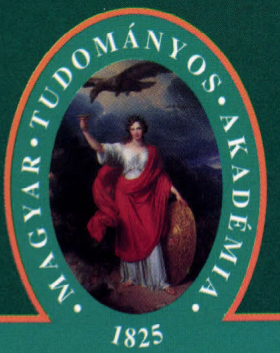
AKADÉMIAI MŰHELY

SZÉKFOGLALÓK

1995–1998



SZÉKFOGLALÓK
A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIÁN
1995–1998
I. kötet

AKADÉMIAI MŰHELY
Székfoglalók a Magyar Tudományos Akadémián

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG
Beck Mihály, Glatz Ferenc (elnök), Hámori József, Ritoók Zsigmond

SZÉKFOGLALÓK
1995–1998
I. kötet

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
BUDAPEST • 1999

Szerkesztő
GLATZ FERENC

Olvasószerkesztő
Pótó János

ISBN 963 508 145 6 ö
ISBN 963 508 146 4

Kiadja
a Magyar Tudományos Akadémia
Felelős kiadó: Szabó B. István
Kiadói szerkesztő: Burucs Kornélia
Nyomdai előkészítés: MTA Történettudományi Intézete kiadványcsoportja
Tördelő: Csányi Attila
Nyomdai munkálatok: AKAPRINT Nyomdaipari Kft.
Felelős vezető: Freier László ügyvezető igazgató
Készült 28,6 A/5 ív terjedelemben 800 példányban

Tartalom

GLATZ Ferenc: Új szintézis

I. NYELV- ÉS IRODALOMTUDOMÁNYOK OSZTÁLYA

RÓNA-TAS András: Honfoglalás és népalakulás a középkori Eurázsiában
KULCSÁR SZABÓ Ernő: Költészet és dialógus
SOMFAI László: Kottakép és műalkotás

II. FILOZÓFIAI ÉS TÖRTÉNETTUDOMÁNYOK OSZTÁLYA

HANÁK Péter: Modernizáció és antikapitalizmus Magyarországon
SZAKÁLY Ferenc: Török kori történelmünk kritikus kérdései
KÁKOSY László: Thébа a Ptolemaiosz- és a római korban

II. MATEMATIKAI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA

MAKKAI Mihály: A kategóriaelmélet szerepe a matematika megalapozásában
SÁRKÖZY András: Hibrid problémák a számelméletben

IV. AGRÁRTUDOMÁNYOK OSZTÁLYA

HORVÁTH József: Növényvírusok *in vivo*
SOLYMOS Rezső: Az erdészeti, fatermési és erdőnevelési kutatások eredményei és alkalmazásuk az erdőgazdasági gyakorlatban (1958–1998)

V. ORVOSI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA

KÚNOS György: Opio-melanokortin peptidek szerepe a vérkeringés agyi szabályozásában
IHÁSZ Mihály: A pepticus fekélyek korszerű sebészi kezelése
MÉHES Károly: Régi és új módszerek az orvosi genetikában
PALKOVITS Miklós: Agypályák - idegi hálózatok

VI. MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA

TERPLÁN Zénó: A gépszerkezettanról
REMÉNYI Károly: Paradoxonok a tüzeléstechnikában

Új szintézis

Új szintézisre van szükség a kutatói gondolkodásban. Ezen igény magából a tudomány fejlődéséből, a kutatói felfedezésekből és azok gyakorlati alkalmazásából ered.

A kutatói elme mind mélyebbre hatolt be az anyagba: a fizikusok, majd a kémikusok előbb a természetről, a világról való gondolkodásunkat változtatták meg alapvetően, majd az utóbbi fél évszázadban az ipari-technikai forradalmak hullámainak sorát indították el. Nemcsak az ipari és az élelemtermelést lendítették előre, új technológiákat hozva évről évre üzemeinkbe, hanem – társulva mindnyájunk gondolkodási alaptudományával, a matematikával – útjára indították az információs forradalmat, az emberi érintkezéskultúra ma még beláthatatlan jövőhöz vezető értékrendváltását is. És ma még le nem írt változásokat idéztek elő a szerszámkészítő és -használó, a környezetét és ezzel önmagát is alakító napi emberi tevékenységben.

Azután a biológiai forradalom sokkolt bennünket. Ugyanazon korosztályt, amelyik először kényszerült számolni a világról alkotott képében az Univerzummal, az atommal, majd az ember évezredes álmának megvalósulásával, a mesterséges anyaggal. A gének világának, az ideg- és agyműködésnek feltárulkozása, ugyanakkor az élő környezet rendszerben szemlélése nemcsak az ún. élettudományok követhetetlen sebességű fejlődését hozta magával, de immáron az emberi nem létének, jövőjének alapkérdéseit feszegeti. Etikai nagyságrendű kérdéseket...

No és a társadalomkutatás? Amelynek vizsgálnia kell, hogyan hat ki e technikai-élettani gondolkodás robbanása az emberre magára. Vajon hol tartunk mi? Ismerjük-e egyáltalán a század természettudományos gondolkodásának robbanásait? Ismerjük-e a század épített és természeti környezetének vagy a közember életcéljainak átalakulását? Képesek vagyunk-e együttgondolkodni kutatótársainkkal, akik csodagépeket, csodafegyvereket alkotnak, újrateremtik, átformálják a talajt, vizet, levegőt, állat- és növényvilágot, felszámolják az emberi kórokat? Együttgondolkodunk-e velük, hogy ne álljanak metahumánus célok szolgálatába... Hogy teremtő erejük emberi célokat szolgáljon...

Együttgondolkodásra, a hagyományos diszciplínakeretek feltörésére, *új szintézisre kényszerít bennünket tehát magának a tudománynak a fejlődése.* És e fejlődés következményei.

Akadémiánkról

A magyarságnak történelmi szerencséje, hogy van olyan tudományszervezete, amely otthont, szervezeti kereteket adhat ezen új, szintetizáló látásmód kialakulásának. Noha a Magyar Tudományos Akadémiát elsősorban a magyar nyelvet fejlesztő intézményként alapították, de másfél évszázad alatt a Magyarországon művelt valamennyi tudományt magába fogadta.

A mai kutatónemzedékek nagy mulasztása volna, ha nem használná Akadémiánkat arra, hogy erősítse az új, szintetizáló gondolkodást. Hiszen mi más a tudományos szervezetek célja, minthogy segítsék a kutatói tevékenységet magát?

Ezért is határozott az Akadémia vezetése úgy, hogy mindent elkövet a falainkon belül élő különböző tudományok párbeszédéért. Mindenki számára legyen hozzáférhető a másik gondolkodási terméke...

Székfoglalóink, közgyűlési előadásaink magunk lényegét adják: témakereséseinket, módszertani útkereséseinket. Hol leírjuk ezen előadásokat, hol nem, gyakran hozzáférhetővé sem tettük eddig azokat tagtársaink számára. Legfeljebb szűkebb szaktársaink ismerték azokat Szakítsunk e rossz hagyománnyal!

Felszólítottuk az 1995 óta székfoglalót tartott tagtársainkat: nyújtsák be – akár utólag leírva – szövegeiket, s mi kiadjuk azokat külön füzetben és kötetbe foglalva is. Hogy esti olvasmányként természet- és társadalomkutatók olvassák, lapozgassák egymás műveit, kíséreljék meg követni a másik gondolatait, lessék a másik témához-közelítését, kutatói megoldásait.

Terveink szerint 2001-re befejezzük e visszamenő programot, és elérjük, hogy utána már a székfoglaló előadásokat az Akadémiai Műhely-könyvsorozatban rendszeresen közreadjuk. E könyvsorozat célja az új, szintetizáló látásmódot segítő akadémiai szervezet kialakítása, az egymást megismerő gondolkodótársak közösségének megalapozása. És e szervezetben a rendszeresség, a működőképesség biztosítása.

Kutatói jegyzetek, kérdések székfoglalókról

Javítjuk a székfoglalók korrektúráit, s közben elővesszük jegyzeteinket, amelyeket az előadásokon készítettünk. Cédulázó kutatóként, a meghívóra róva fel kérdéseinket. Törekedve, hogy közelebb hozzuk magunkhoz a tőlünk

távolabb álló természettudományos témákat és kutatásmódszertani eljárásokat. Természetkutatók és társadalomkutatók párbeszédét sürgető önkritikus jegyzetek.

Első cédula... Meglepetések zaklatják fel a társadalom kutatójának gondolkodását, amikor megkísérli, hogy kövesse a természetkutatók előadásait. Lenyűgözve látja: azok új tematikai utakat és új módszertani eljárásokat keresnek. Visszalapoz a társadalomkutatás - a saját szakterülete - történetében, és önkritikával állapítja meg: a természettudományos világkép iránt a történettudomány mintegy száz esztendeje érdeklődött utoljára. Akkor még igyekezett beilleszteni az emberi társadalom fejlődésének történéseit, a nagyobb egység, a természeti világ fejlődésébe. S hogy azóta mit fejlődött a fizika, majd a kémia, végül a biológia, s hogy milyen „más világ"-ot tárnak azok ma elénk, mint évszázaddal ezelőtt – nos, erről kevéssé vettünk tudomást. S hogy milyen új általános megismerés-elméleti kérdéseket feszegetnek e természettudományi forradalmak, arról azután – a filozófia vagy a természettudományokkal közvetlenül érintkező társadalomtudományi területek kutatói kivételével – már tudomást sem veszünk. És még csak vissza sem kérdezünk: vajon az ún. élő és élettelen természettudományok kutatógárdája embert szédítő célkitűzéseik körvonalazása közben mennyire figyelnek az emberi társadalomra, amelybe beleillesztik ők csodagépeiket, vegyületeiket, vagy amelyik emberi társadalomba beleavatkoznak a biológiai tudományok eszközeivel. És még csak meg sem kérdezzük, hogy ők miért nem kérdeznek – ha kell, provokálnak – bennünket. *Elmaradt párbeszéd, hiányzó együttgondolkodás...*

Második, harmadik cédula: meghívókra feljegyezve... Fizikusok figyelnek már a nem „szabályos" formák előfordulására a természetben. Külön tárgyalják azoknak a természeti objektumoknak (hegyek, erdők, vízhálózatok) a bonyolult geometriai formáit, amelyek nem a körök, kockák, egyenesek, hanem a sokkal összetettebb formák alakzatait veszik fel. E formák kutatása nem tudom, mit mond a fizikusnak, de nekem, a társadalomkutató hallgatónak mutatja: az emberi elme felülvizsgálja önmaga korábbi fogalomvilágát és a világmindenség újabb és újabb rendszerezésére tett kísérleteit. Mint ahogy a mindnyájunk által joggal csodált matematikai és műszaki kutatások már filozófiai értelemben is figyelmeztetnek: a „káosz", az „igazodási folyamatok", a véletlenszerű változások örök elemei és sajátosságai a földi világnak, sőt az egész Univerzumnak. Nem igaz, hogy a természetben abszolút szabályosságok uralkodnak! Azután már magunkat kérdezzük: vajon helyes-e, hogy mi, a társadalomtudományok művelői – talán éppen a természettudományok egy jóval korábbi világszemléletének bűvkörében mozogva – mindenhol, az

emberi történelemben és a jelen társadalmi-kulturális mozgásaiban a „mindenre érvényes", determinisztikusan ható törvényszerűségek biztos érvényesülését keressük? Talán feledve is: éppen az emberi társadalom tanulmányozása hívná fel a figyelmet a szingularitásra, az egyedi különbségekre. Hiszen a világmindenségben éppen az ember az, aki minden lépésének irányát elvben egyéni – intellektuális szintjétől függő –, megszámlálhatatlan variációból választhatja. Azaz az ő élete mutatja fel a legnagyobb egyediséget! Mert e mozgás az egyéntől – vagy nagyon is változó alapon szerveződő egyének csoportjától – meghatározott. Az ő mozgásának – életakcióinak – okát megfejteni a legbonyolultabb intellektuális feladat. Mégis, mi ma már doktrinerebben keressük a „szabályosságokat" a társadalom mozgásában, mint az „élettelen" természet kutatói a fizika, a kémia világában. Hasonlóan az ő száz évvel korábbi világkép-alakításukhoz...

Feljegyzés egy értelmetlen adminisztratív értekezlet meghívójára... Élő, élettelen természet elhatárolásáról beszélünk, és az élet történelmi dimenzióiról. De tudomást veszünk-e a természettudományok kutatási eredményeiről? Miközben a nemrég még különcnek számító atkakutatók ma már mikroszkopikusan vizsgált élőlények fajainak tanulmányozásával új alapokon boncolgatják az élő és élettelen világ egymásba folyásának évezrede embert izgató kérdéseit. És magát az élővilág őstörténetét írják újra. 375 millió évvel ezelőtt már élt, mai is élő atkafajtákat tudnak kimutatni, vagyis a talajatka előbb létezett, mint a talaj maga. És e mikroorganizmusok tanulmányozása mutatja, hogy új feltételek között új fajok jönnek létre – és jöttek létre évmilliók óta –, és megdöbbentő diverzitással máig alakítják az emberi környezet minden részét. A világmindenség fogalmaink szerint „élő" és „élettelen" egységei állandó változásban vannak. Lehet tüntetni környezetvédelmi kérdésekben, de nem lehet felelősen nyilatkozni sem talaj, sem víz életminőségéről az atkakutatások nélkül, mint ahogy az élelemtermelési láncról sem lehet nyilatkozni enélkül. Akár arról sem – ahogy sajnos tesszük ma politikai-ideológiai alapokon –, hogy mely területek vonhatók ki (vagy szükségszerűen kivonandók) az élelemtermelés láncából. Csodálatosan simul egymáshoz az életfolyamatokat erős logikával elemző biológia és a műszaki-technikai tudomány, amikor az utóbbi a műszerezettséget beláthatatlan sebességgel fejleszti. És fogalmazza meg a kutatói elme emez utóbbinak eszközigényét. Vajon mi, társadalomkutatók, miközben írjuk világtörténelmeinket vagy a jövő emberiségéről szóló tanulmányainkat, mennyire ismerjük a világot egészében megragadó természettudományok új kutatási eredményeit? Pedig valójában ők is, mi is ugyanazt a világot akarjuk mozgásában, fejlődésében érteni. És segíteni az

emberiségnek azt értelmezni. Hogy jövőjének tervezésekor ne feledkezzen meg a világegyetem egészéről, amelynek ő is része. Mi, történészek – én is, miközben nemzetünk történelmének összefoglalóját írom – természetesen foglaljuk (foglalom) el tananyagban, összefoglaló munkákban a „történetiség" időhatárait a világ és azon belül is az ember utóbbi néhány ezer évének rajzával, de már nehézségeink támadnak nekünk, kutatóknak is az államszervezés előtti emberi kultúrák befogadásával ezen időhatárok közé. Egyáltalán, felkészítjük-e az emberi gondolkodást arra: értelmezze az emberi civilizációt a természet nagy egészének részeként? Hiszen még az annyit kutatott modern emberi kultúrák történelmében, jelenében sem vizsgáljuk az élő és épített természet, valamint az ember viszonyát... Figyelnünk kell (kellene) jobban egymásra! Hogyan bővülnek, változnak kutatói tematikák, hogyan veszi birtokba a kutatói gondolkodás a világ még le nem írt, meg nem ismert, újabb és újabb darabjait?

Újabb meghívó-jegyzetek... Figyelnünk lehetne jobban egymás *módszereire* is. Amikor a fizikus a nehézion-fizika sajátságos és izgalmas jelenségeinek asztrofizikai vonatkozásairól beszél, egy évezredes kutatási tárgyban (a csillagászatban) egy modern részdiszciplína (nehézion-fizika) kutatás-módszertani logikájának alkalmazási kísérletét csodálhatjuk. A kísérleti eredmények alapján felállított egyszerű modellben érvényesülő mozgástörvényekből következtetünk az Univerzum lehetséges korábbi állapotára. Felmerül a kutatói kérdés: vajon ezek az egyszerű modellben felismert erők, mozgási törvények érvényesek-e az Univerzumban, annak kezdeti, különleges állapotában? (Vajon képesek vagyunk-e mi, társadalomkutatók ennyire modellezve elemezni politikai-társadalmi rendszereket? – írom fel a jegyzetmondatok közé. Gondoljunk csak a „trianoni modellre", amelynek alapján az állami-igazgatási határokat „bátran" átrajzolták! Gondoljunk az állami határokra mint egyik tényezőre, és az ezektől elváló nemzeti-etnikai szállásterületek határaira, mint másik tényezőre! Nem lehetne ugyanilyen modell-értékkel magyarázni szomszédainknak: a rossz irányú beavatkozás szükségszerűen jár együtt kiszámíthatatlan (emberi) reakciókkal. Vagy tévedünk? Igaz, a rossz uralmi rendszerek vagy egyéniségek megjelenését sohasem lehet úgy prognosztizálni, mint az aszteroidok mozgását, vagy akár a kémiai kutatásban a fullerének, a prionok létét. Mivel az emberi reakció olyannyira szinguláris, felesleges kísérleteznünk a fizikai modellelemzés módszereinek alkalmazásával a társadalomtudományos gondolkodásban?) Mindenesetre a fizikus kérdésállítása elgondolkodtat. S közben a figyelmeztetés: a mozgás a természet legáltalánosabb jelensége. És mi hozzátesszük: milyen kár, hogy fizikus figyelmeztet

erre bennünket, társadalomkutatókat, akik talán már el is feledkeztünk arról: a legtöbb és legkülönbözőbb irányú mozgást éppen az emberi társadalomban lelhetjük fel – természetesen, ha nem zárjuk be kutatói logikánkat a merev struktúrák kalickájába.

Újabb cédula a stresszekről, hormonokról... De mennyire ismerjük az emberi történelem meghatározó egyéniségének biológiai-idegi természetét? Azon pillanatban, amikor döntöttek a világbirodalmak, nemzetek sorsát meghatározó hadi cselekmények indításáról? Az ilyen helyzetek rekonstruálásakor mennyire tanulmányozzuk a döntéshozók „lelki" alkatát és „biokémiai" folyamatait. A cselekvők hormon- és stresszállapotát, amely pedig nagyon is meghatároz(hat)ta milliós közösségek sorsát. Vajon miért becsüli le korunk a modern kori politika vezetőinek kiválasztásakor azon biológiai-idegi folyamatok szerepét, amelyek pedig adott esetben befolyásolják a közösség vezetőjének döntését? És ezzel, lehet, romlásba taszítják, lehet, hogy virágzáshoz segítik kultúráikat? És számolunk-e a tömeglélektani tényezők jelenlétével? A tömegek lelki folyamatairól mennyire beszélhetünk mint társadalomformáló erőről? Figyelünk-e eléggé az alkotó – akár ítélet- és véleményalkotó – ember döntéseit meghatározó tömeges stresszek történelmi jelenlétére? Vagy merjük-e azt mondani, hogy ennek a tényezőnek (a tömegek lelkiállapotának) ugyan a szerepe jelentős lehetett, de mivel azt nem vizsgáltuk még, ezért megmondjuk őszintén: egy lényeges tényezőt nem ismerünk, annak kihatását csak becsülni tudjuk. Azaz: nem alkotunk elhamarkodott ítéleteket. De kutatási terveinkben (projektjeinkben) a biológia-idegkutatás eredményeinek társadalomtudományos alkalmazásait előtérbe engedjük. (Valahogy úgy, ahogy a kémikusok tették: tudták már a '70-es években, hogy léteznie kell a fulleréneknek, egy ilyen szerkezetnek, de – épp a feltételezett jelenségre céltudatosan irányított kutatások eredményeként – csak 1985-ben fedezték azt fel...)

*

Új szintézist! Mily sokan kívánjuk ezt! Évtizedek óta hallottuk neves elődeinktől: interdiszciplinaritás a jövő. Azután egyes kollégák a szaktudományok hibridizációjáról, mások multidiszciplinaritásról, ismét mások diszciplínák közötti „átbeszélésről" beszélnek... Mi szintézisről! Valahol mind ugyanaz. De vajon mit tehetünk ennek érdekében? Kutatók, választott vezetők, kutatásszervezők? Akadémiánk elé állított – magunk elé állított – kérdés ez.

1999. április

Glatz Ferenc

I. NYELV- ÉS IRODALOMTUDOMÁNYOK OSZTÁLYA

Róna-Tas András
az MTA rendes tagja

HONFOGLALÁS ÉS NÉPALAKULÁS A KÖZÉPKORI EURÁZSIÁBAN

Kitajok, avarok, magyarok

Elhangzott 1996. február 12-én

A magyar honfoglalást, a magyar nép kialakulását és fennmaradását közgondolkodásunk valami egyedi, különös, sajátos történelmi jelenségnek fogja fel. Ugyanakkor a honfoglalás körüli évtizedek történetére vonatkozóan igen szűkös forrásanyaggal rendelkezünk. Előadásomban megkísérelem a honfoglalást tágabb, egyetemes történeti összefüggésbe helyezni, eddig figyelembe nem vett adatokat bevonni, miközben arra is választ keresek, hogyan függ össze a honfoglalás a magyar társadalom átalakulásával, a középkori magyar nép kialakulásával.

Mondanivalómat néhány általános megjegyzés előrebocsátása után három részre tagoltam. 1. Milyen volt a törzsi társadalom szerkezete a steppén a honfoglalás idejében, s ezt egy példán fogom bemutatni, amely a steppe túlsó oldaláról származik. 2. A második részben megkísérlek új adatokat ismertetni az avarok népalakulásához, és a 3. részben a kettős királyság és a népalakulás viszonyát veszem vizsgálat alá, különös tekintettel a magyar honfoglalásra.

Az előadásom címében szereplő népalakulás szó bizonyos magyarázatra szorul. Németh Gyula 1931-ben megjelent a maga korában alapvető munkájának azt a címet adta, hogy *A honfoglaló magyarság kialakulása*. Ez a címválasztás nem volt véletlen, programnak szánta, szembefordulásnak Vámbéry koncepciójával, aki első nagy művét *A magyarok eredete* címen tette közzé (1882., l. még *A magyar nemzet kialakulása* 1894., *A magyarság bölcsőjénél – A magyar–török rokonság kezdete és fejlődése* 1914.) Németh koncepciója elhatárolódást jelentett a romantikus és a tudománytalan őskereséstől, s a hangsúlyt a népek alakulására, kialakulására helyezte. Ezzel Németh Gyula évtizedekkel megelőzte a korát. A modern kutatások ma arra irányulnak, hogy az eredet, az origó, az *Abstammung* helyett az alakulást, a *Werden*t, a történeti, etnoszociológiai folyamatot vizsgálják.

A középkori népalakulás

Az egyetemes kutatás irányának megváltozását az az alapvető, bár lassan érlelődő felismerés határozza meg, hogy a középkor mindenütt Eurázsiában új népek alakulásával jár. A középkori népek különböző szálakból, eredetekből fonódtak össze, ahol az ókorból átnyúló azonosságtudatok mögött az ezt az azonosságtudatot hordozó, új összetételű középkori népek jelennek meg. Érdemes tehát a folyamatos azonosságtudat mögött az azt hordozó csoport kialakulását alaposabb vizsgálat alá venni. Más szavakkal: megvizsgálni, mi történhetett abban a fekete dobozban, amelybe egyik oldalon a különböző népelemek bekerültek, s a másik oldalon új, kora középkori népek léptek ki.

A továbbiakban a népalakulás kifejezést annak a folyamatnak a megjelölésére használom, amely során a közös szemiotikai rendszerrel, mi-tudattal és tartós önelnevezéssel rendelkező társadalmi csoport, vagyis a nép, a középkorban kialakult.

A középkori népek kialakulása társadalomtörténeti folyamat, amelynek során igen különböző kiinduló állapotokból eltérő eredetű és különböző módon szervezett embercsoportok népekké alakultak. A középkori népek kialakulásának most azt a nagy csoportját különítjük el, amelynél a népalakulás kezdeteinél valamilyen törzsi szervezet állt. Ezeket szokták a nagy, civilizált birodalmak szempontjából nézve „barbárnak" vagy – a Szűcs Jenő által használt terminussal – társadalmi tudatukat gentilisnek nevezni.

A kora középkori Európában a honfoglalások és népalakulások több típusa különböztethető meg. Egy előző, itt az Akadémián 1995 decemberében tartott előadásomban, melynek rövid változata a Magyar Tudomány következő számában jelenik meg [*A néppé válás az újabb kutatások tükrében*. Magyar Tudo-

mány, 1996/4. 408–415.], az európai népalakulások három típusát, a germán–frank, a szláv és a török népalakulás főbb vonásait vázoltam.

A 4. században megjelent germán törzsek a 7. századra feladták törzsszövetségi és törzsi szervezetüket, a „civilizált" rómaiak és a „barbár" germánok egy sajátos együttélése alakult ki, a szabad frank harcosok betagolódtak a területi alapon szerveződő feudális hűbéres rendszerbe. A *francus* név törzsi hátterű népnévből „szabad ember" tartalmú etnikai elnevezéssé vált. Európa keleti felében a szláv népek olyannyira a rabszolga-kereskedelem tárgyaivá váltak, hogy nevükből alakult ki a középkori Európa rabszolga elnevezése a *sklavus*, a *slave*. Territoriálisan és többnyire idegen etnikumok által szervezett csoportjaik ha törzzsé szerveződtek is, törzsszövetséget nem alkottak, s a területi alapon kialakuló középkori néppé válásuk kisebb részben a római–frank, nagyobb részben a bizánci hatókörben a 10–11. századig elhúzódott. A kelet-európai török népalakulásokban a közös a törzsszövetségi rendszerből a birodalmi szervezet felé való törekvés volt. Ez másképp zajlott le a kazár és másképp az avar birodalomban, de mindkét kísérlet végül is – részben eltérő okok miatt – sikertelen volt. A dunai bolgárok esetében a néppé válás a bolgár-török vezető réteg asszimilációjának árán, a központosított állam megteremtése révén és a kereszténység felvételével sikerült. A három típusban közös az, hogy a folyamatosan átalakuló népi azonosságtudatok mögött az azt hordozó népesség összetétele és szervezete alapjaiban átalakult.

Mai előadásomban először megkísérlem ezt a tipológiát tovább bővíteni. Azt vizsgálom, hogy mi történt a honfoglalással egy időben, a 10–11. században, a steppe túlsó, kínai oldalán. Célom annak bemutatása, hogy miben egyezik és miben tér el a keleti népalakulás az európaitól, anélkül persze, hogy ennek részletes elemzésére itt módom volna. Olyan példát választottam, amely sajátosan gazdag forrásanyaga miatt lehetőséget nyújt arra, hogy részletesebben lássuk egy a honfoglalással egyidejű törzsi társadalom szerkezetét. Mint majd kiderül, az adatoknak nemcsak az egyidejűség miatt lehetnek tanulságai, hanem vannak közvetlenebb magyar vonatkozásai is.

A kitajok

Előadásom első részében a kitajokról lesz szó. A kitaj nép nevét ma Európában onnan ismerik, hogy Kitaj Kína orosz neve. Már a középkori Európa utazói Kitaj vagy Kataj néven ismerték Kínát. A kitaj azonban eredetileg nem Kína neve volt, hanem egy sztyeppi törzsszövetségé. A források az 5. század óta ismerik a kitajokat *kitany*, majd *kitan*, illetve *kitaj* néven. Nevük ebben a megismert formában török eredetű. Nyelvük valószínűleg eredetileg is, de a 9. szá-

zadban már biztosan mongol. A 9. század végén, tehát a magyar honfoglalással egy időben, nyomultak be Kína területére. Uralkodójuk 916-ban, a kitaj honfoglalás befejezése után, felvette a császári címet, és Észak-Kínában Liao néven dinasztiát alapított. A kitaj birodalom virágzása 1114-ig, tehát nagyjából Könyves Kálmánunk idejéig tartott, amikor a későbbi mandzsukéhoz közel álló nyelvet beszélő új sztyeppi nagyhatalom, a dzsürcsik megsemmisítő vereséget mértek a kitaj birodalomra. A kitajok egy része fokozatosan beolvadt az észak-kínai kultúrába, de egy csoportjuk elindult nyugatra. Nyugat-Ázsiában fekete vagy kara-kitaj néven jelentős nomád birodalmat alapítottak, uralkodójuk 1125-ben felvette a gurkán címet. A fekete kitajok uralmuk tetőpontján a Kaszpi-tengertől a kínai határig terjedő félnomád birodalom urai voltak, jelentős szerepet játszottak a híres középkori oázis-birodalmak, így Hvárezm és Kásgar történetében. Ekkori jelentőségük miatt, bár csak a tatárjárás körüli időben kerülhettek be a magyar krónikairodalomba is, ahol az alánok mellett mint *gens kytanorum* szerepelnek, például a *Képes Krónikában* (I, 6). Miközben a mongol-kitaj vezető réteg fokozatosan eltörökösödött, a karakitaj birodalom lényegesen meggyengült. Hatalmának Dzsingisz kán mongoljai, vagyis a tatárjárás első hulláma vetett véget 1211-ben.

A korai kitaj történelem forrásai között vannak török és tibeti nyelvűek is, de a legfontosabb források kínaiak. Ezek között is a legjelentősebb a kitaj dinasztia krónikája, a *Liao-si*. Ezt a munkát még a 10. században kezdték összeállítani és szerkeszteni, de a szöveg kalandos és bonyolult története miatt, több átdolgozás után, csak a 14. században került először napvilágra. Az átdolgozásokról most elég annyit megjegyeznünk, hogy a kínai szövegben előforduló eredeti kitaj neveket, címeket, szavakat dzsürcsi átdolgozók több esetben „lefordították" dzsürcsire. A kései kutatók, a szöveg kiadói vagy feldolgozói nem mindig tudták a másodlagos dzsürcsi terminusokat és szavakat elválasztani az eredeti kitajoktól. Ezért egyes kutatók a kitajokat tévesen nem mongolnak, hanem dzsürcsinek, vagyis mandzsu-tunguz nyelvűnek tartották.

Jelentős mennyiségű kitaj írással írott szöveg maradt ránk. Az írás megfejtésével ma Belső-Mongóliában egy kutatócsoport foglalkozik, de másutt is előrehaladt a kitaj írás vizsgálata.

A kitajok kérdésével a magyar keletkutatás nem most kezdett el foglalkozni. Ligeti Lajos munkásságának egyik központi témája volt a kitaj nyelv. Értékes előadásokat tartottak és tanulmányokat írtak a kitaj történelem, nyelv és a különleges írás különféle kérdéseiről Sinor Dénes, Kara György és Kőhalmi Katalin is. 1949-ben jelent meg K. A. Wittfogel és Feng Chia-sheng nagy hatású monográfiája (a továbbiakban WF) a kitaj társadalom történetéről. A legutóbbi publikációkból is ki kell emelnünk Herbert Franke és Peter Golden

műveit. Nyelvészeti szempontból jelentős Ligeti kutatásai mellett F. W. Cleaves és H. Franke tevékenysége, erősen vitatható és csak kritikával használható K. Menges és G. Doerfer idevonatkozó munkássága.

A kitaj törzsi szervezet

A kitaj társadalom történetét három fő korszakra oszthatjuk: 1. Az első korszak az észak-kínaiak feletti győzelemig vagyis a 6. századtól a 9. századig tartott. 2. A második korszak a kitaj–kínai együttélés korszaka a 10. század elejétől a 12. század elejéig. 3. A harmadik korszak a kitaj társadalom felbomlása és a kara-kitaj birodalom periódusa, amely a 12. század elejétől a 13. század elejéig tartott. Szempontunkból most a kitaj törzsi szervezet és a törzsszövetség kérdését emelném ki. Röviden összefoglalva azt lehet mondani, hogy a kitajok a törzsszövetség eurázsiai steppei rendszerének egyik változatában éltek a Liao-dinasztia megalapításáig. Bár ez sem minden tanulság nélkül való, de az igazán jelentős az, hogy mi történt a kitaj törzsek szövetségével a dinasztiaalapítás után, hiszen a kora középkori európai népek kialakulását is a Római Birodalommal kölcsönhatásban kell vizsgálnunk. A kínai limesen egy sajátos szimbiózis alakult ki a földműveléssel is foglalkozó nomád pásztor kitaj törzsek és a letelepedett kínai földműves társadalom között, amelyben különleges szerepet játszott egy korábbi helyi „barbár", félig nomád, félig földműves népcsoport, a pohaj, amennyiben a kitajok számos intézményt közvetlenül tőlük, és nem a kínaiaktól vettek át. Azt hiszem, nem szükséges itt figyelmeztetni arra, hogy a magyarok a római–frank intézményeket nem kis mértékben a Kárpát-medence helyi lakosságának közvetítésével vették át.

A különösen kedvező forrásviszonyok következtében részletes leírással rendelkezünk a 10–11. századi kitaj társadalomról. Természetesen figyelembe kell vennünk, hogy egyrészt kínai, másrészt dzsürcsi szemüvegen keresztül látták a források szerzői, illetve átdolgozói a tényeket. Másrészt a kitaj társadalomnak a honfoglalást követő átalakulása igen jelentős volt.

A kitaj társadalom legkisebb egysége a szállás volt. A szállást jelentő szó dzsürcsi alakjában maradt fent. Ennek a szónak a későbbi dzsürcsi szótárakban (a 15. század elején) már csak egyszerűen „falu" jelentése van (*gaša*, Kiyose 99, Kane 166). A dzsürcsi szó azonban mongol eredetű, és eredetileg az állatoknak a téli szálláson körülkerített, védett helyét jelentette, ahogyan a török *aul*, ótörök *agil* is az állatok kerítéssel védett helyét jelentette. Itt is jól megfigyelhető tehát a téli szállás átalakulása faluvá.

A rokonok szállásai együtt alkották az ágat. Az itt szereplő terminust egyesek rosszul rekonstruálták, és megkísérelték még a magyar *falu* szóval is összekap-

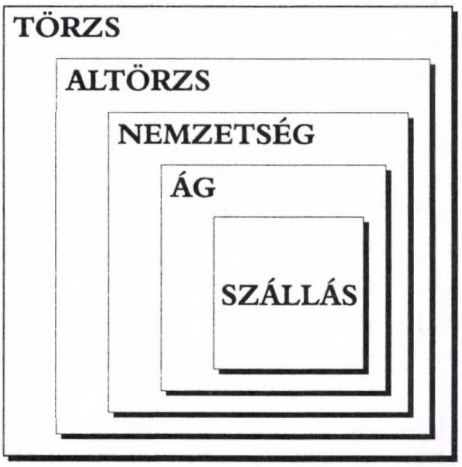
csolni. A helyes rekonstrukció esetén azonban egy dzsürcsi szót találunk, amely *gar*nak hangzott, és amely ismét mongol eredetű, és jelentése „ág, kar". A mongol szó a törökből való, s a török *kari* került át a magyarba, ahol *kar* lett, de sem a török, sem a magyar szónak nincs rokonságot jelölő jelentése, ez a mongolban alakult ki, mégpedig „a hadsereg szárnyai, karjai" jelentésen át. Tudjuk, hogy a magyar *had* szó eredeti jelentése nemzetség, és egyébként ugyanebből a szóból lett az osztjákok önelnevezése, a *hanti*.

A kitaj ág fejének címét egy olyan dzsürcsi szóval adták vissza, amely kínai eredetű, s ott eredetileg „százados, száz család feje" jelentésű volt. Ez arra utal, hogy a rendszer kialakulásának egyik pontján a kitaj ág nagyjából száz családot foglalt magába.

A kitaj ágak nemzetséggé álltak össze. A nemzetséget jelölő terminust (*mi-li, mei-li, mo-li*) még nem sikerült megfejteni, de egyes forráshelyeken egy kis települést is jelöl (WF 240, 16j.), másutt helyette egy kitaj szó áll, amelynek jelentése „száz, század" (*chao*). Ebből arra lehet következtetni, hogy a kitaj nemzetség volt az alapegység, s az ágakra való osztódása csak a jelentősebb szaporodás után történt meg. A nemzetségnek közös őse van, tagjai azonos nevet viselnek, és tiltott a házasság a nemzetség tagjai között.

A kitaj nemzetségeket altörzsekbe szervezték. Az altörzset többféle kínai terminussal is fordították. Ezek a kínai adminisztratív terminusok egy nagyjából 13–50 000 fős egységet vagy egy még ennél is nagyobb területet, tartományt jelöltek. Az altörzs első két tisztségviselőjének címét már megfejtették. Az altörzs fejének címe a törökből is ismert *irkin*, a rangban utána a másodiké a *darkan* volt. Ezt nemcsak ismerjük a mongoloknál, hanem az ebből a címből képzett törzsnév, a Darhat a mai napig megvan Mongóliában. A török megfelelőből, a *tarkan*ból lett a magyar Tarján törzsnév.

A KITAJ TÖRZS SZERKEZETE



Végül az altörzsek törzzsé álltak össze. A kitaj törzs olyan csoport, amelyet a közös katonai akciók érdekében történt szervezettség, a törzsfő tekintélye, majd egy idő után a közös mítosz és a közös törzsi őshöz való tartozás kötött össze.

A társadalomnak ezt a szervezetét, amelyben a törzs altörzsre, nemzetségre, ágra és szállásra osz-

lik, leírják a 10. századi török források is, így például 1074 körül Mahmud al-Kásgari, ha a leírás nem is olyan részletes, mint amit a kínai forrásokban találunk. Említik ezt a rendszert a recens néprajzi források is.

Amikor valakinek a hovatartozását kellett megadni, akkor a kitajoknál a nép, a törzs, az altörzs és a nemzetség szerepelt. A kitaj dinasztia alapítójáról például azt írja a kitaj krónika, hogy a kitaj I-la törzsből, a Xia-lai-i altörzsből és a Ye-lyu nemzetségből származott.

A kitaj törzsszövetség átalakulása

A törzsi szervezet vázlata után vizsgáljuk meg, hogy milyen módon alakult át egy ilyen törzsi rendszer! A kitaj törzsek történetét a 6. századtól tudjuk nagy vonalakban követni. Kr. u. 600 körül az eredetileg nyolc kitaj törzs létszáma tízre nőtt. A 7. században uralomra került Da-he nemzetség alatt ezt a tíz törzset nyolccá vonták össze, de két újat csatoltak hozzá, úgyhogy újból tíz törzs lett. Ez azért is figyelemre méltó, mert ha nem volnának ilyen részletesek a források, azt hihetnénk, hogy ugyanaz a tíz törzs maradt. A kitaj honfoglalás után a törzseket több ízben átszervezték. A folyamat eléggé nehezen követhető, de néhány fontosabb jelenséget kiemelnék.

A kitaj birodalom élén két dinasztikus nemzetség állt. Az uralkodók a Ye-lyu, feleségeik a Xiao nemzetséghez tartoztak. Ezt a rendszert találjuk később a mongoloknál is, ahol az uralkodók, így Dzsingisz kán is a Bordzsigin nemzetségből, míg feleségeik mindig az Onggirat nemzetségből származtak. Ezt a sajátos kapcsolatot a nevezetes, 13. századi *A mongolok titkos története* részletesen leírta. A kitajoknál ez a rendszer még érdekesebb. Ugyanis míg az uralkodó császárok nemzetsége mongol nyelvű kitaj volt, addig a császárnők nemzetsége török, közelebbről ujgur volt. A mongol és a török etnikum szimbiózisa így az uralkodói nemzetségek szintjén valósult meg.

A KITAJ BELSŐ TÖRZSEK SZERKEZETE



Maguk a kitaj törzsek két nagy csoportra oszlottak, a belső vagy a tulajdonképpeni kitaj és a külső vagy idegen törzsekre. A belső törzsekhez, vagyis az etnoszociológiai mi-csoporthoz tartoztak azonban nem csupán a császár mongol, hanem a császárnő török törzsei is.

A dinasztiát alapító uralkodóról azt írja a kitaj krónika, hogy elkülönítette a Három Patriarchális Házat és a kilenc sátrat, és ezt a tíz törzset húsz törzzsé szervezte. Ez egy eléggé sajátos matematika, amikor három meg kilenc az tíz. Ha azonban közelebbről vizsgáljuk meg ezt az eseményt, akkor kiderül, hogy az történt, hogy a kitaj törzsszövetség élén az egyik riválisnemzetség legyőzte a másikat.

A Három Patriarchális Ház valójában a győztes Ye-lyu nemzetség által egy vezető törzzsé átalakított csoport, míg a kilenc sátor a másik riválisdinasztia népe, amelyet éppen a hatalom megtartása érdekében kilenc törzsként kezeltek. Ezért azután a Ye-lyu császár által vezetett fő törzs és az alulmaradt Yao-lien nemzetség által vezetett törzsek együtt alkották a tíz törzset, de ez a tíz törzs nem volt sem rangban, sem létszámban egyenlő. A vezértörzs túlsúlya részletesen kimutatható a forrásokból.

983 után újabb törzseket hoztak létre, mégpedig tizenhat törzset megosztással és tizennyolc törzset csatolással. A megosztás úgy történt, hogy a meglévő húsz törzs közül tizenhatból kivált egy-egy rész, és önálló törzzsé lett. Ezek között voltak ún. testvértörzsek. Például az egyik törzset (*nie-la* WF 88) két testvér irányította, de az átszervezés után mindegyik egy-egy külön törzsnek lett a feje, miközben az egyik testvér törzse új nevet kapott (*nie-la* és *wu-wei* WF 88). Csatolással általában idegen népek kerültek a törzsszövetségbe. Így például 921-ben 6000 hadifogoly családjával együtt vált törzzsé. Ebben az esetben tudjuk, hogy egy török hadifoglyokból álló – később még tárgyalandó – törzset úgy szerveztek meg, hogy a vezetőik egy kitaj törzsből (*nie-la*) kerültek ki.

A törzsi szerkezet után forduljunk most a törzsszövetséghez! A törzsek állandó átszervezése miatt nehéz világos képet kapni. Lényegében azonban a törzsek alapvetően először két nagy csoportra oszlottak, a császári és a császárnői törzsek csoportjára. A császári törzsek ismét két csoportra oszlottak. Az első egységbe tartozott magának az uralkodónak a törzse és a neki közvetlenül alárendelt törzsek, a második egységbe az uralkodó apai nagybátyjainak és az uralkodó öccseinek törzsei. A császárnői törzsek közül az első egység az uralkodó anyai nagybátyjának, vagyis az anyacsászárnő bátyjának törzse volt, a második csoporthoz a többi császárnői törzs és az ezekhez társult törzsek tartoztak.

