még vallásháborúba, mert ha az „élet értelmét” nem lehet empirikusan eldönteni, de mindenképpen erőltetik, akkor marad a kard és a pokolgép.

Abból, hogy itt szubjektív magánkérdésekről van szó, az is következik, hogy végül az embernek magának kell válaszolnia rá. Társadalmunk fejlődése pedig manapság eljutott arra a fokra, hogy ilyen kérdésekre az individualista, magabiztos többség nem is engedi, hogy akár a művészet, akár a vallás ráerőltesse a válaszát. A liberális ember nem válaszokat keres, hanem legfeljebb mintákat, és majd ő maga készít el egy mozaikot. A művészet ennek a pluralizmusnak megfelelő, a vallás vérszenes korszerűtlen.

Az élet céljának kérdésével külön cikkben is foglalkoztam (Brendel, 2010). Ez az egyet-

len olyan kérdés, amelyre Szentpétery cikkéből módomban van válaszolni, mert ide tudom kötni. Jáki Szaniszlóval együtt ezt kérdezi: „hogyan lehetséges, hogy egy tervszerűtlen, értelmetlen fejlődés egy olyan lénybe torkolljék, akinek alaptermészete a tervezés és értelmes célok követése?”

A válaszom az, hogy ez a kérdésben rejtett érv egy híres érvelési hibával leleplezhető, az pedig a *fallacia compositionis*, amely szerint a részek tulajdonságai nem mindig egyeznek az egész tulajdonságával.

Igy tehát az élet értelmének kérdésében, illetve a Török által emlegetett lélekgondozásban az ember segítségül hívhatja a pszichológiát mint tudást, a művészeteket mint inspirációt, de végül a saját, szabad döntéseire kell hagyatkoznia. E. Szabó László fogalmaz így: „függetlenül hittől, vallástól, filozófiai iskolától és tudományos ismeretektől az az ember magára marad”. (Dombi, 2008, 15.)

Ez bátor lépés, és lehetővé tesz egy teljes életet, amelyben nincs isten alakú úr, nincs szükség a vallásra. Mérő László szép megfogalmazásával küldöm saját útjára az olvasót: „Alap- és kognitív érzelmeinknek önmagukban éppúgy nincs semmi értelmük, mint ahogy magának az életnek sincs [...] Így nem csak az érzelmeinknek adhatunk értelmet, hanem az életünknek is. Mindenki a saját szelfje alapján, amit hite, érdeklődése, habitusa, családja, nemzetisége és még sok minden más határoz meg. Mindenki összeállíthatja a neki leginkább megfelelő boldogságportfóliót.” (Mérő, 2010, 302.)

Kulcsszavak: *az élet értelme, tudomány, vallás, dimenzió, szubjektív, objektív, fideizmus*

## IRODALOM

- Brendel Máttyás (2010): Az analitikus és egzisztencialista filozófia, valamint az élet értelme. Világosság, nyár, 129–142. • [http://math.uni.hu/angol/Vilagosság\\_2010\\_nyar\\_Brendel\\_Matyas.pdf](http://math.uni.hu/angol/Vilagosság_2010_nyar_Brendel_Matyas.pdf)
- Brendel Máttyás (2012): A Nagy Trónfosztás. Magyar Tudomány, 3, 349–353. • <http://www.matud.iif.hu/2012/03/12.htm>
- Carnap, Rudolf (1931[1999]): A metafizika kiküszöbölése a nyelv logikai elemzésén keresztül. In: Forrai Gábor – Szegedi Péter (szerk.): Tudományfilozófia: szöveggyűjtemény. Áron, Budapest • [http://nyitott-egyetem.phil-inst.hu/tudfil/ktar/forr\\_ed/carnap.htm](http://nyitott-egyetem.phil-inst.hu/tudfil/ktar/forr_ed/carnap.htm)

- Dombi Péter (szerk.) (2008): Hiszem vagy tudom? Typotex, Budapest
- McGrath, Alister (2003): Tudomány és vallás. Typotex, Budapest
- Mérő László (2010): Az érzelmek logikája. Tercium, Budapest
- Szentpétery Péter (2012): Trónfosztás – vagy csak behunytt szemmel a trón előtt? Magyar Tudomány, 10, 1248.
- Török Csaba (2012): Az üres trón. Magyar Tudomány, 5, 617–622. • <http://www.matud.iif.hu/2012/05/16.htm>

Az utóbbi időkben igen széles körű érdeklődés nyilvánult meg szerzőink között a teológia és a tudomány kérdéseiről. Ennek több körben teret adtunk. A kialakult vita lezárására Gánóczy Sándort, a Franciaországban élő, nemzetközileg elismert teológust, és Kampis György tudományfilozófust kértük fel. Nyilván számtalan nyitott kérdés marad ezek után is, de a vitát egy darabig nem kívánjuk folytatni.

*Csányi Vilmos*  
főszerkesztő

## MILYEN ÉRTELEMBEN LEHET TUDOMÁNY A KERESZTÉNY TEOLÓGIA?

Gánóczy Sándor

professor emeritus,  
Würzburgi Egyetem Teológiai Fakultás  
alexandre.ganoczy@wanadoo.fr

Hosszú évek óta folytatok párbeszédet fizikusokkal, biológusokkal, agykutatókkal (lásd Ganoczy 1992, 1995, 2001, 2008). Közülük nem egy az általam képviselt teológia tudomány mivoltát tagadta anélkül, hogy a dialógust elutasította volna. Mások úgy vélekedtek: „Ha a teológia [...] tudomány, akkor azért az, mert módszeres, kritikus, igényes, de olyan tudomány, amelynek a módszerei, céljai, eszközei alapvetően és lényegüket tekintve különböznek a *science*-től.” Úgy vélem, ezek a tudományfilozófusok analógiát látnak a két szakterület között, amelynek értelmében a közöttük fennálló különbség mellett elég a hasonlóság is ahhoz, hogy ugyanazzal a névvel illessük őket. Ilyen analógia ad egyáltalán értelmet a párbeszédnek, és biztosít szabad teret a keresztény teológia sajátos tudományosságának feltételezéséhez.

### 1. Bevezetés

Bevezetésül három fenntartással szeretnék élni. Először is: nem tekintem sem szükségesnek, sem hasznosnak, hogy az ún. istenbizonyítékok kérdéséből induljak ki, hiszen abban elsősorban nem a teológia, hanem a vallásbölcselet illetékes. A *Biblia*, amely a keresztény hittudomány mérvadó forrása, nem él metafizikai istenérvekkel. Istenről az emberi

élettapasztalatot tükröző metaforákkal és példabeszédekben beszél. A modern teológia ezeket értelmezi, és ezek tartalmát „fordítja le” olyan közérthető (részben Immanuel Kant által befolyásolt) nyelvezet segítségével, amely inkább perszonalista, mint ontológiai vagy kozmológiai jellegű. Ebben az összefüggésben túlhaladott és hiábavaló vállalkozás lenne, ha valaki vagy az arisztotelészi ható- és céloközatra, vagy a newtoni fizika lineárisan determinált folyamataira hivatkozva próbálná Isten létezését tagadni vagy bizonyítani. Ilyen érvekkel egyiket sem lehet „levelezni”.

Másodszor: nem tartom helytállónak, hogy vitánkban általános és elvont fogalmakkal éljek, mint *a* tudomány, *a* teológia, *a* vallás. Konkrétan és pontosítva szeretnék beszélni modern fizikáról, biológiáról, agykutatásról, szintúgy keresztény hittudományról, anélkül, hogy bármiféle felekezeti különbségeknek kifejezést adnék. Teológiám keresztény jellegének és azonosságának kihangsúlyozása természetesen nem zárja ki, hanem ellenkezőleg, magában foglalja a többi világvallás hittanainak tiszteletben tartását.

Harmadszor: fejtegetéseimben nem a vallás, hanem a hit fogalmát fogom előtérbe helyezni, hiszen a keresztény teológia, amennyiben tudomány, hit-tudomány, nem pedig

a vallásbölcselet egyik ágazata. Másrészt, a vallás fogalom, már a latin *religio* szó szintjén sem rendelkezik egyértelmű jelentéssel. Cicero és követői a *relegere* igéből származtatták le, amely írott szabályok gondos átolvasását és betartását jelentette, és így tárgyiasított, jogi és intézményes jelleggel bírt. Mások, mint Ágoston, inkább a *religare* igéből, amely összekötő tevékenységet jelent, vezették le, mivel is relacionális, egyént más egyénnel viszonyba hozó értelmezést adtak neki. Ez az etimológia minden bizonnyal közelebb áll a modern kor szociális igényeihez. Mármint úgy néz ki, hogy nem ez, hanem a cicerói vallásosság mondott csődöt, valahányszor a hit gyakorlatát egyoldalúlag Isten akaratára hivatkozó parancsolatok, törvények, hagyományok, intézmények, szertartások, tévedhetnek kikiáltott tanok és hierarchikus vezetettségek engedelmes követésével tették egyenlővé. Efféle magatartás csúcsosodik ki a formalizmus, a ritualizmus, a tradicionálisizmus, a klerikalizmus és a dogmatizmus végleteiben, amely esetben a vallás az embereket egymástól inkább elválasztja, mintsem összekötné (v. ö. Changeux – Ricoeur, 1998, 279–287). Tekintve az így bekövetkező eltorzulást és fogalomzavart, ésszerűnek találok a keresztény teológia tudományosságának kérdését – talán kissé szokatlan módon – inkább a hit fogalmából, úgyszintén elsődleges tárgyából származtatni.

### 2. Hit és hittudomány

Miben áll a hit a *Biblia* szerint? Milyen magatartást jelent? A héber *aman* ige, amelyből az *emuna* főnév és az istentiszteleti *amen* formula származik, egyik fő jelentése az, hogy valaki valamiben vagy valakiben megbízik, és ilyen értelemben hisz. Legyen az szilárd talaj, amelyre építeni lehet, avagy megbízható,

szavához álló, hűséges, hitelt érdemlő embertárs, avagy a minden élő kiteljesedését akaró, hozzá közel jövő Isten, az *aman* alanyának minden mentális energiáját mozgósító, átfogó, holisztikus magatartását jelenti. Nem utolsósorban a tudást eredményező megismerést. A bízó hit tehát nem pusztán hiszékenységre vagy hiedelemre, tehát irracionális aktusra, hanem igazán hisz, tudja, miben, illetve kiben hisz. Azt is, hogy az miért és mennyiben érdemel bizalmat. Ebben az értelemben a hit realista, tárgyilagos és a szó magasabb értelmében érdekelt. Döntése indokolt, motivált, mint azt a középkori teológiában használatos *motivum credibilitatis* fogalom is mutatja.

Hozzá kell tennem, hogy a bízó hitnek van egy, magának Istennek a magatartását kifejező változata is. Mikor a zsidó *Biblia* a Jahvé és Izrael között létrejövő „szövetségről” tárgyal, feltételezi, hogy az isteni szövetséges is bizalommal viszonyul emberi partneréhez. Így lehet az emberben hívő Istenről beszélni. Témánk szempontjából azonban különösen fontos, hogy a hit mindkét, emberi és isteni változatának tárgya és tartalma van, amely tudatosításra és átgondolásra szorul. Ez alapozza meg a hittudományi reflexiót, amely értelmes, logikus és rendszerező beszédben fejezi ki magát, és amely ugyanakkor tapasztalati valóságra támaszkodik. Így lesz például az egyiptomi rabságból való kiszabadulás a zsidók egyik központi hittételének alapja. Az áll a világ megteremtéséről szóló szimbolikus elbeszélések háttérében is: Mit hisz Izrael? Azt, hogy a Szabadító olyan hatalomról tett tanúságot, amelyre csak a mindenható Teremtő képes. Ebben a hitben erősödött meg újra meg újra a nép, mikor ismét elnyomás áldozata lett. Így Auschwitzban is... Ilyen módon persze a hit magában foglalja a kétely lehetőségét is. A csapás nem egyszer hitromboló

hatással jelentkezik. A kétely képes elnyomni az ígért beteljesíthetőségébe vetett hitet és a reményt.

De nemcsak tragédiák jelentenek a hívő számára kihívást, hanem, főleg korunkban, a modern fizika, biológia, genetika és más természettudományok számos felfedezése is.

### 3. *Szellem- és természettudomány*

Itt merül fel a kérdés: képes-e az imént felvázolt hit arra, hogy önmaga értelmezésében, szintúgy, mint az adott kihívásra válaszolva, ne csupán hitvallás formájában, hanem racionális diskurzussal élve is nyilatkozzék. Ha igen, akkor a hittudósnak azt is meg kell mondania, hogy teológiáját minden fenntartás nélkül az *ún.* szellemtudományok közé sorolja-e, például a történelem, a filozófia, a filológia és a szociológia mellé. Ez annyiban érthető lenne, amennyiben ezek segítségével jár el, amikor mondanivalóját megalapozza, rendszerezi és értelmezi. Szerintem azonban egy bizonyos öncsonkítás veszélyének tenné ki magát, ha ezzel azt a benyomást keltené, mintha fejtegetéseivel teljes mértékben a szellemiség és a lelkeség korlátai között kívánna maradni, és a valóság fizikai, élettani, természeti dimenzióit figyelmen kívül hagyná. Úgy vélem, hogy a keresztény teológia nem felelne meg a bibliai Isten-képnek, ha nem foglalna helyet a két nagy tudománytábor, tehát a „Geistes”- és „Naturwissenschaft”-ok között (Dilthey, 1889), mindkettő felé nyitva, mindkettő nyelvét értve, mindkettő szempontjai iránt érdeklődve. Számomra az interdiszciplináris eszmecsere napjainkban lényeges teológiai követelmény.

Wolfhart Pannenberg, aki korunk jeles hittudósai között a természettudományok képviselőivel talán a legintenzívebb dialógust folytatja, hasonló módon gondolkodik, ami-

kor a teológiát „Wissenschaft von Gott”-nak „Istenről szóló tudománynak” nevezi (Pannenberg, 1973, 249.). Bármennyire is szokatlan ez a kifejezés, szándéka világos. Egyrészt, negatív módon, abban látja a hittudomány sajátosságát, hogy a többi tudomány közül egyik sem hivatott Istenről tárgyalni. Mind egyik messzemenően és teljes joggal a módszertani a-teizmus alapján áll. Másrészt azonban az az Isten, amely a keresztény teológia tárgya, szintén lényegénél fogva „nyitott” mind a szellemi, mind a természeti valóság felé, úgyhogy logikus, hogy a róla szóló tudomány „megismerésirányító érdeklődése” (Jürgen Habermas) szintén egyszerre kétirányú legyen.

### 4. *A Biblia Isten-képe*

Feltehető, hogy az a kép, amelyet a Genézis, azaz a Teremtés könyve mutat Istenről, súlyosan esik latba, hiszen ez vezeti be a bibliai írásokat. Milyen ez a kép? Nem hasonlít Platón legfelsőbb ideájára, a minden anyagot maga mögött hagyó szellemre. Szintén nem Arisztotelész első okára vagy az újplatonisták Ős-egyére, amely a világ sokféleségének szöges ellentéte, avagy a többi klasszikus metafizika legfőbb létezőjére. A Genézis Istene természetközelségével, úgyszólván „naturalista” vonásaival különbözteti meg magát. Minden bizonnyal nem sorolható a mítosz istenségei közé, akik természeti erőket testesítenek meg. Azonban közel áll a természet egészéhez. Erre utalnak a könyv szimbólumai. A Teremtő „Lelke” a kaos vizei felett fúvó szélre hasonlít (Ter 1,2), szava pedig anyagot, égitestet, földet, növényt, élőlényt hoz, illetve hív létre, mielőtt még a szellemi hivatású embert megteremtené. De az isteni beszéd hatására történik az is, amit korunk fejlődésemélete önszervezésnek nevez. A föld a maga

erejéből zöldül ki (Ter 1,11), a vizek szintén így népesülnek be halakkal (v. 20). Lépten nyomon egymásra hat és egybefonódik az anyagi és a szellemi. Távol áll az elbeszélőtől minden dualista vonás. Úgy tűnik, hogy a testi egyben lelki és a lelki egyben testi.

Megkapó az a kettős egység is, amely az állatot és az embert egymáshoz köti. A teremtetőtől mindkét faj ugyanazt a nevet kapja: *nefes hajja*, azaz „lélegző létező”, „élőlény” (Ter 1, 21. 36; 2, 7). És mindkettő ugyanazzal a felhívással kap indítást a szaporodásra és a fejlődésre (Ter 1, 22, 28). A modern szentírásstudomány kimutatta, hogy az elbeszélés hatnapos beosztása nem időszakaszt akar jelenteni, amelyben Isten teremtményeit szuverén magányában külön-külön és kész állapotban hozta volna létre. Inkább finom célzás a történet folyamatos, progresszív, úgyszólván evolutív jellegére (Westermann, 1976, 107–170). Talán csak hozzá kellene tenni, hogy mi miből fejlődött ki és származott le, hogy ez a szimbólumokban gazdag szöveg összeegyeztethető legyen azzal, amit Darwin *A fajok eredete* (*The Origin of Species*) utolsó mondatában – legalábbis a mű 1860 utáni kiadásában, de máshol is – a *Teremtőről* (Creator) írt (Gánóczy, 2009, 839–841).

Még sok más példát lehetne felhozni a bibliai Isten-kép azonosítására, és arra, hogy mindez mennyiben készíti teológiánkat szimultán érdeklődésre a szellem- és a természettudományok iránt.

### 5. *Krisztusközpontú teológia*

Mi indokolja, hogy a szóban forgó hittudományt nyomatékokkal kereszténynek nevezjük? Elsősorban az a meggyőződés, hogy a *Biblia* Isten-képe Krisztusban egyedülálló módon mutatkozott meg. Az keresztény, ami „krisztusi”, és az a Krisztus, más szóval a Mes-

siás, a Szabadító, az Üdvözítő, aki a Názáreti Jézussal azonos. Ezért képezi a *kriszto*-lógia *teo*-lógiaink központját, de ugyanakkor magában foglalja a megfelelő antropológiát is, hiszen az első keresztények Jézusban nemcsak egy valóságos, hanem az új és beteljesedett embert is felismerték (v. ö. 1Kor 15,4; 5,17; Ef 2,15). Azt, aki azért új és beteljesedett, mert általa és benne maga Isten lett emberré. Ezt az eseményt nevezi a keresztény hagyomány csaknem kezdettől fogva „megtestesülésnek”, „inkarnációnak”.

Adva van ezzel egy hittétel, amely kihúzza a talajt minden dualista emberkép alól. Ott, ahol az isteni és az emberi ilyen szorosan egybefonódnak, nem képezhetnek többé két szétválasztható valóságot: sem a test és a lélek, sem az anyagi és a szellemi, sem a természetes és a természetfeletti, sem az immanens és a transzcendens, sem az időbeli és az örök.

Érdekes, hogy az inkarnáció fogalma belekerült még a profán tudomány, nevezetesen a neurobiológia szótárába is, mikor is Gerald Edelman „embodied mind”-ről, megtestesült szellemről, illetve tudatról kezdett beszélni (Edelman, 2000, 54., 153., 173., 248.). Ezzel akarta az emberi személy „holisztikus” szervezetségét kifejezni. Azt, hogy alapvető hivatásunk testi-lelki-szellemi egységünket agyvélünk kormányzása alatt kibontakoztatni.

De térjünk vissza Jézushoz a maga történetileg azonosítható egyéni valóságában. Mennyiben lehet hithirdető tevékenységét, nevezetesen a néphez szóló beszédeit teológiának nevezni? Biztosan nem valami elmélet értelmében, amely érvelések láncolatára alapulna. Inkább narratív, elbeszélő eszközökkel dolgozó tanítás értelmében, amelyben metaforák és példabeszédek kísérik meg a kimondhatatlant körülírni, érthetővé és hihetővé tenni. Megkapó, hogy ez az Istenről

szóló konkrét beszédmód teljesen megfelel a Teremtés könyve istenképének, az abban kifejezett természetközelségnek és emberszeretnek. Hasonló módon „beszélnek” Jézus tettei is, nem utolsósorban az egyszerű emberek, a szegények, a nők, a betegek és a kitaszítottak körében. Szabadító hatással. Messiási, azaz krisztusi módon. Egyszerre az elmélet és a tevékenység eszközeivel. Úgyszintén olyan emberismeret alapján, amely messzemenően megfelel a mai humántudományok követelményeinek is. Ezt is értem az alatt, hogy a keresztény teológia krisztusközpontúságáról beszélnek.

Ez a szellemi hagyaték érte el egyik csúcspontját a középkorban, mikor is az európai civilizáció színpadján olyan gondolkodók léptek fel, akik egyben voltak teológusok, filozófusok, misztikusok és a szó tágabb értelmében vett természettudósok. A 12. és 15. század között így működtek a bibliai istenkép és annak krisztusközpontúsága jegyében Bingeni Hildegard, Canterburyi Anzelm, Nagy Albert, Bacon Roger, Aquinói Tamás, Ockham Vilmos és Kuesi Miklós. Filozófiai téren inkább a természetközeli és nemdualista Arisztotelészt, mint az égrenéző Platont követték. Bár később, a felvilágosodás korától kezdve a világegyetem, a természet és az ember ilyen, Isten szempontjából történő átgondolása és vizsgálása egyre inkább ritkaságszámba ment, megmaradt egy talán ki sem mondott rokonság a keresztény és a hitbelileg semleges vagy akár agnosztikus tudományosság között.

Legyen elég ennyi azokról a tartalmi szempontokról, amelyek lehetővé teszik, hogy egy bizonyos keresztény teológia helyet kapjon a modern szellem- és természettudományok parlamentjében, beleértve természetesen a felszólalási jogot is. De ez az analóg viszony

a módszerek terén nem rendelkezik kevesebb jelentőséggel.

#### 6. Rövid teológiai módszertan

A következő témákról lesz szó: a teológia tapasztalati alapja, a tan és a tanítás problémája, a „dogma” igazi és hamis értelmezése, a teológiai hipotézisek fontossága és az axiómák fölöslegessége, kritika és vita, a hittudomány ekkleziális jellege és erkölcsi céliránya, a szakiránti szeretet.

6.1. *A tapasztalati alap* • Minden tudomány valamiféle tapasztalással veszi kezdetét. A fizikus és a biológus közvetlen és megismételhető megfigyelés és kísérlet révén állapít meg tényeket, amelyeket aztán leír, felmér, matematikai formában visszaad és így teoretizál. A teológus egészen másfajta tapasztalattól indul ki. Olyanból, amely különböző személyek találkozásával, azaz kölcsönviszonyainak, átélésével veszi kezdetét, és amelyet ezért „relacionális” tapasztalatnak lehet nevezni. Itt a párbeszéd, az eszmecsere és az osztott élmények játszanak döntő szerepet, és azok tartalmát szem- és fültanúk tanúsága adja tovább. Ilyen tapasztalatok tárgya volt Jézus személye tanítványai szemében. Amit nála megfigyeltek és tőle hallottak, azt adták tovább, csoporttól csoporthoz, nemzedékről nemzedékre úgy, hogy elvben minden kor hívei tudhatták, vagy legalábbis elképzelhették, mit jelent Jézus számukra is. Ezt a jelentőséget gondolták át, tették hagyomány tárgyává, de ugyanakkor ennek hitelességét is ellenőrizték, különösen attól az időtől kezdve, amikor a történeti és kritikus írásmagyarázat alakjában már tudományos eszközök is rendelkezésre álltak. Így lett és lesz az eredeti Jézus-tapasztalat közvetített és ellenőrzött kommunikáció útján a tanulható hittan tárgyává.

6.2. *Hit-tan és „dogma”* • A természettudós egyik fő célja a teóriaképzés és -átvizsgálás. A hittudósról mondhatjuk, hogy ő is bizonyos elméletekért és azok igazolásáért felelős, főleg azokért, amelyek az alapvető Jézus-hagyomány lényeges tartalmait fejezik ki, gondolják át, és adják tovább a maguk összefüggésében. Így fonódik össze mindig újra hithirdetés, hittan és hittudomány, amit már a hit sajátos racionalitása is megkövetel. De ugyanezt teszi szükségessé az is, hogy tárgya történeti és közösségi valóság, nem pedig legenda-hiedelem vagy egyéni elképzelés, jóllehet ilyesmi is mindig belekeveredik. Ezen a ponton szükséges a *dogma* fogalmát tisztáznom. Ez a görög szó önmagában annyit jelent, mint vélemény, tan, illetve tanítás. Az első keresztény teológusok a dogmáról főleg egyes számban beszéltek, és a hittanrendszer egészét értették alatta. Csak később utalt a fogalom, többes számban, egyes tanítóhivatali, zsinati vagy pápai döntésekre, melyek rendszerint hosszú és meddő vitáknak kívántak véget vetni. Úgynevezett „definíciókkal” tették ezt, amelyek alkalmasint azt a látszatot keltették, hogy végérvényes, ellentmondást nem tűrő, tekintélyelvű nyilatkozatokról volt szó. Ilyesmire utalt a hírhedt mondás: *Roma locuta, causa finita* (Róma beszélt, az ügy le van zárva). Háttérben a 19. század második felétől kezdve sokszor, több-kevesebb joggal, a pápai csallhatatlanság tétele állt.