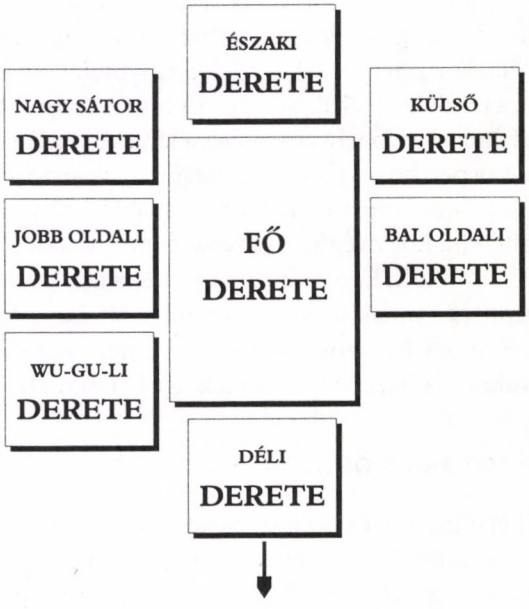
Ehhez a kétszer kettes rendszerhez azután kapcsolódtak az ún. „külső" törzsek, a valamilyen függésben lévő egyéb törzsek és végül a távoli törzsek, ame-

A KITAJ TÖRZSSZÖVETSÉG SZERKEZETE



lyek azonban mégis valamilyen kapcsolatban álltak a kitajokkal. Ezen a nagy rendszeren belül azután a forrásokból még kivehető egy régebbi törzsi szerkezet, ahol a törzsi csoportok számnévvel megjelölt csoportokba voltak osztva, így volt a 8 Die-li, a 8 Po-li, a 8, majd 9 Shi-lie stb. Ezek közül kiemelném most a kilenc Derete törzset. Ezek közül az első volt a Fő Derete, ehhez csatlakozott az északi, a déli, a jobb oldali, a bal oldali, a sárga, a nagy sátor, és a külső Derete törzs és végül egy kilencedik, amelynek neve a *wu-gu* Derete volt. Ez a Wu-gu törzsnév több más összefüggésben is szerepel, így ő közülük került ki az a már említett 6000 hadifogoly család, akikből 921-ben külön törzset szerveztek. A törzsnév teljesebb alakja a Wu-gu-li, és szerencsére a törzs neve több más kínai átírásban (Yu-gu-li, Yu-jue-lyu, Yu-jue-li) is szerepel. Ezekből megállapítható, hogy különböző kínai átírások ugyanazt a törzsnevet adják vissza.

A KILENC DERETE TÖRZS



Ha megkíséreljük a különféle átírások mögött megbújó korabeli, 10–12. századi kiejtést rekonstruálni, akkor egy Ugur, illetve Yugur alakot kapunk, amely esetleg a 12. században már enyhén palatalizált lehetett, vagyis egy Yügür kiejtés is elképzelhető.

Erről a 10. századtól adatolt kitaj törzsnévről már több kiváló sinológus, így Chavannes,

Otto Franke és Herbert Franke kimutatta, hogy szabályos folytatója a zsuanzsuan vagy más néven ázsiai avarok egyik vezértörzse nevének.

Mielőtt áttérnék az avar nép kialakulására, még egy rövid megjegyzést szeretnék tenni a kitaj népalakulással kapcsolatban.

Mint láttuk, a sajátos kitaj duális törzsi rendszer a kínaiakkal való 200 éves együttélést alatt lényegesen átalakult, differenciálódott. Az egységek létszáma megnövekedett, a törzsek száma osztódással, kiválással, csatlakozással módosult. Ugyanakkor egy az uralkodói családok rokoni kapcsolatain és exogám, a dinasztikus családok közötti házasságon alapuló mongol–török interetnikus törzsi rendszert találunk. A törzsszövetség a felső szinten a kitaj és az ujgur, esetünkben egy mongol és egy török elem lényegében egyenrangú és igen erős szálakkal egybefonódó jelenlétén alapult. Ugyanakkor a csatlakozó vagy csatolt törzsek tagjai között is voltak mind mongolok, mind törökök. A nyelvi-etnikai különbségek tehát nem játszottak döntő szerepet a törzsszövetség alakulásában. A források gondosan jelzik, hogy hogyan épültek be a különböző etnikumok a törzsszövetségi rendszerbe s annak tagolt szerkezetébe, amely a szállás – ág – nemzetség – altörzs – törzs – törzsszövetség szerkezetet mutatta. A kitaj törzsek és altörzsek vezetői új funkciókat kaptak, de a törzsi szerkezet alapjai nem szűntek meg. Ezt többek között onnan is tudjuk, hogy amikor a dzsürcsiktől elszenvedett nagy vereség után tíz évvel, 1124-ben a későbbi kara-kitajok vezetője, a kitaj uralkodó dinasztia tagja, Ye-lyu Da-shi nyugatra vitte megmaradt népét, akkor előbb összegyűjtötte a 18 „belső", vagyis kitaj törzs vezetőit, köztük az ugur törzs főnökét is, és újjászervezte a törzsszövetséget. A népesség természetesen igen heterogén volt, és a mongol nyelvű kitajok mellett voltak törökök, tangutok s talán kisebb kínai csoportok is. A kínai határvidékre került steppei törzsszövetségek története igen különböző módon alakult. A steppére visszatérő, a kínaiak közé beolvadó és a Kína határán megmaradó népek hosszú sorában a kitajok azok közé tartoztak, akiknek egy része a kínaiak közé olvadt be, másik részük a steppére tért vissza, és később ott asszimilálódott, anélkül, hogy végül is középkori néppé tudott volna válni.

Indokolt, hogy a középkori népalakulások típusai közé felvegyük a mongol típust és annak sajátos kitaj változatát. Egyértelmű, hogy az egyezések, a hasonlóságok és – hangsúlyozni szeretném – *a nem lényegtelen eltérések* egyaránt további vizsgálatot igényelnek. Ez keletkutatásunk érdekes, új feladata lehet.

Avarok és ogurok

Térjünk most át az avarság kialakulására! Mint ezt az előbb már említettem, a kitaj törzsek között szerepel egy Ugur nevű törzs. Több adat utal arra, hogy ez a törzs az ázsiai avarok egyik, keleten maradt és a kitajokhoz csatlakozott

törzse. Ezért most visszafelé kell mennünk a történelemben mintegy ötszáz évet.

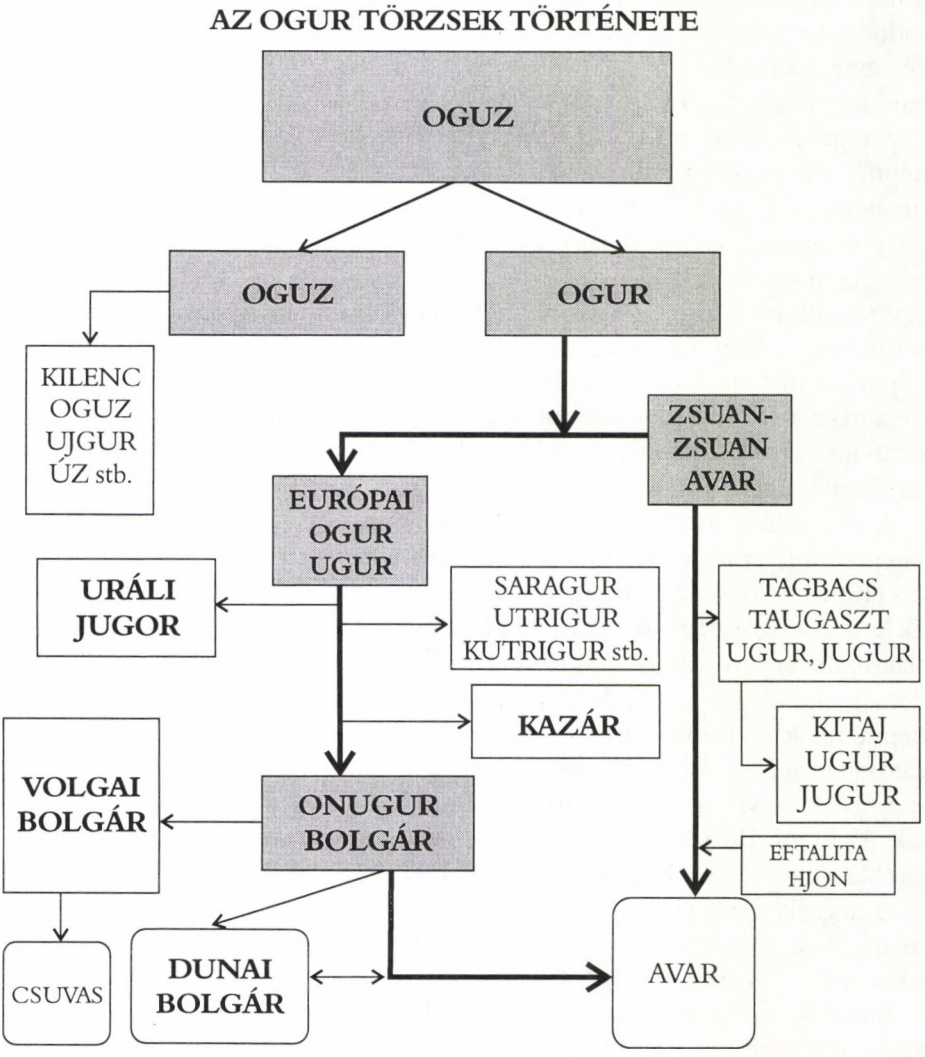
A zsuanzsuanok, vagy ahogy az európai történelmi irodalomban nevezik őket, az ázsiai avarok, a forrásokban először a 4. század végén tűntek fel. Az 5. században már hatalmas birodalmat hoztak létre lényegében a mai Mongólia és a Burját Köztársaság területén. A birodalmat 552-ben az ázsiai avarok alattvalói, a türkök döntötték meg. Az ázsiai avarokra vonatkozó kínai forrásokat nemrég Csongor Barnabás tette hozzáférhetővé. A forrásokban a zsuanzsuan dinasztia nemzetségneve az 5. század közepén jelenik meg. A 6. és korai 7. századból származó kínai források a zsuanzsuan uralkodók nemzetségnevét eléggé egységesen adják vissza Yu-jiu-lyu alakban. Az ennek alapján rekonstruálható kiejtés egy **ugur* vagy **uguri* alakot tükröz.

A régebbi alak minden valószínűség szerint *ogur* volt. Az *ogur* az ismert *oguz* népnév úgynevezett *r*-török, másképpen csuvasos típusú változata. Az *ogur* népnév úgy viszonylik az *ugur* alakhoz, ahogy az „ökör" jelentésű török *öküz* szó csuvasos török **ökür* alakja viszonyul a mongolba átkerült *ükür, üker* formához. Az, hogy az ázsiai avarok között az 5. századtól kezdve ki tudunk mutatni egy *r*-török nyelvet beszélő népet, tehát egy olyant, amelynek a nyelvében a török *öküz* szó *ökür*nek hangzott, vagy legalábbis egy ilyen nyelvből származó népnevet, új megvilágításba helyezi a török népek történetét. Ugyanakkor fontos a magyarság története szempontjából is, amelynek török jövevényszavaink tanúsága szerint éppen ilyen török nyelvet beszélő csoportokkal volt hosszan tartó kapcsolata.

A legkorábbi török népelnevezés ezek szerint az *oguz* volt. Közülük vált ki az a népcsoport, amelynek nemcsak a nyelvében, hanem a népnevében is a Krisztus előtti évszázadokban lezajlott a nevezetes rotacizmus, a *z* hang *r*-ré válása, ők lettek az ogurok. Az ogurok jelentős szerepe a mongol és az ázsiai avar népalakulásban egyre világosabbá válik. Más forrásokból tudjuk, hogy a türk eredetileg egy idegen uralkodó réteg volt, amely eltörökösödött. A türk, török népnév csak a *z*-török nyelvet beszélők között, csak a 6. század óta és csak fokozatosan terjedt el. Az oguz nevet hosszú ideig a Kilenc Oguz (*tokuz oguz*) törzsszövetség, vagyis az ujgurok tartották fent, akik 750-ig a türkök alattvalói voltak. Az Ujgur Birodalom összeomlása, 840 után egy részük nyugatra távozott, ahol később *guzz* és *úz* néven is szerepelnek. Mivel mindennek a steppe és a magyarság kora középkori története szempontjából nagy jelentősége van, ezért meg kell vizsgálnunk, hogy a kínai forrásokból nyert ismereteinket alátámasztják-e más források.

A bizánci források látóköre ritkán terjedt ki a sztyepp keleti felére, de ebben az esetben szerencsénk van. A bizánci Theophilaktész Szimokattész 638 előtt

befejezett Világkrónikájában megírja, hogy a türkök által legyőzött avarok közül egyesek „azokhoz menekültek, akik Taugasztot tartják birtokukban", más avar csoportok, „akik a vereség nyomán megalázó sorsra jutottak, a mukri elnevezésű néphez mentek". Taugaszt egy korai, a kitajjal rokon mongol nép, a tabgacs vagy topa nép neve. Vezetői az 5. század első felében alapították meg Észak-Kínában a barbár Wei-dinasztiát (Északi Wei 424–535, Nyugati Wei 535–554, Keleti Wei 534–543), így lett Taugaszt vagyis Tabgacs Kína egyik



korai elnevezése. A Mukri Korea egyik korai neve, vagyis az ogur-avarok egy része a türköktől elszenvedett vereség után a 6. század közepén a bizánci források szerint is keletre vonult, ahol csatlakozott a kitajok 6. századi rokonaihoz.

Mit tudunk a nyugatra jött ogurokról? Nevük igen sűrűn fordul elő a bizánci, a szír és egyéb forrásokban, sok esetben éppen a kínai források által is tükrözött *ugur* alakban, mint ahogy ezt például a művét 583-ban befejező Menandrosz Protektornál olvassuk. Az ogurok első csoportja 463 körül jelent meg Kelet-Európában, majd részt vett többek között a bolgár-török és a kazár törzsszövetségben. Második hullámuk az avarokkal együtt érkezett Európába, és részt vett a Kárpát-medence első avar birodalmának formálásában. Ők szervezték a tíz ogur, vagyis az *onogur*, egyes forrásokban *onugur* (Notitae episcopatuum 733–746) illetve *unnugur* (Theophilaktész Szimokatész 638 előtt) törzsszövetséget. Az onugur–bolgár törzsszövetség egyik csoportja pedig 670 körül, miután Kuvrat bolgár birodalma felbomlott, több részre szakadt. Egyik részük a Kárpát-medencében csatlakozott az avarokhoz, másik részük az Al-Dunánál alapított birodalmat, kisebb csoportjaikat a dalmát tengerparton, sőt Itáliában, Ravenna környékén is követni tudjuk. Jelentős részük a kazár birodalom részeként a Dnyeper és a Don vidékén élt, majd a 8. században felhúzódott a Volga vidékére, ahol utódaik lettek a volgai bolgárok és a máig a Volga-kanyarban élő csuvasok.

Az uguroknak volt egy olyan csoportja is, amely az arab és kínai források tanúsága szerint a 10. században az Irtis és az Urál vidékén élt. A kitaj krónika a hideg északnyugaton említi őket, ahová száműzik a bűnösöket. A kínai források szerint ez a hosszú hajú nép halat és prémet küldött a kitajoknak. Őket említi az arab al-Maszúdi 956-ban a kimek törzsek között az Irtis alsó folyásánál, s a hvárezmi sah is feljegyezte nevüket. Országuk szerepel az Urál vidékén szláv és a muszlim forrásokban a sokat vitatott Jugria néven.

A törzsszövetségek kettős vezetése

A 6–10. századi kelet-európai, ogur részvétellel szerveződött, törzsszövetségekre is jellemző volt egyfajta duális vezetési rendszer. Ennek azonban több típusa volt.

Elsőnek említsük meg a nevezetes kazár szakrális királyságot.

A kazárok kettős királyságáról könyvtárnyi tanulmányt írtak. Mégis többnyire elsikkadt, hogy ez a kettős rendszer több száz év alatt fokozatosan alakult ki, hogy a fő uralkodó szakrális jellege több változáson ment át, míg a 10. században a kazároknál leírt utolsó formája kialakult. Sajnos meg szokás feledkezni arról is, hogy a szakrális királyság a törzsszövetség majd birodalom kettős

vezetésének egy igen speciális és – tegyük hozzá – ritka változata. A szakrális királyság a legitim uralkodó kultikus eszközökkel történő visszaszorítása, majd kiszorítása a hatalomból. Ez azért fontos, mert téves az az állítás, hogy ahol kettős vezetés van, netán éppen csak két vezetőt említenek a források, ott szükségszerűen szakrális uralkodó is van. Ez a tévedés az utóbbi időben lényegesen torzította a honfoglaló magyarságról és az Árpádról alkotott képet.

A vezető törzsek rivalizálása a nomád törzsszövetségek normális jelensége. A kitajoknál láttuk, hogy a rivalizáló vezető nemzetségek közül az, amely győztesen került ki a belső harcokból, az alulmaradtak szétdarabolásával és a győztesek egyesítésével tette meg az első lépést a birodalom megalapításához. Hasonló folyamatokat írnak le a kínai források más steppei népeknél, így például az ujguroknál is, ahol a vezértörzs kilenc oguz törzs felett uralkodott, de a kilencedik maga is újabb kilenc törzsre oszlott. Hasonló volt a magyaroknál, ahol a nyolcadik magyar törzs, a kabaroké is három régebbi törzsből állt össze.

A vezető törzsek rivalizálásának egy másik típusa, amikor a birodalom határai hirtelen olyannyira kitágulnak, hogy az ősi szállásterület és a meghódított új vidékek feletti uralom megoszlik. Ilyenkor rendszerint az uralkodó testvére vagy egyik fia kapja meg a távoli terület feletti jogokat, de az elején függésben a központi uralkodótól. A szeniorátus és a primogenitúra a steppén is küzdött egymással, nemcsak a korai magyar államban. Ez látjuk a türk kaganátus esetében, ahol a nyugati türk vezetők csak lassan önállósították magukat.

Egy más kettősség az, amikor az idegen, a meghódított vagy csatlakozó népek együttesen kapnak egy vezetőt. Ezt a funkciót a kelet-európai török népeknél, így a kazároknál, az *iltever*, illetve *yiltever*, a magyaroknál valószínűleg a *karha* töltötte be.

Ismét más struktúrát jelent az az eset, amelyben a törzsszövetség feletti uralmat egy törzs egy feje gyakorolja, de mellette kiemelkedő katonai érdemei alapján egy hadvezér kap fontos szerepet, s kialakul a király–hadvezér szerepmegosztás. A 10. századi török karahánida törzseknél ezt a folyamatot olyan török nyelvű források segítségével tudjuk nyomon követni, mint az 1069-ben írt *Kutadgu bilig* és al-Kásgari 1074 körül elkészült nagy lexikális munkája. Azt szokták idézni, hogy az avaroknál is előforduló *jugrus* cím szerepel al-Kásgarinál. Érdemes azonban a karahánida forrásokat együttesen figyelembe venni. A jugrus a hadvezér, a kagán utáni második rang, írja al-Kásgari, de hozzáteszi, hogy nemes, vagyis az uralkodó dinasztia tagja nem lehet jugrus, az a közemberek közül kerül ki, egy fekete, selyemből készült ernyőt tartanak a feje felé, ha eső esik, ha hó hull, vagy ha hőség van. Ez az ernyő egy igen fontos hatalmi jelvény. Juszuf Hassz Hádzrib a *Kutadgu bilig* szerzője 1069-ben biztat-

ja a török harcosokat, hogy miként haladjanak felfelé a ranglétrán, amelynek utolsó fokán ott áll a *yabgu jugrus* cím és tisztség.

Ott, ahol ez örökletessé vált, új helyzet állt elő, s már az uralkodó és a hadvezér törzse között folyt a rivalizálás.

A törzsszövetség kettős vezetésének tehát – mint láttuk – több típusa van, sőt ezek a típusok részben együtt is jelentkezhetnek, és ilyenkor alakul ki a vezetők hármas hierarchiája, mint ahogy azt a kazároknál a *kagán,* a *bég* és a *yiltever*, a magyarok esetében a *kende*, a *gyula* és a *karha* esetében látjuk.

Ami mármost az avarokat illeti, a nyugati évkönyvek feljegyezték, hogy 782-ben „caganus et iugurrus, principes hunorum", vagyis a kagán és a jugurrus, az avarok fejedelmei megjelentek Nagy Károly udvarában. Tizennégy év múlva, 796-ban mindkettőt a „sajátjaik", azaz az avarok megölték. Sem előtte, sem utána nincs adatunk egy esetleges avar kettős királyságról. Mégis erre az adatra építve szoktak egyesek arról írni, hogy az avaroknál is megvolt a kettős, netán a szakrális királyság. Egyet kell értenünk Bóna Istvánnal (Magyarország története I., 334.), hogy az utóbbiról nem lehet szó, és legfeljebb a kettős uralom intézményesülésének egy kezdeti fázisa lehetett jelen.

Az mindenképpen figyelemre méltó, hogy az avarok egy másik tisztségviselője, a tudun csak a kagán és a jugurrus megölése, azaz 796 után vált jelentőssé. Törekvése az avar törzsszövetség feletti egyeduralom megszerzésére azonban nem járhatott sikerrel.

A kitajoknál az altörzs rangban második vezetője, a *tarkan* megjelenik az avaroknál is. Az tévedés, hogy a tarkan cím mögött valamiféle szakrális kovácsokat kell látnunk, az azonban figyelemre méltó, hogy a honfoglaló magyarságnál e cím két alakban, mint *tarján* és mint *tarkán* is jelentkezik, mutatva azt, hogy a magyar törzsi szervezet alakításában több különféle török nyelvű csoporttal, köztük valószínűleg a Kárpát-medencében az elszlávosodás átmeneti állapotában lévő török csoportokkal is kell számolnunk.

A magyar törzsszövetség felbomlása és a honfoglalás

Ha áttekintjük Eurázsia néppé válásának különböző típusait, azt látjuk, hogy a középkori nép kialakulásának feltétele, hogy megszűnjék a törzs, illetve a törzsszövetség. Ennek több útja volt, s a törzsi rendszer fennmaradása mellett és ellen ható erők viszonyán múlt, hogy végül is sikerült-e a néppé válás.

Az a törzsszövetségi rendszer, amelyből a magyarság kilépett, a közvetlen források és az összehasonlító korabeli adatok segítségével az eddigieknél világosabban körvonalazható. A törzsi és törzsszövetségi rendszer előnye és történelmi tartósságának oka annak rugalmasságában rejlett. A törzsszövetségi

rendszer csoportok csatlakozása és kiválása, idegen etnikumok integrálása, belső rivalitások kezelése szempontjából számos előnnyel járt. Ugyanakkor a különféle duális vezetésű törzsszövetségi rendszerek segítették a törzsszövetség fenntartását, mert a riválisvezetők a törzsfőkön keresztül tudták hatalmukat erősíteni. A törzsszövetség felszámolásában a vezető törzs és feje, illetve annak katonai kísérete volt érdekelt.

A magyar törzsszövetség felszámolása már Etelközben megkezdődött. A törzsszövetség hadvezére az Álmos–Árpád nemzetség feje volt, akinek hatalma, befolyása – nem kis mértékben a 862 óta, a forrásokban is követhetően, nyugatra vezetett sikeres hadjáratainak eredményeképpen – megerősödött. Levedi helyzetét az Ibn Hordádzbehra visszamenő ún. Dzsajháni hagyomány még 870 körül rögzítette. Ez a hagyomány csak arról tudósít, hogy a künde névleges uralkodó volt, s a tényleges katonai hatalom a hadvezér, a gyula, vagyis az Álmos–Árpád nemzetség vezetőjének kezében volt. Ez a tudósítás tehát nem mond többet és nem állít kevesebbet, mint, hogy a künde hatalmát visszaszorították. Ez után következhetett Levedi végleges félreállítása, amit a 870-es évek végére, a 880-as évek elejére kell tennünk. Ebben jelentős szerepet játszhattak a kazároktól a magyarokhoz átállt kabarok, akik 881-ben már a magyarokkal együtt jelentek meg Bécs alatt.

Az Árpád-házhoz tartozó urak által az események után 65–70 évvel, vagyis 945 körül Bizáncban előadott, jól ismert elbeszélés Levedi állítólagos „önkéntes" lemondásáról a sztyeppi történetírásban nem szokatlan legitimizációs hagyomány – finoman szólva – szépítő törekvését tükrözi.

A tét Levedi félreállítása után az volt, hogy újra kialakul-e a magyar törzsszövetség élén a kettős uralmi rendszer. Az események következtében ez nem történt meg.

A 895-ben a Tisza mellett a bolgárok elleni támadásra felvonuló főseregetÁrpád vezette. Egy kisebb sereg Etelközből az Al-Duna felé támadt. Ekkor Árpádot egyszerre három rossz hír érte el. Egyfelől a bizánciak – ígéretük ellenére – nem támadták meg délről a bolgárokat, ezért a bolgárok akadálytalanul küzdelembe bocsátkozhattak az Etelköz felől támadókkal, és jelentős veszteséget okoztak nekik. Ezek a csapatok Etelközbe hátráltak vissza. Mindezzel egy időben a besenyők kelet felől rátámadtak az Etelközben maradt hátvédre. A magyar törzsszövetség keleti törzsei, közöttük nyilván Levedi törzse is, jelentős veszteséget szenvedett, az életben maradtak sietve csatlakoztak Árpád seregéhez. A magyar főseregnek a 895-ös, bolgárok elleni támadása, és a besenyők és bolgárok magyarok elleni csatanyerése tehát egyaránt a törzsi szervezet gyengüléséhez és paradox módon az épen maradt Árpád-törzs katonai hatalmának viszonylagos erősödéséhez vezetett. Semmi nyoma nincs annak, hogy a

kettős királyság, pláne a szakrális uralkodó rendszere a magyar törzsszövetségben újra kialakult volna. Liuntika, Küszen (Kurszán) vagy más személyek szereplésének említése erre semmilyen utalást sem tartalmaz.

A magyarság esetében tehát egyszerre zajlott le a honfoglalás és a törzsi rendszer alapjainak megroppanása. A törzsi rendszer végleges felszámolásához ez természetesen csak az első, bár döntő lépés volt. Fontos: a honfoglalás lehetővé tette, hogy a társadalmat területi alapon át lehessen alakítani. Hogy itt nem pusztán a törzsek és a nemzetségek súlya változott, hanem egy ennél összetettebb rendszer alakult át, az akkor is bizonyos, ha az egykorú steppei társadalmi rendszernek, a szállás – ág – nemzetség – altörzs – törzs szerkezetnek nem tudjuk minden megfelelőjét kimutatni a magyaroknál.

Mindenesetre lehetővé vált a magyarság kiválása a steppei politikai rendszerből, s megnyílt az út az új európai közösséghez, a középkori európai népekhez való csatlakozáshoz.

A magyar honfoglalás nem volt sem több, sem kevesebb, mint lehetőség a magyar nép kialakulására. Ahhoz, hogy a honfoglaló magyarságból magyar nép lett, további feltételeknek is teljesülniük kellett. Ezek részletei a kora középkori fekete doboz további elemzése révén ismerhetők meg.

Annyi azonban bizonyos, hogy magyar nép kialakulásának és megmaradásának titkát nem a steppei eredetben, hanem abban a társadalmi átalakulásban kell keresni, amelyhez a honfoglaló magyarság még időben csatlakozni tudott.

Amikor megköszönöm a figyelmet, szeretném jelezni, hogy az itt vázlatosan előadottak részletesebben olvashatók egy most nyomdába adott könyvemben [*A honfoglaló magyar nép. Bevezetés a korai magyar történelem ismeretébe.* Budapest, 1996., 2. kiadás 1997.].

Kulcsár Szabó Ernő
az MTA levelező tagja

KÖLTÉSZET ÉS DIALÓGUS

A lírai művek befogadásának kérdéséhez

Elhangzott 1996. november 11-én

„A költemény olyan beszéd,
amely folytonos kapcsolatot követel meg
és teremt a meglevő hang,
illetve azon hang között,
amelyik jön és jönnie kell."
(Paul Valéry:
Première leçon du Cours de poétique)

Köztudott, hogy a művészetértésnek az az újkori fordulata, amely először vonta történeti horizontba az irodalomról való gondolkodást, műnemként lényegében mindössze két évszázada egyenrangúsította a lírai költészetet. A líra műnemi önállóságának elismerése egyszersmind azonban meg is alapozta azt a folyamatot, amely fundamentálpoétikai és antropológiai igények együttes érvényesítésének történeteként tárja elénk a költészet meghatározására irányuló kísérletek historikumát. A líraértés legutóbbi, még rendszeres kidolgozásúnak mondható változatai ezért is teljesedhettek ki a fenomenológiai alapozású, szemiotikai strukturalizmus elméleteiben.

Itt persze nem arról van szó, mintha a líra – Susmanntól és Walzeltől Staigeren, Käte Hamburgeren, H. Friedrichen át egészen Böckmannig és Lehnertig terjedő – elméletei egytől egyig az alakelméleti gondolkodásnak volnának a termékei. Arról azonban igen, hogy a teljesség igényével kidolgozott líraelméletek horizontját az 1970-es évek végéig olyan tipológiai formaelvek határozták meg, amelyek a klasszifikáció alapjául szolgáló poétikai sajátosságokat kivétel nélkül a költői szöveg tartozékának tekintették. Mert vegyük bár szemügyre – az önreflexív nyelvhasználattól[1] vagy a valóságtalanító ontológiai sémától[2] a személytelenítésen[3] át egészen az „üres deixisig"[4] – a modern líra elméletének bármely nagy pályát befutott tételét, a háttérből jórészt mindig az a szemiotikai alapgondolat bukkan elő, hogy „az a dolog, amelyre vagy amely felől nézve a szöveget meg kell értenünk, nem a szövegen kívül, azaz nem az olvasó által aktualizálható vonatkoztatási mezőn belül helyezkedik el, hanem maga a szöveg hozza csak létre"[5]. Ami tehát Anderegg prózaelméleti munkájának minden irodalmi szövegre kiterjesztett következtetése szerint azt jelenti: az olvasónak épp a szövegmegértés érdekében kell lemondania arról, hogy „saját valóságértését és a vonatkoztatás saját területét a jelentésadás kritériumának tekintse"[6].

Hogy mennyiben őrzi ez a strukturális-szemiotikai felfogás a pozitivizmus fundamentálpoétikai irányultságát, azt a hazai irodalomértés hagyományában egyrészt azért nem könnyű feltárni, mert a magyar irodalomtudomány strukturalista vonzalmai végül mégsem bizonyultak olyan erősnek, hogy – amint az másutt többnyire meg is történt – legalább az alapjait megvetették volna valamely líraelméleti elképzelésnek. Másrészt alighanem máig az sáncolja el e fontos hagyomány-összefüggés felderíthetőségének útjait, hogy – nem kis részben épp a ki nem teljesedett strukturalizmusnak köszönhetően – a fundamentálpoétikai hagyományt nálunk egy olyan önelégült, egzaktsághitű, kalkulatorikus gondolkodás sajátította ki, amelynek kielégítetlen hatalmi aspirációit ekként jellemezte Heidegger: „Az egzakt gondolkodás sohasem a legszigorúbb gondolkodás. [...] Az egzakt gondolkodás csak a létezővel való kalkulásába kapcsolódik bele, és kizárólag ezt szolgálja. [...] A kalkulálás min-

1 Vö. Ján Mukařovský: *Kapitel aus der Poetik*. Frankfurt a. M., 1967. 44 skk., ill.: Roman Jakobson: *Hang, jel, vers*. Bp. Gondolat, 1972. (2. kiad.), 239 sk.

2 Vö. Hugo Friedrich: *Die Struktur der modernen Lyrik*. Reinbek bei Hamburg, Rowohlt, 1985. (9.. kiad.), 122 skk.

3 Uo. 36 sk.

4 Vö. Kaspar H. Spinner: *Zur Struktur des lyrischen Ich*. Frankfurt a. M., Akademische Verlagsgesellschaft, 1975. 17–18.

5 Johannes Anderegg: *Fiktion und Kommunikation*. Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht, 1973. 95.

6 Uo. 107.

den létezőt eleve mint megszámolhatót használ, és a megszámoltat számításhoz használja el. [...] A kalkuláló gondolkodás önmagát szorítja bele abba a kényszerbe, hogy eljárásának következetessége folytán mindenek urává legyen."[7] E több mint fél évszázados felismerés azonban nálunk máig nem tette láthatóvá azt a nagyon egyszerű tényt, hogy az így értett egzaktság hívei valójában nem a műalkotás oldalán állnak, hanem leginkább a saját magukén. Éspedig csak látszólagos ellentétben a vers azon értelmezőivel, akik egy kései művészetvallás káprázatában magát az értelmezést is fölöslegesnek hirdetik, s – valamiféle greenpeace-esztétikától vezettetve – környezetbarát funkciót tulajdonítanak az alkotásnak. Az irodalom e nagyszámú hívei legszívesebben csupán olvasónak tekintik magukat: azaz, miközben esztétikai tapasztalatukat mégis csak meg akarják osztani a befogadóval, azt a megértéstani evidenciát utasítják el, hogy az olvasó „olvasatának" nem lehet, az értelmezőének viszont szükségszerűen van olvasója. Az értelmező ugyanis mindig „valaki számára dolgozza föl bizonyos szándékkal a szöveget, az olvasó tevékenysége lehet (bár) munka, de nem szükséges annak lennie"[8].

A líraértés monologikus és tárgyias hagyománya

Mármost ha eltekintünk az esztétikai tapasztalat hozzáférhetőségének fentebbi – a tudományos egzaktság, illetve a puszta szubjektív gyönyörködés képezte – dilemmájától, a líraértés kérdése is abba a tágabb összefüggésbe kerülhet, amely lényegében a műnem egyenrangúsításának történeti körülményeivel magyarázza a fundamentálpoétikai hagyomány továbbélését. Mai tudásunk szerint ez a hagyomány a történetiség újkori tudatának kialakulásában gyökerezik, legalábbis amennyiben a lírát valóban csak a 18. század második felétől fogva, vagyis éppen a kora romantikus szubjektivitás megjelenésének temporális tapasztalata óta szokás a műnemek egyenrangú együttesében említeni. Azóta tehát, amikor – az irodalmi eredetiség-gondolatot is megalapozva – kialakultak annak feltételei, hogy a szubjektum önmagát éppen a saját történet(iség)e kölcsönözte *összetéveszthetetlen egyediségben* ismerhesse föl. A strukturálisból a temporálisba átlépő antropológiai tapasztalat ugyan kétségkívül Hegel *Esztétikájában* nyeri el a maga költészettani formáját, ám kora romantikusnak azért mondható az „önmagára (vissza)vontkoztatott szubjektum" nevezetes gondolata, mert tiszta és kifejlett formában már Schillernél megelő-

7 Martin Heidegger: *„...költőien lakozik az ember..."* Bp.–Szeged, T-Twins–Pompeji, 1994. 110–111.
8 Ulrich Gaier: Über Lektüre und Interpretation. In: Renate Lachmann (Hg.): *Dialogizität.* München, Fink, 1982. 109.

zi Hegel elképzelését: „Hatás alá kerülünk, fellobbanunk, felolvadunk-e – írja 1783. április 14-én Reinwaldnak – az idegen, sajátunkká soha nem váló teremtmény kedvéért? Biztosan nem. Azt mind csak önmagunkért, azért az Én-ért (*Ich*) szenvedjük, melynek tükre az a teremtmény. Istennel sem teszek kivételt. Isten, úgy gondolom, éppoly kevéssé szereti a szeráfot, mint a férget, mely tudatlanul dicsőíti őt. Önmagát, saját hatalmas, végtelen Én-jét (*Selbst*) látja meg szerteszórva a végtelen természetben. Az erők egyetemes összességében láthatólag önmagával számol – a teremtettek egész ökonómiájából saját képét úgy látja teljesnek, mind egy tükörből, visszavetülve, és magát szereti a képben (*Abriss*), a jelöltet a jelben."[9]

S itt nemcsak arra kell emlékeztetnünk, hogy az önmagára visszareflektált szubjektivitásnak Schiller adja az első pontos szerkezeti leírását. Ma talán még nagyobb a jelentősége az „Ich" és a „Selbst" közötti különbségtételnek. Az én és a róla alkotott kép, az én és annak reflektált képzete közti különbségtétel ugyanis strukturálisan nemcsak az új történetiségtudat szerkezetének felel meg (lásd: a történelem újkori értelmezését mint a történések cselekvési és tudati terének kontaminációját[10]). A beszéd megkettőződő – önmaga tárgyává és alanyává lett – szubjektuma Schillernél lényegében magának a líra elméletének azt a kiindulópontját is láthatóvá teszi, ahonnan nézve indokolttá vált az empirikus és a költői én, majd később pedig a pragmatikai, grammatikai és retorikai én megkülönböztetése. Innen fogva a líra mindenesetre annak a szubjektivitásnak lesz az irodalmi foglalata, amely „az ideálisan önmagáért való, a külsőlegességből a belső létbe (*Dasein*) visszavonuló szellemnek a fogalma"[11]. Mindez nemcsak azért lehetséges, mert hegeli értelemben „a szubjektivitás itt épp az önmagáért való, reális létéből az ideálisba, érzésbe, szívbe, kedélybe, szemléletbe visszatért bensőség"[12], hanem azért is, mert az önmagára így visszavonatkoztatott szubjektivitás hegeli oppozíciójának (reális versus ideális) gyors eltűntével már a biedermeier is úgy fogja fel a szubjektumot, mint „a költészet empirikus eredetét"[13]. Az én tapasztalatának, illetve önmagáról való tudásának kontaminációja líratörténetileg azért lesz mégis különlegesen fontos mozzanat éppen Hegelnél, mert az ő elképzelése szerint a reflexivitás magából a lírából, a lírai megnyilatkozásból származtatható: a költészetnek van egyedül lehetősége arra, hogy a szubjektumot ráébressze önmaga identitására. Annak eszközeit adva ily módon az alkotó kezébe, hogy a megnyilatkozás adott helyzeteitől függően viselkedhessék, illetve érthesse

9 *Nationalausgabe.* (Hg.: Julius Petersen und Gerhard Fricke.) Bd. XXIII. Weimar, Böhlau, 1943. 78.
10 Vö. Reinhart Koselleck: *Vergangene Zukunft.* Frankfurt a. M., Suhrkamp, 1989. 130–144.
11 *G. W. F. Hegel: Werke.* Bd. 8. Frankfurt a. M., Suhrkamp, 1977. 99.
12 Joachim Ritter: *Subjektivität.* Frankfurt a. M., Suhrkamp, 1974. 13.
13 L. Friedrich Sengle: *Biedermeierzeit.* Bd. 2. Stuttgart, Metzler, 1972. 480.

önmagát az életrajz vagy pedig a művészet, a vers szubjektumának. Minthogy irodalmunkban lényegében a romantika után is fennáll még e kétféle identitás összhangjának követelménye, az új magyar romantikakutatásban alighanem úttörő érdemeket szerzett magának Rohonyi Zoltán nemrég megjelent tanulmánya azzal, hogy először tárta föl a fentebbi megkülönböztetések nyomait Katona József lírájában[14].

Meg kell itt azonban jegyeznünk, hogy a romantikus költészet történeti praxisa nem okvetlenül a hegeli oppozíció megnyilvánítója, s maga a vele oly gyakran kapcsolatba hozott ún. „szubjektív érzelmi líra" sem rögtön a lélektani értelemben vett *Innerlichkeit* költészete. Hiszen a költészet Hegelnél a szenvedély uralmától megszabadított szubjektumot – annak minden önmagára vonatkoztatottsága ellenére – sem úgy segíti hozzá valamiféle önkimondáshoz, hogy közvetlenül juttatná szóhoz az érzelmi tartalmakat. Sokkal inkább úgy, hogy „olyan, a hangulat minden véletlenétől megtisztított tárgyat teremt, amelyben a szabaddá lett benső tartalom a kielégült öntudatban egyidejűleg szabadon tér önmagához, és önmagánál van"[15]. A romantika kibontakozásánál ugyanis éppenséggel az figyelhető meg, hogy a líra, különösképpen pedig a dal – mint szinguláris, utánozhatatlan jelentéstartalmak hordozója – elsősorban a szubjektumnak a saját (felcserélhetetlen) egyediségére való ráismerését vagy ilyenként való meghatározását segíti elő. Ami azt is jelenti, hogy kezdetben valóban nem több a személyi összetéveszthetetlenség indexénél.

Tieck *Der blonde Eckbert* című novellájában a *Waldeinsamkeit* kezdetű dalocska a leghangsúlyosabban a történetenek azon pontján tér vissza, ahol a végső egyéni sorsmegértés eseményét képes kiváltani:

„Erdőmagány,
Jó itt újra.
Irigy nem bánt,
Erre sem jár:
Oltalmam vagy
Erdőmagány.

Ekkor Eckbert elméje és érzékei teljesen fölmondták a szolgálatot. Nem találta a rejtély kulcsát – most álmodik, vagy egykor régen álmodott egy Bertha nevű asszonyról? A csoda egybemosódott a valósággal, elvarázsolt világ vette körül, és ő nem volt ura gondolatainak, az emlékeinek. Egy hajlott hátú, mankós öregasszony kapaszkodott a dombon fölfelé. – A madaramat hozod? A gyöngyeimet? A kutyámat? kiáltott – Eckbertre. Látod, a bűn

14 Rohonyi Zoltán: Az „én" és „magam" (A posztkriticista tapasztalat és Katona József verskötete). *Literatura*, 1995/1. 92–102.

15 Hegel: *Ästhetik*. Berlin, Aufbau, 1955. 999.

magában hordja a büntetést. A te Walther barátod és Hugo sem volt más, mint én. – Magasságos Isten! – mondta csöndesen maga elé Eckbert –, micsoda irtózatos magányban töltöttem el akkor az egész életem!" (Tömöry Anna fordítása.)