A mai rendszerező teológia jeles képviselői, mint Karl Rahner és Josef Ratzinger, más véleményen voltak. Előbbi határozottan kijelentette, hogy „minden definiált dogma előrefelé nyitott” (Rahner, 1971, 10.), úgyhogy a jövőben átfogalmazásra is alkalmas adhat. Utóbbi (igaz, hogy ezt negyvenhat évvel ezelőtt, amikor még egy német egyetem teológiai karán működött, tette) így vélekedett:

„Minden dogmaformula egy dupla elégtelenségben szenved. Egyrészt a miatt a távoltság miatt, amely a kifejezendő valóságtól elválasztja, másrészt a történetileg relatív embervilág miatt, amelyben a hívők ezzel a formulával hitbeli ismeretüket kifejezésre kívánták juttatni. Emiatt aligha lehet őket teljes mértékben végérvényesnek tekinteni” (Ratzinger, 1966, 25.). Hogy ez így van, azt mutatja a dogmatörténet és -fejlődés fogalma is, ami bizonyos mértékben a szelekció révén előrehaladó evolúcióra emlékeztet. Hiszen az is hosszú távon egyre módosított és új szervezeteket, fajokat eredményez.

Arra is szeretném olvasóim figyelmét felhívni, hogy távolról sem egyenértékű minden dogma, hogy léteznek *Randdogmen* (Rahner, 1971, 45.), olyanok, amelyeknek helye és szerepe nem központi. A vélemény megfelel a II. vatikáni zsinat tanításának a „hitigazságok rangsoráról” (v. ö. *Unitatis redintegratio*, 11). Módszertanilag különösen fontos a tény, hogy a zsinat nem kívánt új dogmákat kihirdetni. Ezért tanításait nem „definíciók” formájában hozta nyilvánosságra, hanem kiadós, „konstitúcióknak” nevezett szövegekben.

Ilyen módon a „dogma” lekerül a teológiai értékek legmagasabb fokáról, és visszakerül a szakadatlan igazságkeresés egyszerre alázatos és nehéz munkája szintjére. Szabad út nyílik meg a szakok közötti és így szakemberekre bízott tudományos kutatás előtt. Ezek a „tanítók” készek mindig újratanulni, „hozátanulni”. Így a dogmák kevésbé játsszák a módszer mint segédeszköz szerepét. De hát akkor miben áll a teológia tulajdonképpeni módszere?

6.3. *Teológiai hipotézisképzés* • Vannak, akik a keresztény hittudomány alapvető kijelentéseiben, tételeiben axiómákat látnak, azaz olyan, bizonyításra nem szoruló, magá-



tól értetődőnek, evidensnek ítélt tételeket, amelyekből minden továbbit le lehet vezetni, amelyek végleges érvényűek, és sem ellentmondást, sem pedig változtatást nem tűrnek. Hogy ez tudományos eljárás lenne, azt az így gondolkozók azzal próbálják alátámasztani, hogy a matematika és a fizika szintén axiómákkal dolgozik. Mik lennének a teológiai axiómák? Mindenekelőtt a Hiszekegy, a Credo artikulusai és az egyházi tanítóhivatal által kihirdetett dogmák, amelyeket állítólag egy igazi hívő sem von kétségbe. Mások nagy általánosságban a „kinyilatkoztatásról” beszélnek, anélkül, hogy a fogalmat pontosítanák. Nem igen említik a *Bibliát*, és nem mondják meg, mennyiben lehet és mennyiben nem azt minden további nélkül a kinyilatkoztatással betű szerint azonosítani.

Más véleményen vannak a mai, egyetemi nívón működő teológusok, akik közül itt csak Wolfhart Pannenberget szeretném megemlíteni. Számukra a keresztény teológia csak akkor tarthat igényt sajátos tudományosságára, ha nem axiómákkal, hanem hipotézisekkel dolgozik, és ennek megfelelően nem deduktív, levezető, hanem induktív, azaz kérdező kereső logikával él. Kiindulópontja a *Biblia*, nevezetesen a Jézus-esemény tapasztalatát tükröző sokrétű Újszövetség, amelyet a modern történetírás eszközeivel veti alá kritikai olvasatnak. Ezután jön a hermeneutikai fázis, azaz a szövegeket egyenként és összefogó módon értelmező eljárás. Mivel több különböző magyarázat lehetséges, és jogos, helyénvaló hipotézisekhez folyamodni, amelyek mindegyike vita és megfelelő verifikálás tárgyát képezi. Igazolt értelmezéseik találkozásából alakul ki a konszenzus, amely szükségyszerűen ideiglenes, hiszen a szentírásstudományban is érvényes a haladás fogalma. Ilyen módon jutott el a bibliai teológia például

odáig, hogy egyre valószínűbbé tette a „történeti Jézus” képét, azt is, amit a szakember *ipsissima verba et facta Jesu*, azaz Jézus (minden valószínűség szerint) „valóságos szavainak és tetteinek” nevez.

Aki ilyen kutató módszert alkalmaz, jogosan idegenkedik az axiomaticus módszertől. Már azért is, mert az olyan tételekből indul ki, amelyek csak a már meggyőzötteket győzik meg, és amelyek csak egy adott hitközösségen belül maguktól értetődőek. Elfogadhatatlan a kutató teológus számára az axiológusok végérvényességi igénye is. Ha már a dogmatikai definíció is „előrefelé nyitott”, akkor ugyanaz érvényes minden más hittani tételre is. Az is csupán megközelítőleg képes az igazság megállapítására. Másrészt, hála eme szellemi nyitottságnak, lehetővé válik a párbeszéd mindazokkal, akik szemében bizonyos hittételek nem felelnek meg teljesen (vagy egyáltalán nem) a tudományosság követelményeinek.

Ebben az összefüggésben szükséges a tudományos teológia kívánatos szerénységét kihangsúlyozni. Már a keleti egyházatyák „negatív teológiája” is arra utal, hogy mennyivel több az, amit a világról, még inkább azonban Istenről nem tudunk, mint amit tudunk. Ezért illúzió lenne, és az önkritika teljes hiányára vallana, ha a teológus kijelentéseivel végső bizonyosságot akarna nyújtani. A hit bizalom és nem bizonyosság, hiszen nem evidenciákra, hanem elégségesen hitelt érdemlő ígéretekre alapul. Ez az elv, analóg módon, arra a rációra is érvényes, amellyel a hittudós mondanivalóját feldolgozza. Pannenberg szerint „a keresztény hagyomány tudományos teológia keretében csakis mint hipotézis juthat érvényre” (Pannenberg, 1973, 261.). Beleértve elsődleges tárgyát, Istent is. Itt az első lépés abban áll, hogy feltételezzük,

Isten tényleg az és olyan, aminek és amilyennek a *Biblia* mutatja. És ez a feltevés akkor igazolódik be, amikor, hála a belevetett és átgondoltan átélt hitnek, egy személy vagy egy közösség a valóság egyetemességében „megtalálja élete értelmét” (Pannenberg, 1973, 266.). Minden bizonnyal nincs minden egyes hívőnek vagy keresőnek szüksége a hittudomány közvetítésére, hogy eljusson ide. De ha gondolkodó ember, csak segíthet neki.

**6.4. Erkölcsei távlat** • A tudományos elméletek nagy része gyakorlati távlatlalt rendelkezik, és megfelelő követelményekkel jár. Ilyen viszony áll fenn például a fizika és a technika vagy a biológia és az orvostudomány között. Civilizációnk számos vívmányát ennek a teória-praxis viszonyoknak köszönheti. Analóg módon lehet a teológiai elmélet és az erkölcsi gyakorlat csereviszonyáról is beszélni. A hittudós nem teljesítené hivatását, ha megállna a tanok átgondolásánál és rendszerezésénél, anélkül, hogy felmutatná, mi azoknak a logikus következménye a személyes és a közösségi életgyakorlat szintjén. Megállna félúton, ha nem következtetne a hit elméletéből erkölcsi gyakorlatra.

Maga Jézus hasonló módon járt el mint – mondhatjuk – praktikus teológus. Példabeszédei egyidejűleg tanítják, mit ajánl hinni és tenni. Pedagógiája minden látszat szerint nem kényszerít a hit által követelt erények, mindenekelőtt a felebaráti szeretet gyakorlására. Akit erre készítenek, annak lehetővé teszi a szabad választást is. Ez jó adag lélektani szakértelmet követel tőle.

A keresztény hit és erkölcs más vallásokkal minden bizonnyal sok közös vonást mutat fel. Másrészt azonban, sajátosságának látszik az az elv, amelyet a középkori teológia a „fides caritate formata” kifejezés értelmében tett erkölcstana egyik alappillérvé. Azt jelenti,

hogy az Istenbe és Krisztusba vetett bízó hit csak akkor autentikus, illetve „igaz”, ha az embertárs önzetlen és önátadó szeretetére készítenek. Ugyanez az elv indította a rendszerező hittudományt arra, hogy előtérbe helyezze mindazt, ami egy humánus erkölcsösség előfeltétele. Például azt, hogy Isten lényege *agapè, caritas*, vagyis önátadó szeretet (1 Jn 4, 16), amely az *eros*-t és a *philiá*-t úgy szárnyalja túl, hogy egyben fel is veszi magába. Mindennek megvannak az objektív feltételei, amelyeket ma a pszichológia, a szociológia, a biológia, az etológia és a neurobiológia elemez.

Maga az egyház (nem csak a katolikus) hasonló módon készítette elő a szociális etikára vonatkozó nyilatkozatait. A fejlett országokban pedig így működnek a *Comités consultatifs d'éthique*, amelyeknek tagjai nagy részben természettudósok, orvosok, tanárok, politikusok, filozófusok és teológusok. Hívők és nem hívők egyaránt. A társadalom számára életbevágó problémákkal, mint a fogamzásgátlás, az eutanázia és az embriósejtek terápiái hasznosítása foglalkoznak ezek a szervezetek. A hittudósok véleményét kikérik.

**6.5. Ekklezialitás** • Sokan élnek még ma is abban a tudatban, hogy a keresztény teológia, főleg a katolikus, lényegében nem más, mint az *ún.* „tanítóhivatal”, azaz a pápa, az egyetemes zsinat vagy a püspöki karok szócsöve, ami érthetővé tenné, hogy a hittudósok túlnyomó többségét a klérus tagjai, papok, esetleg püspökök képezik, akik megfelelő kiképzésük alapján hit és erkölcs dolgában kétségbevonhatatlan tekintéllyel rendelkeznek. Így érkezik az „igazság” a hívek tömegéhez úgyszólván „földről lefelé”, hierarchikus módon. Kötelező, vitát és ellentmondást nem engedélyező nyilatkozatok formájában. Határesetekben még az egyházi büntetés, sőt a kiközösítés fenyegetése alatt is. A „hivatalos

tan” tehát egyirányú közlekedési útvonalra hasonlít, amelynek nem követése érthető módon bírságot von maga után. E szerint a felfogás szerint mi sem természetesebb, mint dogmatikai kézikönyvek kiadása, amelyekben minden „benne van, amit hinni kell”. Hasonló a szerepük a katekizmusoknak is, amelyekben a válaszokat ugyanazok adják, akik a kérdéseket is feltették.

Amennyiben a teológia tudomány akar lenni és maradni, helytelen, vagy legalábbis hiányos az itt felvázolt meghatározás. Csak úgy lehet azzá, amire valóban hivatott a 21. század elején, ha nem axiómákat, tekintélyelvi alapon megfogalmazott kijelentéseket és utasításokat követ, hanem a hagyomány közösségi úton történő azonosítása mellett a lehető legnagyobb mértékben a dialógus módszerét alkalmazza. Ez megköveteli a vélemény szabadság tiszteletben tartását, a más-ként vélekedőkkel történő békés eszmecsere, a feltett kérdések megválaszolását és a közös igazságkeresés megfelelő eszközeinek bevetését. Annak elfogadását is, hogy minden Isten-kép természetszerűen vita tárgyát képezi, az egyházat érintő kérdések még inkább.

Ebben a szellemben igyekezett dolgozni a II. vatikáni zsinat. Tudott dolog, hogy a római hivatalnok-teológusok által előkészített szövegjavlatokat az összegyűlt püspökök túlnyomó többsége elutasította. A világegyház hivatott képviselői nem haboztak a „központ” egyoldalú úton meghirdetett tételein kritikát gyakorolni. Az előkészítő bizottságok új szövegtervek kidolgozását bízták az egyházi reformtörekvések kimagasló képviselőire, például a francia Yves Congarra és a német Karl Rahnerre, szintúgy a belga és a holland teológusok csoportjára (v. ö. Congar, 2002). A kimondottan egyházi és hittudományi kérdések mellett a modern világ problémái

kerültek megbeszélésre: háború és béke, világ-gazdaság, szociális igazságosság, a nők egyenjogúsítása, az emberi jogok, a család, a tudományok haladása... Nem lehetett a tárgyalásokat a tisztán szellemi és lelkiismereti kérdésekre korlátozni. Az egyházi szférát lehetetlen volt a világitól elszigetelni. Ezt az új szellemet illusztrálja a zsinat talán legjellegzetesebb konstitúciója, amelynek címe *Gaudium et spes*, azaz *Öröm és remény*, amely az egyház helyzetét a mai világban elemzi. Vezérfogalma a dialógus.

Nagy szerep jutott az ún. *periti*-nek, szakértőknek és tanácsadóknak, szintúgy az *observatores*-nek, megfigyelőknek. Vélemény nyilvánításra hívtak fel protestáns, anglikán és ortodox egyháziakat és laikusokat, akik között nem egy (sajnos túl kevés) nő is volt. Úgy látszott, hogy azok a püspökök, akik katolikus felfogás szerint a „tanító Egyházat” képezik, most maguk is tanulni kívántak. A kutató hittudomány szakembereinek országlánrésziük volt ebben a kollektív munkában. Ők írták a legtöbb püspöki felszólalás szövegét. Az így kidolgozott közösségi módszer joggal viselte a *konziliaritás*, értsd a *zsinatiság* nevet, amennyiben az igazságkeresés sokkal inkább „vízszintes”, mint „függőleges” irányt követett. Hasonló jelentésű az orosz teológiából átvett *szobornosztj* fogalom is, amely egyszerre jelzi az egyház egyetemes mivoltát, annak ismeretmegosztás révén történő gyakorlását és azt a tárgyilagos ítéletre készítő szeretetet, amelynek híján az elszigetelt egyén aligha képes az igazságot a maga teljességében megismerni, illetve megközelíteni.

Ebben az összefüggésben szeretnék még arra utalni, hogy az ókeresztény *sensus fidei* fogalom is egy hasonló „ekklezialitás”, azaz ismerettani „egyháziság” szorgalmazására szolgál. Azt jelenti, hogy az ún. *világi hívők*

már hitük erejéből is teológiai érzékkel és ítélőképességgel rendelkeznek, úgy hogy képesek és hivatottak egyházközösségi döntések előkészítésében közreműködni. Joguk van arra, hogy az egyházvezetőség kikérje véleményüket, és hallgasson rájuk. Nem kevésbé, mint azt a demokratikus társadalom vezetői polgáraikkal szemben teszik.

Ha ez így van, akkor a teológia ekkleziális jellege távolról sem merül ki a pápa, a püspökök és a klérushoz tartozó hittudósok tevékenységében, hanem a teljes közösség felelősségvállalására utal. Így logikus jelenség, hogy nemcsak a protestáns, hanem a katolikus teológiai fakultásokon is egyre több világi és női tanerőt találunk.

**6.6. Differenciáltság és pluralizmus** • Minden tudomány tudományossága fejlődőképeségén áll vagy bukik. Ez a sajátosság mindegyiknél abban áll, hogy a tudós számon tartja kutatása tárgyának sokrétűségét, többirányú változásait és növekvő komplexitását, aminél egy lényegében evolutív világban mi sem természetesebb. Az eddig mondottak lehetővé teszik a feltevést, hogy ez alól az alapszabály alól a teológia sem képez kivételt. Az is ismeretállapotának változásaival és fejlődésével áll szemben. Úgyszintén egy hermeneutikai pluralizmus követelményeivel.

Egyre sokfélébbek és különbözőbbek lesznek a keresztény teológia címzettjei. Újabb meg újabb kulturális adottságokkal és kihívásokkal, „kontextusokkal”, környezetképző tényezőkkel találja szemben magát. Ezekhez alkalmazkodva tagozódik a keresztény hittudomány itt „politikai”, ott „feminista”, amott „afrikai” vagy „indiai” teológiákra. Mindegyiknek megvannak a sajátos szempontjai, súlypontjai, érdekirányai, amelyek a megfelelő specializálás előnyeit és hátrányait vonják maguk után. Hogy csak a feminista példát

emeljem ki, nyilvánvaló, hogy ez az irányzat nagyban hozzájárult a nő egyenjogúságának hittani és egyházi elismeréséhez (ezen a téren még sok a tennivaló!), ugyanakkor nem tudta elkerülni radikális és intoleráns kísérőjelenségek megjelenését. De hát nem természetes-e, hogy minden tudományos vagy nem tudományos haladás kockázatokkal jár? És hogy az új kihívások sokasága ugyanakkor gazdagító hatással is járhat?

Főleg a zsinat tett tanúságot arról, hogy a keresztény teológia határozottan a haladás és a továbbfejlődés útjára akar térni, főleg úgy, hogy egy egyedül „üdvözítőnek” kikiáltott római irányzat mellett más, új, kontextuális irányzatoknak is szabad teret adott. E logika szerint a hittani nyelvezet és gondolatrendszer maga mögött hagyta a nagy általános és elvont jellegű tételek változást és variációt alig ismerő ismétlését, és elfogadta, hogy „új idők új dalait” engedje érvényre jutni. A beszéd konkrétabb lett, a világ a maga kulturális, politikai és világnézeti sokféleségében lett a téma. (Lásd: *Gaudium et spes*.) Ha több hely állna rendelkezésemre, itt fejteném ki a latin-amerikai „felszabadulás-teológia” problematikáját, amelyhez hozzátartozna egy szigorú kritika is. Annak a római konzervatív zsinatellenességnek a bírálata, amely ma a pluralizmusban és a profán világ felé való megnyílásban csak a kereszténység veszélyeztetését képes látni. Összeegyeztethető-e egy ilyen magatartás a keresztény teológia fejlődéskészségével, következőleg tudományosságával?

Egy másik differenciálódási irányzat a tudományos bizonyosságkeresés terén észlelhető. Ismeretes, hogy Werner Heisenberg bizonytalansági relációja véget vetett a fizika berkeiben a százszázalékosan pontos felmérés hiedelmének. Egyben a tökéletes objektivitás mítoszának is. Szerintem analóg okai lehet-

nek egy bizonyos teológiai szerénységnek és alázatosságnak is. Például annak felismerése alapján, hogy a dogmatikai definíció „előrefelé nyitott (Rahner, 1971). Így a dogmafogalom anélkül vett fel magába egy adag racionalitást, hogy elvesztette volna irányjelző szerepét. Az egyetemi nívón működő hittudós nem restell többé egy bizonyos *trial and error* módszerhez folyamodni, más szóval „kísérletezni”, és hipotézisek mérlegelésével dolgozni. Az a meggyőződés, hogy nem minden teológiai tétel egyenértékű, megtalálható már a klasszikus, zsinat előtti kézikönyvekben is, ahol a különböző kijelentések más és más bizonyossági fokozatok szerint lettek osztályozva. Mivel megismerés dolgában a megismerőt az „kötelezi”, ami bizonyos, és anynyiban, amennyiben bizonyos, a fokozott osztályozás mindkét szinten érvényes. A teológiában is jelen levő relativitásra utal még a zsinat által képviselt „igazságok hierarchiája”, rangsora is. Az, ami a hit lényegi, központi tartalmát illeti – például a kijelentés, hogy az Isten szeretet – a rangsor élén áll, míg más tanok – például az *ún.* „tisztítótűzre” vonatkozóak – csupán a háttérben. Ilyen értelemben beszélt Rahner „Randdogmen”-ről, „peremdogmákról”. A tudományosság szempontjából ez a differenciáltság sem mellékes.

Befejezésül még egy, a mai keresztény teológiára jellemző megkülönböztetésre szeretnék utalni, amelyre XVI. Benedek pápa adott példát. A názáreti Jézusnak szentelt kétkötetes művében így nyilatkozott: „Világos [...], hogy ez a könyv semmiképpen sem tanítóhivatali aktus, hanem kizárólag az én személyes keresésem kifejezése az Úr előtt. Így mindenki szabadon ellentmondhat nekem” (Ratzinger, 2007, 3.). Figyelemre méltó a világos megkülönböztetés aközött, amit az író mint a legfelsőbb katolikus egyházi tanítóhi-

vatal letéteményese és amit a megfelelő lelkiiséget kereső hívő és tudományos feltételezésekhez folyamodó teológus mond. A neves francia exegéta Pierre Gibert élt is a felajánlott kritikai szabadsággal. Kiadós cikkben vitatta Joseph Ratzinger elméletét a történeti-kritikai írásmagyarázatról, amelyet egy *kánoni exegézissel* kíván „kiegészíteni” (Gibert 2008, 8.).

XVI. Benedek hasonló szerepmegkülönböztetésről tett tanúságot abban a beszélgetésben, amelyet Peter Seewald újságíróval folytatott és *A világ világossága* cím alatt adott ki (Ratzinger, 2011). Ebben a kötetlen stílusú interjúban kényes kérdésekre is kész volt válaszolni. Elfogadta a nem könnyű feladatot, hogy megkülönböztesse azt, amit mint pápa, és amit mint teológianár vagy a világ eseményeinek szemlélője mond. Ez lehetővé tette nekem, hogy könyvét magam is kritikus kiértékelés tárgyává tegyem (lásd Ganoczy – Jeannerod, 2013).

### 7. Zárzó

Milyen értelemben lehetséges a keresztény teológiát tudománynak tekinteni? A kérdésre nem pusztán a metodológia szintjén kíséreltem meg válaszolni. Ésszerűnek találtam magából a teológia elsődleges tárgyából, tehát a bibliai Isten- és Krisztus-képből kiindulni. Hipotézisem szerint ez a kép már önmagában megköveteli az „istenről szóló tudomány” (Pannenberg) szimultán nyitottságát a szellem- és természettudományos igazságkeresés felé. Csak így kerül el az intellektualizmus, az idealizmus, a spiritualizmus és a szupernaturalizmus csapdái. Csak így képes kiszabadulni a dualista emberkép babiloni fogságából, és összhangba kerülni egy holisztikus emberfogalommal, amelyet a modern tudomány éppúgy megkövetel, mint a két-három ezer évvel ezelőtt létrejött *Szentírás*. A mód-

szerek terén a teológia, már történeti megalapozottsága miatt is, inkább szellemtudományként működik. De az a világ, amelynek értelmet kíván és köteles adni, annyira a természettudomány hatáskörében létezik és fejlődik, hogy elengedhetetlenné válik a teológus és a természettudós közötti párbeszéd. Lehetségesnek mutatkozik kölcsönös kiegészítésük. Ami a módszereket illeti, csak a hipotézist, a megközelítő megismerést, a bizonytalansági relációt, a *trial and error* eljárást,

a haladáskészséget említem meg, hogy a két szak közötti analógiák lehetőségére utaljak.

Bebizonyítottam, hogy a teológia tudomány? Nem. De remélem, néhány utalást tettem arra, milyen sajátos értelemben tud a keresztény teológia tudományként viselkedni.

Kulcsszavak: *hit, tudomány, keresztény hittudomány, tapasztalat, teológiai hipotézis, történeti-kritikai exegézis, dogma, bibliai istenkép, holisztikus emberkép, a történeti Jézus*

### IRODALOM

- Benedek XVI. (2011): *A világ világossága. Beszélgetés Peter Seewalddal*. Duna International, Budapest
- Changeux, Jean-Pierre – Ricœur, Paul (1998): *La nature et la règle. Ce qui nous fait penser*. Odile Jacob, Paris • <http://books.google.hu/books?id=t-eQrK8H8ccC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Congar, Yves (2002): *Mon Journal du Concile I–II*. Editions du Cerf, Paris
- Dilthey, Wilhelm (1883): *Einleitung in die Geisteswissenschaften*. Dunker und Humboldt, Berlin
- Edelman, Gerald (1992): *Bright Air, Brilliant Fire. On the Matter of the Mind*. Basic Books, New York. • <http://www.questia.com/read/8587890/bright-air-brilliant-fire-on-the-matter-of-the-mind> Az itt használt francia fordítás (1992): *Biologie de la conscience*. Odile Jacob, Paris
- Ganoczy, Alexandre (1992): *Suche nach Gott auf den Wegen der Natur. Theologie, Mystik, Naturwissenschaften*. Patmos, Düsseldorf
- Ganoczy, Alexandre (1995): *Chaos, Zufall, Schöpfungsglaube. Die Chaostheorie als Herausforderung der Theologie*. Grünewald, Mainz
- Ganoczy, Alexandre (2001): *Der dreieinige Schöpfer. Trinitätstheologie und Synergie*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt
- Ganoczy, Alexandre (2008): *Christianisme et neurosciences*. Odile Jacob, Paris • <http://books.google.hu/books?id=e3EOYMAOVZIC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Ganoczy, Alexandre – Jeannerod, Marc (2013): *Confiance par-delà la méfiance*. Editions du Cerf, Paris
- Gánóczy Sándor (2008): A „kreacionizmus” és az „értelmes tervezettség” a teológiai kritika tükrében. *Magyar Tudomány*. 12, 1468–1486. <http://www.matud.iif.hu/08dec/06.htm>

Gánóczy Sándor (2009): Hit, vallás és erkölcs Darwin fejlődésmélete és szellemi fejlődése keretében. *Magyar Tudomány*. 7, 838–848.