A (lírai) hang elválaszthatatlan szubjektumhoz tartozása hasonló szerepet kap Eichendorff *Aus dem Leben eines Taugenichts* című elbeszélésében is. E gyakran idézett példában sem a felismert személy – Innerlichkeit-szerű, bensőség-értelemben vett – hangoltságának megszólaltatása, pusztán az összetartozás felismertetése a cél: *„A hang és a dal olyan csodálatosan, ugyanakkor megint oly régóta ismerősként hangzott nekem, mintha valamikor már hallottam volna álmomban egyszer. Hosszan, hosszan gondolkodtam. – »Ez Guido úr!« – kiáltottam végül örömmel telve, és gyorsan lesiettem a kertbe. – Ugyanaz a dal volt, amelyet azon a nyári estén az olasz fogadó erkélyén énekelt, ahol utoljára láttam őt."* Az individuális eredetiség ilyen jelölése ugyan nyilvánvalóan a dal lírai műfajának összetéveszthetetlen modális tulajdonságait tételezi már fel (ezért is alkalmas személyek újrafelismertetésére), de még nem abban a Novalis–Schlegel-féle értelemben, ahol a költészeti belső *érzelmi* tartalom, azaz a – modális hangoltságként értett – „voltaképpeni líraiság"[16] az eredetiség forrása.

Az a tény, hogy a líraelmélet legutóbbi termékeny korszaka lényegében egybeesik az irodalomtudományi strukturalizmus virágkorával, azt mutatja, hogy a líraértés fentebbi hagyománya több-kevesebb folytonossággal mindaddig hatékony tudott maradni, amíg akadt univerzalista irányzat, amely a jelentésképződést létező (tartalmi, strukturális vagy textuális) tárgyiságokhoz kötötte. Hozzátartozik azonban az igazsághoz az is, hogy Böckmann és Lehnert munkáinak ösztönzésére a késő strukturalista költészetelméletek annyiban valóban túlléptek már az immanens lírai önreferencia klasszikus-modern képletein, amennyiben a műbeli értelem-összefüggések feltárásának műveleteit mindinkább a mű beszédhelyzetének utánalkotó, receptív átsajátításával hozták összefüggésbe. Kaspar H. Spinner tételéből ugyanakkor az is világosan kiderül, hogy még a nyitottabb fenomenologista értelmezés sem képes feladni a műbeli értelem-összefüggések zártságának dogmáját: „Ahhoz, hogy megértse a szöveget, az olvasónak bizonyos szimulációval kell elsajátítania a nézőpont én-deixis létrehozta irányát. Ezzel egyszerre aktiválódik az olvasó képzelőereje és kap ösztönzést a szubjektumvonatkozású tapasztalat utánalkotó végrehajtása."[17]

Nem csoda tehát, hogy a líra elmélete – a kései strukturalizmus minden hasonló erőfeszítése ellenére – továbbra is az empirikus (életrajzi) és a lírai (alkotói) én képezte kétosztatúság horizontjában maradt. És valóban, mint-

16 Hugo Friedrich: *Die Struktur der modernen Lyrik.* Reinbek bei Hamburg, Rowohlt, 1985. 28.
17 Kaspar H. Spinner: i. m. 18.

hogy az objektivista irodalomtudományi univerzalizmus rendre tárgyiság és lírai szubjektum viszonyának kérdésévé tette a költészetértést, nálunk lényegében máig nem jutottak érvényre azok a kezdeményezések, amelyek – elsősorban Bühler, Heidegger, majd Wittgenstein nyomán – már az 1920-as–1930-as évektől fogva inkább a nyelviség, a hang, a beszéd és a közlés hermeneutikai tapasztalatából indultak ki. Voltak persze a magyar láraelmélti elképzeléseknek is olyan kitörési pontjai, amelyek valamely formában legalábbis napirenden tartották a líraértés poétikai dilemmáit. S noha jórészt irodalomtörténeti tárgyuk kapcsán szembesültek e kérdésekkel, meglehetősen sokat kiépítettek abból az útból, amelyen – előbb vagy utóbb – egy strukturalizmus utáni láraelmélet is felbukkanhat. E kitérőkben sem szegény útkeresésnek köztudottan éppoly fontos állomása volt Hankiss Elemér átsajátító-közvetítő tevékenysége, mint Szegedy-Maszák Mihály világképelemzései vagy Horváth Iván Balassi-könyve. De a láraértés szempontjából legalább ekkora a hozadéka Rába György Babits-monográfiájának, illetve azoknak a poétikai-mentalitástörténeti, nemzetköziirányzat-történeti, illetve reprezentációesztétikai vizsgálódásoknak is, amelyek Németh G. Béla, Szabolcsi Miklós és Tamás Attila nevéhez fűződnek. S nyilvánvalóan idetartoznak Poszler György műfajelméleti vizsgálódásainak lírára vonatkozó fejezetei is.

Másutt[18] részletesebben szóltunk arról, hogy a láraértés késő modern fordulata szempontjából mindenekelőtt annak a dialogikus kölcsönösségnek volt jelentősége, amelyet Humboldt nyomán Heidegger terjesztett ki ismét a beszéd teljességeként értett nyelviségre. „Csak az igazi beszélésben lehetséges a tulajdonképpeni hallgatás – olvasható a *Lét és idő*ben. – [...] A hallgatás a beszélés moduszaként oly eredendően artikulálja a jelenvalólét értelmességét, hogy belőle származik az igazi hallani-tudás és az áttekinthető egymássallét."[19] A közlés, kifejezés vagy szimbolikus forma helyett *a beszéd kölcsönösségében* konstituálódó nyelv e felfogás szerint a műalkotást sem a tárgyiság eseményeként szólaltatja meg, hanem az „egymássallét" világába, produkció és recepció (szöveg és olvasás) párbeszédének köztes terébe helyezi. A szoborszerű státus helyett innen fogva a műnek inkább a tranzitorikus, beszédeseményi karaktere mutatkozik meg: olyan képződménnyé válik tehát, amely csak az élő, hallásra, oda- és ráhallgatásra is képes beszélgetésben közvetíthet esztétikai tapasztalatot.

18 L.: Kulcsár Szabó Ernő: A nyelv mint alkotótárs. *Alföld*, 1995/7., ill.: A befejezett műalkotás... *Alföld*, 1996/9. 67–74.

19 Martin Heidegger: *Lét és idő*. Bp., Gondolat, 1989. 311–312.

A líra mű – mint a recepció „hangja"

Amikor az 1990-es években rendezett pécsi konferenciákon Kabdebó Lóránttal a két világháború közötti korszak késő modern kezdeményezéseinek felmérésére tettünk kísérletet, nemigen nyílt mód még arra, hogy sort kerítsünk a '20-as, '30-as évek lírai praxisa ösztönözte befogadásmódok átfogó vizsgálatára. Holott a lírai szövegekbe ekkortól íródnak bele mind gyakrabban olyan, aktív együttalkotást igénylő, implicit olvasói szerepek, amelyeket manapság – már-már emblematikusan – Valéry híres nyilatkozatával szokás szemléltetni: „Verseimnek az az értelme, amit adnak nekik."[20] És valóban, ha e kijelentést nem torzítjuk a hermeneutikai nihilizmus esetévé, odaértett tartalmai olyan művészetrecepciós távlatot nyitnak meg, amelyeknek nemcsak a líra elmélete, hanem – ahogyan az mindig is lenni szokott – a kortárs líraértés kultúrája szempontjából is komoly hozadékai lehetnek. Az utólagosság nézetéből nagyon is jól látható, hogy az eladdig hagyományosan monologikusnak tekintett lírai műalkotás sem automatikusan *ad át* közleményeket az olvasónak, nem *eljuttat* hozzánk bizonyos „esztétikai üzeneteket", hanem valamiképpen maga is rá van utalva arra, akihez szólni kíván.

A líraelmélet folyamatosan újratermelődő ellentmondásai pontosan jelzik, mily régóta igyekszik választ keresni a poétika a költői műalkotás beszédhelyzetének hermeneutikai dilemmáira. És az sem véletlen, hogy ezek az ellentmondások elsősorban a lírai beszéd „szituálhatósága" körül merültek föl – a Käte Hamburger-féle „valóságkijelentés" „én-origójának"[21] kérdésétől a Leibfried-féle „betöltetlen szándékon" (*Leermeinung*)[22] át egészen az Én és a beszélő helyzetének „üres deixis"-ben való azonosításáig[23]. Ami nyilvánvalóan annak jelzése, hogy a recepció szempontjának hiányában a strukturális-fenomenológiai vizsgálódás csakis a szövegre, illetve – legfeljebb – annak eredetére korlátozódhatott. A 20. századi hermeneutika nyelvi fordulata mellett alighanem az avantgarde utáni korszak költészetének van a legnagyobb része abban, hogy – az általános irodalmi hermeneutika nyomában – ma már a líraelméleti kutatás is egyenrangú figyelmet szentel a „legmonologikusabb" műnem befogadási kérdéseinek. A befogadói érdekeltség kérdésirányainak nézetéből úgy látszik, a költői mű jelentésképződésének időbeli lezárhatatlanságát is az magyarázza, hogy valójában a vers szövege is csak akkor válik *műalkotássá*, ha megértett alak-

20 Paul Valéry: *Zur Theorie der Dichtkunst.* Frankfurt a. M., Suhrkamp, 1987. 193.
21 L.: Käte Hamburger: *Die Logik der Dichtung.* Stuttgart, Neske, (2) 62.
22 Vö. Erwin Leibfried: *Kritische Wissenschaft vom Text.* Stuttgart, Metzler, 1972. (2), 321–325.
23 L.: Spinner: i. m. 17–18.

ban, illetve a megértést végrehajtó értelmezésben nyeri el saját időbeli létformáját.

Ennyiben a lírai mű létmódja teljességgel megfeleltethető a többi irodalmi szövegformák létmódjának. Közelebbről tekintve azonban itt mindig olyan szövegekkel van dolgunk, amelyek – ha az én-deixist általában a *beszédhelyzet* deixiseként fogjuk fel – a hangzó mondás nyelvi jelenségét hívják életre. Márpedig ha – eleget téve, de túl is lépve Peter Szondi nevezetes tételén – az értelmezésben nemcsak a szövegek esztétikai jellegét[24], hanem a szöveg *műfaji* igényét is a befogadás premisszájává tesszük, akkor a lírai szöveget a meghallandó hang olyan partitúrájaként kell elgondolnunk, amely csak a megszólaltató utánmondásban jut tényleges esztétikai léthez. A lírai szöveg eme partitúrajellegét azért szükséges hangsúlyoznunk, mert esetében nyilvánvalóan olyan hangról lehet csak szó, amelynek – bár a líra orális költészeti előtörténetét nézve talán lehetett, de – „nem kell valóságos hangnak lennie"[25]. A líra lehetséges recepcióelmélete szempontjából ezért tanulságos Gadamernak az az – alighanem Heideggerre visszamenő[26] – megfigyelése, hogy a megszólaltatott szöveg nem a puszta hallhatóvá tételben, hanem csak a megértő megszólaltatásban jut léthez: „Mindnyájan jól ismerjük azt az esetet, amikor például az oktatás során megkérünk egy hallgatót, hogy olvasson fel egy bizonyos mondatot, s ő a mondatot nem értette meg. Ilyenkor a mondatot mi sem értjük."[27]

Mármost ha méltányolhatóak e hermeneutikai megfontolások, nem hangzik meghökkentőnek Heinz Schlaffer ama tétele sem, mely szerint „a költemény poétikai struktúrája nem annak szerzőjétől nyeri el jellegét, hanem olvasójától, recitálójától, akinek az énje ekképpen nem más, mint a költemény »én«-jének szándéka szerinti én"[28]. Mindez azonban csak akkor következhet be, ha – amint az az eddigiekből is belátható – a vers grammatikai alanyának az olvasói beszéd (az „utánamondás") ad identitást,[29] azaz, ha az olvasó mintegy saját hangját kölcsönzi a költeménynek. Éspedig még azokban az esetekben is, ahol a lírai aposztrophé[30] az önmegszólítás vagy az alany nélküli beszéd alakzata. Mert ha minden lírai megnyilatkozás – a hallgatóhoz való odafordulás

24 Vö. Peter Szondi: *Bevezetés az irodalmi hermeneutikába.* Bp., T-Twins, 1996. 10.

25 Hans-Georg Gadamer: *A szép aktualitása.* Bp. T-Twins, 1994. 182.

26 „A jelenvalólét mint lényegszerűen megértő, mindenekelőtt a megértettnél van." L.: Heidegger: *Lét és idő.* 310.

27 Gadamer: i. m. 183.

28 Heinz Schlaffer: Die Aneignung von Gedichten. *Poetica*, XXVII. (1995) 1–2. 38.

29 Uo. 41.

30 A lírai aposztrophét a poétika túlnyomórészt a megszólítás második személyű grammatikai formájával szokta kapcsolatba hozni: „A lírai diszkurzus anélkül alkalmazza a második személyű személynévmást, hogy általa konfigurációban jelölne valamely dialogikus pozíciót." Jürgen Link: *Literaturwissenschaftliche Grundbegriffe.* München, Fink, 1993. (5. kiad.) 337.

okán[31] – szükségszerűen aposztrofikus[32], akkor éppen ebből az aposztrofikusságból következően költészet sem lehetséges beszélő alany nélkül. A lírának ez a szükségszerűen aposztrofikus intonációja „kényszeríti az olvasót a vers – még ha csak írott alakban van is előtte – szóbeli realizációjára"[33].

Recepcióesztétikai nézetből az látszik a költői műalkotás másik meghatározó műnemspecifikus sajátosságának, hogy a befogadó – éppen, mivel a lírai alany megnyilatkozásának rögzítetlen a deiktikus kontextusa – nemcsak a szöveg „hangjának" átvételét hajthatja (strukturálisan legalábbis) problémátlanul végre, hanem ugyanebből az okból szemantikailag egészen más helyzetbe kerül, mint az epikai művek olvasója. Annak a tapasztalatnak a különbsége következtében ugyanis, hogy míg a lírai műveknek inkább megszólaltatói, a prózaiaknak pedig – melyeket mintegy „elmondanak" nekünk – inkább hallgatói vagyunk, szükségszerűen másfajta dialógusra lépünk a szöveggel. Ami mindenekelőtt abban mutatkozik meg, hogy az egyik esetben az epikai mű közlésformáit (pl. az elbeszélés egyes alakjainak megnyilatkozásait) egy tágabb fikciós vonatkoztatási mezőny részeiként vonjuk be a szöveggel folytatható dialógusba, a lírai hang megszólaltatását viszont elvileg függetleníthetjük annak a beszédnek az (esetleges) empirikus fikciójától, amelyben textuálisan elhelyezkedik. Az aposztrophé nem-konfiguratív lírai alkalmazása teszi könnyen beláthatóvá, miért nem érzi úgy egyetlen olvasó sem, hogy – noha formálisan hozzá is szólhat az üzenet – ő volna a lírai közlés (vallomás, felhívás, kérdés, utasítás stb.) címzettje. Innen van a befogadásnak az az egyezményes tapasztalata, hogy a vers nem annyira *hozzánk,* hanem – képletesen szólva – inkább *helyettünk* „beszél".

Annak oka tehát, hogy az epikai beszéd mindig távolibb, idegenebb marad a befogadó számára, mint a lírai, közelebbről abban lehet, hogy a lírai recepció dialogikussága – az eddigiekből beláthatóan – jóval kevésbé transzparens az epikainál. „Ahol a költemény – írja Jauss – valamely Te-hez van címezve, vagy a kérdést és a választ két beszélő szerepre osztja, netán az önmagával folytatott párbeszéd látszatát kelti, a lírai beszéd dominánsan ott is monologikus marad.

31 L. Northrop Frye: *The Anatomy of Criticism.* Princeton UP, 1957. 250. Idézi: Schlaffer: i. m. 43. Ezt az odafordulást egyébként először – még 1926-ban! – alighanem Bahtyin határozta meg a lírai beszéd elidegeníthetetlen sajátságaként. Mert bár éppen ő volt az, aki határozottan elvitatta a dialogikus elv érvényét a költészettől, mégis szükségesnek látta leszögezni, hogy „a lírai intonáció alapvető előfeltétele a hallgatóság együttérzésébe vetett megingathatatlan bizalom". Mihail Bahtyin: *A szó az életben és a költészetben.* Bp., Európa, 1985. 47.

32 L. Jonathan Culler: Apostrophe. In: Uő.: *The Pursuit of Signs.* Ithaca/New York, Cornell UP, 1981., ill.: Cynthia Chase: Giving a Face to a Name. In: Uő.: *Decomposing Figures.* London/Baltimore, The Johns Hopkins UP, 1986.

33 Schlaffer: i. m. 43.

A feltételezett (*fingiertes*) Te hangja, akihez a lírai kérdés odafordulhat, itt – ellentétben a prózával – nem idegen beszédként van megjelenítve, hanem az egyik olyan, szubjektíve megtapasztalt világban marad, amely a lírai énnek és rajta keresztül magának az olvasónak feltárul. Ha a líra mint az önkimondás médiuma elsődlegesen a monologikus fikcióhoz tartozik – itt az én úgy beszélne egyedül, mintha nem volna hallgatója –, másodlagosan mégis, éspedig olyan mértékben is, dialogikussá válhat, amennyiben az olvasót a kérdés és válasz révén, pontosabban: a kérdések révén [...] bevonja a kommunikációba."[34]

Ha azonban az olvasó saját hangján megszólaló lírai szöveg olyanként mutatkozik meg az olvasónak, mint amelyen saját értelmezését kell próbára tennie, akkor ezt a dialogikusságot maga az értelmezésben végrehajtott megértés tartalmazza.

Amennyiben a szöveg „hangjának" megszólaltatását meg kell előznie a szöveggel mint partitúrával folytatott dialógusnak, akkor az olvasó valóban csak akkor kölcsönözheti saját hangját a költeménynek, ha megértésre jutott a szöveg igényével. A „mondottság hogyanja"[35], más szóval: az élővé tett dikció – mint tulajdonképpeni interpretációs teljesítmény – ekképpen mindig egy már végrehajtott megértő párbeszéd eredménye. A költészet ugyanis a beszédnek éppen azt a kifejezési módját látja el jelentésképző funkciókkal, amelyet a köznapi kommunikációban is megértésnek kell megelőznie: „A beszéd amiről-jének »természetes« hallásakor persze azt is halljuk egyúttal, hogy miként kerül kimondásra a »dikció«, de ez is csak úgy lehetséges, hogy eleve értjük azt, amit elbeszélnek..."[36] A szöveg „hangjának" a saját hang kölcsönzésével végrehajtott átsajátítása ennek értelmében távolról sem automatikus művelet. Sokkal inkább benne testesül meg a voltaképpeni poétikai feladat: a szöveg igénye állította olyan feladatként kell ezt értenünk, amely a szöveg másságát nem a szöveg, hanem saját érdekünkben ismerteti fel velünk. Éspedig azt megértendő, hogy mit adhat nekünk a szöveg önmagunk újraértésének lehetőségéül. Hiszen a szöveg éppen a maga másságában válik „olyan kontrollinstanciává, amelyben az értelmező előítélete feldolgozhatóvá, interpretációja pedig végső soron olyan tapasztalattá lesz, amely magát a tapasztalat alanyát is megváltoztathatja"[37].

34 Hans Robert Jauss: *Ästhetische Erfahrung und literarische Hermeneutik*. Frankfurt a. M., Suhrkamp, 1984. (4), 433.

35 Szó szerint: „das Wie des Gesagtseins", l. Heidegger: *Sein und Zeit*. Tübingen, Niemeyer, 1986. (16), 164.

36 Heidegger: *Lét és idő*. 310.

37 Jauss: i. m. 667.

A dialogikus elv a költészettörténetben

Az *Eszmélet* – mint a kései modernség talán legreprezentatívabb alkotása – innen nézve éppen azért állítja különleges feladat elé az értelmezést, mert hozzánk intézett kérdéseinek megértése érdekében lényegében már előzetesen föl kell függesztenünk mindazokat a válaszlehetőségeket, amelyeket a klasszikus modernség készlete tartalmazhatott. A vers ugyan klasszikus-modern kérdésre keresi a választ (miként eszmélhet magára az önmagát a szubjektivitás felől megértő ember?), legalábbis amennyiben az individuum határolható és elkülöníthető – „fiziológiai" értelmű – állapotával hozza kapcsolatba az önmegértést. Az *eszmélet* ebben a horizontban a szubjektum magához térte utáni „magánál levését" jelenti. Vagyis olyan állapotot, amelyben a beszéd alanya egyértelműen az önmagára visszavonatkoztatott, önmagához *visszatalált* szubjektivitás kérdéséből indul ki. Éspedig abból, amelynek az integritásértékre alapozott, egész élet időbeli áttekintése – innen a „létösszegzés" látszata! – adja a megértés feltételeit.

E klasszikus-modern előfeltevés azonban messzemenően dekonstruálódik az Én integritásértékeinek tarthatatlanná válásával, illetve azoknak az individuális tulajdonságjegyeknek a felszámolásával, amelyekre lényegében minden klasszikus-modern én-koncepció felépült. Az *Eszmélet* beszélő énjére vonatkozó tropológiai rendszernek ugyanis csakis olyan retorikai én kölcsönözheti a hangját, amely – a klasszikus-modern kérdésben foglalt előfeltevésekkel ellentétben – elfogadni és igenelni is képes mind a modális, mind a temporális, mind pedig a grammatikai-beszédhelyzetbeli megosztottságot. Ez a megosztottság azonban – mely a vallomástól az elbeszélésig, az énformától a személytelen beszédig s a szecessziós-impresszionisztikustól a diszkurzív nyelvig terjeszti ki gazdag változatait – mégsem az elválasztottság tragikus helyzete. A vers egységesíthetetlen szólamképletében mint a mondottság/mondhatóság hogyanjában annak felismerése szervezi meg a tropológiai vonatkoztathatóságot, hogy a személyiség sem zárt egységként, sem az esztétista retorika nyelvi produktumaként nem értelmezhető. Autentikusnak olyan ént ismer el tehát a szöveg, amely nemcsak az időbeliség hatalmát ismeri el maga fölött („ki tudja, hogy az életet / halálra ráadásul kapja"), hanem – mivel magát is csak a *Werden*ben alakuló léthez tartozóként tudja gondolni („csak ami lesz, az a virág") – le is válik saját szerepeiről: „istene és nem papja / se magának, sem senkinek". A vers közlésigénye felől tekintve végül tehát csak ilyenként lesz hozzáférhető, elgondolható, vagyis: megérthető.

Az így felismert identitás kívül és belül is van a személyiségen, azaz, olyan osztott „önmaga", amely az én-integritás és a szubjektivitás felől gondolt

Én-értékek („ügyeskedhet, nem fog a macska / egyszerre kint s bent egeret", „minek is kell fegyvert veretni / belőled, arany öntudat!"), valamint a hagyományosan társuló – pl. szabadság – képzetek átrendeződésén keresztül ölt alakot („S hát amint fölállok, / a csillagok, a Göncölök / úgy fénylenek fönt, mint a rácsok / a hallgatag cella fölött"). Az *Eszmélet* ebben az olvasásmódban már csak azért sem válhat az ellentétek nagy szintézisének versévé, mert úgy adja föl a modern szubjektum „isteni képmásként" értett identitását, hogy annak helyén mindössze a kettős önazonosság rezignált (?) tudomásulvétele utal a szituáltság eldönthetetlen nyitottságába:

„így iramlanak örök éjben
kivilágított nappalok
s én állok minden fülke-fényben
én könyöklök és hallgatok."

A verssel folytatható értelmezői dialógus tehát éppen azzal a retorikai-tropológiai teljesítménnyel tehet eleget a szöveg igényének, ha a dikció összetettségét nem veti alá az egységesítő megszólaltatás klasszikus-modern kívánalmának. Ekkor azonban akár arra a következtetésre is juthat, hogy a vers zárórészletének szemantikai dinamikája maga sem írja elő az „én állok" szintaktikai elemei egyikének hangsúlyozását. Ezzel az intonációs eldöntetlenséggel – mely teljességgel egybehangzik a vers modális kívánalmával – az én pontosan az eddigi beszéd kettős szituáltságát teszi láthatóvá: a szöveg énje – minthogy egyszerre helyezkedett el már eddig is az idő cselekvési, illetve tudati terében – egyidejűleg részese és értelmezője is lesz önnön helyzetének. Hiszen az önmagát „látó" vers egész kompozíciója – mely végig tapasztalat és reflexió összjátékából építkezik – maga is ezt az állandó kölcsönösséget erősíti fel, s játssza ki a kanonizált olvasásmód ellenében. Kanonizált klasszikus-modern olvasásmódnak ebben az esetben nyilvánvalóan az a líraértés tekinthető, amely az egynemű esztétikai modalitást az egységes „szerzői" individualitás képzetéből származtatja, s ezért kénytelen a szólamok összhangjának követelményéből kiindulni. Az *Eszmélet* feltétlenül küszöbhelyzetet foglal el tehát a modern magyar költészet történetében: egyértelműen késő modern választ ad egy a klasszikus-modern horizontból származó (vagyis: logikája szerint elsősorban *abban* elhelyezhető) létértelmezési kérdésre. Mert akár a közvetlen (a fülkefényektől megvilágított én), akár a visszatükrözött látvány (a megvilágított ablakokban megpillantható képmása) logikájából indulunk is ki, az önmagára visszareflektált szubjektum mindkét értelemben megtöbbszörözött, multiplikált énként jeleneteződik a versbe. Ami azt jelenti, hogy akár látóként, akár láthatóként azonosítjuk is a beszélőt, a

ráirányuló integráló énösszegzés szándéka – a tovairamló képek, élettörténeti epizódok és az azokat „beszédbe helyező", gondosan elválasztott strófák összerakhatósága értelmében is – illúziónak bizonyul.

A költészet így értett dialogikussága természetesen nemcsak olyan esetekre terjed ki, amikor a befogadás műveleteinek költészettörténeti feltételezettsége a kérdés. Hiszen már az *Eszmélet* is olyan jelentésképzést próbál ki a klasszikus-modern hagyományon, amelyik nem volt sajátja a századelő lírájának. Dialógus az elhatárolódó újraértés alapja József Attilánál is, éspedig döntően a babitsi hagyománnyal folytatott jelöletlen párbeszéd értelmében. Hiszen elegendő egyetlen pillantást vetnünk a jóval későbbi *Jónás*ra ahhoz, hogy érzékeljük: milyen vita áll itt fönn a szerepmentesség késő modern tropológiája és az eredetkötött – éppen nem szerepmentes – beszéd autoritása között. Mert a költői beszéd biztosítékaként talán sehol nem jelenik meg az autoritás hívása (és igénye) olyan erővel, mint éppen a kései Babitsnál.

„Óh bár adna a Gazda patakom
sodrának medret, biztos útakon
vinni tenger felé, bár verseim
csücskére Tőle volna szabva rim
előre kész, s mely itt áll polcomon,
szent Bibliája lenne verstanom..."
(Babits Mihály: *Jónás imája*)

Jelölt értelmezői dialógust folytat Kosztolányi *Számadás*ának 7. szonettje is a klasszikus modernség babitsi örökségével. Felismerhetően éppen azon a tengelyen értékelve át az esztétizmus előfeltevéseit, amelyen az egykori romantikus énfelfogásnak már meglehetősen elhalófélben volt a megszólító ereje. Élő kérdéseit elvesztvén, a '30-as évekre – mint Babitsnál is egyre gyakrabban – inkább már az önelégült szubjektivitás szólamát tudta csak hangoztatni:

„és félti kincsét, a sok cifra foltot,
a lelke szűk, kucorgó és sivár,
rablót neszel, mihelyt gyerek sikoltott,
örökre reszket és örökre vár.

Hazája ház, barátja az erős,
hitvány rokonja az, ki ismerős,
határa kertfal, tyúktól, pincegádor."
(Kosztolányi Dezső: *Számadás*)

Ezen – önmagához visszatérő – retorikai szólam torzított ismétlése a *Számadás* intertextusában olyan műfajtörténeti dialógust hív létre, amelyben az önmagának elégséges esztétista szubjektivitás átsajátíthatatlan s ekképpen gúny tárgyává lett idegen beszédként szólal meg. Nem következik be tehát az a társuló, közös jelentésképződés, amely látható bizonyítéka minden valóságos párbeszédnek. A *Számadás* is az ön-újraértés igényével próbál ki jelentéseket a klasszikus-modern örökségen, s e művelet számára az explicit szövegidegenség jegyében bizonyul átvehetetlennek az esztétista én-konstitúció beszéde. Átvehetetlennek, amennyiben a Babits-féle beszédmód csak önmaga paródiájaként, egy letűnőfélben levő költészettörténeti korszak kelléktárába utaltan szólaltatható meg újra. Mert amint a Babits-vers hangját az intertextulizációnak problémátlanul sikerül beillesztenie Ady – úgyszintén klasszikus-modern – versnyelvének[38] paradigmájába, a Babits-hang legott elveszti legféltettebb kincsét, szólambeli eredetiségét is:

„Harcot a Harc ellen! és a Tett
gyilkos lelkét tettel ölni meg,
míg az egész földön kitüzik
a szent Restség fehér zászlait,

hogy galambok módján lengjenek
jámbor csirkeházaink felett,
hol szelíd szárnyasként, jámboran
– mint aki jámbor, de szárnya van –
megbuvunk majd... S tárom a kaput:
búzaföld közt fut elém az ut."
(Babits Mihály: *Vers a csirkeház mellől*)

A falszifikáció nézetéből itt a mondott tétel ellentett oldalról való megbizonyosodásának lehetünk tanúi. Annak tehát, hogy az idegen beszéd ugyan mindig csak az értelmezés teljesítményén keresztül sajátítható át, ám ha az új önmegértés kérdéseivel szemben némának bizonyul, sajátként képtelen megszólalni. Az ironikusan, gúnnyal vagy éppen parodisztikusan idézett – tehát elkülönült – beszéd példájaként léphet csak be a saját beszéd horizontjába. Idegenként, éppen azért, mert ha a szövegen kipróbált jelentésképzés sikertelennek bizonyul: a néma szöveg mássága *sajátként* nem lesz intonálható.

38 „Sem utódja, sem boldog őse, | Sem rokona, sem ismerőse | Nem vagyok senkinek, | Nem vagyok senkinek."

Bizonyos tekintetben éppen ezért mondható, hogy a líra azért par excellence műfaja az irodalomnak, mert – ha valóban bekövetkezik a befogadót megváltoztató esztétikai tapasztalat – a műnemek közül egyedül képes az idegen beszéd sajátként való megszólaltatására. Alighanem ezért beszélünk magától értetődően „szerelmi *líráról*" is – mint ahogy nemigen mondunk szerelmi regényt, drámát s kivált kevésbé szerelmi esszét –, mert a költészet az egyedüli irodalmi beszédmód, ahol a heideggeri egymássallét értelmében legtisztábban mehet végbe a saját és az idegen, az én és a másik közötti távolság áthidalása.

Csak aki tudja, milyen elkötelezettséggel áll Gadamer a lét nyelviségének oldalán, az érti igazán ama gondolatának jelentőségét, hogy a költészetet ez a teljesítménye bizonyos értelemben magán a nyelv létét megalapozó beszéden is túl tudja emelni: „egyetlen beszéd sem képes soha maradéktalanul teljesíteni azt az előírást, amely egy költői szövegnek a sajátja"[39]. Költői szöveg és olvasó egymássalléte innen tekintve akár a legtulajdonképpenibb nyelvi teljesítménynek is felfogható. Kettejük párbeszédében csupán azt az alapvető megértéstani tételt nem ajánlatos elfeledni, hogy a szöveg ebben az esetben sem tárgyként, hanem *partnerként* viselkedik. Vagyis értelmezésünk mindenkori eredményén – a fentebbi megértésteljesítmény kölcsönösségén keresztül – nemcsak az válik láthatóvá, miként olvastuk mi a szöveget, hanem az is, miként „olvasott" a szöveg minket: hogyan, milyennek értette meg azt, aki az ő megértésére vállalkozott. Akkor leszünk tehát jó értelmezői az irodalomnak, ha az esztétikai megértésnek ezt a kölcsönösségét nem az olvasó, de nem is a szöveg oldaláról igyekszünk elősegíteni. Csupán a recepcióesztétika naiv bírálóinak kedvéért hangsúlyozva: egyedül így, e *köztes* helyzetből kerülhetjük el a tetszőleges, illetve az autoratív irodalomértés csapdáit.

39 Gadamer: Text und Interpretation. In: Ph. Forget (Hg.): *Text und Interpretation*. München, Fink, 1984. 46.

Somfai László
az MTA levelező tagja

KOTTAKÉP ÉS MŰALKOTÁS

Alapkutatás és alkalmazott kutatás a zenetudományban

Elhangzott 1996. november 27-én

Amikor a Magyar Tudományos Akadémia az úgynevezett kis tudományágakból választ új tagot, alighanem az idősebb testvér szakmai kíváncsisága is vezérli, legalábbis a humán tudományok területén: vajon mit és hogyan kutat az a kolléga, akinek terepén változatlanul több a fóka, mint az eszkimó, akit talán kevésbé fenyeget a túlzott szakosodás, ugyanakkor a tudományág sajátos természete következtében a nemzetközi fejlődésbe erősen beágyazva dolgozik. Az ebben az akadémikusi közegben nálam sokkal otthonosabban mozgó nagy tudós elődök, a zenetörténész Szabolcsi Bence és a zeneesztéta Ujfalussy József, a maguk polihisztor műveltségével bizton felvállalhatták, hogy székfoglaló előadásaikban általános érdeklődésre számot tartó téma kapcsán mutassák be a zenetudományt és a maguk műhelyét. *A felvilágosult Európa és végvidékei* címmel Mozartról értekezett Szabolcsi Bence, *A műfaji kategória sorsa és jelentősége a zeneesztétikában* volt a tárgya Ujfalussy József székfoglalójának, majd rendes taggá választásuk alkalmából mindketten Liszt Ferenc művészetéről beszéltek.

A jelen gondolatsor szűkebb csapás mentén halad, és a zene természete szerint legsajátosabb kérdéseibe, ezek kutatásába enged bepillantást. Mint a cím *(Kottakép és műalkotás)* sejteni engedi, ezúttal a szakmai fegyverzet sem álcázha-

tó teljesen: a kottaábrák olvasása nem nélkülözhető a gondolatmenet megértéséhez. A következtetések azonban, hitem szerint, érdekelhetik a humán tudományok művelőinek szélesebb körét is. Végtére egy írásféleség pontos értelmének dekódolása és általa a költői üzenet hitelesebb feltárhatósága, ha e tekintetben mégoly egyedi írásfajta is a kottázás, nem csak a zenei előadóművészet ügye. Egyáltalán, közös problémánk a reprodukáló művészetekben ma zajló historizáló irányzatok megítélése, a kutató szerepvállalásának mérlegelése. Hogy tudniillik jellegzetes evolucionista beképzeltséggel utasítsuk-e el az úgynevezett korhű előadást, mert rekvizitumokkal bíbelődik (például bélhúrokon zenél, alkalmanként gyertyafény mellett), s ekként egyesek szerint korszerűtlen, hiszen a megcélzott befogadó a 20. század végének embere, ez a sok-sok generációval tapasztaltabb, modernebb, meggyötörtebb individuum. Vagy lássuk be végre, hogy az igényes historikus előadásban nem a fizikai-akusztikai hitelesség felmutatása a fő cél, hanem a komplex szellemi erőfeszítés eredménye: a múltbéli mesterműi igazi életnagyságú formátumának, *hic et nunc* izgalmának-időszerűségének rehabilitálása, amit segíteni a tudomány elsőrendű kötelessége.

Az előadás alcíme azt is kimondja, hogy a muzikológiát, bizonyára nem egyedül a humán diszciplínák körében, irritálja a természettudományokban talán jól funkcionáló, a kutatás szponzorálásában mindenképpen minősítésnek számító alapkutatás–alkalmazott kutatás osztályozás. Természetesen a zenetudományban is dominál a klasszikus értelemben vett alapkutatás. Azonban a kutatás több, meghatározóan fontos pontján ma egyre nélkülözhetetlenebb elmélet és gyakorlat innovatív együttműködése, a diszciplínán belül megvalósuló interdiszciplinaritás. Egy ilyen pont éppen a zenei műalkotást írásba rögzítő kottakép visszaolvasásának mozzanata – lett légyen szó csupán olvasásról vagy valóságos realizálásról.

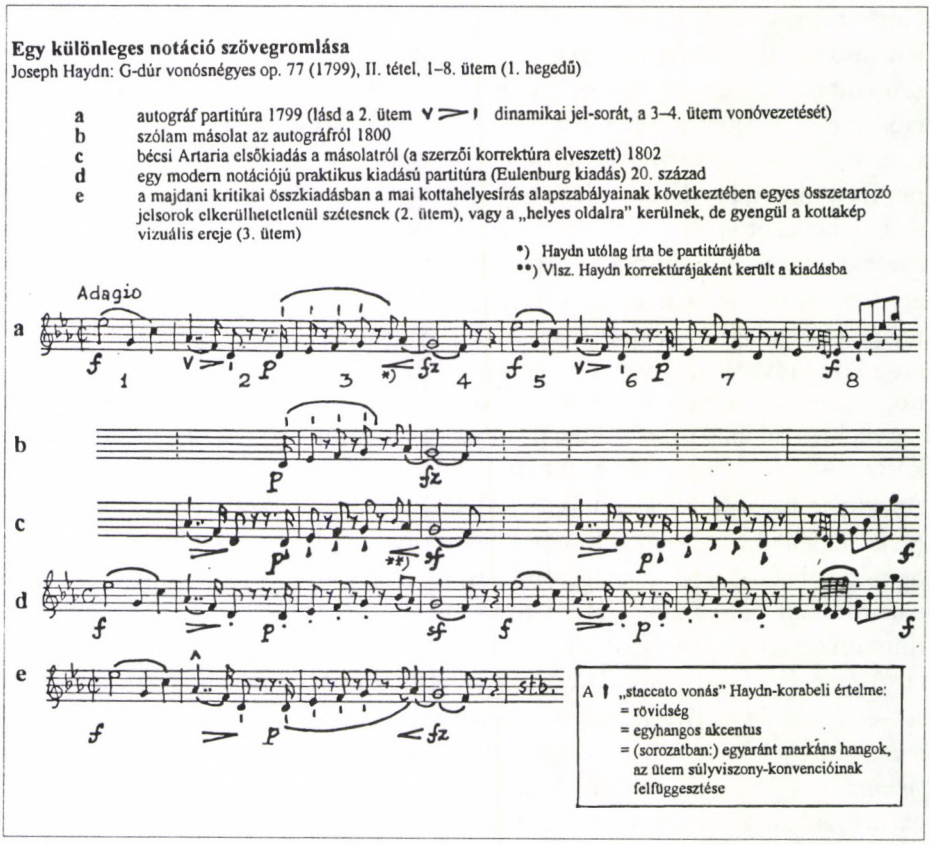
A kottaírás csodálatos találmány. Hihetetlen fejlődésen ment át az orális tradíciók repertoárját emlékeztető jelekkel felidézni segítő gyorsírás-féleségektől a legmodernebb notációig, amely, a közhiedelem szerint, a zene minden paraméterében rögzíti, s a szerző szándéka szerint reprodukálhatóvá teszi a művet; nemcsak zenei szövegét, hanem pontosan kidolgozott előadását is. Egy pesszimistább felfogás szerint (én is ezt vallom) a kottázás változatlanul csupán gyorsírás, amelyből bizonyos elemek ugyan egzakt módon visszaolvashatók, más elemeit azonban csak az érti pontosan, aki bensőségesen ismeri az adott konvenciókat. Nikolaus Harnoncourt, a régi zene hiteles feltámasztásának talán legnagyobb ma élő elméje, a 18. századi nemzeti és egyéni stílusok–írásféleségek változatosságát méltatva panaszolja egy helyütt, hogy a zene is megsínylette a nagy francia forradalmat követő francia szabványosítást: a párizsi

Conservatoire és a rendkívül fejlett francia zeneműnyomtatás a 19. század elején valósággal szabványosította, uniformizálta a kottázást. Ennek természetesen voltak előnyei (nemzetközibb lett a kottaírás mint szakmai kommunikációs nyelv); csakhogy a jelek egy része köztudottan nem egzakt, hanem konvenciótól függő instrukció, amit a tanár–tanítvány kapcsolat örökít tovább, nemzetenként, iskolánként kicsit (vagy nagyon) eltérő módon.

Egy bevezető példa talán megvilágítja a kottázás finomságainak illékonyságát, és hogy a szerzői notáció szövegromlása – vele a műalkotás voltaképpeni eredetiségének halványulása – lényegében elkerülhetetlen, még ha maguk a hangok látszólag a helyükön maradnak is. Mert már a kortárs sem mindent úgy ért a kottaírásból, ahogyan azt szerzője szánta; az utókor eleve abból indul ki, hogy a régi notációt le kell fordítani korunk nyelvére; de még a leggondosabb szövegkritikai kiadás sem tudja pontosan visszaadni az eredeti formát, mert a kottaírás némely mai szabályán nem lehet erőszakot tenni. Az a nyolc ütemnyi Adagio-téma, amelynek 1. hegedű szólamát most nagyító alatt fogjuk vizsgálni (1. kottapélda, *a–e*), az idős Joseph Haydn egyik utolsó hangszeres művéből, az op. 77-beli G-dúr vonósnégyesből való. Az 1799-ben, Bécsben írt autográf partitúrában (amelynek diplomatikus átírását az *a*-kottasor adja) úgyszólván nincsen olyan jel, amelyről a mai hivatásos muzsikus azt mondaná, nem ismeri. A *forte* és *piano* hangerő-fokozatok betűrövidítései, a hangerő csökkenését–erősödését jelző *decrescendo–crescendo* villák éppúgy ismertek számára, mint a hangsúly jelek (vagyis a V-alakú, erős marcato jel a 2. ütem, az *fz* rövidítésű *forzando* a 4. ütem elején), és azt már megszokta a muzsikus, hogy a 18. századi partitúrákban a hangok rövidségét, a *staccato*-t, a ma használatos pont helyett többnyire kis vonás jelöli. Számára legfeljebb a 2–3. ütem hangjaihoz tartozó instrukció – a staccato vonások sorozata fölötti ív – talányos, és hogy miért nyúlik túl a staccatókon ez a legato ív. (Megjegyzendő, ezt a részletet már a zeneszerző házi kopistája is elvétette, mint a *b*-kottasor mutatja.)

Honnan tudhatná azonban a mai kottaolvasó, legyen bár gyakorló zenész vagy zenetudós, hogy ezeknek az előadási jeleknek tekintélyes része merész újdonság volt a leírás pillanatában, annak érdekében, hogy egy egészen pontosan elképzelt affektus helyes előadását a kottát először látó, lapról olvasva muzsikáló vonósnégyes se véthesse el? A szerzőnként más-más módon egyéni kottázás részleteiről, annak más szerzőkkel való kompatibilitásáról, egy-egy szerző notációjának kronológiai változásáról általában nincs korszerű tájékoztatás az *Aufführungspraxis* kézikönyveiben, és számos alapvető kérdésről egyáltalán nincs útmutatás magukban a kottakiadásokban sem.

Vegyük sorra mintapéldánk jeleit. Ritkaság értékű maga a forte kiírás a tétel elején, mert a korabeli konvenció szerint enélkül is természetes, forte hang-



1. kottapélda

erővel kezdték volna a darabot. Ez a forte a 2. ütem fényében értendő biztonsági jel. Ott az egy sorba írt V-formájú marcato, fekvő villa, végül vonás nem azt jelenti, amit a mai olvasó vél, hogy tudniillik az első hang a forte alapdinamikán belül kap egy kis hangsúlyt, azután a hangerő csökken, végül a harmadik hang staccato rövidségű. Az erős marcato jel (amelyet londoni útjai után alkalmazott először Haydn) egy zenei és egyben hangszertechnikai instrukció lehető legegyszerűbb lejegyzése: adj súlyt a 2. ütemnek! Vagyis az 1. ütem felfelé vonással (de már forte hangerővel), a 2. ütem kezdete a természete szerint súlyosabb lefelé vonással játszandó. Az eleve rövid értékű nyolcad d-hang alatti vonás pedig nem rövidséget kér, hanem akcentus jel, egyetlen hangra vonatkozó marcato, legalábbis Haydn kottázásában. Hogy a motívum utolsó hangja, ellentétben a kor általános ízlésével (amit a 18. századi hangszeres iskolák egy-

ségesen tanítanak), ne gyenge, sóhajként elhaló hang legyen, hanem fontos hang.

Valósággal zseniális a következő nyolc hang előadásának lejegyzése. Természetesen nem a *staccato* és a *legato* (a szaggatott és a kötött) előadás valamiféle hibrid összekapcsolásáról van szó. A fölfelé lépdelő négy hang rövidségét a szünetekkel tagolás eleve megadná. A vonások itt az ún. staccato vonás harmadik értelmét képviselik, amikor hangsorozatban jelennek meg: egyformán súlyozott hangokat kér a szerző. Ami a legkevésbé sem volt természetes, hiszen az ütem 18. századi súlyviszony konvencióinak (az ütemsúly, a *guter Taktteil, schlechter Taktteil* érvényesítésének) felfüggesztését jelentette. Éspedig nem föl–le–föl–le kis vonásokkal, hanem, ezt fejezi ki az ív, valamennyi hang egy irányban, fölfelé vezetett vonóval. Sőt, még a legato 5–6. (b–asz) hangon is folytatódik a fölfelé vonás, majd a vonót nem elvéve a húrról (ezt jelzi az asz–g közötti kis kötőív), a forzandóra lefelé húzás ad nyomatékot a periódus félzárlatának.[1] Bámulatos e nyolcütemes zenei periódus első és második felének eltérő kimunkálása. Míg a harmónia tekintetében félzárlatot hozó (a zenei mondatszerkesztésben vessző értelmű) 4. ütemhez az imént taglalt különleges kottázású, sóhajtozó–romantikus menet vezet, a 8. ütem (mondatvégi pont értelmű) zárlatát szárazan koppanó, klasszikus akkordok előzik meg.

Elgondolkodtató a szövegromlás első fontos stációja: amikor a szerző műhelyében gondosan cizellált kompozíció a nyomtatott szólamkiadás révén nyilvánosságra kerül, közprédává válik. Ez lesz a műalkotás hivatalos lenyomata, ebből a kottaképből muzsikálnak, belőle szerkeszti az utókor a tanulmányi célú partitúra kiadásokat (az autográf a 20. század közepéig magánarchívumban rejtezik). Jóllehet Haydn alighanem látta a bécsi kiadójánál, az Artaria cégnél készült őskiadás (*c*-kottasor) kefelevonatát, a szöveg korrumpálódása már ebben az úgynevezett autorizált kiadásban megkezdődik. Kimarad a V-alakú marcato jel (ilyet alkalmasint nem látott még a bécsi kottametsző) és eltűnik a motívum végéről az akcentus-értelmű staccato vonás; a 3. ütemben közönséges staccato-ékek jelennek meg, és eltűnik a fölöttük levő ív, miként a *fz* hanghoz vezető fontos kötőív is; a periódus fél- és egészzárlatához vezető akkordokat a staccatókkal uniformizálja a nyomtatás. A 20. század tipikus partitúra kiadása (*d*-kottasor) alig javít, de sokat ront: az alla breve ütemmutatóból *C*, azaz *4/4* lesz (Haydnnál lassúbb tempót javallva); a háromféle értelmű vonás uniformizáltan staccato ponttá válik; a disszonancia-tartalmuk okán kiskottával írt késleltetések és díszítések normál méretű kottaként jelennek meg –

1 Zenei bemutatása: Haydn, G-dúr vonósnégyes op. 77, II. Adagio; Festetics vonósnégyes, korhű hangszereken, az autográf alapján (Quintana QUI 903001).

vagyis a tételkezdés, egyetlen hang megváltoztatása nélkül, nagyon sokat veszít eredetiségéből.

A kottázás anomáliáinak szemléltetésére végül megemlítem, hogy ha egyszer elkészül majd a *Joseph Haydn Werke* kritikai összkiadás megfelelő kötete, a zenetudós legjobb igyekezete ellenére sem fogja tudni visszaadni a Haydn-kottázás plaszticitását. Például a 2. ütem elején a három összefüggő jel három sorra szakad majd szét: a marcatót a szisztéma fölé fogja tenni a kottametsző (vagy a computer program), mert a modern kottaolvasás hierarchiájában ott a helye; a *decresc.*-villa a *f* és *p* dinamikával egy vonalban lesz, mert ez a szabály; a staccato vonás pedig, egy harmadik sort alkotva, szorosan a kottafej oldalára kerül (*e*-kottasor).

Kézenfekvő a kérdés: akkor hát miért ne a szerzői kézirat hasonmás kiadása kerüljön az olvasó kezébe? Jómagam a fakszimile kiadások szenvedélyes művelője vagyok, bár csakis a kommentárokkal ellátott hasonmás kiadások protagonistája. (Haydn op. 77-es két vonósnégyesének Budapesten őrzött autográfjából 1972-ben jelentettem meg fakszimilét.)[2] A tapasztalat azonban azt mutatja, hogy az avatatlan kezekbe kerülő fakszimile kiadás majdnem annyit árt, mint amennyit használ. Haydn esetében például az egész világon talán egy tucat specialista tudja csak pontosan, mit hogyan értsünk, mi a részletes első lejegyzés és annak írásrövidítése, mettől meddig tart egy kötőív stb. A gyakorló muzsikus felfedez ugyan magának érdekes részleteket, ám a notáció jeleinek egy részét nem tudja lefordítani a maga kottaolvasási nyelvére, mert a múltbéli és a mai kottaírás, mint jelrendszer, számos ponton inkompatibilis.

*

A 18–19–20. századi kottázás sokrétű inkompatibilitásának tanulmányozását a mai zenetudományi filológia egyik legizgalmasabb kutatási területének tartom. Szépségét és izgalmát számomra a téma kimeríthetetlensége, a munka öngerjesztő természete, tények és ideák egészen váratlan összekapcsolódása adja, és az a felismerés, hogy mindezt csakis szinte klinikailag precíz történészi módszerekkel szabad művelni. A magam munkájában – 18. századi témákban éppúgy, mint a Bartók-kutatásban – egyre inkább ez a fajta stúdium az, amely a legszigorúbb kritikusként mutat rá tárgyismeretem fehér foltjaira.

2 Haydn: *String Quartet in F / String Quartet in G, 1799*. Reprint of the original manuscript (Bp., EMB, 1972); (egykötetes kiadása: Joseph Haydn: *Két vonósnégyes / Zwei Streichquartette Op. 77, 1799*. Bp., EMB, 1980). – Egyéb fakszimile kiadásaim (válogatás): Haydn: *Symphonie fis-moll („Abschieds-Symphonie")* (Bp., Akadémiai Kiadó, 1959); Haydn: *Symphony No. 7 „Le midi"* (Bp., EMB, 1972); Bartók: *Két román tánc zongorára* (Bp., EMB, 1974); Bartók: *Zongoraszonáta (1926)* (Bp., EMB, 1980); *Bartók Béla Fekete zsebkönyve: Vázlatok 1907–1922* (Bp., EMB, 1987); Bartók: *Brácsaverseny* (Homosassa, Florida, Bartók Records, 1995).

A zenei notáció kutatása esettanulmányok jól szervezett rendszerén alapul. Először az egyes zeneszerzők kottázását térképezzük fel, a lehető legszigorúbb kronológiai rendben, csakis eredeti források alapján, gondosan figyelve a párhuzamos műfaj-notációk lehetőségére, csupán ezután következhet a kortárs szerzők, illetve a különböző korszakok komparatív vizsgálata. Egyébként nem a hangmagasságok, hanem az előadási utasítások (és részben a nem hagyományos módon lejegyzett ritmus) pontos értelmezése jelenti a munka nehezét. A legjobb módszer az, ha minden igyekezetünkkel megkíséreljük annak a muzsikusnak bőrébe képzelni magunkat és szemével olvasni a kottaírást, akire gondolva a zeneszerző a kompozíciót lejegyezte. Például Joseph Haydn Kismartonban, Eszterházán írt korai vonósnégyes opuszainak címzettje a barokk repertoáron, barokk hegedűtechnikán felnőtt osztrák vagy olasz vonósjátékos, professzionista muzsikus, aki Haydn keze alatt muzsikál. Munkahipotézisként feltételezhető, hogy csak (vagy elsősorban) az az előadási instrukció került papírra, ami nem volt része a kottaolvasás konvencióinak, vagy amiben a zeneszerző nem akart szabad kezet adni az előadónak. Így olvasva a kottaképet, rendkívül éles kontúrokat kap mindaz, ami valódi eredetiség, ami modern volt megírása pillanatában. Tanácsolható persze, hogy a kutató próbálja ki hipotéziseit korhű hangszereken játszó, ugyancsak a barokk technika és repertoár felől érkező, a historikus előadásnak elkötelezett muzsikusokkal (mint ahogy nekem szerencsém volt ezt megtenni a Festetics Vonósnégyessel Haydn op. 9-es Hat kvartettjének betanulásakor és lemezfelvételekor).[3]

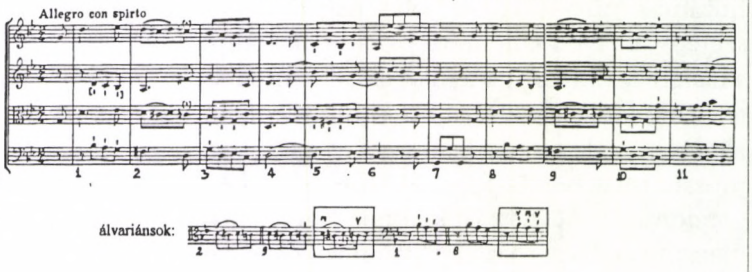
Hogy az időben egymástól távoli művek notációja egy-egy szerző oeuvrején belül is mennyire különböző, mennyire inkompatibilis, azt egy Haydn-példapárral szemléltetem (2. kottapélda). Az 1772-ből való, általam régi stílusúnak nevezett, és a 27 évvel későbbi műben megmutatkozó új stílusú Haydn-kottázás döntően különböző mértékben köti meg az előadás árnyalatait. Az egyikben a hangok nagyobbik fele artikuláció nélküli csupasz kotta, a másikban alig van az előadásra vonatkozó jel nélküli hang. Azonban senki ne higgye, hogy Haydn vagy a klasszikus zene közben ennyit fejlődött! Természetesen bővült valamennyivel a kottázás jel-szótára, és finomodott a ritmus leírása, ám elsősorban nem azért, mert maga a zene, a stílus ennyivel tökéletesebb lett, hanem mert a kotta használója változott. A 18. század végén a műkedvelő hangszerjátszó számára olyasmit is írásba kellett rögzíteni, amit a zeneszerző keze alatt edzett hivatásos muzsikus eleve tudott. Vagyis a vonósnégyes műfajon belül a zene fogyasztója érdekében kimunkált kétféle műfaj-

3 Somfai László: Authentic Text and Presumed Intention: Experiences of the Festetics Quartet. In: *Haydn-Studien*, 1994, 298–303.

A kottázás inkompatibilitása — Haydn „régi stílusú" és „új stílusú" kottázása (1772, 1799)

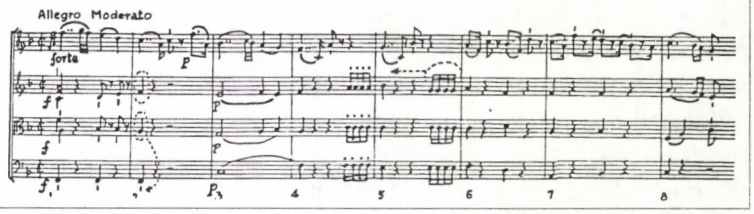
Joseph Haydn: g-moll vonósnégyes op. 20 — autográf partitúra 1772
(*Joseph Haydn Werke* kritikai összkiadás, []-ben közreadói kiegészítések)

„Régi stílusú" Haydn-kottázás Esztenházán, hivatásos muzsikusoknak; a hangok jelentős része „csupasz", artikuláció nélküli, ún. *movimento ordinario* (közönséges) hang, vagy *simile* játszandó hangcsoport



Joseph Haydn: F-dúr vonósnégyes op. 77 — autográf partitúra 1799
(S. L. átírása az autográf alapján)

„Új stílusú" kottázás Haydn öregkorában Bécsben, műkedvelőknek és hivatásos muzsikusoknak: az artikuláció nélküli hangok aránya minimális és ezek előadása általában *simile* értelmű



2. kottapélda

notációval van dolgunk. (Haydn zongoraszonátáiról írt monográfiám, amelynek átdolgozott amerikai kiadása[4] a közelmúltban jelent meg, a notációban és a díszítések lejegyzésében megmutatkozó eme műfajszerűséget részletesen vizsgálja.)

A képlet azonban ennél jóval összetettebb. Ha az 1772-es Haydn-kvartettpélda mellé tesszük Joseph Haydn testvérének, Michael Haydnnak kottázását, vagy akár az ifjú Wolfgang Amadeus Mozartét, azt tapasztaljuk, hogy a Salzburgban működő két másik mester darabjainak notációja rendkívül részletes, pontos előadási utasításokkal teli, jóllehet ott is hivatásos muzsikusoknak készült a kottázás. Miért? A salzburgi hercegérsek zenekarának működési rendje adja meg a választ. Egyfajta rotációs szolgálatot teljesítve, felváltva vezette az együttest az olasz elsőkarmester, továbbá Michael Haydn, Leopold Mozart, és egy időben fia, Wolfgang. Valamennyien komponáltak, és nem volt garancia arra, hogy mindig maga a szerző fogja irányítani művének előadását az

4 Somfai László: *The Keyboard Sonatas of Joseph Haydn. Instruments and Performance Practice, Genres and Styles.* Chicago–London, University of Chicago Press, 1995.

amúgy is többféle ízlés szerint nevelt együttes élén. Vagyis a zeneszerző elemi érdeke volt a részletes és félreérthetetlen kottázás; Wolfgang ezt egy életre megszokta. A mai kottaolvasó szempontjából azonban az eredmény zavartkeltő: Mozart és Joseph Haydn kottázási jelhasználata (a dinamika, az akcentusok, az artikuláció stb. kidolgozása) egyáltalán nem teljesen kompatibilis, még azokban a műveikben sem, amelyeket az 1780-as években Bécsben, egymást megismerve írtak. Olykor a kottakép nagyobb stiláris különbséget sugall kettejük között, mint valójában volt. Könnyen megtéveszti az előadóművészt és a zenetörténészt, ha – mint a többség – gyorsan, rutinból olvassa a kottát, úgy, ahogy konzervatóriumi tanulmányai során tanáraitól megtanulta, többet bízva a maga kreatív képzelőerejére, mint a pontos szerzői szándék megismerésére.

Napjainkhoz közeledve a kottázás szerencsére kevésbé enigmatikus, vélik sokan, muzsikusok is. Tapasztalataim nem ezt igazolják. A közelmúltbeli szerző notációja általában még bonyolultabb vizsgálatokat igényel, mint a századokkal régebbi mesteré, ugyanis sokkal nagyobb a figyelembe veendő forrásanyag, továbbá alkalmanként nehezebb annak szövegként kezelése (gondoljuk a szerzői hanglemezfelvétel, mint műalak, komparatív vizsgálatának módszertani problémáira). Bartók Béla esete valószínűleg modell lesz a kottaírással összefüggő komplex tanulmányokhoz. Egy sor tényt és néhány munkahipotézist a Bartók kompozíciós technikájának szentelt új könyvemben[5] összefoglaltam; ezek általában nem köztudottak, és a Bartók kritikai összkiadásra készülés felismerései. Szeretném azonban kiemelni Bartók a tanár, a pódiumművész, a közreadó és a virtuóz népzene-lejegyző szerepköreinek kölcsönhatását és egyben kijózanító felismeréseit. Például azt, hogy Bartók fiatal tanár éveiben több mint 2000 kottaoldalnyi klasszikus zongorazenét jelentetett meg Bachtól Chopinig, olyan részletes előadási utasításokkal, mintha a maga előadásának árnyalatait vetette volna papírra. Ám érdekes módon pl. a *Wohltemperiertes Klavier* felét pár év múltán újra revideálnia kellett, még több részletet–árnyalatot téve hozzá Bach kottafejeihez, mert a zeneakadémiai vizsgákon rádöbbent: kollégáinak tanítványai mást olvasnak ki a kottából, mint amit ő precízen rögzíteni vélt.[6] Vagyis kottázása még ebben a legszűkebb nemzeti és intézményi körben is részben félreérthető volt. Egy másik izgalmas téma a saját zongoramuzsikájának lejegyzésében megmutatkozó instruktívkiadás-szerű, illetve koncertstílusú kottázás bifurkációja, a rendhagyó esetek vizsgálata, valamint az

5 Somfai László: *Béla Bartók: Composition, Concepts, and Autograph Sources.* Berkeley–Los Angeles–London, University of California Press, 1996, 229–231; magyar kiadása (*Bartók kompozíciós módszere.* Bp., Akkord) sajtó alatt.

6 Somfai László: Nineteenth-Century Ideas Developed in Bartók's Piano Notation in the Years 1907–14. In: *19th Century Music*, XI/1 (Summer 1987), 73–91.

a tény, hogy az évek múlásával Bartók egyre tisztábban látta a kottaírás félreérthetőségét, s ezért igyekezett maga játszotta hanglemezfelvételekkel megörökíteni az általa elképzelt előadást. Lehetetlen nem észrevenni, hogy a komponista és a népzenetudós viszonya a kottázáshoz az 1920-as évektől kezdve ellentétes irányt vesz: miközben az orális hagyományozódással továbbélő, szüntelenül változó népzene fonográfra feljegyzett–kimerevített egyedeit Bartók újra meg újra lekottázza, és eljut a tökéletes notációig, a maga kompozícióinak lejegyzésében bizonyos pont után inkább visszalép az árnyalástól.

Az általános megfigyelések után most szeretnék ismét konkrét kutatási problémákat bemutatni önöknek: egy olyan esetet, amelyet megoldottnak vélek, és egy olyat, amely fényesen demonstrálja a kottaírás tökéletlenségét. A pozitív példa (3. kottapélda) egy 1772-ben írt Haydn-vonósnégyes hallatlanul modern gondolatának megfejtése. Az op. 20-as ún. „Nap"-kvartettek sorozat f-moll vonósnégyesének kezdőtémájáról van szó. Ez a hat műből álló sorozat köztudottan a régi stílus, a kontrapunktikus technika, a *gelehrter Stil* invenciózus alkalmazásának haydni demonstrációja, három fúga-finálé́ról híres opusz, amelynek létrejöttéhez egy berlini kritikus, bizonyos Stockhausen úr, Haydnt becsmérlő recenziója is hozzájárult. Ugyanakkor, oly jellemző módon, Haydn a kontrapunktikus elemeket egy sor kifejezetten modern zenei ideával ellensúlyozza. A kérdés csak az, felfedezi-e az újításértékű ideákat a kotta olvasója?

Az f-moll téma mai praktikus kiadásokon alapuló tipikus olvasata[7] abból indul ki, hogy a bécsi klasszikát a rövid-motívumos, cizellált artikuláció jellemzi (általában valóban így van), amit mind a zenei anyag, mind a hangszerek sajátossága (például e kor jellegzetes vonója) természetes módon felkínál. Azonban Haydn nem erre a stílusra gondolt, hanem egy sokkal kötöttebb, szinte a 19. századi végtelen legatót jósló, ekként teljesen modern éneklésre, s ezt rendkívül invenciózusan kottázta le. Fennmaradt az autográf partitúra, azt követi szinte fotografikus hűséggel a modern kritikai kiadás (a 3/a kottapéldában – a 12. oldalon – ezt látják; a partitúrában betűvel jelzett helyeket a 3/b kottapéldákban kommentálom, ld. a 13. oldalon). Induljunk ki a 12. ütembeli, A-val markírozott talányos kötés-kombinációból. A mai kottaolvasó a feloldójeles *e*-hangon összeérő két legato-ív láttán hibára gyanakszik: vagy egyetlen legato-ív alatt kellene lennie az ütemnek, vagy rossz helyen, túl korán kezdődik a második ív (a modern praktikus kiadások ez utóbbi szerint korrigálnak). Hibáról azonban nem lehet szó, mert Haydn mindhárom szólamban egyfor-

7 Ilyen előadást demonstrál a Quartetto Esterházy, korhű hangszereken ugyan, de modern kiadásból játszva (Teldec 6.42354 AW).

mán és gondosan jelezte az egy kottafejen találkozó, összeragasztott íveket. Az egyetlen kézenfekvő magyarázat az lehet – és ezt a korabeli játékos alighanem nyomban észrevette –, hogy Haydn vonóváltást kér az ütem közepén, az aránylag könnyű és rövid klasszikus vonó észrevétlen visszafordítását, mert így elég vonóhossz áll rendelkezésre egy teljesen új stílusú, melegen éneklő előadáshoz.

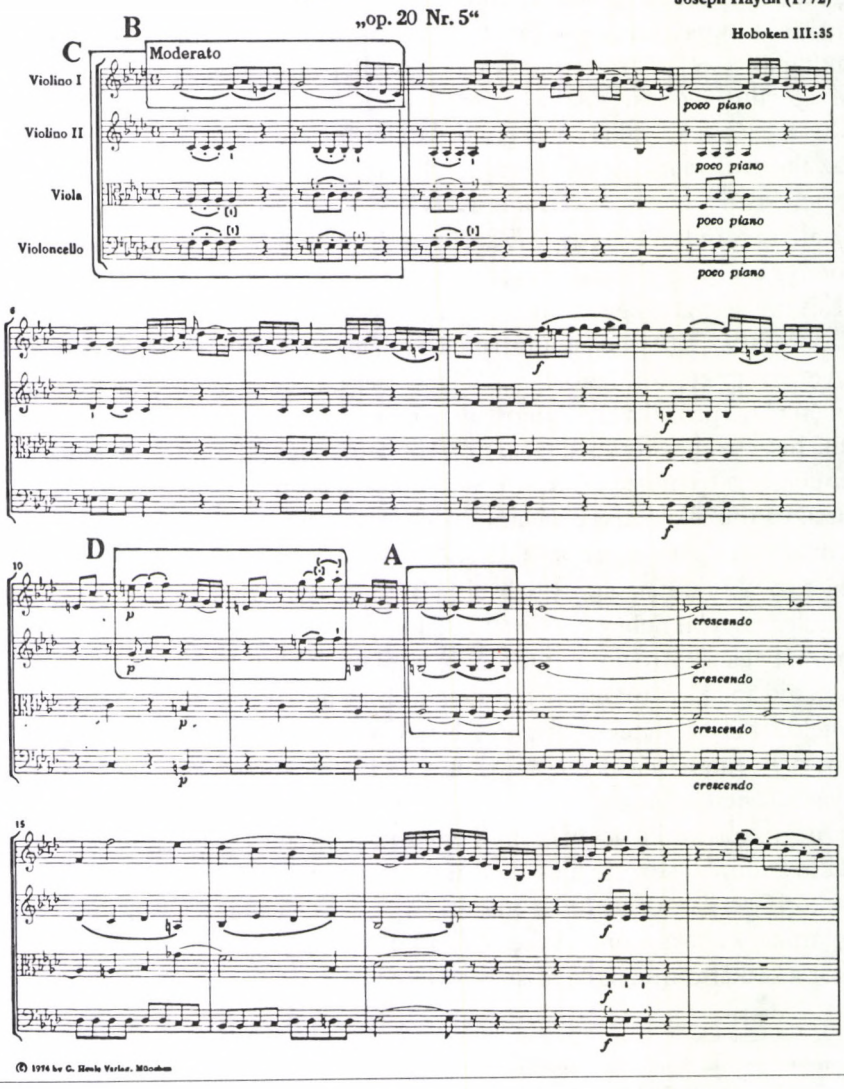
A tételt indító nagy hegedűtéma (*B*) ütemenként két-két íves leírása (amit a mai praktikus kiadások szintén önkényesen interpretálnak, két motívumra szakítanak szét) szerintem ugyanezt a teljesen kihúzott, az ütem közepén visszaforduló vonást, a szinte végtelen legato előadást rögzíti. Ha a prímhegedűs így játssza a dallamot, a gondosan lejegyzett kíséret (*C*) – a vonóvibrato és az akcentusra megérkezés – új értelmet nyer: az ütemsúly és az ütem közepi melléksúly szinte egyenrangúvá válik, a négy hangszer mozgása együtt pulzál, az eredmény egy 1772-ben még teljesen ismeretlen romantikus élmény.[8]

Két megjegyzés, egy személyes jellegű és egy filológiai. Magam nem lévén előadóművész, vizsgálódásaimmal elég sajátos helyzetben vagyok. Egy idő óta nagyon is tipikus a muzikológus felkészültségű régi-zene játékos, aki kutat és egyben maga próbálja ki a gyakorlatban teóriáit, s nem csupán részletekkel bíbelődik, hiszen teljes kompozíciókat kell elhitető erővel pódiumra állítania. Egyértelműen ez a természetes útja az *Aufführungspraxis* megújításának; néhány ilyen muzsikus/muzikológust barátaim közt tudván ezt magam is vallom. Azonban látom azokat a korróziós pontokat, ahol a gyakorlat nekik nem hagy időt egy-egy részlet további kutatására, a már elintézettnek vélt probléma újragondolására; mellesleg nagyon nehéz egy hittel vállalt interpretációt eldobni, s a művet újratanulni. Ezek a korróziós pontok azok, ahol továbbra is bőven van kutatnivalója a zenetudósnak. A másik megjegyzés technikai. A Haydn-partitúrában D-vel megjelölt hely a zenei szövegkritika csődje: az összkiadást szerkesztő német tudós nem merte felvállalni, hogy értelmezze a kézírás alaprétegét és a szerző utólagos javítását, hanem kontaminálta a kettőt. Így egyrészt már az 1. hegedűben megjelenő artikulációnak sincs értelme, másrészt a 2. hegedű más artikulációt követ, ami itt kevéssé hihető. Sajnos, az ilyen helyek láttán veszíti el bizalmát a gyakorló zenész a zenetudós munkájában. Amivel csak azt akarom mondani, hogy miként a fakszimile kiadás, úgy a kritikai összkiadás olvasása is igényelné olykor a szakértő muzikológussal való konzultálást.

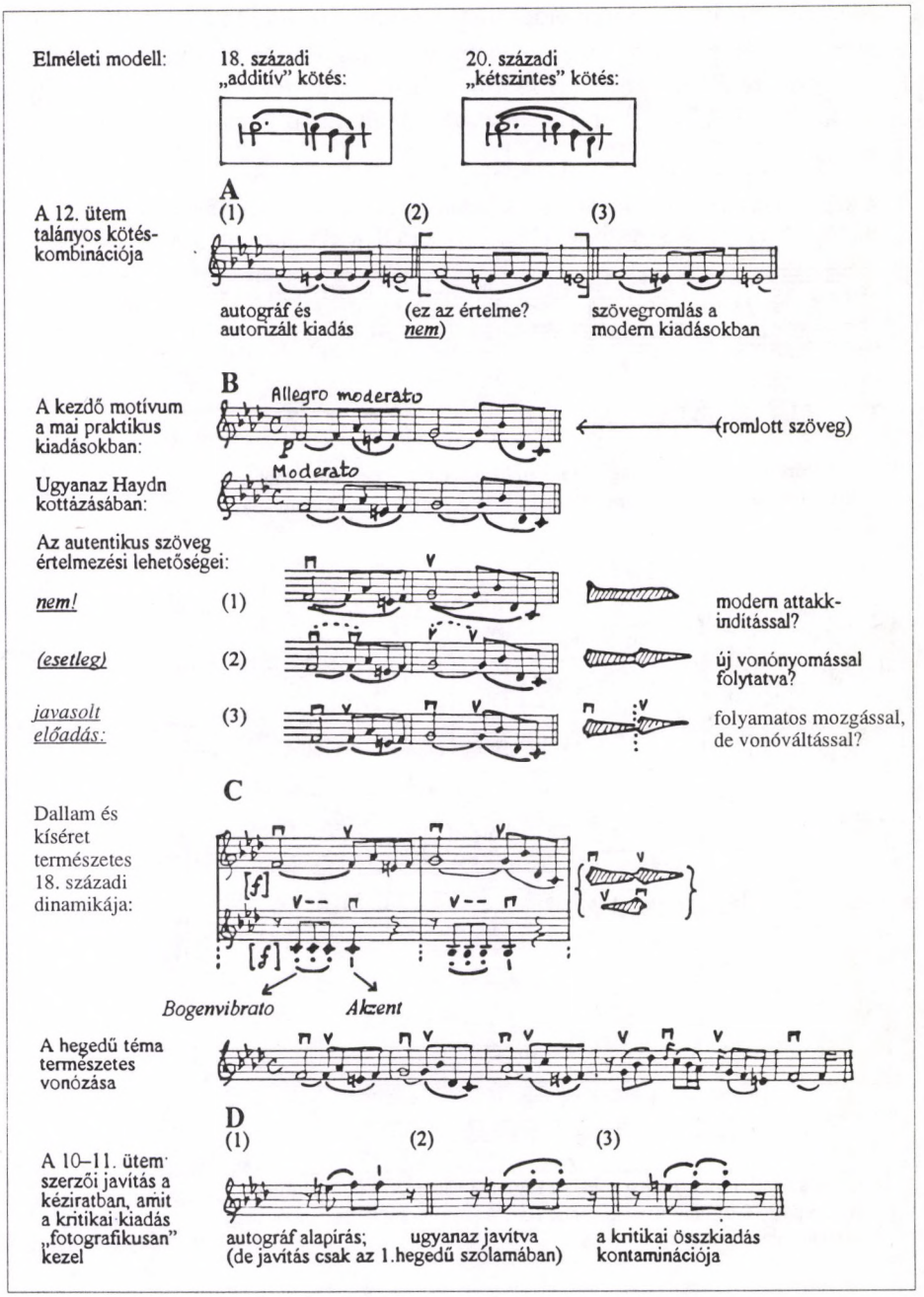
8 Valamennyit visszaad mindebből egy friss historikus előadás, bár távolról sincs még kiaknázva a kottaképben rögzített affektus minden részlete: Solomon String Quartet, korhű hangszereken, a kritikai kiadás alapján (Hyperion CDA 66622).

Egy 1772-ben „modern" zenei gondolat, a „végtelen legato" lekottázási kísérlete

[ ]-es kiegészítések:
a kritikai kiadás közreadójának
javaslatai az autográf partitúra
analóg állásai alapján



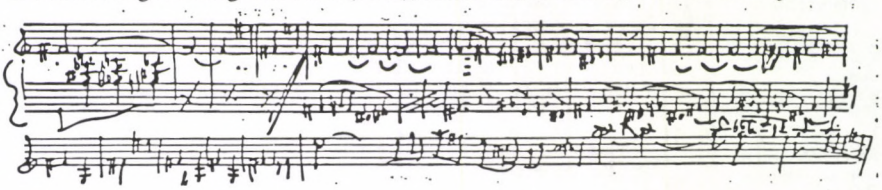
3/a kottapélda



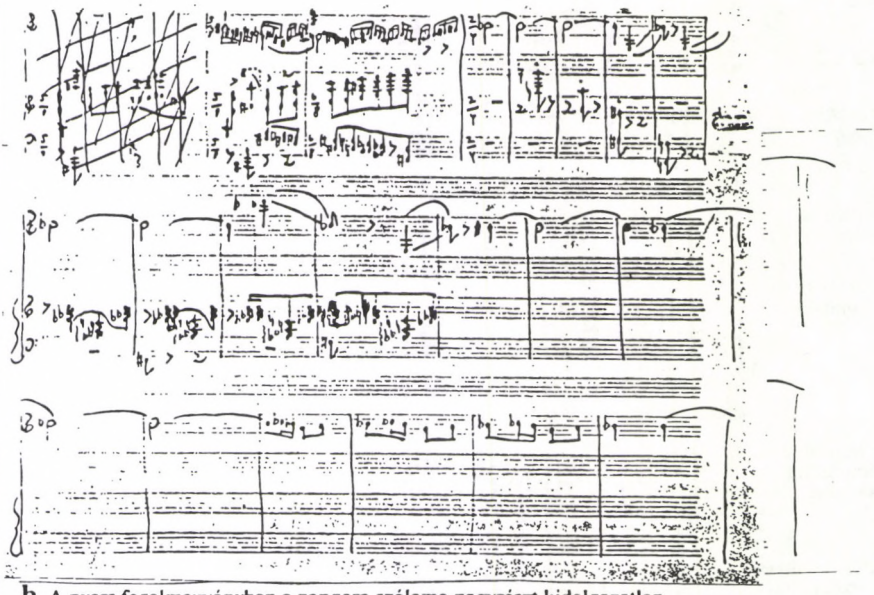
3/b kottapélda

Negatív példám (4. kottapélda) megértéséhez meg kell hallgatnunk Bartók 2. hegedű–zongoraszonátájának egy emlékezetes részletét, az attacca 2-tételes forma gyors tételének közepén a szonátaforma kidolgozási részébe ékelt egyik epizódot (II. tétel 21–24. próbajel), ahogyan két mai művész, hazánkfia, a Bar-

A képzelet szabadsága, a kottaírás tökéletlensége, a szerzői előadás dokumentum-ereje
Bartók: 2. hegedű-zongoraszonáta (1922), részlet a II. tételből („Kicsit ázottan" jelenet)



a A jelenet első vázlata Bartók *Fekete zsebkönyvében*: a hegedűszólam egy kottasoros leírása; a zongora dülöngélő kíséretét csak az első ütem jelzi



b A nyers fogalmazványban a zongora szólama nagyrészt kidolgozatlan (a következő leírásban véglegesítette Bartók), és nincs nyoma tempó- vagy karakter-utasításoknak

4. kottapélda

tókot is oktató intézet neveltje játssza,[9] természetesen a hiteles kottából, ismerve az interpretáció élő hagyományát is, élén a híres Bartók–Szigeti hangversenyfelvétellel. Korrekt kottaolvasást és interpretációt mutatnak be: nem hiányoznak a tempó kotta szerinti lefékezései; a Comodo utasítást szótár szerinti első jelentésének megfelelően „kényelmes"-ként értelmezik; a zongora a kotta szerint gördíti a felfelé és lefelé hullámzó arpeggiókat. A jelenet különlegessége mégis elvész ebben az előadásban. A Szigeti József oldalán, egy 1940 tavaszi washingtoni hangversenyen a zeneszerző egészen másként játszotta.[10] Ebben a szerzői tolmácsolásban, a zongora mozgásának rögtönzésszerű rángatottságadülöngélése révén a jelenet a szonátaforma eseménysorába beékelt váratlan epizód, robusztus karakterkép. Bartók egyik szóló zongoradarabjának címével megnevezve: a „Kicsit ázottan" toposz. Fontos elem az egész mű bonyolult narratív formájának megértéséhez.[11]

Mármost miért nem jegyzi le Bartók pontosabban azt, amit akar? Miért nem kér *rubato*-t, miért nem írja a dülöngélő ritmust triolás vagy egyéb arány-korrekciókkal? Szándékosan használom a lejegyzés szót, mert kompozícióinak zömét – összetett formájú művei nyitó témáit, fontos jeleneteit, néha teljes darabjait – Bartók általában a zongora mellett improvizálva formálta meg, és a kottázás az utólagos papírra rögzítés aktusa csupán. E téren a népzene-lejegyzés és a sajátmű-lejegyzés leginkább abban különbözik egymástól, hogy míg a hangfelvételen rögzített népzene, bár számtalan variáns formájában él, a felvétel adott pillanatában egyfajta *Fassung letzter Hand*, végleges műalak, amit lehet, sőt az élő népdalt nem ismerők számára kell is perfektül lekottázni, addig a saját fantázia terméke egyelőre lezáratlan, nyitott műalak. Az egyik (a népzenei) tudományos kottázás, a másik (a zeneszerzői) eleve egyszerűbb kottázás, hogy a gyakorló muzsikus gond nélkül appercipiálhassa. „Kicsit ázottan" jelenetünk első, vázlatos lekottázásai (*a* és *b*) jól mutatják, hogy a számára fontos vezető hegedűszólam már a papíron van, a maga zongoraszólamának hang-pamacsait azonban csak jelzi Bartók, kidolgozásukat egyelőre elodázza.

Elgondolni is döbbenetes, mi lenne, ha nem maradt volna fenn a 2. szonáta szerzői előadása! Ugyanakkor: tudja-e minden kottaolvasó a hangdokumentumot az írást kiegészítő primer forrásként kezelni? Tehet-e többet a muzikológus, mint hogy az összes szerzői felvételt rendszerezve, megfelelő magyará-

9 Pauk György, hegedű, Jandó Jenő, zongora (Naxos DDD 8.550749), hanglemezfelvétel 1993.

10 Szigeti József, hegedű, Bartók Béla, zongora, hangversenyfelvétel 1940, Washington, D.C. (Hungaroton HCD 12330).

11 Részletesebben lásd a 6. jegyzetben említett könyv 70–71. oldalán.

zattal, modern hanghordozókon közreadja,[12] és kottapéldás dolgozatokat ír egyes esetekről?[13] Többet talán csak az egyelőre várakozó pályára kényszerített Bartók Kritikai Összkiadástól várhatunk, amely elképzelésem szerint módszerében alaposan meghaladja majd a jelenleg készülő zenei összkiadásokat. Addig, amíg ezek a kötetek nincsenek a kottapulton, a kutató legjobb szövetségese egy-egy világjáró művész, aki a maga Bartók-kottaolvasásába és interpretációjába beépíti a muzikológus felismeréseit, azokat mintegy orálisan hagyományozza, s ha nagy művész, képes jó irányba terelni a Bartók-játékot: lemezfelvételeit a fiatal művészek hallás alapján követhető mintának tekintik majd. Ami ugyan nem eszményi megoldás, de adott esetben még mindig jobb, mint a rosszul megértett kotta más kultúra, a szerzői szándéktól idegen konvenciók szerinti interpretációja.

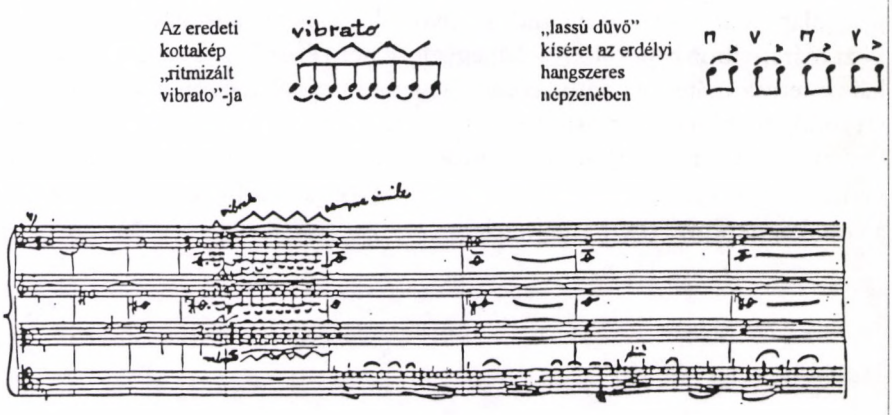
Az iménti Bartók-szonátarészlet másik tanulsága számomra az, hogy néhány zeneszerző esetében a vázlatok és nyers leírások tanulmányozása nem csak a mű genezisének megismerése érdekében fontos. Magáról a definitív formáról is sokat elmond, ha lecsupaszítva látjuk a lényeget, amit részben elfed a kidolgozott textúra sok hangja és a sok aprólékos előadási utasítás. Ritka pillanatokban az is tetten érhető, hogy a zeneszerző eredetileg felvázolt gondolata merészebb, esztétikailag értékesebb lett volna, mint a végleges műalakban megjelenő forma. Utolsó példám ilyen esetet mutat be. Bartók a 4. vonósnégyes lassútételének magyar hangvételű cselló-témája mögé eredetileg egy, valószínűleg az erdélyi hangszeres népzene ún. lassú dűvő kíséretétől inspirált, ritmizált vibrato hátteret szánt. Ezt három lépcsőben – a vázlatban, a nyers fogalmazványban (5. kottapélda) és a partitúra-tisztázat alaprétegében – egyre pontosabban lejegyezte. Feltételezem, hogy az egyébként unikum értékű cikcakk vibrato jel, Bartók számos notációs újításának egyike, olyasféle előadást kívánt rögzíteni, amelynek nem voltak hagyományai a klasszikus vonós kamarazenélésben.[14] A paritúra-tisztázatban végül Bartók kivakarta a ritmizált vibratót, hosszú hangokra, *non vibrato* és *vibrato* akkordok kontrasztjára egyszerűsítette a képletet. Valószínűleg azért, mert még a hozzá legközelebb álló muzsikusok, a Waldbauer Vonósnégyes tagjai sem értették a kottakép pontos intencióját. Sajnos, a vonósjáték II. világháborút követő, nem mindenben ízlé-

12 A Bartók-játszotta összes hangfelvétel legújabb (CD) kiadása: Somfai László, Kocsis Zoltán, szerk., *Bartók zongorázik 1920–1945* (Budapest, Hungaroton, 1991) HCD 12326–31; ill. *Bartók-felvételek magángyűjteményekből 1910–1944* (Budapest, Hungaroton Classic, 1995) HCD 12334–37.