Gaudium et spes (1965): *II. Vatikáni Zsinat Gaudium et spes kezdetű lelképítési konstitúciója az Egyházzól a mai világban*. • [http://www.vatican.va/archive/hist\\_councils/ii\\_vatican\\_council/documents/vat-ii\\_const\\_19651207\\_gaudium-et-spes\\_hu.html](http://www.vatican.va/archive/hist_councils/ii_vatican_council/documents/vat-ii_const_19651207_gaudium-et-spes_hu.html)

Gibert, Pierre (2008): Critique, méthodologie et histoire dans l'approche de Jésus. *Recherches de Science Religieuse* (Paris). 8, 96, 219–240. [http://www.google.hu/url?sa=t&rc=t&url=http%3A%2F%2Fwww.cairn.info%2Fload\\_pdf.php%3FID\\_ARTICLE%3DRSR\\_o82\\_o219&ei=wCZDUKPWOKR14QSgk4GAAQ&usq=AFQJCNGBvChJ1rjib7R73VcYG7gnqoy54Q&sig2=5CtCSECIqRl6UHvuafoCMA](http://www.google.hu/url?sa=t&rc=t&url=http%3A%2F%2Fwww.cairn.info%2Fload_pdf.php%3FID_ARTICLE%3DRSR_o82_o219&ei=wCZDUKPWOKR14QSgk4GAAQ&usq=AFQJCNGBvChJ1rjib7R73VcYG7gnqoy54Q&sig2=5CtCSECIqRl6UHvuafoCMA)

Pannenberg, Wolfhart (1973): *Wissenschaftstheorie und Theologie*. Suhrkamp, Frankfurt a. M.

Rahner, Karl (1971): *Zum Begriff der Unfehlbarkeit in der katholischen Theologie*. In: Rahner, Karl (kiad.): *Zum Problem der Unfehlbarkeit. (Quaestiones Disputatae 54)* Herder, Freiburg–Basel–Wien, 9–26.

Ratzinger, Joseph (1966): *Das Problem der Dogmengeschichte in der Sicht der katholischen Theologie*, AG für Forschung des Landes Nordrhein – Westfalen, Geisteswissenschaft, Heft 139, Köln–Opladen.

Ratzinger, Joseph (Benedek XVI.) (2007, 2011): *A názáreti Jézus I–II*. Szent István Társulat, Budapest

Unitatis redintegratio (1964): *A II. Vatikáni Zsinat Unitatis redintegratio kezdetű dekrétuma az ökumenizmusról*. • [http://www.vatican.va/archive/hist\\_councils/ii\\_vatican\\_council/documents/vat-ii\\_decree\\_19641121\\_unitatis-redintegratio\\_hu.html](http://www.vatican.va/archive/hist_councils/ii_vatican_council/documents/vat-ii_decree_19641121_unitatis-redintegratio_hu.html)

Westermann, Claus (1975): *Genesis. Kapitel I–II*. Neukirchener Verlag, Neukirchen

# MI A TUDOMÁNY? ÉS MI NEM AZ?

Kampis György

a tudományok doktora, egyetemi tanár,  
ELTE Tudományfilozófia Tanszék  
gk@hps.elte.hu

Elborzadtam a vita anyagának nagyobb részét olvasva, és felütésként az összegzést előre kimondva, nekem úgy fest, hogy Brendel Mátyás és Szentpétery Péter a lényegét nem értik a tudománnyal kapcsolatban, és vesztélyesen játszanak a szavakkal.

Ha a tudománynak van illetékességi köre, akkor bizony azon belül is kell maradnia. Egyéni véleményünk persze lehet minden egyébrel kapcsolatban is, sőt van, akárcsak a futball vagy az építészet esetén, de az nem publikációképes, és még kevésbé lehet „a” tudomány véleménye. Hogyan kerültünk egyáltalán oda, hogy a tudomány alapján a vallást gyalázzuk, mint Brendel teszi, vagy a vallás alapján a tudományt hibáztatjuk, ahogy Szentpétery (szó szerint persze: az ateizmust, de kiderül, hogy ez a tudománynak szól)?

Ha már a szavaknál tartunk, számomra egyébként nagyon is elfogadható, hogy a teológia valamiféle tudomány (*Wissenschaft*), de nem azért, mert olyan volna, mint a természettudomány (*science*). Ha (mint én is gondolom) a teológia tudomány, akkor azért az, mert módszeres, kritikus, igényes – de olyan tudomány, amelynek a módszerei, céljai, eszközei alapvetően és lényegüket tekintve különböznek a *science*-étől – azaz attól, amit pongyolán és sommásan gyakran *tudományként* szoktunk emlegetni.

A tudomány (mármint a *science*) vállaltan korlátozott. A tudomány korlátai – véleményem szerint – magának az emberi létnek a korlátai, annak a határait jelölik ki, hogy mit (hogyan) tudhatunk, meddig ér a tapasztalat világának bizonyossága, mire következtethetünk. Ezeket túl is sok minden létezik azonban. Az már, ha úgy tetszik, nézőpont kérdés, hogy a tudomány által meg nem válaszolt kérdéseken akkor szomorkodjunk-e vagy sem, és egyáltalán, hogy mit kezdünk velük. Mi végre vagyunk itt, honnan származik a világ, létezik-e szerelem első látásra – vég nélküliek ezek a kérdések. Szándékosan tettem közéjük egy profánt. Mert amiről a tudomány nem beszél, arról nem beszél, és ez „csak ennyit jelent” (ahogy Richard P. Feynmann is mondta). A tudomány azt sugallja – de nem követeli – hogy az előbbieket ne is tekintsük valódi kérdéseknek. Ludwig Wittgenstein ismert álláspontja szerint, az ilyen kérdések – a metafizikai kérdések és az egyebek, de nem állítom, hogy mindezek egyenrangúak volnának – pusztán a nyelv csábítása által létrehozott látszatkérdések. Úgy gondolom, a tudományos szemlélet ugyanezt nyelvfilozófiai kitérő nélkül magától is ajánlja. Nem tekinti (a tudomány számára legalábbis) valószínűsnek azokat a kérdéseket, amelyeket nem tud bevonni az „igaz vagy hamis” állítá-

sok körébe, vagyis amelyeket ennél fogva nem tudhat eldönteni sem, mert nem gyűrhet saját módszere alá.

Ugyanakkor nyilván nem vitatható el senkitől, hogy az emberi megismerés – a tudomány – által nyitva hagyott kérdéseket privát módon önmagának mégis valóságnak gondolja, sőt a maga számára meg is válaszolja őket, a szorító belső kényszereknek engedve. Életünk fontos, és az életünk nem (csupa) tudomány. Aki ennek ez egésznek, a teljességnek a birtokbavételére vállalkozik, annak tudnia kell azonban, hogy ezzel elhagyja a bizonyosságoknak (és bizonytalanságoknak) azt a körét, amely a jelenségek világának, vagyis a tudomány tárgyának megismeréséből fakadó vitát lehetővé teszi. Természetesen itt nagy különbség keletkezik azon kérdések között – és ilyenek a metafizikai és teológiai kérdések – amelyek színvonalas, fontos, izgalmas hagyományokhoz köthetők, és ezért szellemi értelemben fontosak, érdekesek, és a többiek között, amelyek nem.

Azt nem gondolom azonban, hogy ennek alapján, mármint abból kiindulva, hogy „több is van ott”, vagyis, visszafelé érvelve, a tudományt és a tudósokat bírálni lehetne. Az a vád például, hogy „az ateisták” (ahogy említettem, nekem úgy tűnt, a kört itt a tudósokig tágítja a fogalmazás) egy „nemlétező Istenben” hisznek, megítélesem szerint egy ilyen téves számonkérés része. Az ateisták mint emberek természetesen lehetnek titokban vallásosak vagy nem – ennek részeként pedig lehet valamilyen viszonyuk a metafizikai kérdésekhez, hihetnek például az univerzumban vagy más „személytelen istenekben”, vagy valóban tagadhatják Isten (vagy az istenek)

létét egy róluk alkotott előzetes kép alapján. Bármilyen lehet. De éppen erről van szó – hogy a tudomány és szemlélete, a naturalizmus nem követel semmi ilyesmit, ezek egyikét sem, se semmi hasonlót. A naturalizmus nem metafizikai jellegű a szónak ebben az értelmében, ahogy a végső vagy transzszendens entitásokba vetett (vagy elvetett) hit az. A naturalizmus gyakorlati szemlélet a tudomány számára, ennél nem több és nem kevesebb. Nem felel meg azoknak a céloknak, amelyeket nem tűz maga elé.

Végül a szerénységről. Mennyire hitelesek e vita résztvevői, mennyire vagyunk mi magunk egyáltalán hitelesek? Ki szólhat meg egy terület nevében? Ezt megítélni nem tudom. Abban biztos vagyok azonban, hogy Gánóczy Sándor írását nagy élvezettel olvastam, a másik kettőt pedig nem. (Holott az egyiknek bizonyos távolságból nézve, elvileg örülnöm kellett volna – de sajnos nagyon nem örültem.) Miért van ez? Nos, ha nem is lettem Gánóczy írásától vallásosabb, de meggyőződtem arról, amit persze korábban is gondoltam, hogy a párbeszéd értelmes. Nem arról szól a párbeszéd, hogy „ki téved” vagy annak ismételtetéséről, hogy „DE igen”, és „DE nem”. A párbeszéd a tudásról szól, a tudásvágyról, és a tudás mindig változik, növekszik, eleven. Pozitív példát említve, tanúja voltam, amikor (ráadásul kényes témát érintve) a Pax Romana rendezvényén Szathmáry Eörs tartott előadást a biológiai evolúcióról, amit érdekes, toleráns és konstruktív hangulatú beszélgetés követett, mindenféle erőszakos szellemi kényszerítés nélkül, ugyanakkor fontos információkat cserélve. Azóta is úgy gondolom, van tanulnivalónk egymástól.

## Megemlékezés

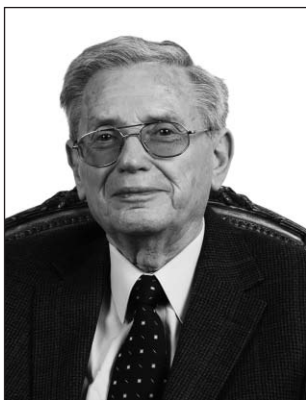
Nagy veszteség érte a magyar társadalomtudományt, 2012. szeptember 10-én elhunyt Enyedi György, az MTA rendes tagja, az Akadémia volt alelnöke, a *Magyar Tudomány* volt főszerkesztője, a nemzetközi társadalomtudomány fejlődését meghatározó tudósok vezető egyénisége, a 20. század új tudományágzatának, a regionális tudományaknak a hazai megteremtője.

Budapesten született 1930. augusztus 25-én. Egyetemi tanulmányait a Budapesti Közgazdaságtudományi Egyetemen végezte, ugyanitt kezdte tudományos pályafutását. Gazdaságföldrajzi kutatásai kezdetben a világ mezőgazdaságának fejlődésére és regionális problémáira irányultak. E közel másfél évtizedig művelt kutatási témában jelentek meg első publikációi, összefoglaló munkái, könyvszerkesztései. Agrár-földrajzot oktatott a Közgazdaságtudományi és a Gödöllői Agrártudományi Egyetemen.

Az 1960-es évek legelején lett az MTA Földrajztudományi Kutatóintézetének munkatársa, majd igen fiatalon, 1962-ben igazgatóhelyettese. Kutatásai új dimenziókat öltöttek. Tudományos érdeklődésének középpontjába a falusias terek szerveződését befolyásoló tényezők kerültek. Agrár- és falutipológiai vizsgálatai ráirányították a figyelmet a magyar

településhálózat átalakulásának kedvezőtlen következményeire, a falusias terek társadalmi és gazdasági egyenlőtlenségeire. Az e témakörben végzett munkájának nemzetközi elismertségét jelzi, hogy a Nemzetközi Földrajzi Unió keretében 1972–1984 között irányította a falusi térségek fejlesztésének világméretű összehasonlító vizsgálatát. Szerkesztésében az Akadémiai Kiadó *Geography of World Agriculture* című sorozata több mint két tucat kötetet jelentetett meg. 1984–1992 között a Nemzetközi Földrajzi Unió alelnöke volt. Az Unió közgyűlése egyébként úgy választotta alelnökké, hogy a magyar nemzeti bizottság mást javasolt.

Az 1980-as évtized új kihívások elé állította Enyedi Györgyöt. A különböző műhelyekben egymástól elszigetelten folytatott kutatásokat egy intézménybe szervezte, tudományos tevékenysége pedig új kutatási irányt vett, a regionális egyenlőtlenségek és az urbanizáció térbeli fejlődése foglalkoztatta. Kelet-Európában az államszocializmus regionális és településpolitikájának ideológiája és az ebből fakadó célkitűzések erős korlátok közé szorították a területi folyamatok tanulmányozásával foglalkozó tudományágzatokat. A homogénnek tételezett társadalom eszménye azonban a tudományos gondolkodást



ENYEDI GYÖRGY  
(1930–2012)

differenciáltan hódította meg az egyes országokban. A magyar társadalomtudományok viszonylag korán – jórészt Enyedi Györgynek a nyugati tudományossággal fenntartott intenzív kapcsolatai következtében – fontos kutatási eredményeket szolgáltatottak a térben egyenlőtlen fejlődésről, a településhálózat átalakulásának anomáliáiról, *expressis verbis* megkérdőjelezték a központi tervezdálkodás, a helyi-regionális adottságokkal nem számoló gazdaságpolitika hatékonyságát.

A területfejlesztési politikának a piacgazdaság alapvető kategóriáitól eltérően különös utat kellett bejárnia Magyarországon. Az útkeresést az a természetes jelenség nehezítette, hogy az államszocializmusban használatos fogalmakat nem kis ellenérzés kísérte. Kezdetben a marxista társadalomelmélet utasította el a regionális politikát, és a tervezdálkodást kiszolgáló egyszerű eszközzé silányította. Később – a társadalmi-gazdasági reformok kiteljesedése idején – is bizalmatlanság övezte a decentralizáció fejlesztését sürgető, ám erőtlen és elszigetelt kezdeményezéseket, nem egyszer a provincializmus kétes hírű bélyegét ragasztották e kísérletekre. Enyedi György koherens koncepciókat fogalmazott meg az innovációorientált területfejlesztési politika szükségességéről, a gazdaság és a politika modernizációellenessége miatt azonban ennek részletes kidolgozására nem mutatkozott igény.

Az 1980-as évtizedben a nemzetközi tudomány egyik jellemzője volt, hogy a hagyományos diszciplínák modernizálódásával párhuzamosan a tértudomány fejlődése gyors léptekkel haladt előre. A regionális tudomány önálló diszciplínává fejlődésének feltételei Magyarországon is ekkor alakultak ki. A programadó egyéniség Enyedi György volt. Ő alapította meg a regionális tudomány ma-

gyarországi vezető intézményét, az MTA Regionális Kutatások Központját, amelynek főigazgatói tisztét 1984–1991 között látta el. 1986-ban megszervezte az MTA Regionális Tudományi Bizottságát, amelynek 1986 és 1990 között elnöke volt. 1987-ben megalapította a *Tér és Társadalom* folyóiratot. A megjelent huszonöt évfolyam kötetében több mint félezer tudományos közleményt publikáltak. A folyóirat szerkesztőbizottságának Enyedi professzor volt az elnöke. A *Területi és Települési Kutatások* monográfiásorozatban negyven összegző munka jelent meg, az eddig száznegyven kötetben kiadott angol nyelvű *Discussion Papers* sorozat a magyar regionális kutatások nemzetközi népszerűsítését szolgálja. 1989-ben a Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Karán terület- és településfejlesztési szak alakult. Ma már nyolc egyetemen lehet regionális és környezeti gazdaságtani mesterszakon diplomát szerezni, a Pécsi Tudományegyetemen, a Szent István Egyetemen és a Széchenyi István Egyetemen regionális tudományi doktori iskola működik. A regionális tudomány egyetemi diszciplínává fejlesztésében szintén Enyedi György játszott vezető szerepet, aki fiatalon, negyvenkét éves korában lett egyetemi tanár a Montpellier-i Egyetemen, hét évet töltött vendégprofesszorként külföldi egyetemeken, itthon pedig a debreceni, a pécsi és a budapesti egyetemeken oktatott.

Nemzetközi tapasztalatokon nyugvó elméleti felkészültsége, kiegyensúlyozott társadalmi látásmódja, megújításra mindig kész és inspirációkban gazdag problémaérzékenysége, kedves emberi magatartása vonzotta a regionális tudomány művelőit. Személye fontos tájékozási pontja lett a gyarapodó fiatal kutatói generációnak, amely az 1970-es évek második felében kezdett a területi folya-

matokkal foglalkozni, majd az eredmények gyarapodásával az 1980-as évek első harmadára egyre látványosabban tett hitet a regionális tudomány mellett. A regionalisták generációinak sokat jelentett Enyedi személyisége: nagy tárgyi tudása, nyelvismerete, közvetlensége, kiváló humora, „finom úriember” jelleme. Sokunknak a követendő értelmiségi típust jelenítette meg. Példaképünk volt. Irányítási módszereit is az együttműködés iránti figyelem hatotta át. Vezetői eredményességének ez volt az egyik titka.

A negyvenöt könyvvel és négyszáz tudományos közleménnyel fémjelzett tartalmas és eredményes életpálya bővelkedett elismerésben. Hét külföldi földrajzi társaság tiszteleti tagja. A Magyar Tudományos Akadémia 1982-ben levelező, 1990-ben rendes tagjává választotta, 1999–2002 között az MTA társadalomtudományi alelnöki tiszteit töltötte be. Tagja volt a londoni Academia Europaea-nak, számos nemzetközi folyóirat szerkesztőbizottságának. Hosszú ideig volt az UNESCO Társadalomtudományi Kormányközi Tanácsának elnökhelyettese, a magyar UNESCO Bizottság elnöke. E tisztségeiben sokat tett például azért, hogy Pécs ókeresztény sírépítményei a kulturális világörökség részévé váljanak. Az Európai Kulturális Főváros pályázat nemzetközi bírálóbizottságának tagjaként segítette Pécs eredményes szereplését.

Sok díja és kitüntetése közül helyi szinten csak a Széchenyi-díjat, a Hazám Díjat, a Nemzetközi Földrajzi Unió Lauréat d'Honneur Díját, a Magyar Köztársasági Érdemrend Középkeresztjét, a Pro Renovanda Cultura Hungariae Alapítvány Fődíját és a Hild-díjat említjük. Számos nemzetközi tudományos társaság választotta tiszteletbeli tagjának. A Pécsi Tudományegyetem 2002-ben díszdoktorává avatta.

Enyedi György publikációs aktivitása élete utolsó pillanatáig példamutató volt. A 2005-ben megjelent életmű bibliográfiája óta nyolcvan tudományos közleményt, szemle-cikket, recenziót jelentetett meg, hazai és nemzetközi kutatási programok eredményeit összegző köteteket szerkesztett. *Városi világ* című összefoglaló munkája az Akadémiai Kiadó gondozásában 2012. július elején jelent meg. E könyv az elmúlt évezred kutatásainak szintézise, az Enyedi-életmű egyik legfontosabb darabja.

A Magyar Tudományos Akadémia tevékenységét nagy figyelemmel kísérte, akadémiai tisztségviselőként, az elnökség tagjaként és alelnökként számos alkalommal tett javaslatot átfogó változtatásokra. Koherens elképzelése volt a társadalomtudomány modernizációs szerepéről, az akadémia szervezeti rendszeréről. A tudomány decentralizálását, a fővároson kívüli tudomány önállóságának fokozását, a hálózatosodást tekintette a K+F egyik fejlesztő erejének. A tudományirányításban jelentős szerepet szánt a regionális bizottságoknak, a tudományágazatok eredményes együttműködése keretének tekintette azokat. A *Magyar Tudományban* megjelent utolsó írásában *Mi a regionális tudomány?* címmel fogalmazta meg határozott álláspontját arról, hogy az akadémiai átalakítás fő céljának az értékek továbbfejlesztését kell tekinteni.

Volt energiája arra is, hogy mérleget vonjon a magyar terület- és településfejlesztés helyzetéről és az új kutatási irányokról. A *Területi Statisztika* című folyóirat 2010. júliusi számában a területpolitikai paradigmaváltásról a következőképpen fogalmaz: „Első feladatnak egy új paradigma koncepcionális kimunkálását tartom. A sok évtizedes területfejlesztési rutin – melyet a fiatal korosztály is követ – nem veszi kellően figyelembe a glo-

balizált gazdaság mai átalakulását. A korábban bevált – vagy legalábbis alkalmazott – vizsgálati s alkalmazási eljárások nem egyszerűen azért eredménytelenek, mert rosszul alkalmazzuk, hanem mert nem napjaink jellemző területi-társadalmi folyamatait próbáljuk befolyásolni. Ezért úgy vélem, hogy a fő alapkutatási feladat: a gazdaság térbeli fejlődése új modelljének (modelljeinek) felvázolása. Természetesen hasznos a jelenlegi alapvető belső ellentmondások vizsgálata s feloldásuk módjainak kimunkálása (pl. az ágazati széttagoltság mérséklése, a források és döntések decentralizálása, a beavatkozások téregységeinek tisztázása). Az alapkutatásnak azonban nem a jelen gyakorlati problémáinak megoldására kell választ adnia – ez a fejlesztő s alkalmazott kutatások feladata – hanem olyan új társadalmi-gazdasági folyamatok felvázolása a célja, melyek a jövőben bontakoznak ki, a jövő problémáit okozzák, ezzel a jövő gyakorlati problémái gyors megoldásának adják meg az alapját.”

A magyar regionális tudomány fejlődése, az eredmények és a gondok nem függetlenek a magyar – és az európai – átalakulás sajátosságaitól, távolabbi és közelebbi múltunk következményeitől, a magyar vidék és az átmenet nehézségeitől. Az új tudományágazat szándéka azonban töretlen: vizsgálatait a jövőben is a nemzetközi regionális kutatások fő áramlataihoz illeszti, a magyar modernizáció regionális kérdéseire az európai kihívások mérlegelésével igyekszik megfogalmaz-

ni a válaszokat. Ennek a filozófiának a szellemében kíván együttműködni hazai és külföldi tudományos partnereivel, vesz részt a felsőfokú képzésben, és szolgálja a regionális fejlesztés gyakorlatát.

A regionális tudomány Enyedi professzor által elindított tudatos építkezése révén ma Magyarországon megvannak az intézményi és szellemi feltételei annak, hogy a térrel foglalkozó társadalomtudományok közös alapfogalmait, elméleteit és módszereit egységes rendszerbe foglaló, a társadalmi és gazdasági jelenségeket, folyamatokat ezek felhasználásával vizsgáló regionális tudomány önálló diszciplínaként fejlődjön a 21. században, és hozzájáruljon a magyar tudományosság európai versenyképességének erősítéséhez. A regionális tudomány számos intézményét, kutatóhelyeket, egyetemi tanszékeket és gyakorlati szakmapolitikai műhelyeket Enyedi-tanítványok irányítanak.

Enyedi György, a tudós, a tudományszervező és tanár, az iskolateremtő egyéniség halála óriási veszteség. Mi, az Enyedi-iskola tagjai tudjuk kötelességünket: új eredményekkel gazdagítani a regionális tudományt, felfedező kutatásokra inspirálni fiatal kutatótársainkat, alkalmazásra buzdítani a gyakorlati szakembereket, vitára és együttműködésre serkenteni a regionális fejlődésben érdekelt szereplőket. Enyedi György tudományos hitvallásának ez a legfontosabb üzenete.

*Horváth Gyula*  
az MTA doktora

## Kitekintés

### ANTIPILEPTIKUM A KENDERBEN

Az indiai kenderben lévő egyik biológiailag aktív, de tudatmódosító hatással nem rendelkező anyag, az ún. kannabidiavin (CBDV) állatkísérletekben hatékony antiepileptikumnak tűnik.

A brit Ben Whalley és munkatársai patkányokban és egerekben váltottak ki epilepsziás rohamokat, majd az állatokat kannabidiavinnal, illetve placebóval kezelték. A kannabidiavinos csoport tagjainál az epilepsziás rohamok kevésbé voltak súlyosak, és kevesebben pusztultak el. A szerek ugyanakkor jóval kevesebb mellékhatása volt, mint a ma leggyakrabban alkalmazott epilepsziellenes gyógyszereknek – mondják a kutatók.

Bár az elmúlt évtizedekben az epilepszia kezelésében óriási volt a fejlődés, és számos új gyógyszer került a piacra, a betegek 20–30 százaléka számára ma sem létezik hatékony terápia. Új antiepileptikumra tehát óriási szükség lenne.