13 Somfai László: *Tizennyolc Bartók-tanulmány*, Bp., Zeneműkiadó, 1981. 133–149: „Az »Allegro barbaro« két Bartók-felvétele"; 117–132: „Az »Este a székelyeknél« négyféle Bartók-előadása".

14 A feltételezett előadás az Auer Vonósnégyes tolmácsolásában meghallgatható a Bartók/CD-ROM (*Bartók Béla 1881–1945*. Szerk. Kroó György; Budapest, Magyar Rádió – Hypermedia Systems, 1995) „Partitúrák rejtett üzenete" fejezetében.

Vázlat és nyers fogalmazvány őrzi az eredeti gondolatot
Bartók: 4. vonósnégyes (1928), a lassútétel pulzáló kíséretének alakulása három kézirati stádiumon át



Fogalmazvány: a „ritmizált vibrálás" pontos kidolgozása, amely *sempre simile* folytatandó

5. kottapélda

ses fejlődése–változása következtében, mára az erős vibrato többnyire Bartók-idegen, ízléstelen hangzást eredményez.[15]

Az eset mintapélda értékű. Maga a szerző visszalépett egy merész ideájának publikálásától, mert a kottakép a kívülálló számára nem tudta egyértelműen megragadni a lényeget. Konvencionálisabb megoldást választott. Mára, az interpretáció és a hangszertechnika változása következtében azonban ez sem úgy szólal meg, mint alkotója szánta. Szerencsére a darab így is elég erős ahhoz, hogy túlélje a kottaértésben megmutatkozó amnézia következményeit. De hagyjuk-e ennyiben a dolgot, fogadjuk-e el, hogy a múlt művészetét a jelen (és a jövő) természetesen a maga értékítélete szerint fogja aktualizálni? Nem az-e az írástudó dolga, hogy forrásfeltáró munkával, kritikai kiadással, tudományos elemzéssel, személyes konzultációval segédkezet nyújtson a kiválasztottaknak, akiket valóban érdekel a mű pontos és teljes üzenete?

*

Ezen a ponton befejezem a gondolatsort. Ha az olvasóban az a benyomás erősödött volna meg, hogy a muzikológus nyughatatlan lény, aki nem éri be a tiszta tudománnyal, szüntelenül keresi a gyakorló zenészekkel való kapcsolatot, és

15 Tipikus előadás az Emerson String Quartet felvétele (DGG 423657).

a maga legkedvesebb kutatási eredményeit, egyfajta anonimitással, a mester–mű–interpretáció–befogadás folyamat harmonikus működésére építi, egyoldalú képet kapott előadásom nyomán. A magyar zenetudományi termés java igazi alapkutatás, klasszikus tudományos eljárásokkal, a muzikológia nemzetközi főáramához kapcsolódva. Mi egyelőre nem érünk rá frusztrálni, az amerikai zenetudomány new musicology néven összefoglalt exhibicionista irányzatai módján érdekes kérdésfeltevésekben tetszelegni.

Azt azonban többen valljuk, hogy komplex történészi módszereink finomításának egyik legfontosabb forrása és ösztönzője az a kihívás, amit az íráskép és a voltaképpeni mű diszparitása jelent.

II. FILOZÓFIAI ÉS TÖRTÉNETTUDOMÁNYOK OSZTÁLYA

Hanák Péter
az MTA rendes tagja

MODERNIZÁCIÓ ÉS ANTIKAPITALIZMUS MAGYARORSZÁGON

Elhangzott 1996. június 6-án

Témám egy nagyobb munkálat része, és voltaképpen szerves folytatása a levelező taggá választásom után a tőkés vállalkozó eredetéről elmondott székfoglalónak. Előadásomat akkor azzal zártam, hogy tételeimből ugyan távlatos következtetéseket lehetne levonni a kapitalizmus „idegenségéről" és „anorganikus" jellegéről hirdetett teóriákat illetően, de ezt későbbre, jobb időkre halasztottam. Nos, azok az idők ugyan késni látszanak, de alighanem ezért érzem időszerűnek, hogy az öt évvel ezelőtt prolongált következtetéseket mai székfoglalómban előadjam. Minthogy azóta sok idő telt el, és az akkori előadás magyarul nem jelent meg, illendőnek és szükségesnek tartom, hogy a tőkés vállalkozó eredetéről kialakult nézeteimet bevezetésképpen összefoglaljam.

Kiindulópontom nem az az egykori ellenzéki politikai alapállás volt, amely jobbadán a bécsi magyar udvar gazdaságpolitikájának rovására írta elmaradottságunk minden nyűgét-baját, a vállalkozói szellem szunnyadását, sőt a tőkés modernizáció csírájaként prezentált paraszti háziipar elsorvasztását is. Ezzel szemben az én felfogásom a nyersanyag természetének, a szakszerű megmunkálás emberi és szervezeti adottságainak, tehát egy társadalmi struktúra működési feltételeinek kutatásához nyúlt vissza. Egészen konkrétan, a központi szerepet játszó textilipart véve példának, kimutattam, hogy csupán a len alkalmas

– akár ipari szakképzettség és tőkés közreműködés nélkül is – paraszti háziiparra. A gyapjú- és pamutipar már nagyobb szakképzettséget, többnyire a tőkés *Verleger* (kihelyező-felvásárló) irányítását igényli. E feltételek hiánya magyarázza, hogy a textilmanufaktúra Magyarországon – és Kelet-Közép-Európa nagy részén, az elmaradottság ismert okai miatt – nem alakult ki, akárcsak a nyugati típusú iparos-vidékek, ahol a Verlag-rendszer megteremtette a manufaktúra formát. Magyarországon a 18. század utolsó harmadában alapított manufaktúrák tönkrementek, elpusztultak, még ha a császári család tagjainak nevével ékeskedtek is. Jószerivel csak a Forgáchok gácsi posztómanufaktúrája virágzott fel, az is részvénytársasági formában, osztrák tőke segítségével. Ugyanez a fejlődésbeli visszamaradottság érvényes a jórészt főúri birtokosok által üzemeltetett bányákra, hámorokra és az egyéb iparágakra is.

Ha azonban sem a főúri hámorokból, sem a céhes polgárság szerfölött konzervatív üzleti és üzemi rendjéből, sem a lenvászonnál megrekedt paraszti háziiparból nem teremtettek meg a modernizáció alapfeltételei, akkor miből jött mégis létre a hazai vállalkozó tőkés? Előadásom másik lényeges megállapítása az volt, hogy elsősorban és alapvetően a bel- és külföldi *terménykereskedelemből*. Ezt a kiindulópontot akkor is helyesnek tartom, ha egyes kutatók csaknem egyenlő hangsúllyal emelik ki a vas- és a textilkereskedelem s a telekspekuláció szerepét, hiszen az utóbbiak is az agrárkereskedelemből fakadó felhalmozás és az általa fellendülő modernizáció élvezői voltak. A dinamikusan bővülő terménykereskedelem teremtette meg ugyanis a bővülő belső és külső piacot, ez ösztönözte a mezőgazdaság kommercializálását, az infrastruktúra kiépülésének kezdeti lépéseit, ez nyitott utat az agrártermékek korszerű ipari feldolgozása előtt is. Következésképpen a terménykereskedelemből és a hozzákapcsolódó egyéb kereskedelmi és pénzügyletekből felemelkedő burzsoázia alapozta meg Magyarországon a tőkés vállalkozás legjárhatóbb, a hazai viszonyoknak legjobban megfelelő – használjuk egyelőre a tudományosan kétes értékű szót – „organikus" útját.

Ez a tétel annyira kézenfekvő és bizonyítható, hogy a nacionalizmus századában, annak még hanyatló ágában is használható, sőt talán a nemzeti büszkeségnek is forrása lehetett volna, ha a nagykereskedők és vállalkozók számottevő része magyar etnikumú lett volna. De hát a hazai fejlődés nehezen megbocsátható szépséghibája, hogy ez a modern réteg túlnyomórészt idegen etnikumokból került ki.

Miért az idegenek? – A közkeletű karakterológiai választ megtalálhatjuk Martin Schwartnertől Fényes Elekig a korszak statisztikusainál, néprajzosainál, Horváth Mihály ipar- és kereskedelemtörténetében: a magyar jellem ellenérzéssel viseltetik a kereskedéssel, e „csalárd" mesterséggel szemben. Még

száz év múlva is az evidencia bizonyosságával szögezi le a magyar kereskedelem történetírója, Komoróczy György a sztereotípiát: „...a magyar társadalom érzés- és gondolatvilágának mélyén [...] mindig ott bujkált a kereskedelemellenes hangulat. Annak felismerése, hogy a kereskedelemre szükség van, csak felszínes volt, s alapjaiban nem változtatta meg a társadalom régi, rendi szemléletét", amely egyedül a gazdálkodást tartotta „úri" foglalkozásnak.

Ez nemzeti jellemkép mellőzte az olyan tényeket, hogy a 15–16. században a nemesség jó része is üzletelt, és a magyar polgárságból kerültek ki a külkereskedelem két fő ága, a marha- és a borkereskedelem mesterei. Nem vett tudomást a 17. századi „refeudalizálás" romboló hatásáról, a városok erős hanyatlásáról sem, legfeljebb a tőzsérkedésből való kiszorulást panaszolta fel, mert azt is a gazdag bécsi kompániák, utóbb a görögök és az örmények sajátították ki. Tény, hogy a gazdasági hanyatlás korában a nemesség inkább a jobbágyterhek növelésével, a magyar polgárság pedig földbirtok és nemesség szerzésével igyekezett helyzetét konszolidálni. Így a nagykereskedelem mindinkább a hazai németek, a bevándorolt szerbek, görögök, utóbb a zsidók kezébe került.

A jelenség azonban nemcsak a magyar jellemből nem következett, hanem az ország különös sajátosságának sem mondható. Az idegenek feltűnően nagy szerepe egyetemes jelenség a kapitalizmus szellemének képviseletében. Werner Sombart ezt a vándorló népcsoportok tulajdonságaival és helyzetével magyarázza. A vándor még a vallási vagy politikai okokból üldözöttek között is szelektált elem: általában a bátrabbak, a mozgékonyabbak, a tetterősebbek, az eretnekek, az újítók vágnak neki a bizonytalansággal teli helyváltoztatásnak. A bevándorlókat nem gátolják a honosok tradicionális és morális kötöttségei és szokáskultúrája. Ők – már csak a földtulajdon szoros kötöttségei és kötelezettségei miatt is – szükségképpen a vállalkozás, a haszonszerző üzletelés felé fordulnak. Ez a magyarázat jól értelmezhető a magyarországi helyzetre is.

Még mindig fennmarad azonban kérdésünk legvitatottabb és a legmeszszebbre ható esszenciája: a kereskedő polgárság zömét tevő idegenek közül miért éppen a zsidóság? Egészen röviden említeném itt az általános – és bár szakszerű, de közhelyszerű – magyarázatot: a diaszpóra két évezredében, a létállapottá rögzült gettósorsban, a társadalomkívüliség állapotában szerzett és átörökített hajlamokat és képességeket, amelyek szükségképpen főként a kereskedésben, a pénzügyletekben érvényesültek. Évszázadok alatt fejlődött ki a gazdasági és tudományos spekulációnak az a kifinomult képessége, amelyet Max Weber a „racionális prófécia" modernizált változatának nevez. Most azonban a hazai zsidóság tagozódásának és tevékenységének két lényeges sajátosságát emelném ki.

Az egyik az a társadalmi szerkezet volt, amelyből jóformán teljesen hiányzott a földesúri és paraszti agrárnépesség. Ez a középosztály jellegű társadalom, amelyben a kereskedő elem dominált, kiváltképpen megfelelt a tőkés piacgazdaság követelményeinek, amennyiben a házalótól, a felvásárlótól az árendásig és a nagykereskedőig minden réteg megvolt, és egy vertikális hierarchiában helyezkedett el benne. Minthogy a zsidóság zöme az uradalmi központokban és a mezővárosokban, tehát az agrártermelés centrumaiban települt meg, a zsidó kereskedő népesség hierarchikus piramisa voltaképpen átfedte a főbb kereskedelmi posztok horizontális, vagyis földrajzi eloszlását. A batyus zsidótól a szabadalmazott nagykereskedőig tehát olyan hálózat alakult ki, amely egyrészt összeműködő *munkaszervezetként,* másrészt az *országos piac* kereteként működött. Ez alkotta a magyarországi polgárosodási folyamatban annyira hiányolt *szerkezetiség* egyik alapformáját.

A másik előnyszerző sajátosság a zsidó kereskedő-vállalkozó *beruházási stratégiája* volt. A birtokbírhatástól és a hivatalviseléstől eltiltott, a királyi és a püspöki városok zöméből kitiltott zsidó vállalkozó a felhalmozott tőkét másba nem is fektethette, mint ismét az üzletbe, újabb vállalkozásba. Így válhatott éppen a zsidó tőkés a kialakuló vállalkozóréteg legszámosabb és legsikeresebb csoportjává. Ehhez járulékos sikerfaktorként a napóleoni háborúk csaknem két évtizedes konjunktúráját is hozzászámíthatjuk, mint olyan időleges lendítőerőt, amely a zsidóság elitjének vállalkozóvá avanzsálását nagyban előmozdította.

*

Eddig a régi gondolatmenet váza. Volt azonban a zsidóság meghonosodásának és felemelkedésének olyan meghatározó feltétele, illetve társadalmi és politikai környezete, amelyről eddig nem szóltunk: a befogadó társadalom elitje, *a magyar birtokos nemesség.* Vitán felül áll, hogy a társadalom nemesi elitje – itt méltán kiemelhetjük a legrangosabb arisztokrata családokat – nemcsak Európában ritka türelmet és jóindulatot tanúsított a betelepülő zsidók iránt, hanem jogi és gazdasági kedvezésekkel is igyekezett birtokain megtartani őket. Nem tagadható, hogy e nagylelkűségben fontos szempont volt az anyagi érdek, a birtokok jövedelmezőségének növelése, a kereskedelmi és kölcsönügyletek bonyolításának eredményessége is. Roppant egyszerűsítés lenne azonban ezt a kitüntetett pozíciót a jobb nemesi családokban tartott „házizsidó" vagy a Habsburg-típusú udvari szállító, bankár, a *Hofjude* szerepével azonosítani. Ennek gyökeresen ellentmond az óbudai Zichyk, a kismartoni Esterházyak, a Batthyányak, a Károlyiak és mások „judeofiliája". Ebben nem – vagy nem elsődlegesen – a birtokmeliorizáció financionális megfontolásai, sem pedig, másfelől, a felvilágosodás humánus szelleme játszotta a döntő szerepet. A 18.

századvég és a kora reformkor felvilágosult mágnásai és nemesi elitje nemcsak birtokban, hanem országban, nemcsak meliorizációban, hanem modernizációban is gondolkodott. Magyarországon ugyanis a Közép-Európában általános, felülről irányított modernizációnak egy sajátos válfaja valósult meg: nem az abszolút központi hatalom, hanem az ország nemesi vezető rétege kezdeményezte és támogatta a modernizálást. A megújítás gondolatai és tervei felmerültek már az 1790. évi országgyűlésen s az általa kiküldött bizottságok operátumaiban, főként Skerlecz Miklós és Berzeviczy Gergely munkáiban. Realizálásuk azonban a 19. század elején indult meg a nyelvújítással, Kölcseyvel, Wesselényivel és főleg Széchenyi ércnél maradandóbb opuszával.

A modernizálás a mi régiónkban nem gyárépítéssel, hanem a szabadság és nemzet új eszményével, a kulturális szférában kezdődött, ám az 1820-as évektől kezdve egyre inkább a *polgár* fogalom újraértelmezése került előtérbe. A polgár immáron nemcsak a városi civist, a nemesség alatt álló, de elismert rendet jelentette, hanem az ország minden lakosát, az állampolgárt, akinek legfőbb értéke már nem a vitézkedés, a *bellica virtus*, hanem a *polgári erény*: a köz önzetlen szolgálata. Új erények, a szolgálat és szorgalom sarjadtak a reformkor hajnalán, amelynek jelszavát Kölcsey fogalmazta meg tömören: a polgárt csak közös érdekkel lehet hazához kötni, „s az érdek csupán két szó: szabadság és tulajdon". Ez az eszme sugárzik Széchenyi műveiből, ez Deák ez idő tájt fogalmazott programjából. Nem a születés teszi az embert valóságos nemessé, hanem „a polgáriság – civismus – dicső koszorúja", mondja Széchenyi a *Világ*ban. Tudtommal először fordul elő a „civizmus" *a civilizáció,* ez pedig a „polgáriság", azaz a *polgárosodás* alakjában. Ámde Széchenyi túl is lép az önzetlen honszeretet nemesi humanitásán, és a polgári erény fogalmába beemeli az érdekeket. Semmilyen ékes és szívre ható szónoklat, írja, nem fog annyira a javításra buzdítani, mint „egy száraz számolás, amely a nyereséget bizonyolja". „Félre ezért minden pompás és fényes ajánlással, melly enthusiasmust gerjeszt s feneke nincs [...] s előre inkább a hidegvérű s józan számlálással, mert gazdálkodásban, kereskedésben csak haszon vagy nyereség reménye mozdít." Széchenyi minduntalan kárhoztatja a testi-lelki restséget. Nem titkolja, hogy többre becsüli az ügyes kereskedőt a hanyag gazdánál. Milyen kimenetelű lehet az olyan viadal, ahol egyrészről „a tudatlan, gondatlan, adósságokba merült termesztő, másrészről pedig az ügyes, éjjel-nappal fáradozó s pénzes kereskedő áll? [...] Minden enthusiasmus, török muzsika, tárogató-síp, káromkodás, zsinóros nadrág [...] semmivé válik a jól elkészült katona [...] előtt." Sőt, még azt az osztályos társainál alkalmasint népszerűtlen, sőt illetlen kérdést is felteszi, hogy: „Nem száradna-e sorra minden productuma, ha azt házánál nem keresné zsidó?"

Széchenyinél azonban nem önmagában a munkálkodásnak, hanem a jól szervezett, hasznos munkának van becsülete. A szorgos, szervezett iparkodást, amelynek korszerű példáit Angliából hozta magával, annyiszor emlegette, hogy a köznyelvbe már *„ipar"* formára rövidítve terjedt el a modern üzemi termelés, a *gyáripar* megjelölésére.

A Széchenyi-opusz nagyszabású modernizációs program volt, ő maga nemcsak buzdította, támogatta, hanem személyesen is gyakorolta a vállalkozást, és becsülte a vállalkozót mint a modern gazdaság egyik pillérét. Keveset gondolt vagy gondolkodott azonban a polgári középosztály emancipációjáról, társadalmi-politikai helyéről a szükségképpen átalakuló struktúrában. Ez a negyvenes évek radikális reformereinek lett központi témája és gondja. Kossuthot, amikor a modernizálás mellett agitál, amikor Kereskedelmi Társaságot, Védegyletet szervez, nem csupán a nemzeti gazdaságpolitika ideálja vezérli, hanem a társadalmi szervezet veszedelmes egyoldalúságának, a polgári középosztály hiányának felismerése is. „Honunk kifejlése csak egy tisztességes középrend minél hamarabbi keletkezésével lehetséges." Az iparosodás, írja Batthyány Lajosnak, „immár a civilisatio egyik hatalmas mozgonya, az országos jólét egyik támaszoszlopa". A vállalkozó nemzeti jelentőségre emelkedett, a nemzeti önállás egyik erős eleme lett. Ezért mondja Eötvös, hogy a polgárság alkotmányjogi leértékelése káros a reform szempontjából. „Nem tettünk semmit, mi által a polgári osztályban nemzetiségünk iránt érdeket gerjeszthetnénk." Ha az alkotmány fenntartása a nemzet aránylag „legmíveltebb osztályát nem érdekli, ha azok, kik ipar s kereskedéssel foglalkoznak, kiknek a haza kifejlődése személyes érdekökben fekszik, az alkotmányt e kifejlődésre károsnak tartják", akkor nem soká tartható fenn az, amelyhez csak a nemesség ragaszkodik.

Kossuth, Eötvös és társaik teljesen tisztában voltak vele, hogy a polgárság zöme német és zsidó, de ez egyáltalán nem tetézte a polgárosodás okozta gondjaikat. A hazai polgárokat Hungarusnak, tényleges vagy leendő magyarnak tekintették, és támogatták, sürgették az adminisztrációt. Kossuth a fejlődés evidenciájaként nyilvánította ki, hogy az új középrendnek magyarnak kell lennie, másnak lennie nem szabad. A szabadság, egyenlőség, nemzetiség programját tehát tömören úgy fogalmazta, hogy a nagy cél *a nemesség polgárosodása, a polgárság magyarosodása és a jobbágyság felszabadítása*. Igaz, e programnak volt – nem is kevés – ellensége és ellenfele, és nemcsak Bécsben, hanem az arisztokrácia, a konzervatív birtokosok, a kisnemesség körében is, a reformnemzedék azonban nem tekintette a kapitalizmust idegennek, a magyar társadalomra kívülről ráerőltetett, „anorganikus" képződménynek. És ha e nemesség polgárosodásának s a szabadság géniuszától ihletett magyarosodásnak hitét sok illúzió fonta is át, a nemzeti liberalizmus modernizációs programja egészében,

irányában reális volt, belőle 1848-ban és a következő időszakban a polgárosodás lényeges reformjai megvalósultak. Ezek alapozták meg a modern, polgárosodó Magyarországot.

*

A megvalósulás folyamatát azonban kezdettől súlyos konfliktusok deformálták. Az átalakulás tengernyi perrel, a jobbágyszolgáltatások elvesztésével, adófizetéssel terhelte a közép- és kisbirtokos nemességet. Hamarosan kitűnt, hogy nem tudnak megbirkózni a tőkés piacgazdaság követelményeivel, nagy részük eladósodik, és idővel földjevesztve lesüllyed. Így történt volna ez bármely országban és rendszerben, de a magyar közvélemény – mindig is hajlamos lévén a tisztán gazdasági vagy belpolitikai konfliktusokat a nemzeti sérelmek zsinóros mentéjébe öltöztetni –, a nemesség hanyatló része kezdte az egész modernizálást osztrák importnak, a polgárosodást pedig hagyományellenes újításnak tekinteni. A konzervatív ráncokat egy ideig elfedte a passzív ellenállás legitim semmittevése, habár hamar kitetszett, hogy a passzivitás mögött az ősi tunyaság hagyománya rejlik. Vajda János a *Polgárosodás* című pamfletjében ostorozza a középbirtokosok tunya szenvtelenségét, a „burgernek" nevezett polgári osztály lenézését, kevés önfeláldozást, még kevesebb valódi polgárerényt, a fokozatos szegényedés mellett a régi nagyúrhatnámságot, „amelyek mind nagyon nem modern civilizáció szellemével rokon, de valódi pogány ázsiai erkölcsök". „Például hogyan lehessen az tökéletes kalmár jellem, aki annyit tud a kereskedéshöz, hogy [...] a kalmár de facto nem is lehet más, mint [...] tetőtől talpig megrögzött gazember?"

Kifejezett kapitalizmusellenesség, a polgárosodásban való csalódás mint közhangulat a kiegyezés után kezdett sűrűsödni, amikor kitűnt, hogy a nemzeti liberális kormány sem tudja feltartóztatni a dzsentri hanyatlását. A kiábrándulást jelzi az 1873. évi válságot követő politikai depresszió, a kormányzó Deák-párt felbomlása, a konzervativizmus zászlóbontása és a közhangulatra érzékeny irodalom a hetvenes években. Ha az irodalom jeleit a szakpróza nyelvére fordítjuk, három csaknem egyidejű műben bukkanhatunk rá a polgárosodás hitének megfogyatkozására vagy hitehagyásra.

Az egyik Jókai *Fekete gyémántok* című regénye (1870). A népszerű hős Berend Iván tőkés, bányatulajdonos, egyben tudós, feltaláló, mérnök, akit az értékőrzés motivál, nem a profit. Jóságos a munkásaihoz, megosztja velük a hasznot, sőt az életét is. Jó ember, ergo rossz kapitalista, de igaz gentleman a nemtelen üzérkedés tülekedő világában. Berend egy sosem volt kor sosem létezett hőse, a polgárosult magyar nemes eszményképe, de már csak utópia, a nemesi polgárosodás tovatűnő utópiája.

A másik mű, amely címében is jelentéshordozó, Arany László verses elbeszélése, a *Délibábok hőse* (1872). A sok földet, kalandot megjárt ifjú nemes, Hűbele Balázs, nagy reformtervekkel tér haza Angliából. Barátai azonban nem értik meg, közönyösen fogadják, vagy megmosolyogják, nem is annyira a tervet, hanem a tettet. Az eltunyult vidékkel szemben a pezsgő-nyüzsgő főváros áll. Ott virul az üzlet, s vele a kíméletlen hajsza a pénz, a siker után. Van-e ebből a dilemmából kiút? Kiút nincs, de megoldás van: öncsalás vagy beletörődés. „Kinek reménye sánta, hite kétes, / Jelene unott, jövője szűk körű / Múltjába néz... s vigaszt nyer egy kis öncsalástól." Vagy belemerül a mocsárba. „Az ember jól is érzi tán magát, / Nem száll biz onnan ég felé soha, / De a fekhely különben jó, puha." Íme: a délibábbá légiesült reformprogram. A harmadik jelzés Asbóth János kortörténeti esszéje, a *Három nemzedék* (1873). Asbóth itt kettéválasztja a reformnemzedék összetartó vonulatát egy Deák–Arany és egy Kossuth–Petőfi ágra. Az előbbi voltaképpen konzervatív reformer, az utóbbi radikális forradalmár. Az igaz magyar és korszerű vonulat a deáki, írja a konformista, de egy átköltött deáki, állítja a konzervatív Asbóth. Az újjászülető konzervativizmus politikai legitimációját a társadalmi fejlődésünkből nyeri: nálunk nem alakult ki nyugati formátumú középosztály. A hazainak csekély a politikai súlya, jórészt nem is „magyar fajú, habár jó magyar érzelmű", de „hiányzik belőle azon nagy vonás, mely nélkül politikai vezetőszerep nem létezik". Ez a hagyományőrző, de reformer nemesség kiváltsága. Íme, a nemesi polgárosodás eszméjének megtagadása, az újkonzervativizmus korai prológja.

*

A modernizáció feltételei a múlt század végén gyökeresen megváltoztak. A liberális rendszer stabilitását a társadalmi és politikai konfliktusok ingatták, a gazdaságot az immanens ellentmondások rendítették meg. A verseny szabadsága koncentrációt, ez monopolizmust érlelt, a monopólium és protekcionizmus viszont a szabadságot korlátozta. A századfordulóra a finánctőke és az államhatalom olyan mértékben megerősödött, hogy statisztaszerepre ítélte a parlamentet, a hagyományos pártokat, és megteremtette a nem parlamentáris befolyásolás új formáit: az érdekszövetségeket. A század utolsó évtizedeit megülő mezőgazdasági depresszió életre hívta a gazdaszövetségeket, meglendítette az európai agrárius mozgalmat. Az agráriusok már nem a restaurációt visszasíró feudális földesurak voltak, hanem nagyrészt korszerű gazdák, akik a földbirtok szabad forgalmát, a tőzsdei spekulációt, általában a finánctőke uralmát opponálták. Fő követelésük, a mezőgazdasági protekcionizmus antimodernizációs programot takart, de már nem restauratív, hanem redisztributív tendenciával. Az újkonzervatív elmélet és a propaganda francia és főleg német

szellemi műhelyekben készült. A magyar földbirtokosokra leginkább Rudolf Meyer és Adolph Wagner (*Verein für Sozialpolitik*) és az osztrák Karl von Vogelsang nézetei hatottak.

Nem kívánom most az ismert nézeteket, a tőke bűnlajstromának vádpontjait felsorolni. Itt csupán két új keletű eszmei-politikai tételt emelnék ki, amelyek Magyarországon is hatásosnak bizonyultak. Ismeretes, hogy amióta csak a konzervativizmus a kapitalizmussal párviadalra kelt, mindig is a népbarát szociálpolitika vértezetében lépett fel. A századvégen azonban a szociálreform olyan demagóg hangokat ütött meg, hogy vészes közelségbe került a szocializmussal. Ezért az újkonzervatívok szükségesnek tartották, hogy a keresztényi méltányosság nevében vagy a nemzetvédelem bajnokaként határolódjanak el a szocialistáktól. Az egyik fogás a kapitalizmus és a szocializmus rokonságának, titkos szövetségének kimutatása volt. Az intencionális tőke és az intencionális munka látszólag éles ellentétben, valójában közös platformon állnak, fejtegette Károlyi Sándor, az agráriusok vezére. „Mindkettő vándorol, az egyik a magasabb kamat, a másik a magasabb munkabér után... Szabad tőke és szabad munka nem köti magát a nemzeti nyelvhez, s azt az összetartozandósági érzetet, mely a lekötött tőke körül a család, a nemzetiség, az állam fogalmában jut kifejezésre, nem respektálja." A tőke kozmopolita, és szemben áll a kötött tőkével, „melynek jellege nemzeti és lokális". A nemzeti társadalmat tehát két igazi veszély fenyegeti: a kartellbe tömörülő tőke abszolutizmusa és a proletárság anarchizmusa. A nemzet léte és jóléte szempontjából a tőkés és a munkásosztály azonosítható.

A nemzeti hivatástudatot, a konzervativizmus eme új vonását kiegészítette a nacionalizmusnak az a befelé fordulása, amely az akkortájt kivirult rasszizmusból és a fellobbant antiszemitizmusból szivárgott át az agrárius ideológiába. Ez az élesen antikapitalista nacionalizmus a fő ellenséget már nem Bécsben vagy a hazai nemzetiségekben látta, hanem az asszimiláció során a nemzettestbe furakodott idegen elemekben, mindenekelőtt a zsidóságban. Az agráriusok a kapitalizmus eredete és „faji jellege" felől ragadták üstökön a zsidókérdést. Rájöttek, hogy a kapitalizmus nem azért szervetlen, idegen képződmény, mert egykoron külföldről, Ausztriából importálták, hanem mert zsidó tőkések kaparintották meg és irányították a modernizálás uralmi pozícióit. Az újkonzervatív ideológia és propaganda tehát a zsidóságot a kapitalizmussal azonosította, és mint idegen, nép- és nemzetrontó elemet diszkvalifikálta.

Az agrárius újkonzervativizmus befolyása a dualizmus utolsó negyedszázadában fokozatosan és jelentékenyen megnőtt. A szorosan vett földbirtokosokon és dzsentri társaságokon túlmenően szociális programja az antiliberális kispolgárságot, nacionalizmusa a polgári értelmiséget vonzotta, az agrárius

szövetkezetek pedig a parasztság köreibe is behatoltak. Ez a széles társadalmi-politikai áramlat a századelőn két ágra szakadt. A radikális jobboldal a szélsőséges nacionalizmus, a rasszizmus, elsősorban egy erősen antiszemita antikapitalizmus hirdetője lett. A másik ág a keresztény nemzeti gondolatot tűzte zászlajára, erős antiliberalizmussal, egyértelmű polgárellenességgel és mérsékelt szociális reformprogrammal.

*

Az újkonzervativizmus e két ágának folytatója és az első világháború utáni újraalapozója a roppant szuggesztív, szinte profetikus író, Szabó Dezső, és a nagy tudású, koncepciózus történész, Szekfű Gyula lett. Szabó Dezső a romantikus antikapitalizmustól a háború előtt és főként alatt jutott el a valóságismeret faji relativizálásához, egy markánsan irracionális, intuitív-érzelmi fajelmélethez, amelynek alaptétele egy „magyar szocializmus" volt, amiben a magyar nem a 19. századi politikai nemzetet, hanem a fajt jelentette, a szocializmus pedig a harmadikutas teóriának egy sajátos, lebegtetett változata volt, nemcsak politikai gazdaságtani értelemben, hanem a zsidó tőkeuralom és a germán imperializmus közti magyar sziget utópiájában is.

Vele szemben Szekfű – elsősorban a *Három nemzedék* – hatását a történeti tényanyagra épített, racionális érvelésnek, az összeomlást követő tudati válság idején a reális és logikus benyomást keltő koncepciójának köszönhette. Szekfű e munkája és annak sokszólamú kritikája ebben a körben ismeretes. Szakmai szempontból csupán annyit tennék ezekhez hozzá, hogy Szekfű nem ismerte a korai kapitalizmus történetét, a hazai tőkés vállalkozó eredetét, és a kiegyezés utáni gazdasági fejlődést sem kutatta, hanem jószerint átvette az újkonzervatív publicisztika szelektált tényeit, érveit. E kifejezetten publicisztikai írásában nem is tartotta fontosnak a források kutatását, tehát nem a feltárt tényekből alkotta meg a koncepciót, hanem a kész koncepcióhoz idomította a tényeket.

A nacionalista antiliberalizmus gyökerei a századvéghez – persze nem a fin-de-siècle-dekadenciához, hanem a fin-de-siècle-konzervativizmushoz – nyúltak vissza, de a gyökerek az 1918-as összeomlás traumatikus állapotában erősödtek meg. Ekkor nőtt fel a népi írók fiatal nemzedéke, akiknek a munkássága nagy mértékben befolyásolta a magyar politikai gondolkodást, az önismeretet, az egész 20. századi eszmetörténetet. A népiek elfogadták a kapitalizmus anorganikus jellegéről és idegenségéről kialakult koncepciót, mégpedig két erősen eltérő értelmezésben. Az egyik magát a kapitalizmust, az idegen tőkeuralmat tette felelőssé a magyar társadalom bajaiért, a másik a feudális struktúra továbbélésében, a nemesség túlsúlyában kereste a torzulások okait. Az első jellemzésénél Németh László, a másodiknál Erdei Ferenc írásait használom.

Németh kezdettől fogva a kapitalizmus ellenségének vallotta magát, a magyar szellem „felhígulását" a polgárosodással együtt járó asszimilációnak tulajdonította. „A minőségért forrongó ember – írta a *Tanú* programadó cikkében – ellensége a mai társadalom minden életformájának. Gyűlöli a tőkést, aki [...] semmihez sem ért. Megveti a hivatalnokot, a cserekereskedelem élősdijét. De megveti a mai munkást is, aki beáll a mozgóláncba, [...] s nincs alkalma kiválni."

A magyarság ebben a torz rendszerben nem tud boldogulni. Élhetetlenségét mi sem bizonyítja jobban, mint hogy „kapitalizmusát albérletbe adja, úgy, hogy a nagy ipari fejlődésnek a szervei nem belőle nőttek ki, hanem belenőttek". A bajok egyik forrása tehát a kapitalizmus idegensége, hiszen egy ország önállóságából, jellegéből több marad meg ott, írta, „ahol a kapitalizmus a nemzet szelleméből bontakozik ki, erényei a népi erényekből táplálkoznak, és kevesebb, ahol a kapitalizmus jövevény". Ezzel összhangban több helyütt kiemeli, hogy a magyarországi kapitalizmus társadalmi-politikai szellemét a zsidóság szabta meg. Ebben a kérdésben, voltaképpen Szekfűvel egyetértésben, a magyar vezető réteget is elmarasztalja. Minthogy a kiegyezés után a magyarság, írja a tényektől nem zavartatva, „ellenzékben maradt, egyre több renegátot kellett bevonni az ország leggyengébb vagy legközömbösebb »népeiből«: svábból, tótból, zsidóból. [...] A kiegyezéses magyar államnak szüksége volt a zsidóféle elemre, előbb az államcsinálásban, aztán az ellenzéken" – és persze a gazdasági életben. A bajok tehát mélyen, a dualista rendszer szerkezetében, a hazai kapitalizmus jellegében és jellemében rejlettek.

A társadalmi struktúra tudományos elemzését legalaposabban Erdei Ferenc végezte el. Németh Lászlóval szöges ellentétben Erdei abból indult ki, hogy már a magyar feudális társadalom is „szerencsétlenül elfajult és elromlott struktúra volt", nem olyan kiképzett és tagozott munkaszervezet, mint a Nyugat egykori rendi társadalmai. „A mi rendiségünk egyszerűen *uralmi rendszer* volt." Általában a kelet-európai társadalmakban „sem a technikai, sem a társadalmi-politikai forradalom nem ment végbe", tehát a struktúra rendi formái hosszú ideig fennmaradtak. „Ilyenformán ide kívülről és fölülről tört be a termelés kapitalista rendszere, [...] ezek a társadalmak nem fejlődtek a maguk útján kapitalista gazdasági szerkezetté, [...] hanem kívülről kapitalizálódtak." „A rendi társadalom kötetlenebb elemeiből és igen nagy részben idegenekből állott össze ez a polgári társadalom, s mint külön, modern társadalomszerkezet szerveződött meg a továbbélő történeti társadalomszerkezet mellett. Tehát egyszerre gyarmatias képződmény lett és »idegen test« a társadalom általános szerkezetében."

Minthogy a magyar polgári átalakulás felemás maradt, érvel tovább Erdei, a nemzeti társadalom is az egykori nemesi nemzet társadalomszerkezetének lett

közvetlen utóda és folytatása. Polgárosodásunkban tehát olyan sajátos helyzet állt elő, hogy a társadalmi és a politikai vezetést teljesen a dzsentri „úri" középosztály tartotta kezében. Ennek árnyékában folyt a kapitalizmus kiépülése, amelyet az osztrák tőke német, cseh és zsidó vállalkozókkal végzett el.

Erdei koncepciójának kulcsfogalma a *struktúra*. A strukturalizmusban tanárát, Hajnal Istvánt követte, aki viszont a német társadalomtudományt, Max Webert, Ferdinand Tönniest, Alfred Vierkandtot tekintette mintának. Hajnal értelmezésében egy társadalom akkor volt erős, ha szerkezete *organikusan* épült fel, és továbbfejlődését nem a kívülről behatoló racionalitás, az *intellektualizmus*, hanem a szokásszerűségen alapuló szakszerűség irányította. Ilyennek tekintette Hajnal a középkori írásbeliség elterjedését és a technikai civilizáció kis műhelyekben, kis újítások során végbement szerves fejlődését, mindaddig, amíg a tőke és a szervező intellektus kívülről be nem hatolt. Ez a koncepció erősen befolyásolta Erdeit és a népiek szociológiai műveltségű íróit. Erdei alapfogalomként operált az *organikusság* kifejezéssel is: ezen a nyugati társadalom „szerkezetiségének" töretlen kontinuitását értette.

*

Gondolatmenetünkben elérkeztünk ahhoz a ponthoz, amikor egy eszmerendszer axiómáját, az organikus fejlődés tételét kell kritikailag megvizsgálnunk. Az organikus mint sui generis biológiai fogalom egy szervezet fejlődésének programozottságát, vagyis egy eleve adott programtól való determináltságát jelenti. Alkalmazható-e ezt a fogalom a társadalomra, a történelemre, amelynek fejlődése nem szorosan determinált, nem egy teleologikusan kitűzött végcél felé halad előre? Tudományosan, úgy vélem, nem alkalmazható. De jól használható irodalmi metaforaként és ideologikus fegyverként, mint ahogyan a német romantika forgatta is az organikus tradicionalizmust a felvilágosodásban fogant racionális tervezettség ellenében. A konzervatív organicizmus az idők rendjén politikai ideológiává terebélyesedett, az elkerülhetetlen változások fokozatos bevezetésének jelszavává. Kétségtelen, hogy a nyugati típus mélyebben és teljesebben alakította át a feudális társadalmat, mint a közép- és kelet-európai. De vajon ezért *ez* lenne az organikus, valaminő szociológiai biologizmus mintaképe, a *többi* meg születésétől fogva nyomorék?

A magyar népiek szembefordultak a feudális múlttal és maradványaival, de elvetették és elítélték a kapitalizmust és reprezentatív tőkés csoportját, a zsidóságot is. A hagyományos vezető rétegek, a dzsentri és a zsidó középosztály helyett a parasztsághoz és a népi kötődésű értelmiséghez fordultak. Közeledtek, barátkoztak a szocializmussal is, de alig kapcsolódtak az idegennek tekintett munkássághoz. Sem kapitalizmus, sem munkás-szocializmus: maradt a

„harmadik út", amelyet keresgélve elutasították a kapitalizmust mint népellenes kizsákmányolót és mint anorganikus, a magyar jellemtől idegen rendszert, amelyet idegenek hoztak, használtak és élveztek.

*

Volt aztán a magyar és a szomszéd országok közéletének egy harmadik jelentős irányzata is, amely a második világháború után tömegmozgalommá szélesedett és hatalomra került: a kommunizmus. A kommunisták nem nemzeti, származási alapon vagy versenytársként harcoltak a tőkés rendszer ellen, hanem az osztályharcos szocialista elvek, a marxizmus–leninizmus ideológiája alapján. Ennek megfelelően élesen szembefordultak az agráriusok újkonzervativizmusával és a harmadikutas népiekkel is. Ez a három szögesen ellentétes érdekű, eszmeiségű áramlat és mozgalom egyetlen ponton, az intranzigens antiliberalizmusban és egy érzelmi töltésű polgárellenességben találkozott vagy legalábbis érintkezett egymással. Elvbarátságra, szövetkezésre még alkalmilag is alig került sor, de a széles közvéleményben, beleértve a népi közvélekedést is, az antikapitalista indulatok, ellenszenvek áthatották egymást, és a mögöttes motivációra, a társadalmi utópiákra való tekintet nélkül összemosódtak. Az inkonzisztens elemekből olyan eszmekeverék keletkezett, amelyet az irracionális előítéletek érzelmi konzisztenciája forrasztott össze. Így formálódott ki az antiliberalizmusnak, a polgárellenességnek roppant széles, a földbirtokosoktól és a dzsentri középosztálytól a népi értelmiségig, a parasztokig terjedő, még a munkások egyes csoportjait is magához vonzó társadalmi bázisa. Az a sajátos helyzet állott elő, hogy amíg a liberális tőkés rendszert kíméletlen kizsákmányoló módszerei, a népellenesség és az idegenség bélyege miatt hatalmas tömegek gyűlölték, ugyanők dicsérettel, sőt nosztalgiával emlékeztek vissza a békekor prosperitására, a vasútépítésre, Budapest világvárossá emelkedésére. De e két jelenség a tudatban nem kapcsolódik össze. Tegyük hozzá a mai sajátosságot: ámbár az antikapitalizmus objektív alapja fél évszázad alatt elenyészett, az ellenszenvek – mint hagyomány és sztereotípia – itt maradtak.