A kannabidiavinnal érdemes tovább kísérletezni, és eljuttatni a gyógyszerkísérlet következő fázisába – mondják a kutatók.

Hill, Andrew J. – Mercier, M. S. – Hill, T. D. M. et al.: Cannabi Divarin Is Anticonvulsant in Mouse and Rat in Vitro and in Seizure Models. *British Journal of Pharmacology*.

DOI: 10.1111/j.1476-5381.2012.02207.x

### SZÉLTARTALÉKOK

A Lawrence Livermore National Laboratory és a Carnegie Institution munkatársai meghatározták a Földön elvileg rendelkezésre álló szélenergia mennyiségét. Külön-külön számításba vették a kis magasságban (szárazföldre vagy tengerre épített) és a magasabb légrétegekbe telepíthető turbinákat.

Mivel a turbinák lassítják a szeleket, egy bizonyos sűrűség fölött már nincs értelme újakat építeni, a kinyerhető energiának maximuma van. A számításokkal ezt a maximumot kívánták megbecsülni. A kidolgozott modellekben csak geofizikai paramétereket használtak, a gazdasági és műszaki részletekkel nem foglalkoztak. Az eredmények tehát a szélenergia geofizikai határait mutatják.

A publikált eredmények szerint a felszíni szelekből legalább 428 terawatt, míg az egész légkörből legalább 1873 terawatt volna kinyerhető. Jelenleg körülbelül 18 terawatt az emberiség fogyasztása.

Természetesen a maximális hasznosításnak igen komoly környezeti hatása lenne, de a szerzők szerint még akár a teljes jelenlegi energiaigény szélenergiaforrásokkal történő kielégítése sem okozna számottevő éghajlatváltozást. Becslésük szerint, ha a turbinákat a felszínen osztanák el egyenletesen, 18 terawatt megtermelése 0,03 fokkal növelné a globális átlaghőmérsékletet. Ha szélenergiaforrások telepítésére az egész atmoszférát használnák, ekko-

ra teljesítménynél 0,007 fokkal csökkenne az átlaghőmérséklet. Egyes területeken az átlaghőmérséklet változása a 0,1 fokot is elérné, és a csapadék mennyisége körülbelül egy százalékkal változna.

A kutatás időszereit jól tükrözi, hogy az eredmények interneten történő közzétételének másnapján ugyanerről a témáról jelent meg – ugyancsak elektronikus formában, a nyomtatott változat előzeteseként – a Stanford University és a University of Delaware munkatársainak közleménye. Szélenergiaforrásokból szerintük is a teljes energiaigény fedezhető lenne, de az ő modelljük az elvi maximumot kisebbnek becsülte. Szerintük a „készlet” 250 (felszíni) + 380 (magasabb légköri) terawatt.

Marvel, Kate – Kravitz, Ben – Caldeira, Ken: Geophysical Limits to Global Wind Power. *Nature Climate Change*. Published online 9 September 2012.

DOI: 10.1038/nclimate1683 <http://www.nature.com/nclimate/journal/vaop/ncurrent/full/nclimate1683.html>

Jacobson, Mark Z. – Archer, Cristina L.: Saturation Wind Power Potential and Its Implications for Wind Energy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. Published online before print 10 September 2012.

DOI: 10.1073/pnas.1208993109

### HALLÁSSÉRÜLT EGEREK KEZELÉSE ÖSSEJTEKKEL

A világon kb. 275 millió hallássérült ember él, és a probléma gyakran az agy és a belső fül közötti kapcsolat elégtelenségéből vagy hiá-

nyából adódik. Brit kutatók (University of Sheffield) állítják, hogy emberi embrionális őssejtekből származó sejtekkel regenerálni tudták mongol futóegerek hallását.

Marcelo Rivolta és munkatársai az emberi embrionális őssejteket kétféle növekedési faktorról (*fibroblast growth factor 3 és 10*) differenciáltatták, így kétféle ősi jellegű érzékelő sejthez jutottak. Az egyik csoport sejtjei jellegükben a belső fülben lévő őssejtekhez hasonlítottak, a másik csoport tagjai idegsejtszerűek voltak. Ez utóbbi sejteket olyan egerekbe ültették be, amelyek hallóidegét előzőleg g-sztofantinnal (ouabain) károsították. Ez az anyag a őssejteket érintetlenül hagyja.

A kezelés után tíz héttel a beültetett sejtek egy része nyúlványokat növesztett, amelyek kapcsolatokat létesítettek az agytörzsszel. Az állatok hallásának tesztelésekor pedig úgy találták, hogy hallásuk átlagosan kb. 46 százalékkal javult, és sokan közülük halkabb hangokat is meghallottak, mint korábban.

Ezek a kísérletek természetesen csak a kezdeti lépéseket jelentik ahhoz, hogy őssejtterápiával hallássérült embereken is segíteni lehessen – mondják a kutatók.

Chen, Wei – Jongkamonwivat, Noporn – Abbas, Leila et al.: Restoration of Auditory Evoked Responses by Human ES-cell-derived Otic Progenitors. *Nature*. Published online 12 September 2012. DOI:10.1038/nature11415 <http://www.nature.com/nature/journal/vaop/ncurrent/full/nature11415.html>

Gimes Júlia

## Könyvszemle

### Válság és apokalipszis

Talán nem véletlen, hogy ez a lebilincselő interjúkötet az Éghajlat Kiadó gondozásában jelent meg, hiszen napjaink egyik slágertéma a klímaváltozás, mely kérdéskör szorosan kapcsolódik bolygónk morális, demográfiai, társadalmi problémáihoz. Bár az „Éghajlat” kiadónevet a kiadó alapítója azért választotta, mert ezzel Márai Sándornak egy megjegyzésére akart reagálni. Márai Sándor egyszer olyasmit mondott (és ezt valahol le is írta), hogy ő azért nem tud szakítani Magyarországgal (pedig volna oka rá), mert Magyarországnak van (társadalmi, szellemi éghajlata), olyan éghajlata, amit más országokban nem nagyon lehet megtalálni. Nemcsak ez a Márai-gondolat, hanem a napjainkban egyre jobban tudatosuló tény társadalmainkban, hogy a világ népességének robbanásszerű növekedése szinte megoldhatatlan feladat elé állítja a világot, az egy főre jutó egyre kevesebb víz és az élelem előállítására felhasználható művelhető terület drasztikus csökkenése miatt. A legkülönbözőbb területeken jártas, tíz kiváló tudós gondolatainak lejegyzése napjaink válságairól és a világvég, az apokalipszis kérdéséről már önmagában is figyelemreméltó vállalkozás. A gazdasági, morális, demográfiai válságoknak különböző aspektusokból való megközelítése az olvasónak a jól ismert latin közmondást juttatja eszébe: *varietas delectat*.

Az interjúkötetet felvezető fejezet Czelnai Rudolf kételkedő gondolataival jól szemlélteti

a klímaváltozáshoz kapcsolódó „klímabiznisz” igen káros jelenségét és annak negatív hatásait, miközben a beszélgetés végén szerencsésen idézi, bár kissé pesszimistán, Nagy László utókornak küldött üzenetét: *Ha lesz még emberi arcuk, csokolom Öket*. Kroó Norbert a fény útján jegyzett gondolatai a fizikus töprengéseit a tudomány fejlődésén keresztül, az emberiség életkörülményeinek javulást hozó hihetetlen eredményeken keresztül emeli ki a tudomány jelentőségét. Ehhez kapcsolhatóan Varga János az állatvilágot és egyben az emberiséget sújtó járványos betegségek leküzdésének eredményének ismeri el a növekedés ily mértékű megnyilvánulását, de rámutat a nyitott világ kockázataira is, hiszen egy-egy kórokozó napjainkban pillanatok alatt kerülhet át egyik kontinensről a másikra.

Almár Iván vérbeli csillagásként szólal meg a kötetben, és Földünk válsága kapcsán az emberiséget mindig foglalkoztató gondolatkört érinti: az életet a Földön kívül mint menekülési lehetőséget, ha már tönkretettük Földünket. Bizonyos értelemben Székely János okfejtése szerint a világon túli valóságnak a lélek természetéhez tartozó kapcsolata is az előzőekben említettekhez fűzhető, mikor a prófétát idézve mondja: „A cél a jelen, és a jelen érdekében beszél a jövőről”. E gondolat az egész kötetet is jellemzi, hiszen minden megszólaló a jelen érdekében beszélt a jövőről. Jól illeszkedik ehhez Pataki Ferenc gondolat-sora, amely szerint a végesség tudata kelti fel a vágyat, hogy ennek meghaladását keressük.

Csaba László a mammon hatalmáról szólva „megtömött zseb kiürült szív” mottóval körvonalazza a pénzvilág sok esetben embertelen hatalmi törekvéseit. Talán Fürst Zsuzsanna a legoptimistább, mikor azt érzékelteti, hogy a farmakológia, amíg jó kezekben és megfelelő kontroll alatt áll, nem fog apokalipszist okozni. A jelen társadalmi és a megbukott multikulturális gondolkodásmód ellenére is a fiatal generáció legnagyobb kihívása épp a drogfüggőség leküzdése kell legyen.

Falus András az élővilág adaptációs határait feszegeti, és a bioszféra rugalmasságában véli megtalálni a megoldást, de megoldható-e ez egyáltalán a jelen felelőtlen emberi gondolkodásmód, sőt pazarló és környezetszennyező aktivitás mellett? A magatartáskutató tu-

dós, Csányi Vilmos optimistán jegyzi meg, hogy a növekvő emberi társadalomban is működni fog hatékony szabályozottság.

A kötet gondolatgazdag, a szerzők a jelenért aggódva annak válságait, azok mozgatórugóit keresve, azokat feltárva, az egyes pesszimista gondolatok mellett is bíznak az emberiség bölcsességében és a jövőben. (*Almár Iván – Csaba László – Csányi Vilmos – Czelnai Rudolf – Fürst Zsuzsanna – Falus András – Kroó Norbert – Pataki Ferenc – Székely János – Varga János: Válság és Apokalipszis. (Manréza Füzetek 11) Budapest: Éghajlat Könyvkiadó, 2011*)

Balázs Ervin

kutatóprofesszor,

MTA Mezőgazdasági Kutatóintézet

### A nemzeti jogok és az európai jogrendszer kapcsolata

Vörös Imre professzor legújabb kötete címében csupán a magyar jogi szféra vívódására utal, holott a mű lényegesen mélyebb, egyúttal szélesebb körű elemzése által voltaképpen azt a tágabb problémát feszegeti, hogy az egyes tagállamok belső, nemzeti jogai milyen viszonyban állnak az uniós joggal. E kérdéskört pedig alapvetően az egyes alkotmánybíróóságok gyakorlata alapján, azok ítélkezésének tükrében teszi analízis tárgyává, hogy azután az egyes részmegállapítások szintéziseként az olvasó elé tárja következtetéseit, immár kifejezetten a magyar és az európai uniós jog kapcsolatára vonatkozóan. Az sem kétséges, hogy a munka a benne tárgyalt kérdések fontossága és a feldolgozás alapossága, nem utolsó sorban eredetisége okán a későbbi kutatások számára alapműnek, megkerülhetetlen hivatkozási pontnak tekinthető.

A szerző mindjárt a magyar Alkotmánybíróóság gyakorlatának elemzése körében utal arra a helyzetre, amely egyúttal a monográfiában tárgyalt alapproblémát involválja. Arra tehát, hogy az Európai Unió olyan sajátos entitás, amely nem egyszeri aktussal, mintegy a „semmitől” jött létre, hanem fokozatosan, mégpedig nagy múltú államok folyamatos, mindig kiegészülő szerződéses rendszeréből. Ennek során az állami szuverenitások bizonyos mértékű leépítése és átruházása valósult meg. Ebben a helyzetben szükségképpen merült, merül fel nem csupán az egyes entitásoknak, de az általuk konstituált jogrendszerek viszonya is. A szerző igen plasztikusan mutat rá arra, hogy a magyar Alkotmánybíróóság még Magyarország taggá válása előtt kialakított egy olyan elvi álláspontot, amely éles határvonalat – a szerző kifejezésével „tűzfalat” – húz az Unió joga és a hazai jog között. Ennek a szemléletnek bizonyos maradványai azt követően is fennmaradtak, hogy az ország 2004-ben taggá vált. A 4/1997 (I.22.) AB ha-



tározat a magyar Társulási Egyezmény vonatkozásában úgy foglalt állást, hogy nemzetközi szerződés tekintetében csak előzetes normakontrollra van hatásköre, ám nem zárta ki annak lehetőségét, hogy a szerződést kihirdető magyar jogszabály alkotmányosságát utólag is vizsgálja, nem érintve döntésével az államot a már megkötött szerződés alapján terhelő nemzetközi kötelezettségeket. E döntés már implikálta tehát az Alkotmánybíróság gyakorlatának azt a később is érvényesülő tendenciáját, hogy az uniós joggal viszonylag óvatosan bánik, vele szemben többé-kevésbé kitérő politikát folytat, viszont az annak alapján megszülető hazai joganyag vonatkozásában következetesen érvényre juttatja az Alkotmányban foglalt rendelkezéseket, mégpedig egy olyan szuverenitáskonceptió alapján, amely csupán mérsékeltlen veszi figyelembe az integrációból adódó közjogi átrendeződést.

Helyesen mutat rá a szerző, hogy ugyan ez az óvatosság érhető tetten a 17/2004. (V.25) AB határozatban is, amely szintén nem kívánt közvetlenül szembenézni a közösségi jog alkotmányossági vizsgálatának kérdésével, hanem kizárólag az implementációt szolgáló magyar jogszabály kérdésében foglalt állást. Az Alkotmánybíróság rámutatott arra is, hogy a magyar jogszabály külön vizsgálendő, mivel az nem azonos magával az uniós rendelkezéssel, tekintettel arra, hogy a magyar szabályozás nem pusztán közzé teszi az uniós előírást, hanem mintegy operacionalizálja is azt.

Rendkívül érdekesítő és sok tanulsággal szolgáló a szerzőnek az ún. szerencsejáték-ügyben hozott 1053/E/2005 AB határozattal kapcsolatos elemzése, amelynek nyomán kimutatja, hogy az Alkotmánybíróság nem tekinti alkotmányellenesnek a magyar jog mulasztás útján fennálló ütközését az uniós joggal. Ugyanennek a határozatnak arra a

fontos tételére is felhívja a szerző a figyelmet, amely kimondja, hogy az EU-t létrehozó és módosító szerződéseket szerződéses eredetük ellenére nem nemzetközi szerződésként kezeli. Ez egyúttal – immár a taggá válás tényének szem előtt tartása nyomán – finom elmozdulást jelentett a Társulási Megállapodással kapcsolatos alkotmánybírói álláspont-hoz képest, mely utóbbi még figyelmen kívül hagyta a társulásból adódó sajátos státus létrejöttét. Az ügyeleti díjak kérdésében hozott döntés azonban – azáltal, hogy csupán a jövőre nézve semmisítette meg az EU-s szabályozással ellentétes hazai normát, miközben azt a rendes bíróságok ítélezésük során már mellőzték az uniós előírások elsőbbsége és közvetlen hatálya okán – ismételten kifejezésre juttatta az AB fokozott óvatosságát az EU-s jog és a hazai jog viszonyának kérdésében. Ez esetben ugyanis már nem szabályozási mulasztással összefüggésben, hanem a hazai és az uniós jog kifejezett ellentéte esetén sem mondta ki a megsemmisítést visszamenőleges hatállyal. Másrészt viszont – vélhetően előremutatónak szánt éllel – a testület ez alkalommal megfogalmazta, hogy az uniós jog a hazai jogrendszer része, mivel Magyarország az EU tagja. A szerző igen logikus érvek alapján vonja kétségbe, hogy az EU-s jog a belső jog része volna, és akként foglal állást, hogy az uniós joga a hazai jogrendszertől különböző, sajátos jogrendszert alkot. A szerző rámutat, hogy az Alkotmánybíróság mérceként ugyan kizárólag az Alkotmányt (az Alaptörvényt) alkalmazhatja, és eddigi gyakorlata során kifejezetten törekedett is arra, hogy erre szorítkozzék, ám az ún. csatlakozási-integrációs klauzula igenis megnyitja az utat az európai jog alkalmazása előtt. Ez pedig nem csupán a perben ítélező bíróságok számára lehetőség, de az Alkotmánybíróság számára is.

A kötet európai kitekintése mindjárt egy közép-európai, volt szocialista ország, Csehország alkotmánybírói működésének elemzésével indul. A szerző itt üdvözli azt az újszerű felfogást, amelyet a cseh alkotmánybírói a népszuverenitás-felfogás újraértelmezésével kialakított, rámutatva arra, hogy az nem azonosítható az állam szuverenitásával, amely utóbbiból – a népszuverenitás sérelme nélkül – bizonyos jogosítványok az Unióra szálltak. A szerző jelentős teret ad a német alkotmánybírói, a Bundesverfassungsgericht elvi jelentőségű munkája bemutatásának. Rámutat arra, hogy e szervezet nagy hangsúlyt helyez annak ellenőrzésére, hogy az EU-s joganyag megfelelő felhatalmazás birtokában, annak keretei között születik-e. A német szakirodalom tükrében vázolja azt a meglehetősen defenzív pozíciót, amelyet a német alkotmánybírói elfoglal az – általa a nemzeti jog konkurenciájának tekintett – uniós joggal szemben. A szerző a német alkotmánybírói működés kritikai elemzését és értékelését végül annak bemutatásával zárja, hogy a német testület – a magyar viszonyok számára is példamutató módon – miként hagy széles teret az alkotmányos jogvédelemnek az alkotmányjogi panasz alkalmazhatóságával kapcsolatos, megengedő gyakorlata által. Az európai gyakorlat sarkalatos, voltaképpen paradigmászerű, koncepcionális vonásainak analízisét egy viszonylag új francia jogintézmény, és az azzal kapcsolatban kialakított európai álláspont elemzése zárja.

A kötet egyes európai alkotmánybírói elvi jelentőségű gyakorlatának bemutatását követően az uniós versenyjog, a nemzetközi kollíziós magánjog, a nemzetközi társasági jog és az uniós polgárság kérdéseit tárgyalja mint olyan területeket, amelyek a gazdasági és politikai integráció szempontjából

stratégiai jelentőségűek. A tisztességtelen gazdasági tevékenység uniós szabályozásának magyarországi implementálásával kapcsolatban igen élesen, ám annál indokoltabban mutat rá azokra a szakszerűtlenségekre, amelyek a belső szabályozás korrekciójának szükségességét vetik fel. Rendkívüli jelentőségűnek tartom a szerző azon elemzését, amelyet a nemzeti és az uniós állampolgárság viszonya, valamint az uniós állampolgársági jogi tartalma körében fejt ki.

A kötet jogelméleti, állam- és jogbölcseleti relevanciájú IV. fejezete kiválóan mutatja be az EU-val és annak jogával kapcsolatos jellemző nézeteket, amelyek közül az az álláspont tekinthető uralkodónak, amely szerint az Unióban egy *sui generis* képződményt kell látni, amely így nem minősül sem szövetségi államnak, sem pedig nemzetközi szervezetnek.

Az V. fejezet az addigi témák nyomán leszűrt következtetések tükrében tér vissza a magyar alkotmánybírói gyakorlat elemzésére és értékelésére. Rámutat, hogy a belső és az uniós jog már ezért is különálló, párhuzamosan létező, mellérendelt jogrendszernek tekintendők, mert érvényességük, hatályosságuk alapja, jogforrása eredetük, jogpolitikai irányultságuk eltérő. Elméleti igényvel veszi sorra azokat a valós és lehetséges eseteket, amelyekben a hazai jog és az uniós jog összeütközése felmerül, illetve felmerülhet. Az együttműködő alkotmányosság elvének fényében vizsgálja az Alkotmánybíróság óvatos, az EU jogát tiszteletben tartó, ám annak alkotmányos vizsgálatát kerülni igyekvő gyakorlatát. Végül az alkotmány olyan, az eddigieknél egyértelműbb rendelkezésére tesz javaslatot, amely az Alkotmánybíróság iránymutató gyakorlatának hiányát pótlandó, eloszthatja a kétségeket a többek között hatásköri problémát is jelentő kérdéssel kapcsolatosan.

A VI. fejezet elsősorban az elmúlt évek gazdasági válságának tükrében teszi elemzés tárgyává nem csupán a monetáris unió problémáit, de egy, a jövőben talán aktuálisává váló fiskális unió lehetőségeit is. Vörös Imre monográfiája a hazai és az európai jog viszonyáról és az e kérdésben követett alkotmánybírói gyakorlatról – az elemzés mélysége, a feldolgozott irodalom mérete, adatok száma, a téma kezelésének rendszeressége,

nem utolsósorban következtetései meg-  
alapozottsága és újdonsága okán – minden  
bizonytal a téma hazai irodalmának egyik  
alapvető forrásmunkájává válik. (*Vörös Imre:  
Csoportkép Laokoóonnal – A magyar jog és az  
alkotmánybíráskodás vívódása az európai joggal.  
Budapest: MTA Társadalomtudományi Kutat-  
töközpont Jogtudományi Intézet, 2012*)

Szmodis Jenő  
jogfilozófus



## CONTENTS

### Study

- István Rosta – István Rosta Jr. – András Velner:  
In Commemoration of László Gillemot,  
Member of the Hungarian Academy of Sciences ..... 1154
- Ernő Mészáros – László Somlyódy: Dialogue about Two Agents  
of the Environment: Water and Air ..... 1160
- József Pál: Teaching of Hungarian Language and Culture in Universities Abroad ..... 1206
- Károly Reményi: It All Started with Arrhenius, and... ..... 1217
- Róbert Hermann: The Memory of Barthélemy de Szemere ..... 1224
- István Klinghammer: Colonel Ágoston Tóth,  
Member of the Hungarian Academy of Sciences,  
Pioneer of the 19<sup>th</sup> Century Hungarian Cartography, Was Born 200 Years Ago..... 1238

### Academy Affairs

- The Old Man Had Aura...  
László Záborszky on János Szentágothai (*Júlia Gimes*) ..... 1244

### Discussion

- Péter Szentpétery: Dethronement – Or Just Closing the Eyes in front of the Throne?  
Reflections to Mátyás Brendel's Article..... 1248
- Mátyás Brendel: Fides et Ratio..... 1252
- Sándor Gánóczy: Christian Theology: A Science? ..... 1256
- György Kampis: What Is Science? And what Is Not? ..... 1268

### Obituary

- György Enyedi 1930 – 2012 (*Gyula Horváth*)..... 1270

- Outlook* (*Júlia Gimes*) ..... 1274

- Book Review* (*Júlia Sipos*) ..... 1276

# Ajánlás a szerzőknek

1. A *Magyar Tudomány* elsősorban a tudományterületek közötti kommunikációt szeretné elősegíteni, ezért főleg olyan dolgozatokat közöl, amelyek a tudomány egészét érintik, vagy érthetően mutatják be az egyes tudományterületeket. 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 szaknyelvét mellőző cikkeket várunk.

2. A kézirat terjedelme általában ne haladja meg a 30 000 leütést (ez szóközzel együtt kb. 8 oldalnak felel meg a *Magyar Tudomány* füzeteiben); ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat is tartalmaz, kérjük, arányosan csökkentsék a szöveg mennyiségét. Beszámoló, recenzió terjedelme ne haladja meg a 7–8000 leütést. A teljes kéziratot MS Word .doc vagy .rtf formátumban interneten vagy CD-n kérjük a szerkesztőségbe beküldeni.

3. Másodközlésre csak indokolt esetben, előzetes egyeztetés után fogadunk el dolgozatokat.

4. Legfeljebb tíz magyar kulcsszót és a közlemények címének angol fordítását külön oldalon kérjük. A cím után a szerző nevét, tudományos fokozatát, munkahelye pontos nevét, s ha közölni kívánja, e-mail címét kell írni. Külön lapon kérjük azt a levelezési és e-mail címet, telefonszámot is, ahol a szerkesztők a szerzőt általában elérhetik.

5. Szövegközi kiemelésként dőlt (*italic*), (esetleg félkövér – **semibold**) formázás alkalmazható; r i t k í t á s, VERZÁL, KISKAPITÁLIS (SMALL CAPITALS, KAPITÁLCHEN) és aláhúzás nem. A jegyzeteket lábjegyzetként kérjük megadni.

6. Az ábrák érkezhetnek papíron, lemezen vagy e-mail útján. Kérjük a szerzőket: tartsák szem előtt, hogy a folyóirat fekete-fehér; formátuma B5 – tehát ne használjanak színeket, és vegyék figyelembe a fizikai méreteket. Általában: az ábrák

és magyarázataik legyenek egyszerűek, áttekinthetők. A 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 szövegben tüntessék fel az ábrák kívánatos helyét.

7. 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 jelekkel kérjük megkülönböztetni mind a szövegben, mind az irodalomjegyzékben. Különösen ügyeljenek a bibliográfiai adatoknak a szövegben és 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.

8. 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

9. Havi folyóirat lévén a *Magyar Tudomány* kefelevonatokat nem küld, de elfogadás előtt minden szerzőnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát. A tördelés során szükséges apró változtatásokat a szerző időpontegyeztetés után a szerkesztőségben ellenőrizheti.

A lap ára 870 Forint