*

Eddig a történti eszmefuttatás. Ismét elmondhatom: e gondolatsorból távlatos, máig ható következtetéseket lehetne levonni. De ez nem az előadásom feladata. Szinte hallom Ránki György figyelmeztetését az összehasonlíthatóság szigorú kritériumairól és Szűcs Jenő intését: a történelem nem példatár, nem lehet belőle napi használatra kész tanulságokat levonni. Hadd fejezzem be a székfoglalómat e két kitűnő, nagyon kedves barátom emléke előtti tisztelgéssel.

Szakály Ferenc
az MTA levelező tagja

TÖRÖK KORI TÖRTÉNELMÜNK KRITIKUS KÉRDÉSEI

Elhangzott 1997. február 7-én

A politikum és immár a gazdaság folyamatos nyomását itt nem számítva, főként két tényező homályosíthatja el a történeti tisztánlátást, beleértve a szakemberek tisztánlátását is. Az egyik a túlzó hagyománytisztelet, amely legszívesebben a történetileg berögzült kép színezgetésére, jobb esetben pontosítgatására korlátozná a történész illetékességét. A másik egy nevesincs – jobb híján túlzóan alternativistának nevezhető – szemlélet, amely egyre-másra olyan intézményeket, elveket és magatartásformákat kér számon a polgári előtti korokon, amelyek akkor még nem létezhettek.

Az *intézménytörténet* látszatra túlontúl távol, valójában azonban veszélyesen közel áll azokhoz a szférákhoz, amelyeket e torzító szemléleti tényezők érintenek. Bár kutatási témaként a „legporosabbak" közt tartják számon, általában szorosabb kontextusban áll a mindenkori mával, mint számos más társdiszciplínája. Egyenes következménye ez a társadalmi szerződés értelmében létrejött termelési, igazgatási és politikai konstrukciók lassú, jobbára a jelenig nyúló fejlődésének, minek folytán egy-egy intézmény (vagy jogutódja) mai kedveltsége közvetlenül is visszasugárzik jelen megítélésére, sőt a vele foglalkozó kutatásokra is.

Ez persze nem több a történész mindennapi munkáját amúgy is nyűgöző kellemetlen mellékkörülménynél. Az azonban, aki – mint jómagam – az elmúlt évtizedekben, a magyar történeti ismeretterjesztés hőskorában gyak-

ran szembesült az eleven olvasóval, aligha fogja alábecsülni a tradicionalizmus nehézkedési erejét. Bizonyára lesznek hát, akiknek örömére szolgál, hogy ezzel a tényezővel szinte percről percre kevésbé kell számolnunk, hiszen az a korosztály, amely a nemzeti önazonosság-tudat integer részeként élte meg és gyakorolta a történelem iránti köteles érdeklődést, kihalóban van. Belőlem ez felettébb vegyes érzelmeket vált ki. Pusztulásával ugyan vitathatatlanul leszűkül az elmúlt évtizedekben oly sokat és oly szenvedélyesen, bár nem mindig egészen korrekt kritériumok alapján ostorozott „nacionalista jelenségek" bázisa, ám vele együtt elvész a magyar történettudomány azon egyedülálló jellemvonása is, hogy volt – és e pillanatban még van is – szakmán kívüli olvasóközönsége, ahogy mondani szokás: volt rá társadalmi igény. (A hangsúly a volt szócskán van, mert az utána következő generációkat oly jól sikerült denacionalizálni, hogy magától a történelemtől is elfordultak, s nem sok illúziónk lehet afelől, hogy az elkövetkezőkben éppen olyan közönség nélküli, visszhangtalan közegben dolgozunk majd, mint amihez nyugat-európai és amerikai kollégáink már rég hozzászoktak, s akik általában csak a „beavatottak" számára emészthető szakzsargonban – egymásnak írnak.)

Az alábbiakban lesz majd összeütközésem a túlzó tradicionalizmus egyikmásik megnyilvánulásával is, első számú vitapartnerem azonban ezúttal a másik szélsőség – a túlzóan alternativista felfogás – lesz. Ennek a szemléletmódnak gyökerei az akkor még nagyon is virulens feudalizmussal folytatott küzdelemig, az aufklärizmusig és a klasszikus liberalizmusig nyúlnak vissza. Miután ez a küzdelem – az utóbbiak győzelmével – már rég lezárult, ideje volna felülvizsgálni toposzait is. Azt, hogy a médiák gátlástalanul használják e megfellebbezhetetlen igazságként közkézen forgó téveszméket, még hagyján, az azonban, hogy újkoros kollégáink is hajlamosak elsiklani a hozzájuk kapcsolódó pozitív kutatási eredmények fölött, legalábbis súlyos inkollegialitás, de mondhatnók szakmai felelőtlenségnek is.

Újabban megrökönyödve észlelem, hogy a korábbi korszakok legáldozatosabb, szerzetesi alázatú kutatóinak egyike-másika is szégyenlős vállvonogatással tudatja, hogy nem szimpatizál választott témájával, miközben jól tudom: boldogtalanná válnának, ha eltiltanák őket, hogy vele foglalkozzanak. (Amivel persze nem akarom azt sugallni, hogy pl. az angol és francia forradalommal foglalkozóknak rajongani kellene azon „hősök" iránt, akik vadállati őrjöngéssel kaszabolták le vagy ágyúzták szét a gótikus szobrok fejét, s Isten óvjon az Adolf Hitler vagy Joszif Viszarionovics Sztálin – s az utánuk színre lépett tömeggyilkosok végeérhetetlen sorának valamelyik tagja – iránt lelkesedő „történészektől" is.)

Célom persze nem lehetett más, mint hogy ezen „elátkozott" témáknak is biztosítsam, ha nem is az „ártalmatlanság vélelmét" – hiszen minden emberi

találmány tökéletlen –, de legalább az előítélet-mentes vizsgálatokhoz való jogát. (Amelyeknek természetesen nem kell szükségképp pozitív eredményt hozniuk.)

*

Szemléltető példaként ezúttal a török kort választottam, s előadásom jobbára a saját részkutatásaim során támadt feszélyezettség-érzetből táplálkozik. Ha előadásom néhol netán apologetikusnak hat majd, azért a felelősség azokat az elődeinket terheli, akik az összképet egykor eltorzították.

Ami immár mai mondandóm hátterét illeti, csak emlékeztetek az alábbi mozzanatokra: 1526-ban a török hadsereg játszi könnyedséggel szétverte a Magyar Királyság haderejét, amely ebből a vereségből soha többé nem tudott talpra állni. 1526 és 1541 között a Porta katonailag és politikailag egyaránt leiskolázta nemcsak a magyar rendeket, hanem a trónöröklés útján a magyar politikai tényezővé vált Habsburgokat is. 1541-ben a szultán kénye-kedve szerint átszabta a korábban egységességéről híres királyság területét; az így létrejött három részből kettőt saját – közvetlen, illetve közvetett – fennhatósága alá helyezett. A harmadik részt birtokló Habsburgok mind katonailag, mind diplomáciailag nehezen nőttek fel a feladathoz: a megmaradt Magyar- és Horvátországot sokáig szedett-vedett védelmi vonal és gyengén szervezett katonaság védelmezte a világ legerősebb hadseregének folyamatos terjeszkedési kísérleteivel szemben. Bécs csak az 1570-es éveket követően tudott kidolgozni hatékony stratégiai elképzeléseket és hozzákezdeni megfelelően kiépített, egységes határvédelmi szervezet felállításához.

Természetesen nem véletlen, hogy csak ekkor. Hiába volt a három földrészre terjeszkedő Habsburg Birodalom a törökhöz mérhető hatalom – ők ketten messze-messze kiemelkedtek a korabeli „mezőnyből" –, ha erőforrásait nem itt, a dunai fronton, hanem a nyugat-európai küzdelmekben hasznosította, jobban mondva: pazarolta el. Az átcsoportosítás csak azután kezdődött meg, hogy a Német-római Birodalom koronája Toledóból átkerült Bécsbe. Ám ekkor is csak szerény eredményeket hozhatott, hiszen a pénzügyi források java része a spanyol Habsburgoknál maradt, akik mellett az osztrák ág, lényegében Spanyolország bukásáig, szegény keleti rokonnak számított. Mindenesetre arra az osztrák Habsburgoknak erejéből is futotta, hogy – a magyarok aktív közreműködésével, a Német-római Birodalom és mások (elsősorban a pápaság) segítségével – Magyarország közepe táján feltartóztassa a török előrenyomulást.

Ez is azzal a veszéllyel fenyegetett, hogy a Magyar Királyság „kompországgá" válik. Ez utóbbi szempontnak történetírásunk a legutóbbi évtizedekig kevés figyelmet szentelt. Pedig a török előrenyomulással nemcsak katonai fenyegetés járt, hanem könnyen megeshetett volna az is, hogy a megnyílt déli és keleti hatá-

rok mentén a magyar társadalom áltóhelyében „átúszik" a nyugat-európai régióból a kelet-európaiba. Közérthetőbb módon: balkanizálódik. Nyugat- (Szűcs Jenő felfogása szerint: Kelet-Közép-), illetve Kelet-Európa határa ugyanis részben a középkori Magyar Királyság déli és keleti határai mentén – a Száva, az Al-Duna és a Keleti-Kárpátok vonalán – húzódott. Azzal, hogy a törökök – ebben a kontextusban Kelet-Európa (ázsiaias színekkel ékes) képviselői – bekebelezték az ország középső részét, tulajdonképpen Kelet-Európa határait tolták előre észak felé. S a török nyomás intenzitásától függött, hogy a szultán által életre kényszerített Erdélyi Fejedelemség arculata mennyire hasonul majd keleti szomszédaiéhoz, a román vajdaságokéhoz.

Ilyen körülmények között már az is csodaszámba megy, hogy a két, egymással birkózó hatalmas által folyamatosan letaposott porondon a történetileg szervesen kiformálódott magyarországi struktúrákból, a társadalomból és institúcióiból maradt valami. A valóságban azonban nemcsak egyes elemeket, hanem az *egészet* sikerült átmenteni – a maga tendenciáival és hivatalaival, hibáival és erényeivel –, sőt még fejlődni is képes volt. Ennek a furcsa jelenségnek a leírása alkotja mai előadásom gerincvonalát.

A Mohács előtti magyar hatalmi viszonyokat mindenekelőtt az addig közmondásosan szilárd királyi hatalom térvesztése és a nagybirtok előretörése jellemezte. Az 1526. évi kettős királyválasztás utáni küzdelem tág teret nyitott, kivált az arisztokrácia ambícióinak, hiszen az egymással vetélkedő királyok hatalma odáig terjedt, ameddig híveik birtokaié. A nagybirtok térnyerésének a folyamata azonban, paradox módon, azután teljesedett ki, hogy Habsburg Ferdinánd egyedül maradt a küzdőtéren. Mivel Bécsben tartotta udvarát, eredendően a nyugati és északi határ menti arisztokrácia támogatására szorult, amely hovatovább az önálló német tartományokéval vetekedő nagyságú birtokokhoz és előjogokhoz jutott.

Jellemző módon azonban ez a tendencia csak a Király-hágón inneni részeken érvényesült, hiszen – mint arról az alábbiakban institucionális vonatkozásban lesz még szó – ez a fejlődésében külön utakon járó tartomány a középkorban azért nem igényelt különleges kormányzatot, önállósulása után pedig azért válhatott a lényegében korlátozatlan fejedelmi hatalom mintaországává, mert a mindenkori uralkodó és ennek családja volt a legnagyobb birtokos. Az itteni nagybirtokosok magyarországi társaikhoz hasonlítva elesettnek számítottak.

Folytatódott a köznemességnek a Jagelló-korban kezdődött – egyelőre inkább tumultuózus országgyűlési jelenetekben, semmint alkotásokban jelentkező – emancipálódása is. Paradox módon nem a nagybirtok ellenében, hanem részben annak keretei között, részben pedig ahhoz kapcsolódva. Szembetűnő, hogy a hatalmas katonai terheket viselő, sokszor a határon kívülre

került udvar helyettesítését is ambicionáló nagybirtokok egyre több környékbeli közép- és kisnemest tudtak foglalkoztatni. A lényeget azonban Kubinyi András ismerte fel éles szemmel: a nagybirtok szolgálatában állók elnevezés-váltása – *familiáris* helyett immár inkább *szervitor*nak mondták őket – az alkalmazás minőségében bekövetkezett változásokat rejt. Vagyis: a köznemes alkalmazott „családtagból" szerződéses alkalmazottá vált, aki évente nyilatkozhatott arról, hogy fenn kívánja-e tartani a megállapodást vagy sem. Bár a nagybirtok – lévén ura általában egyben a vármegyéje főispánja, sőt nemritkán valamelyik katonai kerület főkaptánya – paralizálhatta a köznemesi szervezet szerepváltását, azok a nemesi vármegyék, amelyekben nem volt egyeduralkodó nagybirtok, vagy az egymással vetekedő nagybirtokok mintegy kioltották egymás erejét, a köznemesség politikai emancipálódásának fontos bázisaivá váltak. (Azokat, akik hallották Engel Pál barátom székfoglaló előadását, emlékeztetem, hogy ekkor záródott vissza az a folyamat, amely a 14. században jószerével a kisnemesség teljes „nemtelenítését" eredményezte.) Ez azonban már 17. századi fejlemény volt.

A legmeghökkentőbb, hogy a török hódítás és az ország hadszíntérré válása nem törte derékba azt a paraszti fejlődést sem, amely elsősorban a szarvasmarha-tenyésztéshez és az áruforgalomhoz kötődött. Szinte hihetetlen: a 16. századi bel- és külkereskedelem legfőbb tényezője – közvetlenül a városi polgár után – a mezővárosi paraszt-polgár volt. Felértékelve a mezővárosokat, rendkívül dinamikusan folytatódott a magyarországi városhálózat – vagyis: a piacközpontok rendszerének – spontán átszerveződése is, amely kiterjed a megszállt országrészekre is.

*

Ami az *institucionális oldal*t illeti: más és más módon itt is a korábbi tendenciák továbbfutását regisztrálhatjuk. (A „továbbfejlődés" kifejezést szándékosan kerültük.) A legerősebben Erdélyben – ahol számos korszerűtlen, sőt avatag intézményt konzerválódott –, de a Habsburg-uralom alatti királyi Magyarországon is meghatározónak bizonyult. A leírást – mint a legfontosabbal – az utóbbival kezdjük.

Az Európa-szerte terjedő bürokratizálódás a 16. század első harmadában érte el Nyugat-Európa keleti végeit, azon belül a bécsi Habsburg-adminisztrációt. Sorra alakultak azok – a kollegiális elven és a szakmai munkamegosztáson alapuló – központi kormányszervek, amelyeknek illetékességi köre elvben kiterjedt az egész dunai Habsburg-monarchiára (de a Német-római Birodalomra nem). Ez a központosítás – nevezzük így – már születésétől fogva szervi hibás volt, hiszen az egyes tartományokban – kivált a Magyar Királyságban – „elfelejtették" kiépíteni közép- és alsófokú végrehajtó szervezeteit.

A közös uralkodó éppúgy személyében állt szemben tartományaival – amelyek külön ország- vagy tartománygyűléseket tartottak, adómegszavazási joggal rendelkeztek, s külön alkuban álltak a központi kormányszervekkel –, mint a perszonáluniós formában kormányzó középkori uralkodók. Ahogy a középkor öröksége volt a velük szemben álló rendi intézményrendszer is. Hogy ez utóbbi struktúrának milyen erőtartalékai voltak nemcsak – mint hinni szokás – a Magyar Királyságban, hanem sokáig a cseh-morva és az osztrák tartományokban is, jól mutatja, hogy a 17. század első negyedében a dunai monarchia lényegében tartományai rendi szövetségévé alakult át. A Magyar Királyság a maga átmentett rendi struktúrájával csak azután vált különleges jogállásúvá a birodalmon belül, hogy Bécs 1620-ban leverte Csehország függetlenedési kísérletét, s egy füst alatt megtörte az osztrák rendek hatalmát is.

A Magyar Királyságban a központi kormányszervek közül csupán az Udvari Kamarának, a *Hofkammer*nak és az 1556-ban felállított Haditanácsnak, a *Hofkriegsrat*nak voltak helyi leágazásai. Az előbbié a pozsonyi Magyar Kamara és (1567-től fogva) annak szepesi kirendeltsége a maga vámszedő és birtokigazgatási apparátusával, az utóbbié pedig a közvetlenül a Hofkriegsrat felügyelete alá tartozó, főkapitányságokba osztott magyarországi végvári szervezet. Hogy ezek mennyiben voltak Bécs kiszolgálói – jóllehet már abban a korban is gyakran így minősítették őket –, könnyen megítélhető abból, hogy vezetésük és tisztikaruk – leszámítva a kényessége miatt következetesen „megbízható" idegenek által irányíttatott kassai és győri, Horvátországban pedig a károlyvárosi főkapitányság felső vezetését – a magyar arisztokráciából és nemességből (amellett a hierarchiából) került ki. (Egy jellemző apróság ifjú kollégám, Pálffy Géza legfrissebb eredményeiből: a magyar országgyűlés még a várfeladó magyar főtisztek feletti bíráskodás jogát is visszaszerezte magának a Haditanácstól. Az erő és egyben az elvtelen nemesi szolidaritás jele, hogy másfél század alatt egyetlen magyarországi országlakost sem végeztek ki indokolatlan várfeladás címén, miközben a más elbírálás alá eső idegeneket, például a Győrt feladó Ferdinand Hardegg grófot és a Kanizsát csaknem két hónapig védelmező Georg Paradeisert a Haditanács, esküszegés címén, rövid úton hóhérkézre adta.)

Bár a hívek nélkül maradt katolikus hierarchia is erős pozíciókkal rendelkezett, többnyire arisztokraták közül kerültek ki a rendi főméltóságok (élükön a nádorral, s ha az nem volt, a királyi helytartóval, az országbíróval stb.), a hivatalnokok pedig – éppúgy, mint azoknak a nemesi vármegyéknek a tisztségviselői, amelyeket egyébként a központi kormányhatóságok afféle ingyenes középszintű végrehajtó szervekként messzemenően belevontak a maguk ügyeibe – javarészt nemesek voltak. Sommázva: a magyar nemesek nem vágytak bécsi hivatali karrierre, jóllehet erre Ferdinánd uralkodása idején jó esélyük volt,

viszont az egész katonai, központi és helyi igazgatási és jogszolgáltatási rendszert meghatározta a magyar arisztokrácia és nemesség érdekszövetsége.

A legközvetlenebb kapcsolat Bécs és Magyarország között – az uralkodó személye mellett – a valamelyik magyar főpap vezetésével működő Magyar Kancellária volt, ennek jogköre azonban kimerült az uralkodói akarat és kegy közvetítésében. Jellemző, hogy az uralkodó leghatékonyabb fegyvere az országgyűlések szüneteltetése és a nádori (tulajdonképpen: királyhelyettesi) méltóság betöltetlenül hagyása volt. Az utóbbi időtartamát csak a politikai érdek korlátozta – a 16. század második felében negyvenhat esztendeig (1562–1608) nem volt az országnak nádora –, a diétát azonban nem lehetett a végtelenségig mellőzni, hiszen adóra mindig szükség volt, amit – éppen a központi kormányzat kiépületlensége miatt – az országgyűlés hozzájárulása nélkül nem lehetett beszedni.

Minden híresztelés ellenére az Erdélyi Fejedelemség a 17. században nem amiatt válhatott a magyar rendi és a protestáns vallási érdekek külső támaszává, mert intézményi fejlődése dinamikusabb, államgazdasága fejlettebb volt, mint az úgymond Habsburg-elnyomás alatt sínylődő királyi Magyarországé. Rövidebben fogalmazva nem azért, mert a politikai sikerei mögött a magyarországinál jobban kifejlett (korábbi felfogás szerint: korai abszolutista) kormányzat és struktúra állott. Valójában pontosan fordítva volt: a fejedelem mint az ország nyomasztóan legnagyobb birtokosa kénye-kedve szerint játszadozott a rendekkel, köztük legtekintélyesebb tanácsosaival és köztisztviselőivel is. Az országgyűlést ugyan évente többször összehívta, de nem azért, mert politikai támogatásra volt szüksége, hanem azért, mert az erdélyi jogalkotás rég meghaladott módon, egyedi szinten rendezte a felmerült ügyeket. A fejedelmi kancellária alig volt szervezettebb egy magyarországi vármegyéénél. A fejedelem jószerével egyedül intézte – s maga körmölte, javítgatta – diplomáciai levelezését, s az egyéb írásbeli munkában is csak néhány titkár segítette, minden szakosítás nélkül. A fejedelem olyannyira nem igényelt semminő tanácsot, hogy a fejedelmi tanácsosi helyek egy része állandóan betöltetlenül állt, s olyan fontos döntéseknél is figyelmen kívül hagyta tanácsosai ellenvéleményét, mint az 1657. évi lengyelországi hadjárat. Mindezt akár elszomorítónak is mondhatnók, és a túlzott centralizáltság és a fejedelmi túlhatalom okán akár a „balkanizódás" jeleként is felfoghatnók, e helyütt azonban a dolog másik oldalát kell kiemelnünk: a török függés ellenére valóságos rezervátuma maradhatott a középkori magyarországi hivatalszervezet betokosodott maradványainak.

*

Itt egy rövid kitérő erejéig meg kell szakítanunk gondolatmenetünket, hiszen téziseink telibe találták a Király-hágón inneni és túli tradicionalizmus leghektikusabb pontjait. Történészkörökben ugyan már egyetértés uralkodik a tekintet-

ben, hogy Magyarországon külső segítség nélkül legfeljebb néhány évig tarthatta volna magát a hódítókkal szemben, sőt – talán – abban is, hogy ezért a külső segítségért meglehetősen kis árat fizetett. A tájékozott közvélemény azonban tapasztalatom szerint még csak odáig jutott el, hogy már elfogadja, hogy nem feltétlenül csak rossz várható Bécs felől, de manapság is szentül meg van róla győződve, hogy az ország 1918-ig Habsburg-iga alatt „sínylődött". A török korra nézve a közvélekedések szelíden kritikus leírásában felülmúlhatatlan Mikszáth Kálmán ezt így fogalmazta meg: „Hiszen ennek az országnak [...] egyedüli támasza az ellensége volt. [...] Eddig csak azért bánt csínján a magyarokkal Bécs, mert megvolt a lehetőség, hogy a török kaftányba kapaszkodnak, aki mindig kész volt egy kis kellemetlenséget csinálni a németnek, valahányszor akarták. Hej, bizony a török olyan szükséges volt a politikában, mint a háztartásban a só." A „jó a török a háznál"-felfogás hívei csak egyet felednek el. Nevezetesen azt, hogy az országon belüli nemzetiségi egyensúly megbomlásáért – a tradicionalisták másik legfőbb sérelméért – vagy 80%-ban úgyszintén a nyugatinál kíméletlenebb török hadvezetés a felelős. Nem tagadható, hogy a pusztítás rettenetes művéből a nyugati zsoldosok, sőt a magyar katonák (kivált a 16. századi szabad hajdúk) is jócskán kivették részüket. Önmagáért beszél azonban, hogy a középkori magyar településhálózatot az ún. „tizenötéves háború" (1593–1606) roppantotta meg, kivált amiatt, hogy a Porta rendszeresen itt teleltette ki az esztelen pusztítás mestereit, a krími tatárokat. Igaz viszont, hogy Erdély ugyanekkor bekövetkezett pusztulásáért viszont a bécsi hadvezetés felelős, ám az is igaz, hogy a népességpusztulás messze a korábban feltételezett 50% alatt maradt. (A hadszíntérré vált területek mindenkinek kiszolgáltatott lakossága eddigre már megtanulta, hogyan kell félrehúzódnia a csapások elől.) Ez a képesség élteti azt az anti-habsburgiánus körökben oly népszerű rögeszmét, miszerint az ország pusztulásáért nem is a másfél százados török megszállás, hanem az ún. felszabadító háború (1683–1699) során idevetődött német haderő okolható.

Szó, ami szó: az erdélyi fejedelmek elmondhatták, hogy „jó a török a háznál", hiszen valóban a potenciális török védelem tette lehetővé, hogy a nagy 17. századi európai háborúk idején a megtorlás veszélye nélkül hátba támadhassák a Habsburgokat, s tőlük több vármegyényi területet csatolhassanak a fejedelemséghez. E levezetés mind a mai napig éles tiltakozásokat vált ki erdélyi kollégáinkból (is). Ez tökéletesen érthető, hiszen számukra a történelem, kivált Erdély 16–17. századi teljesítménye az önazonosság-tudat, sőt a túlélés legfontosabb tartópillérei közé tartozik. S tökéletesen igazuk van abban, hogy magunk adunk fegyvert az eszközökben nemigen válogatós román nacionalizmusnak mindennemű magyar törekvéssel szemben. Magyarázható álláspontjukat maximálisan tiszteletben tartva is az a véleményem, hogy keveset koc-

káztatunk: a kisnépi nacionalizmusok nem az ellenfél „elszólásaiból" építkeznek – bár ötleteket kétségtelenül kaphatnának tőle, ha egyáltalán figyelnének rá –, hanem egyfajta öngerjesztéssel alakítják ki minden történeti valóságtól elszakadt teóriáikat.

Visszatérve a fősodorhoz, halljanak csodát: megéltek a magyar intézmények az úgymond minden tőle idegent szétzúzni igyekvő, közmondásosan expanzív török berendezkedés mellett/alatt is. Párhuzamosan a török birtokhasznosítási rendszerrel mindenekelőtt fennmaradt az eddigi birtokmegoszlás (aminek folyamatosságát a másik két részországban senkinek sem jutott volna eszébe kérdésessé tenni). A török földesúrnak – legyen az akár maga az állam is – ennek minden konzekvenciáját el kellett fogadnia; beleértve azt is, hogy a magyar földesúr apparátust tart fenn a megszállt területen, s időről időre magyar katonákat küld alattvalói megregulázására. (Sőt, a magyar végváriak hódoltsági kóborlásainak az ilyesfajta földesúri megbízások bizonyos legalitást adtak még a török hatóságok szemében is.) A megszállt területen elvben érvényben maradt valamennyi érdekelt magyar intézmény és törvényhozás illetékessége is. Ez a folyamat a 17. századra odáig fejlődött, hogy az újraéledt határ menti nemesi vármegyék egyszerűen kivették a jogszolgáltatást és a közigazgatást a tényleges urak, a megszállók kezéből. Sőt ezeknek tudomásul kellett venniük a helyi magyar önkormányzatok – részben öntevékeny, részben kívülről vezérelt – tevékenységét is.

Akárhogy kerülgetjük is a dolgot, mindenképpen arra a következtetésre jutunk, hogy igencsak szilárd alapokon kellett nyugodnia a középkori magyar társadalmi és intézményrendszernek, ha az országra zúdult állandó csapások ellenére fennmaradt, sőt, a nemzetiségi összetétel kedvezőtlen változásai ellenére, fejlődésképesnek bizonyult. Nyilvánvalóan megfelelt a társadalom velük szemben támasztott igényeinek is, hiszen az adott körülmények között, csupán erőszakkal aligha lehetett volna fenntartani. Vagyis: mai terminológiával élve olyan széles körű legitimitást élvezett, hogy a kor két legerősebb világhatalma sem tudta kivetni sarkaiból. Egy-egy rendszer legitimitása megítélésének kritikus pontja, hogy mennyiben veendő számításba: élvezte-e az alávetett rétegek és csoportok legalább egy részének bizalmát is, vagy elegendő hozzá az uralkodó osztály elismerése.

E nyomasztó – tudomásom szerint eddigelé fel sem merült – kutatáselméleti kérdést azonban ezúttal nyugodtan félresöpörhetjük. Hangozzék is bármily hihetetlenül, bizonyítható, hogy nemcsak a városi polgárság, hanem a mezővárosi cívis- és a falusi paraszttársadalom is tiszteletben tartotta – más szóval: elfogadta – a fölébe boltozódó magyar feudális rendszert, annak összes, számára kedvezőtlen mellékhatásával együtt. Igaz, bizonyítékunk a globálisak közül

való, de eléggé megszívlelendőnek tűnik. Ha ugyanis a magyarországi jobbágy-parasztság elviselhetetlennek és kilátástalannak érzi sorsát, tömegesen átállhatott volna a törökhöz, illetve a zavaros politikai viszonyok között némi siker reményével indíthatott volna fegyveres felkeléseket, ám egyik lehetőséggel sem élt.

Ennek magyarázata messze vezetne, egyes elemek azonban minden bizonnyal szerepet játszottak az esetleges elégedetlenség tompításához. Így pl. az, hogy a pénzesebb gazdák előtt – elsősorban gazdasági sikerek révén, de városba költözéssel, földesúri tisztségvállalással, majd nemességszerzéssel is – nyitva állt a felemelkedés útja. Aki így nem érvényesülhetett, ám nem tudott megbékélni függő helyzetével, hajdúnak vagy katonának állhatott, s széles rétegek rendelkeztek a szabad földesúrváltás jogával. A nagybirtok – amelyről, sajnos, nem szólhatunk érdemében – ügyesen váltogatta a korbácsot a mézesmadzaggal. Nemcsak azzal, hogy nem akadályozta alattvalói gyarapodását – a szarvasmarha-kereskedés a 17. század végéig paraszti kézen maradt, a nagybirtokon mindig lehetőség volt a nem egészen törvényes „szerzésre" stb. –, hanem a gazdaságon kívüli durva kényszert képviselő úriszék mellett – kapaszkodjanak meg – bizonyos fokig felvállalta a szociális gondoskodást is.

A parasztság sorsára vonatkozó jelzések – főként a 16. században – oly mértékben ellentétesek valamennyi eddigi ismeretünkkel, illetve olyannyira terhesek a belső ellentmondásoktól, hogy üzenetüket egyáltalán nem lesz könnyű dekódolni. Egyre erősebb a benyomásom, hogy egy egészében emelkedőben levő társadalomra utalnak, amely a politikai viszonyok gyökeres megváltozásával a benne rejlő lehetőségeknél sokkalta lassabban bontakozott ki, mint rendes körülmények között, ám magát a tendenciát sokáig a török hódítás és a folyamatos háborúskodás sem tudta derékba törni. Hogy ez a tendencia szárnyaszegetté váljék, ahhoz az előbbi negatív tényezők mellett a „tizenötéves háború" pusztításaira és az addig a magyar gazdaság keze alá dolgozó nyugat-európai demográfiai robbanás és az agrárforradalom megtorpanására is szükség volt. Könnyen meglehet, hogy Kulcsár Péter tolla egy alapigazságra futott rá, amikor a Jagelló-korról írott könyvét így zárta: „Az ország ekkor próbált átállni egyik lábáról a másikra. Eközben érte az iszonyatos erejű lökés. Olyan lökés azonban, amit két talpon állva sem viselhetett volna el." Ehhez csak annyi hozzátennivalóm van, hogy a szemléletes kép nemcsak a megyei nemességre vonatkoztatható, hanem az egész közösségre, s hogy az egyensúly áthelyezése végül is megtörtént, csak az alapállás sikeredett kevésbé szilárdra, mint amilyen lehetett volna...

Az a – meglehetősen elterjedt – felfogás, amely úgymond mint a szakszerűtlenség, a korrupció, a brutalizmus és a nepotizmus melegágyáról csupán

fanyalogva, lekicsinylően hajlandó nyilatkozni a török kor magyar intézményeiről, persze nem egykori eredményességüket vitatja, hiszen annak felismeréséig rendszerint el sem jut. Valójában nem is érdeklik a rá vonatkozó eredmények, hiszen kész, öröklött értékítéleteket fűz csokorba. Mivel vitathatatlanul itt született meg az az arrogáns „úri Magyarország", amellyel utóbb minden előretekintő politikai mozgalom szembe találta magát, s amely lényegében 1945-ig megrontotta megannyi jobbra vágyó plebejus szája ízét, ennek a megközelítésnek undorát eleve kiterjeszti az előzményekre is. Ilyeténformán kérdésünk immár ismét ismeretelméleti távlatokba vész: hány évtizedre vagy századra csatolhatók vissza a történetírásban a negatív vagy pozitív fejlemények? Tartósan negligálhatunk-e olyan tényezőket, amelyeket a kortársak – minden tökéletlenségük, helyenként embertelenségük ellenére is – használhatónak ítéltek, sőt amelyekkel többé-kevésbé elégedettek voltak? Nem lévén kenyerem az ismeretelmélet, adekvát válaszom nincs, csupán figyelembe ajánlom ezeket a szempontokat mint olyanokat, amelyeknek következetes végiggondolása messzemenően befolyásolhatja a múltról alkotott képünket.

*

Az elkötelező állásfoglalástól ugyan tartózkodni igyekszem, ám hogy világosabb legyen, az eddigi horizontális megközelítés helyett egy vertikális példával szolgálnék: a nemesi vármegyék 17. századi működése megítélésének új szempontjaival. Tudatosan választottam ki a magyarországi feudalizmus leggyűlöltebb intézményét, amelynek későbbi kritikusai olyan megfellebbezhetetlen tekintélyekre hivatkozhatnak, mint Eötvös József és más centristák. Persze ők nem történeti, hanem aktuálpolitikai kérdésként találták szembe magukat a fejlődés kerékkötőjévé vált dzsentri e fellegváraival, s így aligha volt elvárható tőlük, hogy a múltra is érvényes, kiegyensúlyozott képet adjanak róla.

Mi azonban most a két évszázaddal korábbi vármegyéről kívánunk szólni, immár több mint egytucatnyi korabeli közgyűlési jegyzőkönyv regesztái alapján, amelyek – némi túlzással szólva – a tekintetes vármegye teljesítményének nemcsak a ponderálását, hanem feladatkörökre bontott, statisztikai szintű mérését is lehetővé teszik.

A legutóbbi szakirodalmi fejlemények nem mondhatók különösebben biztatóaknak, hiszen megerősíteni látszanak azt a sok rosszat, amit a vármegyéről valaha is mondtak. Varga János – jórészt ugyanezen források minuciózus elemzésével – kimutatta, hogy a 17. század elején a vármegyék fáradoztak legszorgosabban a jobbágyságnak költözködési jogot biztosító törvények hatálytalanításán. E megállapítás értelmezésénél azonban figyelembe veendő, hogy ez a „tizenötéves háború" utáni évtizedekben történt, amikor is csodaszámba menne, ha a

köznemesség nem próbálta volna meg a maga eszközeivel röghöz kötni legértékesebb kincsét: a munkaerőt. Elsősorban a nagybirtokkal szemben védekezve, amely könnyebben megengedhette magának, hogy kedvezményekkel kösse magához a saját és a mások jobbágyait. Az *universitas nobilium* ugyanis – mint latin neve is mutatja – eredetileg a köznemesség érdekvédelmi testülete volt. Elsősorban legsajátabb szervezetein, a nemesi vármegyéken keresztül; s itt ismét kiugrik egy történeti-módszertani kérdés: hogyan ítéljünk meg egy intézményt, amely hatékonyan képviselte azokat az érdekeket, amelyeknek képviseletére létrehozták, ha ezek nem is voltak éppen a legnemesebbek?

Metodológiai bölcselkedésekre azonban ezúttal sincs szükség, hiszen az említett jegyzőkönyvek alapján bizonyítható, hogy a nemesi vármegyéknek a 17. században vajmi kevés ideje és energiája maradt a népnyúzásra és egyéb „nemes" elnyomó funkciók gyakorlására. Bejegyzéseik túlnyomó része politikailag semleges, passzív – a hiteles helyek gyakorlatára emlékeztető – szolgáltató jellegű eljárásra utal. Az igencsak takarékosan felépített – mintegy tíztagú – tisztikar idejét leginkább tagjainak bejelentései (tiltakozásai, tiltásai, ügyvédvallásai) – azaz a közhitelű funkciók gyakorlása – kötötték le. Ami fennmaradt, arra pedig igényt tartottak a központi és rendi kormányszervek, amelyek e korban már úgy rendelkeztek a vármegyékkel, mintha azok tisztségviselői az ő fizetett tisztviselőik lennének. A megbízások közül a legterhesebb feladat az állami adó, illetve a közvetlenül a katonaság ellátására kivetett termények stb. behajtása volt. (Aminek révén viszont módja volt védelmezni az adóalapot az állammal szemben önmaga érdekében.)

Jogszolgáltatási kötelezettségének lelkiismeretesen, de láthatólag komoly erőfeszítések árán tett eleget, pedig tagjai sűrűn fordultak hozzá, hogy igazságot tegyen köztük. Büntetőpereket viszonylag ritkán, általában saját tagjai ellen kezdeményezett, jobbágyok ellen csak az esetben emelt vádat, ha az érintett földesúr nem volt hajlandó eleget tenni ebbeli kötelezettségének. (Igaz, hogy a vármegyei tisztségviselők aktívan részt vettek az úriszékek munkájában, nem azért azonban, hogy végre kiélhessék népgyűlöletüket, hanem mert jelenlétük a törvényességet volt hivatott biztosítani.) A tisztségviselők évente fillérre elszámoltak a kezükön forgott szánalmasan csekély összegekről. Lehet, hogy imitt-amott szaftos sikkasztási ügyek is kibuknak majd, a jelképes tiszteletdíjjal kárpótolt vármegyei tisztségviselők inkább a köz szolgáinak, semmint a közhatalom haszonélvezőinek tűnnek.

Meglehet, a már évtizedek óta a rég elporladt vármegyei tisztviselők között forgó történész elfogultságából fakad, jellemzőbbnek érzem ezek átlagára Kazinczy Ferencnek nagyapjáról a *Pályám emlékezete*ben adott rajzát, mint Eötvös főszolgabíró-képét: „Náddal födött, vályogból rakott házában, patriárkai

felsőséggel éle, bírája, békéltetője, tanácslója az ügyefogyottaknak, perlekedőknek, osztozkodóknak, kik idegen vármegyékből is, több napi járóföldekről, hozzá folyamodtanak, bízva elhíresztelt egyenességéhez, tudományához. Bért, ajándékot senkitől nem veve; sőt ő tartá őket cselédjeikkel, lovaikkal, amíg a pör előtte lefolyt, s nem különben a tehetősbeket, mint a szegényt. Szolgabíró és a helységek bírái, az egész tájon hozzá küldék a vétkeseket, s ő a kisebb vétkek elkövetőit, s ahol bővebb vizsgálatra nem vala szükség, bottal büntetgeté, rettenetes mennydörgések közt, de mindig szelíden. Vagyonával keveset gondola; ménese, gulyája, nyájai örömére voltak, nem haszonra; pásztorai számolának, amint magoknak tetszett, hívtelenségeiknek villámlások és mennydörgések voltak büntetései, s a szolgálatból kiesés. Szérűje gazdagon rakva asztagokkal s széna- és szalma-kazalokkal, pincéje tele borral, vermei élettel, s ezeket a szükség idején inkább nyitá meg a szorultaknak hitelbe s kamat nélkül, mint a nyerekedőknek fizetésért. Alig hihető dolgok, s nem csudálnám, ha előadásom gyermeki hűséget s hiúságot gyaníttatna; de még vagynak, akik ismerék, hírét a korabeliektől hallották s még hihetetlenebbeket említhetek." (Azt persze senki sem fogja vitatni, hogy – miközben a 19/20. század fordulójára kétségtelenül nőtt benne [igaz, ki is nőtt belőle] a szakigazgatás szerepe – az elszegényedett dzsentri köréből választott tisztségviselők jóval arrogánsabbak és részrehajlóbbak voltak, mint apáik és nagyapáik nemzedéke. Az ok is elég kézenfekvő: a Monarchia új nemzedéke nem rendelkezett olyan szilárd anyagi és erkölcsi alapokkal és ehhez méltó magabiztos öntudattal, mint őseik, akiknek valóban nem megélhetési forrás, hanem úri passzió volt a viceispánkodás és szolgabíráskodás.)

Egyébként is – tetszik nekünk vagy nem teszik – ide nyúlnak vissza a magyar önkormányzatiság és bizonyos fokig a szakigazgatás gyökerei. Hajlamosak lennénk persze rögtön hozzátenni: olyan is volt; paternalistának túlontúl szakigazgatási, szakigazgatásinak túlontúl paternalista. Ám azt se feledjük: ebből a közegből emelkedett ki a dualizmus kori Magyarország világszínvonalon álló jogszolgáltatási és szakigazgatási apparátusa is.

A magyarországi önkormányzatiság másik forrására, az e tekintetben eddig meglehetősen alábecsült városok, mezővárosok, sőt falvak – merthogy ezek is rendelkeztek e joggal – ekkortájt igencsak jól kifejlett önigazgatására itt csak utalhatunk. Csupán azt emlegetjük fel: a kutatóban óhatatlanul némi nosztalgia támad, ha azt olvassa, hogy a debreceni főbíró nótáriusával – legalább heti két-három napon – kint üldögélt a Nagytemplom előtt, s azonnal fogadta a hozzá fordulókat, s vagy azonnal igazságot tett, vagy tizenötöd napra (!) napolta el az ítélkezést, amikor is rövid úton döntött.

Nincs kétségem afelől, hogy az előítéletek rabságában élők (és gyakran ítélkezők) közül lesznek majd, akik alkalmasint, sportszerűtlenül, a feudalizmus

rehabilitásával, sőt apoteózisával vádolnak majd. Ha kihívásaim csupán jottányit is elősegítik a kutatásokat, büszkén vállalom ezt a bélyeget. Ezekhez azonban csak előítéletmentesen, időt és fáradságot nem kímélve érdemes hozzáfogni. Tapasztalataim szerint a személyi feltételek – egy mögöttünk sorjázó, a mi megalkuvásainktól és ide-oda sandítgatásainktól mentes ifjú generáció – adva vannak.

A hallgató persze joggal kérdi, hogy eszelősen felgyorsult világunkban honnan lesz erre idő és pénz. A kérdés jogos, magam azonban – mást nem tehetvén – rendíthetetlenül hiszek abban, hogy mindig marad egy picinyke rezervátum, ahol a hozzám hasonlóan deskriptív szemléletű történészek elrágódhatnak a fogyasztói társadalom szempontjából valóban érdektelen témáikon. Ha a történettudomány szellemi potenciáljából csupán a külső megrendelések teljesítésére telik, úgy tisztelettel kéretik azt a diszciplínát másként – mondjuk: történelem-kiszerelő vállalkozásnak – nevezni.

*

Mielőtt lelépnék e nagy elődök által is taposott pulpitusról, szeretném meghonosítani a köszönetnyilvánítás természettudós-székfoglalókon ellesett szokását. Mindenekelőtt köszönettel tartozom a sorsnak, hogy olyan korba vetett, amelyben egy magamfajtának – aki nemcsak „boldog őse", de még csak rokona és ismerőse sem volt senkinek – minden eredményért, beleértve a továbbtanulás lehetőségét is, meg kellett küzdenie. Ekkor értettem meg, hogy a hivatásszerűen végzett kemény, mindennapi munka nélkül – persze arányosan meg-megszakítva bukolikus örömökkel – nincs tartalmas emberi élet. Végezetül már az is mérhetetlen örömömre szolgált, hogy e munkához odaengedtek, s végtelenül boldog vagyok, hogy a dolog végül is jobban sült el, mint reméltem. Örkény István szavaival élve: még fizetnek is azért, amiért szívesen fizetnék, csak hogy csinálhassam.

Rengeteg támogatóm és barátom közül négynek tartozom megkülönböztetett tisztelettel és köszönettel. A formát óvatosan kell megválasztanom, hiszen a sors úgy hozta, hogy közülük hárman az elmúlt években magas közjogi méltóságot töltöttek (vagy töltenek) be, márpedig nálunk választott köztisztségviselőről tanácsos vagy semmit, vagy rosszat mondani.

Ha történész lett belőlem, úgy azt teljes egészében mesterem, Kosáry Domokos szigorú, ám elnéző irányításának köszönhetem, aki külön az én számomra felújította az egykori Eötvös Kollégium legnemesebb hagyományait. A börtönből frissen szabadult Kosáry – aki már akkor is élő legendának számított – 1962-től éppen a Pest és Nógrád megyei Levéltárban töltötte be a „kutatócsősz" magas közjogi méltóságát, amikor életutunk keresztezte egymást. Az

1949-ben katedrájától megfosztott és évekig az azóta fogalommá vált bibliográfiájáért kapott fillérekből tengődő vérbeli professzor rám zúdította addig erőszakkal visszafojtott pedagógusi szenvedélyét. Szegénynek nem kevés fáradságába kerülhetett, míg a fafejű vidéki kispolgár-süvölvényből gondolkodásra képes emberfőt faragott. Mióta tudom, hogy nem feltétlenül a türelem a legjellemzőbb erénye, külön értékelem, hogy engem mindig megkímélt fulmináns kitöréseitől.

Kosáry után Szabad György nevét említem, aki 1962-ben – egykori professzora, Kosáry Domokos iránti tanítványi szeretettől vezérelve – egyetemi felvételemet, saját reputációja veszélyeztetésével keresztülerőszakolta. (Akkortájt ugyanis még érvényben volt a felvételi tilalom azoknak a gyermekeivel szemben, akiknek felmenői 1956-ban olyan bűnt követtek el, amit ma felemlegetni kérkedésszámba menne.)

Mind a mai napig nem tudok belenyugodni, hogy Szűcs Jenő, önmaga kimentése nélkül, immár csaknem egy évtizede, faképnél hagyta rendszeres havi vacsoratársaságunkat. Az ő minden mellékszemponttól mentes, kristálytiszta ítéletei mértékadóak voltak számomra; nélkülük néha manapság is kissé tanácstalannak érzem magam.

S végül a legnehezebb feladat az említett asztaltársaság harmadik tagjáról, Glatz Ferencről szólni, akihez – ma nehéz hivalkodás nélkül kimondani – immár negyedszázad óta talán még a kollegialitásnál és barátságnál is erősebb szálak kötnek.

Ezer hasznos apróságot tanultam tőle, leghálásabb azonban azért vagyok neki, mert hihetetlenül finom pszichikai érzékkel észlelte, hogy nemigen találom helyemet az 1970-es évek Magyarországán. Azóta tol, húz-von magával mindenüvé, ha nem talál eléggé ambiciózusnak (ami gyakran előfordul); nyilván nem utolsósorban ennek az ösztökének köszönhető, hogy ebben a – bevallom: számomra mindig is megszokhatatlan elvek szerint működő – társadalomban emelkedni tudtam, sőt talán bizonyos sikereket is elkönyvelhettem.

Végezetül köszönettel tartozom a magyar történészek coetusának, amely immár több évtized óta ölel körül védelmező karjaival, elnézve rosszabbra sikeredett elméncségeimet és egyéb csínytevéseimet is. Magam ezt mindössze annyival tudtam viszonozni, hogy minden választott funkcióban azon igyekeztem, hogy szakmai testületeink inkább egy barátságos otthonhoz, mint héjafészekhez hasonlítsanak.

Hallomásból tudom, hogy vannak olyan történészek is, akik ezen a testvériesületen kívül, külön utakon keresik a maguk boldogulását. Csak annyit kívánhatok nekik, hogy szerencse kísérje őket sivár, társtalan útjaikon.

Kákosy László
az MTA levelező tagja

THÉBA A PTOLEMAIOSZ- ÉS A RÓMAI KORBAN

Elhangzott 1998. október 15-én

Az egyiptomi Théba, az ókori Kelet egyik legnagyobb metropolisa, ahol a Kr. e. II. évezredben arany, ezüst lemezekkel borított templomok és obeliszkek hirdették Amon-Ré, „az istenek királya" dicsőségét, éppen a teokrácia évszázadaiban (11–10. sz.), – amikor a város papsága szellemi hatalmának csúcsára ért – kezdett rohamosan elszegényedni.[1] Az egyébként is kimerülő núbiai aranybányák felett megszűnt az egyiptomi fennhatóság, és az erős centrális hatalom hiánya egyre fokozódó anarchiához vezetett az országban. Az asszír háborúk idején bekövetkezett az, amit a kortársak elképzelhetetlennek tartottak: 664-ben Assur-bán-apli csapatai behatoltak az addig megközelíthetetlennek számító déli területekre, és Thébát is elfoglalták, kifosztották.[2] Történelme folyamán először, de nem utoljára vette be külső ellenség fegyverrel Amon szent városát.

A hatalmi központ északra helyeződése egyre inkább a múlt fényétől és Amon szentségétől övezett, de politikai hatalommal, gazdasági jelentőséggel

1 A város történetére: Otto, Eberhard: *Topographie des thebanischen Gaues* (Untersuchungen zur Geschichte und Altertumskunde Aegyptens 16)., Berlin, Leipzig, 1952; *Theben* címszó a *Lexikon der Ägyptologie*-ban (VI. 465–473.; Stadelmann, Rainer); Kees, Hermann: *Das Alte Ägypten. Eine kleine Landeskunde.* Berlin, 1955, 142–163. ; Kákosy László: *Dzsehutimesz sírja Thébában.* Bp. 1989. 9–20.

2 Onasch, Hans-Ulrich: *Die assyrischen Eroberungen Ägyptens* I–II. Wiesbaden, 1994.

már alig rendelkező provinciális várossá tette Thébát. Nagy Sándor zarándoklata a Szíva-oázis Amonjához még egyszer fényes jövő lehetőségét csillogtatta meg a thébai papság számára is, és a luxori templomba beépített kápolna[3], ahol a képeken a makedón hódító járul alázatosan Amon szobrai elé, azt demonstrálta, hogy papság valóban élni kívánt egy feltámadó szellemi vezetőszerep lehetőségével, de ez a remény hamarosan elhalványult, és az események sodra továbbra is Északot tette történelemformáló erővé.

A Ptolemaioszok számára, különösen 205 után, Felső-Egyiptom ellenséges, de legalábbis megbízhatatlan vidékké, lázadások tűzfészkévé vált. Ebben az évben már nem az alexandriai uralkodót, hanem a déli felkelők vezérét, Horwenennofert ismerték el Thébában királynak.[4] Ő, majd utóda, a másik egyiptomi nemzetiségű fáraó, Anhwenennofer gyakorolta a hatalmat Dél széles területei felett egészen 186-ig.

A thébai papság nem tudta vagy nem is akarta megnyerni a makedón uralkodóház kegyét, ami kétségtelenül hátrányos helyzetet teremtett, a mai kutatás számára azonban azzal a pozitív következménnyel járt, hogy itt nem történtek a régi templomok lebontásával járó nagyarányú építkezések, és így eredeti formájukban maradtak ránk az Újbirodalom impozáns építészeti emlékei.

Théba hanyatlását drámaian felgyorsította az a hároméves felkelés, melyet Kr. e. 88-ban IX. Ptolemaiosz (II. Szótér) vert le. Mint Pauszaniasz[5] írta: „Háborút vívott a fellázadt thébaiak ellen, legyőzte őket két évvel a lázadás után, és olyan kegyetlenül viselkedett, hogy korábbi virágzásuknak, mely (hajdan) felülmúlta a leggazdagabb görög (szentélyeket), mint Delphit és Orchomenost, még az emléke sem maradt meg a thébaiak számára." Théba apró helységekre szakadozott szét. Cornelius Gallus győzelmi feliratában[6] (Kr. e. 29) a felső-egyiptomi lázadás leverése után már Kerameiké, a nagy Dioszpolisz és Ophieion néven említi a hajdani metropolis helyén lévő településeket. A félelmetes ellenállási központ, melyet Gallus „minden király rettegése (tárgyának)", *communis formido omnium regum*nak említ, ekkor vesztette el végképpen nagyvárosi rangját. Mikor Sztrabón meglátogatta, megállapítja, hogy „most csak falu módjára lakják"[7] (*vüni de kómédon sünoikeitai*).

3 Mahmud, Abd-elRaziq: *Die Darstellungen und Texte des Sanktuars Alexanders des Großen im Tempel von Luxor.* (Archäologische Veröffentlichungen des Deutschen Archäologischen Instituts Abteilung Kairo Bd. 16). Mainz, 1984.

4 Pestman, Pieter, W.: *Haronnophris and Chaonnophris* (Hundred Gated Thebes. Szerk. Vleeming, Sven, P.), Leiden, New York, Köln , 1995. 101–137.

5 I X. 3

6 Dittenberger, Wilhelmus: *Orientis Graecae inscriptiones selectae.* Hildesheim, New York, 1970. no. 654, 360–365.

7 XVII. 46, C 816

Théba papsága azonban nem akart tudomást venni az idők változásáról, a templomfalakon hieroglif feliratokon megörökített elmélkedéseik még inkább kitágították a hagyományosan is absztrakt spirituális Amon teológia dimenzióit. Amon a „nagy isten, az ég, a föld, az alvilág, a víz és a hegyek ura, aki megkezdte a létezést, amikor még nem volt létezés. Minden az ő keletkezése után jött létre. Egyedül érkezett, de millióvá növelte magát. Ő a legősibb, aki az ősidejűeket teremtette. Ő az öröklét, aki megkezdte az öröklétet, az ő szíve teremtette az örökkévalóságot."[8] Politikai jelentősége is volt annak a karnaki feliratnak, ahol Amont, akinek itt cartouche-ba írták a nevét, Felső- és Alsó-Egyiptom királyának mondták.[9] Egy másik felirat szerint valamennyi város Théba alattvalója, hiszen ez a város „Ré szeme".[10] Ő (a megszemélyesített Théba) minden város létrehozója, „az ő anyjuk, aki megteremtette azokat."[11] „A város, amely megalkotta az összes várost, a halom az ősvízben, mely kezdetben keletkezett, amikor még minden hely sötétségben volt. Ő a teremtő, melynek nincs teremtője, a szülő, melyet nem szült senki."[12] A Ptolemaiosz-kor Thébája tehát mint megszemélyesített teremtő istenség teológiai szempontból messze felülemelkedett az Újbirodalom harcos Théba istennőjén.

Amon hátrányos valláspolitikai helyzetének ellensúlyozására az egyiptomi papság a görög mitológiát, a hésziodoszi isten-genealógiát és Amonnak Zeuszszal történt azonosítását is felhasználta. Az Uranosz, Kronosz, Zeusz leszármaztatás a harmadik helyet, a világ feletti uralmat biztosította Amon-Zeusznak. A sorrend egyiptizáló változata Diodórosznál található meg.[13] Itt Héliosz (Ré) vagy Héphaisztosz (Ptah) áll az élen, a második generáció Kronosz és Rhea (Geb, Nut), a következőnél elágazott hagyomány: a harmadik generáció vagy Ozirisz és Ízisz, vagy – egy másik genealógia szerint – Zeusz és Héra, vagyis egyiptomi nevükön Amon és Mut. Az utóbbi változat szerint Ozirisz a testvéreivel együtt őtőlük származott. Ez a második alternatíva – tehát Amon prioritása Ozirisszal szemben – fejezte ki a thébai klérus aspirációit.

Thébában Amon maradt a magas teológia legfőbb istene, de a Ptolemaiosz-kortól kezdve az élő vallásban már a régi idők két megistenített bölcse, Amenhotep, Hapu fia és Imhotep lesznek elsősorban az imádat tárgyai. Nem-

8 Sethe, Kurt–Firchow, Otto: *Thebanische Tempelinschriften aus griechisch-römischer Zeit.* (Urkunden des Ägyptischen Altertums VIII.) 3. (no. 3b).

9 Drioton, Étienne: Les dédicaces de Ptolémée Évergète II sur le deuxième pylône de Karnak. *Annales du Service des Antiquités Égyptiennes,* 44 (1944), 122.

10 Drioton: i. m. 138.

11 Uo. 136.

12 Urkunden... VIII. (l. a 8. jegyzetet) 92. (no. 113).

13 I. 13,3–4

csak a már romos Hatsepszut-templom felső teraszán létrejött gyógyhely (VIII. Ptolemaiosz Euergetész II.) tanúskodik e két új isten kultuszáról, hanem a keleti parton a karnaki Ptah-templom két himnusza is Tiberius korából.[14] Az egyik himnusz szerint Imhotep kedves helye ez a templom, ahonnét láthatja az Amon-templomban tartott ünnepségeket, bőséges áldozatokban részesül, és *ba*-lelke naponta leereszkedik az égből. Az emberek mint gyógyítót magasztalják az istent, tehát ebben az időben Ptah temploma is a betegek zarándokhelyévé vált, akárcsak Deir el-Bahari. Amenhotepnek, Hapu fiának egy 4 m magas, kolosszális szobra került elő Karnakból.[15]

Ptah temploma, melyben a Ptolemaioszok korában kiterjedt restauráló tevékenységről tudunk, a római időben is működött, sőt véleményem szerint egy beavatási szöveg is ehhez az építményhez köthető. Thesszalosz orvos, a beavatott, Claudius vagy Nero császárhoz intézett levelében számol be megismerkedéséről Théba papjaival. Miután alexandriai tanulmányai során nem kapta meg azokat az ismereteket, amelyeket várt, már csak abban bízott, hogy isteni reveláció juttathatja az igazság birtokába. Ettől a reménytől vezérelve utazott Thébába, és ott megismerkedett az ottani sokféle tudományban jártas papokkal. Először megbotránkoztak, mikor a mágikus tudományokat hozta szóba nekik, de végül is egy tiszteletre méltó, öreg pap segítségével részese lehetett a boldogító víziónak. „Miután kimentünk együtt az erdőbe, és megpihentünk, lábaihoz vetettem magam, és zokogni kezdtem. Ő csodálkozva kérdezte, miért csinálom ezt, mire én ezt mondtam neki: azért teszem, mert lelkemnek ellenállhatatlan vágya, hogy egy istennel beszéljek. Ha ez a kívánságom nem teljesülhet, nem akarok tovább élni." Az isten, akivel Thesszalosz találkozni akart, Aszklépiosz, vagyis Imhotep, és a pap segített neki a theophania elnyerésében. „Bár nem szívesen, de engedett. Becsukta a szentélyt, és megparancsolta nekem, hogy azzal a trónussal szemben foglaljak helyet, melyen az isten ülni szokott. Mikor ott ültem, bámulat fogta el lelkemet az isten csodálatos látványától. Az pedig kinyújtotta felém a kezét, és így kezdett hozzám beszélni: Ó boldog Thesszalosz, amikor az emberek egy idő után tudomást szereznek a te tanulmányaidról, istenként fognak tisztelni."[16] Nemcsak papjainak titkos tudománya, hanem a pusztuló állapotukban is lenyűgöző templomok és egyéb látnivalók is vonzották a látogatókat. Kr. u. 19-ben Germanicus Caesar, Tiberius fogadott fia látogatta meg Egyiptomot az imperator

14 Sauneron, Serge: Un hymne à Imouthès. *Bulletin de l'Institut Français d'Archéologie Orientale,* 63 (1965) 73. skk., Urkunden... VIII. 144–145.

15 Daressy, Georges: Notes et remarques. *Recueil de Travaux,* 19 (1897), 13. skk.

16 Festugière, André-Jean: *L'expérience du médecin Thessalos* (Hermétisme et mystique païenne). Paris, 1967, 141–180.

tiltó rendelkezései ellenére. Tacitus[17] beszámolójából kiderül, hogy az utazás egyik fénypontja „az ősi Théba hatalmas romjai"-nak (*veterum Thebarum magna vestigia*) megtekintése volt. Egy idős pap kalauzolta végig a templomokon és magyarázta el – erősen eltúlozva – II. Ramszesz nagy tetteit.

A magas vendégre bizonyára mély hatást gyakorolt a fáraókori múlt, olyannyira, hogy látogatása a rommező egyes részeinek újjáéledéséhez vezetett. Egy tanulmányomban[18] rámutattam arra, hogy a Tiberius korabeli restauráló tevékenység valójában Germanicus utazásához köthető. Legalább nyolc sztélé került elő a luxori templom körzetéből, melyek a templom kijavításáról beszélnek. Az egyiken Ipet istennő is megjelenik mint a templom perszonifikációja. Karnakban a Mut-templom temenosz-falának kijavítása történt meg. Mivel a templomépítés és -restaurálás Egyiptomban hagyományosan királyi privilégium volt, a sztéléken csak az imperator nevét lehetett feltüntetni, a munkálatokhoz szükséges anyagi eszközöket azonban bizonyára Germanicus bocsátotta a papok rendelkezésére.

Kr. u. 130-ban Hadrianus látogatása irányította a birodalmi érdeklődést Thébára. Előzőleg 126-ban egy kis Szarapisz–Ízisz-templom építésére került sor Luxorban.[19] A hajnalt zengő hangon köszöntő Memnón-szoborhoz tett császári kirándulást a kolosszus lábára vésett görög versek, Julia Balbilla udvari költőnő művei örökítették meg. Az egyik költeményből megtudjuk, hogy a papok felvilágosították az uralkodót az ábrázolt személy valódi nevéről, aki Amenóth, vagyis III. Amenhotep fáraó.[20] Septimius Severus volt az utolsó császár, aki Thébát is felkereste (*...et Memfim et Memnonem et pyramides et labyrinthum diligenter inspexit*).[21]

A Birodalom vezető személyiségei mellett turisták tömege utazott délre, Thébába, és szállt le a Királyok Völgye sírjaiba, erről tanúskodik a falakra írt több mint 2000 látogató-graffito.[22]

A hatalmas nekropolisz magánsírjait IX. Ramszesz kora óta rendszeresen fosztogatták. Később tömegével helyezték el a múmiákat a sziklasírokban. Sajnos a múlt századi kalandorok és úgynevezett kutatók barbarizmusa ezeket a

17 Annales II. 60

18 Germanicus in Theben. (Acta Antiqua Hung., XXXII. (1985–88), 129–136.

19 J. Leclant, Jean: *Orientalia,* 20 (1951) 256., XLVI. tábla; Golvin, Jean-Claude–Sayyed Abd el-Hamid–Wagner, Guy–Dunand, Françoise: Le petit Sarapieion romain de Louqsor. *Bulletin de l'Institut Français d'Archéologie Orientale,* 81 (1981) 115–148.

20 Bernand, André et Étien: *Les inscriptions grecques et latines du colosse de Memnon.* (Bibliothèque d'Étude 31.) Le Caire, 1960. 87.

21 Scriptores Historiae Augustae, Severus 17.

22 Baillet, Jules: *Inscriptions grecques et latines des tombeaux des rois ou syringes à Thèbes.* I–IV. Le Caire, 1920–1926.

tömegtemetkezéseket nagyrészt megsemmisítette, tudományos dokumentáció nem készült róluk, de szerencsénkre vannak források, melyek a helyi túlvilághit konzervativizmusát, a legrégibb tradíciókhoz való ragaszkodást tanúsítják a római korszak évszázadaiban is. A két Rhind-papirusz, melyek Montu egy papja és felesége számára készültek Augustus korában, hieratikus és démotikus írással foglalják össze a korabeli túlvilághitet.[23] A *Lélegzés Könyve* és a *Balzsamozás Rítusa* címen ismert szövegek is a thébai papi körökben voltak használatban. Ez a thébai teológiai iskola még a piramisszövegeket is ismerte, felhasználta.[24]

A *Halottak Könyve* utolsó datálható példánya Nero császár uralkodásának idejéből (Kr. u. 63) származik, és a tulajdonos neve alapján (Pamonthész) minden valószínűség szerint Thébában készült. A régi szent szövegnek ez a démotikus átirata a 125. fejezet egy részét tartalmazza.[25]

Amon papjának, Harsziészének sírjába egész sor halotti papirusz került: *Az Örökkévalóság Átvándorlásának Könyve*, a *Név Fennmaradásának Könyve* (két példányban) és ugyancsak két papirusz a *Lélegzés Első Könyvé*ből.[26]

A múmiák feje alá helyezett, mágikus ábrákkal és a *Halottak Könyve* 162. fejezetével ellátott korongok, a hypocephálok is valószínűleg használatban voltak a római korig.[27]

Külön meg kell emlékeznünk a Szótér család temetkezési anyagáról. Szótér Traianus császár alatt töltötte be az *arkhón Thébón* tisztséget. Egy görög eredetű családról van szó, melynek tagjai – mint sok más Egyiptomban élő görög – magukévá tették a helyi túlvilághit tanításait, sőt névadásukban is sajátos kettősség érvényesült. A leletegyüttest elsősorban azok az asztronómiai képekkel díszített koporsók tették nevezetessé, melyeken a zodiákus jegyeivel körülvett Nut istennőt ábrázolták. Az Ozirisz ítélőtermében álló mérleg szerepét az egyik családtag koporsóján, aki a Kleopátra nevet viselte, a Mérleg csillagkép vette át, vagyis a psychostasia az égi szférákba tevődött át.[28] A Szótér családot

23 Möller, Georg: *Die beiden Totenpapyrus Rhind des Museums zu Edinburgh*. Leipzig, 1913.

24 Szczudłowska, Albertyna: Pyramid Texts Preserved on the Sekowski Papyrus. *Zeitschrift für Ägyptische Sprache und Altertumskunde*, 99 (1973) 25. skk.

25 Lexa, Franz: *Das demotische Totenbuch der Pariser Nationalbibliothek*. Leipzig, 1910.

26 Stricker, Bruno, Hugo: De Lijkpapyrus van Sensaos.*Oudheidkundige Mededelingen uit het Rijksmuseum van Oudheden*, 23 (1942), 32.; Herbin, François, René: Le livre de Parcourir l'Éternité. (Orientalia Lovaniensia Analecta 58.) Leuven, 1994. 7.; Quaegebeur, Jan: Books of Thoth Belonging to Owners of Portraits? On Dating Late Hieratic Funerary Papyri. In: *Portraits and Masks*. Szerk. Bierbrier, Morris L. London, 1997. 75.

27 Varga, Edith: Les travaux préliminaires de la monographie sur les hypocéphales. *Acta Orientalia Hung.* XII (1962) 247.

28 Neugebauer, Otto–Parker, Richard, A.: *Egyptian Astronomical Texts* III. Providence, Rhode Island, London, 1969. 89–93.; Van Landuyt: The Soter Family: Genealogy and Onomastics. In: *Hundred Gated Thebes*. Szerk. Vleeming, Sven, P. Leiden, New York, Köln, 1995. 69–82.

azért emeltem ki külön, mivel a Dzsehutimesz-sírban folytatott magyar ásatások alapján nagy valószínűséggel sikerült bizonyítanom, hogy a család ezt az akkor már többször kirabolt és akkoriban nyilván elhagyottan álló sírt választotta ki végső nyughelyéül. Egy római kori múmia, melyet a Dzsehutimesz-sírban találtunk, valamint torinói múzeumba került Dzsehutimesz-téglák jelentik az összekötő kapcsot a Szótér-lelettel.[29] A Ptolemaiosz- és római korban Dzsehutimesz sírja – mint a leletanyag tanúsítja – módos családok temetkezőhelyéül szolgált,[30] akik maximálisan tiszteletben tartották az eredeti dekorációkat, nem változtattak ezeken, és nevüket sem írták fel a falakra.

A piramisszövegek ősi asztrális túlvilághite a reneszánszát élte a római korban. A szférikus világkép elfogadása tudományos körökben – amely új világképnek olyan jeles képviselői működtek Alexandriában, mint Eratoszthenész és Klaudiosz Ptolemaiosz – azzal a következménnyel járt, hogy a túlvilágot többé nem lehetett a föld belsejében elképzelni. Ha ugyanis a világ egy a mindenségben szabadon lebegő gömb, és a Nap látszólag megkerüli, „alatta" halad el, akkor csak úgy mehetett végig éjszaka a holtak birodalmán – ahogyan ezt az egyiptomi vallás hirdette –, ha ez a birodalom, Ozirisz és a lelkek országa, nem a föld belsejében, hanem a földön kívüli szférákban, a csillagok honában volt.[31] Az új Szóthis-periódus, az új világkorszak kezdetének (Kr. u. 139) várása, melynek eljöttét a főnixmadárral díszített és Aión-feliratú pénzérmék hirdették, szintén hozzájárult az asztrális túlvilághit népszerűsödéséhez.[32] Hangsúlyoznunk kell azonban, hogy a természettudományban járatlan tömegek mindvégig ragaszkodtak Ozirisz alvilági országához.

A Szótér-síregyüttesre emlékeztet egy másik módos család még későbbi, a Kr. u. 2. század végére és a 3. század elejére datálható sírja, mely egy Deir el-Medine-i ház pincéjéből került elő. A múmia-cartonnage-okat borító dekorációk a régi egyiptomi vallás alapos ismeretéről tanúskodnak, de egyiptomi nyelvű szövegek már nem voltak rajtuk. Akárcsak a Szótér család esetében, itt is görög és egyiptomi nevek váltakoznak (Szarapiasz, Pamonthész, Papaszémisz, Kratész). Közülük ketten Szarapisz neokóroszai voltak. Mivel a thébai

29 Kákosy László: The Soter Tomb in Thebes. In: *Hundred Gated Thebes*. Szerk. Vleeming, Sven, P. Leiden, New York, Köln, 1995. 61–67.

30 Kákosy: uo. 61–62.

31 Kákosy László: *Selige und Verdammte in der spätägyptischen Religion*. (Studia Aegyptiaca VII.) (1981) 233.

32 Kákosy László: *Probleme der ägyptischen Jenseitsvorstellungen in der Ptolemäer und Kaiserzeit* (Studia Aegyptiaca VII.) (1981) 197–202.

nyugati parton eddig nem tártak fel Szerapeumot, valószínű, hogy a túloldali luxori Szarapisz-templomban teljesítettek szolgálatot.[33]

Meg kell említenünk egy másik késő-római kori temetőt is. Stílusuk és rajtuk látható vallási ábrázolások alapján a régi vallás utolsó időszakából valók a Deir el-Bahariban, a Hatsepszut-templomot akkor már elborító törmelékben talált temetkezések. Pontos datálásuk nem lehetséges, de valószínű, hogy a Kr. u. 4–5. században használták temetőnek ezt a területet.[34] A Szokarisz-bárka és a sakál halotti istenségek (Anubisz vagy Upuaut)[35] tanúsítják, hogy az itt eltemetettek bizonyosan a régi vallás hívei voltak, még nem lehettek keresztények. A plasztikusan kidolgozott maszk festett múmialepelben folytatódik. Az egyik kéz kelyhet, a másik virágfüzért tart. A következő sávban növényi ornamentika látható, majd alul kap helyet a Szokarisz-bárka és a sakálistenek.

Théba, bár a régi egyiptomi hagyományok egyik utolsó menedékeként ápolta a fáraókori múltat, részben görög várossá lett, és az egész országra jellemző kétnyelvűség az istenazonosításokban és a templomok elnevezésében is érvényesült. Csak néhányat lássunk ezek közül! A karnaki templom neve Ammónieion, Mut temploma – a Zeusz–Amon azonosítás miatt – a Héraion nevet nyerte, gyermekük, Héraklész-Honszu temploma pedig Hérakleionként szerepel a forrásokban, de voltak egyéb elnevezései is, mint Cheszebaieon vagy Nephytion (=Neferhotep). Démétér Karnakban Ipet vízilóistennővel azonosult (Pephoérieion=pr-ipt-wr.t), Apollón pedig a – Hórusszal történt azonosítás mellett – Montu görög megfelelője lett.[36]

Az egyiptomi Théba a görögök és a helyi lakosok szemében – az *Íliász* „százkapújú Thébá"-ja[37] alapján – valóságos homéroszi várossá lett, bekerült abba a legendakörbe, mely szerint a költő egyiptomi iratokból merítette eposzainak tárgyát, vagy maga is egyiptomi nemzetiségű volt, és éppen Thébában született Hermész vagyis Thot isten fiaként.[38]

33 Bruyère, Bernard–Bataille, André: Une tombe gréco-romaine de Deir el-Médineh. *Bulletin de l'Institut Français d'Archéologie Orientale*, 36 (1936–1937) 145–74.; Montserrat, Dominic–Meskell, Lynn: Mortuary Archaeology and Religious Landscape at Graeco-Roman Deir el-Medina. *The Journal of Egyptian Archaeology*, 83 (1997), 179–197.; Grimm, Günter: *Die römischen Mumienmasken aus Ägypten*. Wiesbaden, 1974. 144–145.

34 Godlewski, Włodzimierz: The Late Roman Necropolis in Deir el Bahari. In: *Graeco-Coptica*. Szerk. Nagel, Peter. Halle-Wittenberg, 1984. 114–115. A Kr. u. 3. századra történő datálást (Walker, Susan–Bierbrier, Maurice: *Ancient Faces. Mummy Portraits from Roman Egypt*. London, 1997, 156.) nem tartom elfogadhatónak, tekintettel arra, hogy az egyiptomi motívumkincs sokkal kevésbé változatos, mint Deir el-Medinében.

35 Godlewski: *i. m.* 2. 3. 6. ábra, Grimm: *i. m.* színes tábla: E, fekete-fehér tábla: 112 (2–5).

36 Quaegebeur, Jan: Prêtres et cultes thébains à la lumière de documents égyptiens et grecs. *Bulletin de la Société Française d'Égyptologie*, 70–71 (1974), 37–55.

37 *Íliász* IX. 381–383.

38 Héliodórosz: *Aethiopica* III. 14.

A korabeli thébai Amon-rituáléval az *Íliász* híres helyét hozták kapcsolatba:

Ókeanosz mellé, lakomára az aithiopokhoz
ment Zeusz még tegnap, s vele ment valamennyi nagy isten;
ámde tizenkét nap multán hazatér az oromra.
(I. 423–425, Devecseri Gábor fordítása)

Diodórosznál[39] őrződött meg ennek a helynek graeco-egyiptomi interpretációja: a Középbirodalom óta nevezetes esemény volt Thébában Amon időszakos átkelése a nyugati partra, amikor istentársai is rész vettek az ünnepélyes processzióban. Ez volt a „szép völgy ünnep", melyről a *paóne* hónap nyerte a nevét. A Ptolemaiosz-kortól a Völgy-ünnepben, a nyugati part meglátogatásában Zeusz etiópiai utazásának előképét látták, az istenek lakomájára pedig a felvirágozott istenkápolnák emlékeztettek. Az átkelési szertartás a görög-római időkben is kimutatható (*diabasis tou megistou theou Ammónos eis ta Memnoneia*).[40] Bár Diodórosz képtelen feltételezését, hogy Homérosz Egyiptomból merítette az ötletet Zeusz etiópiai utazásához, nyilván a komolyabb kortársak is elvetették, mégis figyelemre méltó, hogy a Zeusz-Amon azonosítás milyen nagy mértékben befolyásolta egyes *Íliász*-kommentátorok vélekedését. Théba görög műveltségű lakosaira nyilván mély benyomást gyakorolt, hogy dramatikus formában láthatták az *Íliász* egyik epizódjának bemutatását.

Figyelemre méltó paradoxon, hogy a római időkben, amikor a pusztulás már előrehaladt stádiumban volt, a város jóval nagyobb tekintélynek, mondhatjuk, nemzetközi hírnévnek örvendett, mint a Ptolemaioszok korában. Nagy általánosságban azonban Théba hanyatlását az időszakos fellendülések ellenére sem lehetett feltartóztatni. A Kr. u. 3. századból már alig van adatunk, a 4. század pedig már a kereszténység győzelmének kora.

Utoljára Kr. u. 180-ból hallunk Amon főpapjáról,[41] de valószínű, hogy még ezután is betöltötték ezt a tisztséget. A luxori templom bezárási dátumának Kr. u. 301-et tekinthetjük, amikor római castrum települt be a templom területére.[42] Ekkor kerülhettek a földbe a luxori templom 1989-ben fölfedezett ún. cachette-jének szobrai. A rejtekhely környezetében lévő római kerámia alapján arra lehet következtetni, hogy a templomot elhagyó papok helyezték ilyen módon biztonságba az istenek és uralkodók képmásait.[43] Hermész Trisz-

39 I. 97, 9.
40 Bataille, André: *Les Memnonia*. Le Caire, 1952. 89.
41 Quaegebeur: 36. jegyzetben i. m. 43.
42 Mohammed el-Saghir–Golvin, Jean-Claude–Reddé, Michel–El.Sayed Hegazy–Wagner, Guy: *Le camp romain de Louqsor*. Le Caire, 1986. 21.
43 Mohammed el-Saghir: *Das Statuenversteck des Luxortempels*, Mainz, 1991. 11., 14.

megisztosz a pusztuló Egyiptomot elsirató drámai jóslatában arról beszélt, hogy az istenség az égbe távozik,[44] valójában az isteneknek a föld mélye adhatott biztonságot.

A templom körzetében később nem kevesebb, mint hat kopt templomot emeltek, majd az iszlám győzelme után II. Ramszesz hajdani udvarában egy bizánci épület tetejére épült rá Abu el-Haggagnak, Luxor mohamedán védőszentjének a mecsetje. A genius loci azonban még az arab hódítás után is ott lebegett a templom felett, és az Abu el-Haggag múlidjain tartott hajós körmenetek ma is az Amon-bárkák hajdani processzióit idézik.

Karnakban III. Thotmesz ünnepi csarnokát alakították keresztény templommá, és ma is láthatók az oszlopokon a keresztény szentek alakjai.[45]

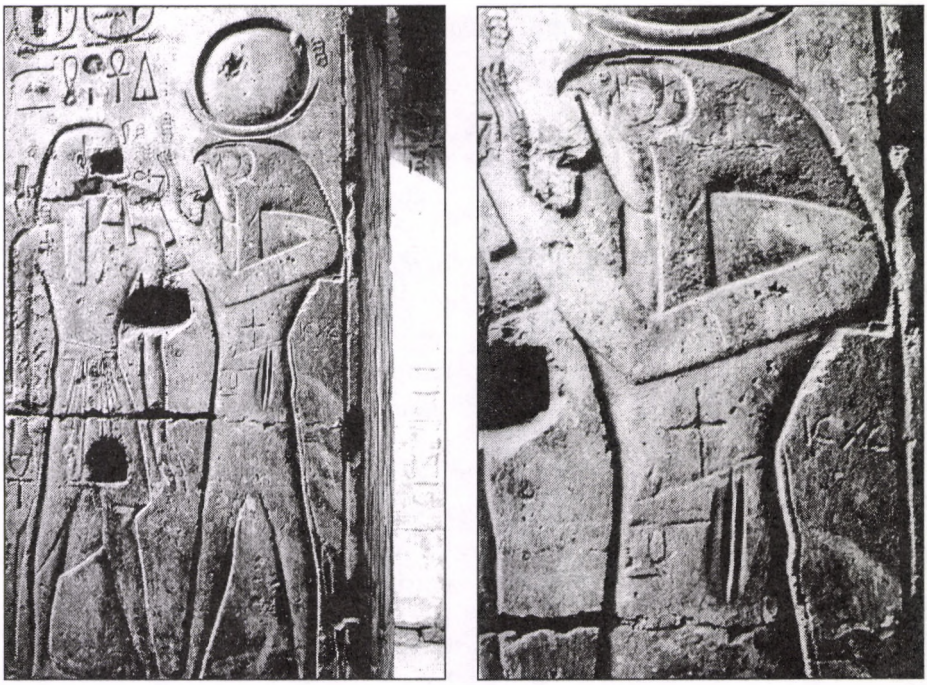
A nyugati parton Medinet Habu, mégpedig a XVIII. dinasztia korából való kisebb templom, sokáig a régi vallás egyik központja maradt. A Ptolemaiosz-korban pompás új kaput emeltek itt, sőt még Antoninus Pius is megkezdte egy udvar építését. A templom környékén működött a deir-el-medinei templomon kívül a Qasr el-Aguz-szentély és Ízisz Deir el- Selwit-i temploma.

A Medinet Habu-i templom krisztianizálásával kapcsolatban folytatott kutatásaimból ez alkalommal két ábrázolást kívánok kiemelni. A romos hipposztilcsarnok északi oldalán az „állatáldozatok helyiségében"[46] az egyik pilléren Honszu isten képét látjuk, akit az utólagos kopt bevésések egyértelműen Jézus Krisztusnak neveznek. Hogy itt nemcsak arról van szó, hogy az IC XC bevéséssel általánosságban akarták a hely pogány jellegét megszüntetni, bizonyítja az a tény, hogy nemcsak az isten neve mellé került Krisztus nevének rövidítése, hanem a sólyomfejű isten arcára is rákerült az IC XC felirat, sőt az isten testébe is bekarcoltak egy feltűnően nagy méretű keresztet. A hely kopt birtoklói ezek szerint a sólyomfejű Honszuban az életet adó Krisztus képmását látták, hiszen a képen az isten az *anh* (élet) jelet nyújtja az uralkodónak. A késő antik vallási szinkretizmus e késői szakaszában a gyermek Hóruszt tartó Ízisz-ábrázolások jelentették az összekötő kapcsot, az utat a sólyom-Krisztus azonosítás felé. A felnőtt Hórusz, a sólyom vagy sólyomfejű ember ikonográfiailag alig különbö-

44 Asclepius 24. Nock, Arthur, Darby–Festugière, André-Jean: *Corpus Hermeticum* II. Paris, 1960. 327.

45 Coquin, René-Georges: La christianisation des temples de Karnak. *Bulletin de l'Institut Français d'Archéologie Orientale,* 72 (1972) 169. skk.

46 Porter, Bertha–Moss, Rosalind–Burney, Ethel: *Topographical Bibliography... II. Theban Temples*[2]. Oxford, 1972. XLVIII. ábra (5. oldalhelyiség). Az általában használt „Slaughterhouse" elnevezés helytelenségére l. Murnane, William, J.: *United with Eternity. A Concise Guide to the Monuments of Medinet Habu*. Chicago, Cairo, 1980. 45.; Haring, B. J. J.: *Divine Households. Administrative and Economic Aspects of the New Kingdom Royal Memorial Temples in Western Thebes* (Egyptologische Uitgaven XII). Leiden, 1997. 124. (A bejárat keskeny, víz nincs a közelben.)



Honszu és Krisztus azonosítása (Medinet Habu, III. Ramszesz temploma, úgynevezett „slaughterhouse")

zött Amon fiának, Honszunak az alakjától, aki szintén a sólyom fejét viselte. Az azonosítás tehát így ment végbe: Ízisz az ember alakú gyermek Hórusszal = Madonna a gyermek Jézussal;[47] és mivel a felnőtt Hórusz és Honszu egyaránt sólyomfejűek, így a koptok Honszu képét Krisztus adekvát megjelenítési lehetőségének tekinthették.

Ezt erősíti meg egy másik Medinet Habu-i dombormű,[48] ahol a kiterjesztett szárnyú sólyom a Behedti nevet viseli, vagyis Hórusz[49] egyik megjelenési formája. A fejét díszítő napkorongba vésett kereszt mutatja, hogy a sólyom képét itt is krisztianizálták.

47 Az ikonográfiai hasonlóságon kívül Salamon baszrai püspök is Mária és Krisztus (ábrázolási) előképének nevezi Íziszt és Hóruszt. L. Bidez, Joseph–Cumont, Franz: *Les mages hellénisés* II. Paris, 1938. 130.

48 Porter–Moss: i. m. XLVII. ábra, 24. pillér

49 Hórusz a keresztény lovasszent-ábrázolásokra is hatást gyakorolt. L. a híres louvre-i domborművet, melynél nem dönthető el, hogy Hóruszt ábrázolja-e, aki leszúrja a krokodilus formájú Széthet, vagy a sárkányölő Szent Theodort. Ábrázolása pl.: *Ägypten. Schätze aus dem Wüstensand* (kiállítási katalógus, kiadta a Gustav-Lübcke-Museum der Stadt Hamm). Wiesbaden, 1996. 84., 17. kép.



Medinet Habu,
III. Ramszesz temploma, II. udvar,
északi pillérsor (Porter–Moss 24. pillér)

Medinet Habu legjelentősebb keresztény építménye, egy templom, a második udvarban állt,[50] helyét ma már csak a lerombolt „kariatida"-szobrok mutatják. A fáraókori építmények múlt század végi kiszabadítása során a Service des Antiquités emberei nem kellő gondossággal végezték a bontást, és a kopt templom kövei ma szanaszét hevernek III. Ramszesz temploma körül.

A milánói edictum idejére, mely megnyitotta az utat a kereszténység győzelme felé, Thébában valószínűleg már csak nyomokban élt a hivatalos templomi kultusz. A keresztény–pogány összecsapásoknak, melyek Egyiptom más részeiben éles formát is ölthettek (Alexandria, Kanóbosz, Tkóu, Abydosz, Philae)[51], itt semmi nyomát sem találjuk.

Théba elvesztése után Amon még hosszú időre menedéket talált délen a núbiai törzseknél, ahol az 5–6. századra datálható ballanai és qustuli fejedelmi sírokban lévő kosfejes diadémok tanúskodnak a régi vallás fennmaradásáról.[52]

Amon kultusza egyébként nemcsak délen vert gyökeret, hanem a perzsa kor óta egyre inkább a nyugati végekre, a sivatagi oázisokba tolódott át. Templomok sora épült a Khargeh- és a Dakhleh-oázisban a thébai hármas istencsalád tiszteletére, a szívai jósda pedig világszerte ismertté tette az isten nevét. Amon neve magában foglalta a „rejtettség" fogalmát, és ez a rejtettség most földrajzilag is egyre inkább realizálódott, olyannyira, hogy végül is az Atlanti-óceán egyik mesés szigetét tekintették az isten lakhelyének.[53]

50 G. Daressy, Georges: *Medinet Habou*. Le Caire, 1897. 127–128.; Hölscher, Uvo: *The Excavation of Medinet Habu V. Post Rammesid Remains*. (The University of Chicago Oriental Institute Publications LXVI.) Chicago, 1954. 51–54.

51 L. Kákosy: *Probleme der Religion im römerzeitlichen Ägypten*. (Aufstieg und Niedergang der römischen Welt Bd. 18.5.), Berlin, New York,1995. 2938–2945.

52 Emery, Walter, Bryan–Kirwan, L.P.: *The Royal Tombs of Ballana and Qustul*. Cairo, 1938. 32. skk. tábla.

53 Markellos: *Aethiopica. In:* Jacoby, Felix: *Die Fragmente der griechischen Historiker* III. Leiden, 1958. 283–284.

A thébai nyugati parton Dáginak, a XI. dinasztia egyik vezírének sírjában és a sírja körül az Epiphanius-kolostor rendezkedett be,[54] Hatsepszut templomában állt a Phoibammon-kolostor,[55] IV. Ramszesz sírjába pedig remeték költöztek,[56] a 3. számú sírban pedig (Királyok Völgye) egy téglából épült remetelak került elő.[57] A magánsírokban tömegesen fordulnak elő a koptok jelenlétére utaló feliratok vagy rajzok.

Arany és ezüst nem fénylett többé a thébai épületek falán, a kolostorok és remetelakok ablakaiban pislákoló fények azonban egy új korszak kezdetét, egy új kultúra megszületését jelezték, egy olyan kultúráét, mely a remeteség és a szerzetesség intézményének létrehozásával a középkori Európa szellemi arculatának kialakulását is jelentősen befolyásolta.

Thébát választottam székfoglalóm tárgyául, azt a várost vagy, ha úgy tetszik, lelőhelyet, melyet szoros szálak kapcsolnak a magyar egyiptológiához. Magam a Dzsehutimesz-sírban és annak környékén kutatok 1983 óta, kollégáim, Gaál Ernő, Bács Tamás és Fábián Zoltán pedig három éve Bakenemaum, Imiszeba és Nofermenu sírjában dolgoznak. Ez a négy sír alkotja együttesen a Ramesszida sírprogramot, de ezenkívül volt még egy másik vállalkozás Thébában. A Thot hegyen Vörös Győző és Pudleiner Rezső folytatott templomfeltáró munkát.

Kutatásaim során az újbirodalmi, a thébai fénykorból származó leletek mellett újra és újra találkoztam az utólagos Ptolemaiosz-kori és még későbbi betemetkezések anyagával, Théba ókori történetének végső periódusával. Amikor a székfoglalóban nem Théba dicsőséges évszázadaival foglalkoztam, arra szerettem volna ráirányítani a figyelmet, hogy az egyiptomi Későkor nemcsak a hanyatlást, a pusztulást jelentette, hanem szemléletes példáját adta a különböző etnikumok együttélésének, vallások egymásra hatásának egy egyébként szélsőségesen konzervatív közegben. A témának tehát, úgy érzem, minden erőltetett aktualizálás nélkül is van bizonyos kapcsolódása mai egységesülő világunkhoz.

54 Winlock, Herbert, Eustis–Crum, Walter, Ewing: *The Monastery of Epiphanius at Thebes* I. New York, 1926.
55 Godlewski, Włodzimierz: *Le monastère de St Phoibammon* (Deir el-Bahari V). Varsovie, 1986.
56 Hornung, Erik: *Zwei ramessidische Königsgräber: Ramses IV. und Ramses VII.* (Theben XI.) Mainz, 1990 c. művében Bickel, Susanne: *Die koptischen Graffiti* fejezet, 134–137.
57 Winlock–Crum : i. m. 19.

III. MATEMATIKAI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA

Makkai Mihály
az MTA külső tagja

A KATEGÓRIAELMÉLET SZEREPE A MATEMATIKA MEGALAPOZÁSÁBAN

Elhangzott 1997. november 19-én

1. Az új, strukturalista megalapozás programja[1]

Néhány évvel ezelőtt figyelmem a matematikának egy az általánosan elfogadott halmazelméleti rendszertől lényegileg különböző, a kategóriaelméletre épülő, önálló megalapozása felé fordult. Ez a megalapozás, amelyet a matematika *strukturalista megalapozásának* nevezek, egészében jelenleg csak programként létezik; egyes részei azonban már megvalósultnak tekinthetők. A továbbiakban ezt a programot fogom, igen általános vonásaiban, felvázolni. Hangsúlyoznom kell, hogy nem célom teljes történeti áttekintést adni a kategóriaelméletnek a matematika alapjaira gyakorolt hatásáról, mondandóm egy elhatárolt program aspektusaira korlátozódik.

1 A szerző itt mond köszönetet a Magyar Tudományos Akadémia, az MTA Matematikai Kutató Intézete, és különösképpen a Németi István által vezetett Matematikai Logikai Csoport vendégszeretetéért. A szerző köszönetét fejezi ki a kanadai NSERC és a quebeci FCAR testületeknek az általuk a szerző kutatásaira fordított anyagi támogatásért.

2. A görögök hatása

Közismert, hogy az antik görögök mind a matematikában, mind pedig a filozófiában szellemtörténetileg meghatározót alkottak. A mai tudomány művelőjének, aki azt szokta meg, hogy a figyelemre méltó közlések a legutóbbi öt évben megjelent irodalomban keresendők, az antik művelődés általános jelentőségének tudatában is meglepő lehet annak felismerése, milyen erős és közvetlen hatású volt a régi görögök matematikája és filozófiája a matematika alapjairól való mai gondolkozásunkra. Még érdekesebb az a tény, hogy a görögség e két hagyatéka nem valamiféle ötvözetben, hanem egymástól elkülönülten hatott a matematika alapjaira. A görög matematikában alkalmazott *axiomatikus módszer* körülbelül száz évvel ezelőtt vált ismét a matematika alapjaira vonatkozó elképzeléseink lényeges elemévé.[2] A közbülső évezredek során a matematika fejlődésében az axiomatikus módszer nem játszott igazán fontos szerepet. A görög filozófia, elsősorban a *platóni ideák* tana, az elmúlt és a jelen században nagy hatással volt és továbbra is hatással van a matematika tárgyainak mibenlétére vonatkozó meggondolásainkra. Ez a hatás elsősorban Gottlob Frege matematikai logikáján és Georg Cantor halmazelméletén keresztül érvényesül.[3] A jelenleg az alapokban uralkodó szemléletet, a *matematikai realizmust* gyakran szokás egyszerűen *platonizmusnak* nevezni.[4] A matematika alapjául szolgáló, manapság majdnem általánosan elfogadott rendszer egy *platonista axiomatikus halmazelmélet*.

3. Az elsőrendű logika és a halmazelmélet

Az axiomatikus módszer modern kori újraéledése a matematika sajátos, képleteken alapuló nyelvének egy fontos kibővítésével, a *matematikai logika formális nyelvének* megalkotásával járt együtt. Ezt nagyrészt az analízis logikailag biztos alapokra való helyezésének igénye idézte elő. Elsősorban Karl Weierstrass tevékenységének eredményeképp létrejött a modern analízis logikailag komplex nyelvezete.[5] Például a határérték fogalmának ma már általánosan használt „epszilon-delta" formája, amely Weierstrass berlini diákjaiban oly élénk ellen-

2 A matematikai logika kifejlődését megelőző axiomatikus szemlélet klasszikus megfogalmazása David Hilbertnek a geometria alapjairól szóló, 1899-ben megjelent munkája [Hilbert 1899].

3 Ruzsa Imre és Máté András: *Bevezetés a modern logikába* című, újonnan megjelent könyve [Ruzsa/Maté 1997] igen alapos és élvezetes bevezetést nyújt egyebek között az említett cantori és fregei elméletekbe.

4 Lásd [Maddy 1990].

5 Az olvasó jó fogalmat alkothat Weierstrass hatásáról Hilbert híres, 1926-ban megjelent dolgozatából [Hilbert 1926], amely Weierstrass szerepének méltatásával kezdődik.

állást keltett, és még ma is a „gyakorlatban-fontos" differenciál/integrál kalkulus és a „csak-az-elméletben-érdekes" matematikai analízis választóvonala az egyetemi oktatásban, így fest:

$$\lim_{x \to a} f(x) = b \tag{1}$$

$$\overset{\text{def}}{\longleftrightarrow}$$

$$\forall \varepsilon \, (\varepsilon > 0 \rightarrow \exists \delta \, (\delta < 0 \wedge \forall x \, (0 < |x - a| < \delta \rightarrow |f(x) - b| < \varepsilon) \tag{2}$$

Az itt szereplő úgynevezett *kvantorok*: $\forall \varepsilon$: „minden ε-ra" és $\exists \delta$: „van olyan δ, amelyre", a modern logika felfedezése: a kvantoroknak primitív (tovább nem elemezhető) és alapvető logikai egységekként való felismerése elsősorban Gottlob Frege érdeme.[6] A fentebbiekből az (1) sor, a *definiendum* közönséges matematikai jelölésnek számít, és a mérnöki matematikát tanulók sem tiltakoznak ellene; jelentése az, hogy az f függvénynek az a helyen létezik határértéke, és az b-vel egyenlő. A *definiens* (2) logikai szimbolizmusa kevésbé jól ismert; ezt a mérnöki matematikát tanulók ha egyáltalán, akkor szavakban olvassák a következőképpen:

„Minden pozitív ε-hoz van olyan pozitív δ, hogy minden x-re, amely abszolút értékben δ-nál kevesebbel tér el a-tól, de nem egyenlő a-val, $f(x)$ ε-nál kevesebbel tér el b-től."

A fenti szimbolikus kifejezésben megismerkedtünk az *elsőrendű logika* alapelemeivel; a kvantorokon kívül itt még a *konjunkció* ($\wedge$) és *implikáció* ($\rightarrow$) logikai műveleteit látjuk alkalmazva.

Az axiomatikus halmazelmélet mai formájában az elsőrendű logikában megfogalmazott *formális axiómarendszer*. Ebben, radikális módon, minden létezőként elismert individuum halmaz. Az „első" vagy „legkisebb" halmaz az üres halmaz, $\varnothing$, amelynek nincs egyetlen eleme sem.

Az egyetlen extralogikai primitív fogalom az *elemének-lenni reláció*, $\in$, amely az $x \in y$, „x az y-nak eleme" alakú összefüggésekben szerepel. A halmazelmélet szemléletesen elképzelt univerzuma, amelyet Cantor és Neumann János neveivel szokás megjelölni, halmazok halmazaiból áll, mindazon halmazból, amelyet az üres halmazból kiindulva, már meglévő halmazokból mint elemekből transzfinit iterációban képezni lehet.

6 L. [Ruzsa/Máté 1997].

Az elsőrendű logika az *egyenlőséget*[7], $x=y$, *logikai* fogalomnak, tehát minden kontextusban változatlan, eleve adott jelentéssel bíró fogalomnak tekinti. A halmazelméletben azonban lehetne az egyenlőséget az elemének-lenni relációból definiáltnak is tekinteni, az úgynevezett *extenzionalitási axióma* definícióként való kezelésével:

$$x = y \xleftrightarrow[\text{def}]{} \forall z\,(z \in x \leftrightarrow z \in y).$$

Szavakban: két halmaz, x és y, akkor és csak akkor *egyenlőek*, ha bármely további z halmazra (emlékezzünk, hogy a halmazok elemei is halmazok!), z akkor és csak akkor eleme x-nek, ha eleme y-nak. Az ártatlannak látszó *egyenlőség* és a vele rokon *azonosság* szerepének fontossága a következőkben nagymértékben meg fog növekedni. Ezt előkészítendő, megemlítem az alapvető egyenlőségi axióma-sémát, az *egyenlőek megkülönböztethetetlenségének* (latinosabban: *az identikusak indiszcernibilitás*ának) elvét[8]:

$$\forall xy\,\vec{z}\,(x = y \rightarrow (\varphi\,(x, \vec{z}) \leftrightarrow \varphi\,(y, \vec{z})),$$

amely a platonizmus-realizmus alapján állva *logikai feltevés*, tehát bármely összefüggésben, nemcsak a halmazelméletben, feltételezett elv. Itt $\varphi\,(.,...)$ tetszőleges *formula*, az adott rendszerben nyelvtanilag helyesen felírt állítás; $\vec{z}$, a paraméter (inaktív változó), egy vagy több változó-szimbólum sorozatát jelöli.

Az elsőrendű logika szabatosan megfogalmazott *következtetési szabályokkal* rendelkezik. Az axiomatikus halmazelméletben, amely egy a sok lehetséges *formális rendszer* között, meghatározott, a logikai következtetési szabályok és a specifikus *Zermelo–Fraenkel-* (ZF-) féle halmazelméleti axiómákat alkalmazva halmazelméleti állításokat *formálisan bizonyítunk*.

Fontos hangsúlyozni, hogy a formális bizonyítások közeli rokonai a jól ismert *matematikai levezetéseknek*. Az utóbbiakban változókból, függvényekből és egyéb, bonyolultabb, elemekből álló *kifejezések* egyenlőségeit, időnként egyenlőtlenségeit manipuláljuk. (Az említett bonyolultabb elemekkel kapcsolatban gondoljunk a fentebb használt limeszjelölésre, továbbá a differenciál- és

7 A [Ruzsa/Máté 1997] könyv (melyet általános információ-forrásként tekintek azon olvasók számára, kik egyes használt terminusok jelentésének kívánnak utánanézni) nem használja az *egyenlő* szót, az *azonos*sal helyettesíti. Ebben a dolgozatban az „azonos" és „egyenlő" szavak mindegyikének fontos, de egymástól eltérő jelentése van; ezek a jelentések, remélhetőleg, világossá válnak a dolgozat olvasása folyamán. Megjegyezzük, hogy itt az „egyenlő" szót a matematika köznyelvével teljesen megegyező módon használom; ezzel szemben, az „azonos" szó jelentése inkább annak filozófiai használatával van kapcsolatban.

8 Ezt [Ruzsa/Máté 1997]-ban mint az *azonosak felcserélhetőségének* törvényét, Leibniz nevéhez kapcsolva találjuk meg, l. a 95. oldalt.

integrálszámítás jelöléseire, amelyek nyelvtani szerkezetük szempontjából közel állnak a kvantorokhoz. Matematikailag itt *operátorokról*, azaz függvényeken operáló függvényekről van szó.) A matematikai levezetések nyelvezete, amelynek nyelvtani szabályai tulajdonképpen igen bonyolultak, és a gyakorlatban ritkán világosan megfogalmazottak, a matematika *köznyelvének* egy fontos *rétegét* alkotja. A levezetések nyelvét nemcsak a szűkebb értelemben vett hivatásos matematikusok, hanem a matematika tudományos és mérnöki alkalmazói is kiterjedten használják. A matematikai logika formális rendszereinek formális bizonyításai nem valami idegen test a matematikában, hanem a matematika újkori köznyelve egy természetes továbbfejlesztésének elemei (az ógörög matematikusok nem ismerték a levezetéseket, de még az algebrai jelöléseket sem!).

A halmazelmélet manapság szokásos formalizálása viszonylag későn, Gödel [Gödel 1940] munkájában található meg először érett formájában.[9] Ez az alapvető mű azért is fontos, mert meggyőzően bemutatja, hogy a formális rendszer nem valami természetellenes eltorzítása a szemléletes elméletnek, hanem annak egy tökéletesebb megfogalmazása.

Itt meg kell jegyeznem, hogy a matematika alapjaival foglalkozó közelmúltbeli és jelenkori filozófiának véleményem szerint legjelentősebb fogyatékossága annak elmulasztása, hogy a matematika nyelvét *köznyelvként*, a tudományos és technikai élet köznyelveként tekintse és elfogadja. A mai filozófia vizsgálódásai nagymértékben a *nyelvre* irányulnak. Azonban a „nyelv" itt majdnem kizárólag a nem-technikai, általános vagy „természetes" köznyelvet jelenti. Az, amit a modern filozófia egyik fő hibájául rovok fel, a természetes nyelv lényegszerű elválasztása az úgynevezett technikai vagy szaknyelvektől és az előzőeknek döntő előnyben részesítése az utóbbiakkal szemben. A szaknyelvek valójában lényeges és egyben új vonásokkal rendelkező részei a nyelv totális valóságának. A szaknyelvi jelenségek között a matematika nyelvének elemei kiemelkednek fontosságukkal, egyrészt mivel a matematika módszertani és *nyelvi* alapul szolgál a természet- és mérnöki tudományok számára, de azért is, mert a matematika belső megalapozási és nyelvi problémái lényeges pontokon érintkeznek a filozófia alapkérdéseivel.

Egy formális rendszer legfontosabb vonása annak teljes szabatossága, szabályainak teljesen pontos és explicit tételezése. Ennek alapján például az axiomatikus halmazelméletben egy állítás egy adott *formális* bizonyításának helyessége

9 Többek között, a halmazelmélet modern axiomatizálásának történetéről egy rövid leírás található Robert Solovay-nek a [Gödel 1940] alatt idézett gyűjteményes Gödel-kötetben található, a Gödel említett munkájára vonatkozó bevezető megjegyzéseiben.

teljesen *objektív* kérdés, amelyet mechanikusan, akár számítógéppel is eldönthetünk; mindössze azt kell ellenőriznünk, vajon a következtetési szabályokat az előírásoknak megfelelően használta-e a formális bizonyítás.

A halmazok formális elméletét lehetséges a matematika egészének alapul szolgáló formális rendszerként tekinteni. A halmazelmélet tételeit elfogadott kulcsok szerinti fordításokban, a matematika legkülönbözőbb ágaiban kimondott tételekként értelmezhetjük. A halmazelméletnek a matematika alaptudományaként való általános elfogadása[10] azon a tényen alapul, hogy a fenti eljárással a matematika döntő részét sikerül a halmazelméleten belül értelmezni. Azonban fontos megjegyezni, hogy a matematika különböző részeinek halmazelméleti formalizálása ritkán történik meg egy a teljességet megközelítő módon. Ennek természetes oka az, hogy a matematika különböző ágainak mindegyike maga is rendelkezik a saját természetes, bár általában nem formalizált nyelvével, és az adott matematikai ágnak a halmazelmélet „tiszta", tehát az adott matematikai ág idiómáit nem tartalmazó nyelvére való átfogalmazása természetellenesnek tűnik.

4. Absztrakt struktúrák

A 20. század matematikájának megkülönböztető jegye az *absztrakt* (elvont) *struktúra* (rendszer) fogalma. Ezek között vannak az *algebrai struktúrák*, csoportok, testek stb.; a *kategóriák* maguk is idetartoznak. A modern geometria alapegységei, a tolopogikus terek, differenciálható sokaságok, algebrai varietások is *absztrakt struktúrák*. A sort tovább folytathatnánk a valószínűség-számítás, a kombinatorika, a funkcionálanalízis absztrakt struktúráival.

Az absztrakt matematikai struktúra tipikusan *halmazelméleti* fogalom. Azonban szemléletesen és történetileg a régebbi *naiv* halmazelméleten alapul, nem a ZF iteratív halmazfogalmán (a naiv halmazelmélet például nem tételezi fel, hogy minden matematikai objektum halmaz). Dolgozatomnak a célja az, hogy a halmaz fogalmának, vagy óvatosabban fogalmazva, a matematikai összesség fogalmának egy új, *strukturalistának* nevezett, végső rendben formalizált (tehát nem „naiv") elmélete felé vezető úton az első lépéseket leírjam. Erről az elméletről azt hiszem, hogy az absztrakt struktúra intuitív ideájának és matematikai szükségleteinek jobban megfelel, mint a szabványos ZF-megalapozás.

A „strukturalista halmazelmélet" elnevezésnek a hibája az, hogy ugyan vannak *halmazok* az új elméletben, de vannak más összességek is benne, amik nem

10 L. [Hilbert 1926], különösen a híres mondatot: „Senki sem fog kiűzni bennünket a Paradicsomból, amelyet Georg Cantor teremtett számunkra." (191. p. az újranyomásban).

halmazok. Mint ahogyan látni fogjuk, ebben a *strukturalista összességelméletben* a kategóriák a matematikai összességeknek egy a halmazénál általánosabb alaptípusaként jelennek meg, végtelen sok további, bonyolultabb összességtípussal együtt. A legközönségesebb példák kategóriákra az egyes struktúrafogalmak alá tartozó egyedeknek a kategóriái, a csoportok kategóriája, a topologikus terek kategóriája stb. Másrészről kategóriák által alkotott összességek már nem kategóriák többé, hanem kétdimenziós kategóriák (erre később visszatérünk). Ezek után természetes, hogy egy teljes képhez szükség van egy n-dimenziós kategóriafogalomra, minden egyes n természetes szám mellett.

A *strukturalista, strukturalizmus* szavakat itt egy szűk és új értelemben használom, amely azonban természetesen rokon a szokásossal. Matematikai strukturalizmuson legtöbbször a francia Bourbaki-iskola nézeteit szokás érteni; a híres Bourbaki-könyvsorozat a modern matematikának a struktúrafogalmak osztályozásán és gondos megválogatásán alapuló enciklopédikus kifejtését adja. Másrészről a filozófiai irodalomban fellelhető a matematikának egy úgynevezett strukturális filozófiája. Ennek az irányzatnak Paul Benaceraff a megalapítója, akinek nézetei rám is nagy hatással voltak; lásd [Benacerraf 1965] és [Makkai 199?]. A strukturalizmusnak, a szó itt használt jelentésében, a legfontosabb összetevője a kategóriaelmélet. Az a tény, hogy az itt hangoztatott nézetek újszerűnek hatnak, nagyrészt annak a következménye, hogy a filozófiai és a hivatalos matematikai-logikai irodalom kevéssé vesz tudomást a kategóriaelméletről.

Megjegyzendő azonban, hogy a strukturalista program viszonya a kategóriaelmélethez nem egyszerű. A kategóriaelmélet meglévő formájában nem elegendő a strukturalista program céljaira; szükség van mind a kategóriaelmélet meglévő fogalmainak revíziójára, mind pedig az elmélet kiterjesztésére. Mindemellett a strukturalista megalapozás teljes mértékben a Gottlob Frege által kezdeményezett és a matematikai logika által kidolgozott modern axiomatikus szemléletet követi, és ennyiben szemben áll a kategóriaelmélet jelenlegi gyakorlatával, amely – sajnos – *de facto* igen élesen elhatárolja magát a matematikai logika „formális" szemléletétől. A strukturalista program a ZF-féle megalapozást nem egyszerűen elveti, hanem egy attól lényegesen eltérő, de azzal összevethető és összevetendő rendszert javasol.

5. Őselemek és absztrakt halmazok

Az „absztrakt" jelző a „struktúra" szó mellett egy sajátos szemléletet takar: azt, hogy a struktúra alaphalmaza *absztrakt halmaz*, amelynek elemei önmagukban *karakternélküli* pontok, amelyek szerepe teljesen kimerül a struktúra alaprelációinak vagy műveleteinek hordozásában. Rögtön megjegyzendő, hogy az absztrakt

halmaz ideája teljesen ellentétes a cantori vagy ZF típusú iteratív halmazéval. Minden cantori halmaz, és így a cantori halmazok minden eleme, *individuálisan meghatározott* az összes halmaz körében, ami a karakter-nélküliség ellentéte. (Ennek egy lehetséges matematikai kifejezése az a tény, hogy a cantori univerzumnak nincs nem-triviális automorfizmusa.) A karakter nélküli pontok szerepét a standard halmazelmélet művelői is felismerték, és ezeket *őselemeknek* nevezik[11]; a halmazelmélet felépíthető őselemek bevonásával is. Nos, az absztrakt struktúrák, természetüknél fogva, *őselemekből álló absztrakt halmazokra* épülnek.

De lehetséges, hogy *minden* struktúra absztrakt legyen? Az rendben van, hogy legyenek absztrakt csoportok; de úgy látszik, szükség van nem-absztrakt csoportokra is, hiszen például beszélünk az 1, 2, ..., *n* szimbólumok permutációinak csoportjáról; ennek elemei korántsem őselemek, hanem önálló struktúrával rendelkező egyedek, ti. permutációk.

Ennek az ellenvetésnek ellenére az itt képviselt radikális strukturalizmus álláspontja, miszerint *minden halmaz absztrakt*, és így például *minden csoport absztrakt csoport*, posszibilis álláspont, amelynek keretében lehetséges a csoportok és egyéb struktúrák matematikai elméletének természetes kifejtése. Ezt demonstrálandó, szükséges lenne elmerülni az absztrakt halmazok *kategóriájának* részleteiben. Ebben az absztrakt halmazok szegényes belső struktúráját a közöttük lévő *leképezések* (függvények) egészítik ki, lehetővé téve egy messzemenően kifejezésképes halmazelmélet felépítését. A permutációk fentebb említett csoportja ebben úgy jelenik meg, mint egy absztrakt csoport, amely további halmazok és leképzések segítségével meghatározott kapcsolatban áll a $\{1, 2, ..., n\}$ halmazzal[12]. Ennek a kapcsolatnak a jelenléte kielégítően helyettesíti azt a körülményt, hogy a csoport *a mondott szimbólumok permutációiból áll*. Ez utóbbi körülmény természetesen szó szerint nem áll fenn, hiszen a csoport elemei most is csak őselemek. Ebben a felfogásban a permutációk csoportja nem egyszerűen egy bizonyos tulajdonságok által kitüntetett csoport, ahogyan azt szokásosan elképzeljük, hanem egy olyan összetettebb struktúra, amely egy absztrakt csoport és bizonyos további strukturális elemek együttese.[13]

---

11 [Ruzsa/Máté 1997] ezeket *ősob*oknak (ősobjektumoknak) nevezi.

12 Az olvasó itt kérdezheti: „De hogyan rögzítjük az (1, 2, ..., n) halmazt? Ezt talán, más halmazokkal ellentétben, egyértelműen ki tudjuk szemelni?" Ha a második kérdésre a válasz „igen" lenne, az a strukturalista elveknek ellentmondana. A strukturalista kifejtésben a természetes számok halmazát nem abszolute, hanem csak egy bijekció erejéig tudjuk kiszemelni (lényegében a másodrendű Peano-axiómák segítségével, amelyeknek van egy, F. W. Lawvere által talált, elegáns kategóriaelméleti megfogalmazása). Az 1, 2, ..., n elemek permutációi csoportjának fogalma a strukturalista felfogásban tartalmaz egy utalást a természetes számok strukturalista fogalmára.

13 [Lawvere 1976] a matematikának az absztrakt halmazokon alapuló, a toposzelmélet keretei között történő felépítését definitív módon írja le.

A strukturalizmus jelmondata ez lehet: nincsenek lényegek, csak viszonylatok vannak.

Az absztrakt struktúrák és az absztrakt halmazok tárgyalásakor az *egyenlőség* relációt használjuk külön-külön minden egyes halmaz elemeire, például az algebrai egyenlőségek felírásakor. De nem természetes két külön megadott halmaz A és B esetén arról beszélni, hogy az A-nak egy a eleme *egyenlő*-e vagy sem a B egy b elemével. Például ha veszünk két tetszőleges absztrakt csoportot, G-t és H-t, és ezeket kapcsolatba hozzuk, például egy harmadik csoportot képezünk belőlük, az absztrakt algebra álláspontjából nézve nem természetes a tárgyalást attól tenni függővé, hogy a G-nek egy eleme *egyenlő*-e H-nak egy elemével. Ehelyett megfelelő *leképzések* posztulálásával és használatával élünk. Összefoglalva: a strukturalista felfogásban minden (absztrakt) A halmazhoz van egy hozzá tartozó $=_A$ egyenlőségi reláció. Az $x =_A y$ kifejezés értelmes, midőn x és y az A *halmazon végigfutó változókként vannak deklarálva*; azonban az $x =_A y$ kifejezés értelmetlen, ha x vagy y esetleg más halmazok elemeit is jelenthetik.

A most mondottak már a strukturalista összességelmélet nyelvtanának kifejtéséhez tartoznak. Egy további, az előzőekkel összefüggő nyelvtani tény az, hogy az $x \in A$ kifejezésnek erősen megszorított szerepe van. Ha x a B halmaz egy elemét jelenti, akkor *nincs értelme* azt kérdezni, hogy $x \in A$ fennáll-e, hiszen ez azt kérdezné, hogy x *egyenlő-e* A egy elemével. Ha viszont x már eleve az A halmaz egy eleme, akkor $x \in A$ automatikusan igaz. Emiatt $x \in A$ nem egy valódi ítélet, mindössze egy *változó-deklaráció*. Például ebben a nyelvtanban nem lehet az $x \in A$ kifejezés *negációját* képezni. Vegyük észre, hogy a most leírtak azzal a következménnyel járnak, hogy *nem áll rendelkezésre két absztrakt halmaz egyenlőségének az extenzionalitás elvével való definíciója*. Ezért az absztrakt halmazok tárgyalásakor nem beszélhetünk ezek közötti *egyenlőségről*; ha ennek valamiféle szükségét érezzük, *leképezések* segítségével oldjuk meg a problémát.

Az absztrakt halmazok elméletének azok kategóriáján alapuló felépítése a *toposzelmélet* (lásd pl. [Mac Lane/Moerdijk 1994]. A toposz fogalmát Alexander Grothendieck vezette be az 1960-as években, az algebrai geometriában való alkalmazások céljából. Elsősorban F. William Lawvere érdeme az általánosabb *elemi toposz* fogalmának felfedezése. Egy elemi toposz az elsőrendű logikában felírt bizonyos axiómáknak eleget tevő kategória. Az elemi toposz fogalma lényeges alkotórésze a strukturalista megalapozásnak. Hangsúlyozandó azonban, hogy a toposz fogalma nem elegendő a strukturalista összességelmélet céljaira. Ha csak halmazokról kellene beszélnünk, akkor elegendő volna; azonban a halmazokon túlmenően vannak például *kategóriák* is (amelyre egy példa a halmazok toposza), és a kategóriák maguk egy újfajta összességet alkotnak, ami nem toposz, de nem is kategória, hanem *kétdimenziós kategória*.

6. Izomorfia

A csoport, amit itt csak példaként tekintünk, egyszerű absztrakt matematikai struktúra; egyetlen, az elemein végzett kétváltozós művelettel van megadva. Ezt az operációt, amely természetesen csoportról csoportra változik, a közönséges szorzásra használt jelöléssel, $x \cdot y$-ként írjuk.

Ha egy absztrakt csoport minden egyes, mint tudjuk, önmagában karakter nélküli elemét szisztematikusan kicseréljük egy másik karakter nélküli őselemre, vigyázva arra, hogy az elemek közötti operációs kapcsolatokat ne zavarjuk meg eközben, akkor a csoporton a lényeget illetően mit sem változtattunk. Az eredeti csoport G-vel, a leírt cserék eredményeként kapottat H-val jelölve, a G és H közötti kapcsolatot azzal lehet leírni, hogy azok *izomorfak* egymással.

Az izomorfia fogalmának meghatározása *leképezések* bevonásával történik. G és H *izomorfak*, szimbolikusan:

$$G \cong H,$$

ha léteznek olyan G-t H-ra és H-t G-re történő f és g leképezések, szimbólumokban:

$$f\colon G \to H, \quad g\colon H \to G,$$

amelyek a csoportok műveleteivel kompatibilisek:

minden esetben, midőn a G csoportban fennáll egy $x \cdot y = z$ alakú összefüggés, akkor $x' = f(x)$, $y' = f(y)$, $z' = f(z)$ mellett az $x' \cdot y' = z'$ reláció fennáll H-ban, és hasonlóképpen g-re (azt mondjuk, hogy f és g *csoport-homomorfizmusok*); továbbá

$$g \circ f = \mathrm{id}_G, \; f \circ g = \mathrm{id}_H,$$

amely képletek azt fejezik ki, hogy f és g egymásnak inverzei:

$$g(f(x)) = x \text{ és } f(g(x')) = x'$$

minden $x \in G$ és $x' \in H$ mellett.

Az adott esetben az f leképzés maga egy *izomorfizmusa* G-nek H-ra; hasonlóképpen, g egy izomorfizmusa H-nak G-re.

A homomorfizmus és az izomorfizmus, izomorfia minden „szokásos" struktúratípusnál fellépő, nélkülözhetetlen fogalmak. Az elnevezések változhatnak; például a topológikus terek esetén homomorfizmus helyett *folytonos leképezésről*, izomorfizmus helyett *homeomorfizmusról* beszélünk.

7. Az azonosság és a strukturalista követelmény

Az *„azonosság"* szó az *„identitás"* szó pontos fordítása. A latin szó töve „id", magyarul „az", a legalapvetőbb és legprimitívebb utalásmód, a rámutatás (osztenzio) nyelvi megfelelője. Az angol nyelvben igen gyakori az *identity* szó használata olyan összefüggésekben, mint „national identity", „identity crisis", „struggling with problems of identity", amelyek mind egy dolog vagy személy *azonosságára, azonosíthatóságára* utalnak, arra, hogy milyen pontosan és jól lehet megmondani, *mi az*, illetve *ki ő*. A magyar TV-hírekben is hallottam már a „nemzetiségi identitás"-ról; kár, hogy „nemzetiségi azonosságot" nem mondunk.

Az „az" és az „azonosság", valamint az „id" és az „identitás" között van nyelvtanilag az „azonos", „identikus" relációt jelentő jelző. Michael Dummet oxfordi filozófus Gottlob Fregéről szóló könyvében[14] azt mondja, hogy Frege, akit a modern logika megalapítójának tekintünk, volt az első, aki az identikusnak lenni relációt az egyenlőnek lenni relációval azonosította, és a logika primitív alaprelációjává tette. Mindenesetre világos, hogy az egyenlőnek lenni reláció a matematika nyelvének egy nélkülözhetetlen eleme; a legegyszerűbb algebrai összefüggések is *egyenlőségek*. A standard halmazelmélet, amely ugyan sok mindenben módosítja a platóni-fregei álláspontot, ebben a tekintetben teljesen az utóbbi szemlélet alapján áll, és az egyenlőséget univerzálisan, bármely két létezőre alkalmazható, logikai, mondhatnánk *a priori* módon adott, bináris (kétváltozós) relációként tételezi.

Az absztrakt struktúrák természetes vagy „strukturalista" logikája és a platóni-fregei azonosságszemlélet között ellentmondás vagy legalábbis feszültség van. Az előbbi szerint a struktúrák tulajdonképpeni azonosságfogalma nem az *a priori* platóni-fregei egyenlőség, hanem az *izomorfia*. Két struktúra *lényegileg ugyanaz*, ha *izomorfak*. Egy adott struktúratípusra vonatkozó tulajdonság csak akkor legitim, matematikailag értelmes, ha az *azonosak megkülönböztethetetlensége* (identikusak indiszcernibilitása) klasszikus elvének eleget tesz, midőn „azonos"-on „izomorf"-at értünk; más szóval, ha a tulajdonság *izomorfiára nézve invariáns*: a tulajdonságot P-vel jelölve, tetszőleges adott típusú G és H struktúrákra (például csoportokra) fennáll a következő:

$$G \cong H \Rightarrow [P(G) \leftrightarrow P(H)]. \qquad (3)$$

Az, hogy egy csoport *véges* vagy *végtelen*, hogy *ciklikus, Abel-féle, feloldható, nilpotens* vagy *szabad*, mind *csoportelméleti* tulajdonságok, amennyiben ha P bár-

14 [Dummet 1981], 542.

melyike a felsoroltaknak, és ha egy csoport P-vel rendelkezik, akkor minden vele izomorf csoport is rendelkezik P-vel. Azonban az, hogy a 17-es szám eleme egy csoportnak, nem csoportelméleti tulajdonság, mégpedig azért, mert ez a tulajdonság nem öröklődik egy csoportról egy vele izomorf csoportra: az elemek egy izomorf kicserélésével elérhetjük, hogy a 17 már nem szerepel a csoport elemei között. Nevezzük a (3)-ban foglalt összefüggést a P tulajdonságra vonatkozó *strukturalista megszorításnak*.

Nézzük meg közelebbről, mit jelent az, hogy az izomorfia, és nem az egyenlőség az absztrakt struktúrák helyes azonosságfogalma. Ennek az elvnek két, egymást támogató aspektusa van. A mondott elv egyrészt hasznos előírás, *norma* a matematikai gyakorlatot illetően, másrészt kényszerítő *tény*.

Az első aspektust illetően a gyakorló absztrakt matematikus majdnem öntudatlanul ellenőrzi azt, hogy egy általa vagy mások által javasolt, *csoportokra általában vonatkozó* (tehát nemcsak egy bizonyos szűkebb csoport-osztályt érintő) tulajdonság izomorfiára invariáns-e; ha ez nem teljesül, a tulajdonság elvetendő, illetve nem fogadható el mint valami, ami *csoportokra általában alkalmazható*. A tapasztalat azt mutatja, hogy ennek a normának követése az elmélet minőségére jó hatással van.

Másodszorra: a *tény* az, hogy amikor nem triviális esetekben azt tudjuk bizonyítani, hogy két különböző módon kapott absztrakt struktúra *egymással azonos*, akkor általában nem az igaz, hogy azok egymással *egyenlőek*, hanem az, hogy *izomorfak*. Gondoljunk az algebra *reprezentációs tételeire* (például a Boole-algebrákra vonatkozó Stone-féle reprezentációs tételre) vagy *struktúratételeire* (például a főideálgyűrűk feletti modulusokra vonatkozóra), amelyek mind egy-egy *izomorfiát* állítanak. Természetesen ezek a tételek azért *hasznosak*, mert a két azonosnak állított struktúra valóban ugyanúgy viselkedik minden fontos vonatkozásban, *hiszen minden fontos vonatkozás engedelmeskedik a strukturalista megszorításnak*, a fenti norma erejének következtében!

A strukturalista szemlélet konzekvens, radikális alkalmazása megköveteli, hogy például csoportok esetében

csak olyan csoportokra vonatkozó tulajdonság szerepelhessen egy matematikai összefüggésben, amely a (3)-ban leírt *strukturalista megszorításnak* eleget tesz.

Az itt közlendők egyik fő tézise az, hogy

lehetséges a matematika természetes kifejtése a leírt *strukturalista követelmény* szigorú betartása mellett.

Az „azonosság" szó értelme elemibbnek, elsődlegesebbnek tűnik, mint az „azonos" relációt jelentő szó értelme. Problematikus a logikának az a vonása, hogy csak a második dologgal foglalkozik, az elsővel nem. Frege tudta, hogy az azonosság fogalma mély és nehéz; ez húzódik meg második korszakának fő

témája, az értelem és az utalás (jelölet) („Sinn" és „Bedeutung", „sense" és „reference") kapcsolatának vizsgálata mögött (lásd [Frege 1892]). Véleményem szerint a modern analitikus filozófia hiányossága, hogy az azonosság fogalmát nagymértékben kézenfekvőként fogadja el, trivializálja. A strukturalizmus mélyebb jelentősége abban van, hogy a bennünket körülvevő absztrakt valóság azonosságproblematikáját komolyan veszi.

Ezzel kapcsolatban utalok [Makkai 199?] cikkemre, amely Paul Benacerraf-nak a matematikai-filozófiai strukturalizmust megalapító [Benacerraf 1965] cikkére alapozva nemcsak a matematika tárgyainak, hanem a „gyakorlati élet" absztrakt tárgyainak (mint például a versek vagy számítógépi programok) azonosságára vonatkozólag is igyekszik egy új szemléletet kialakítani. Idézett dolgozatom választ adhat olyan természetesen felmerülő kérdésekre is, mint például a következő: Hogyan lehetséges *„az A-val jelölt halmaz"*-ról beszélni, ha az, hogy két halmaz *egyenlő-e, ugyanaz*-e, elvileg eldönthetetlen kérdés (mint a strukturalizmusban, lásd az 5. szakaszt)?

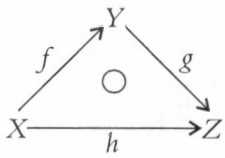
8. A kategória fogalmának definíciója

A *kategória* fogalmát a matematika szokásos nyelvén, tehát *halmazelméletileg* megfogalmazva így definiáljuk. Egy **C** kategória a következő adatokkal és feltételekkel van megadva:

- *objektumok* egy O(**C**) osztálya (amennyiben egy „nagy" kategóriáról van szó, ez egy valódi osztály, azaz nem halmaz);
- *morfizmusoknak* egy A(**C**) osztálya;
- minden $f \in$ A(**C**) morfizmushoz adva van annak *forrása* d(f) és *célja* c(f), amelyek objektumok, midőn d(f)=X és c(f)=Y, az f:X $\longrightarrow Y$, $X \xrightarrow{f} Y$ jelöléseket használjuk;
- minden $X \in O(\mathbf{C})$ objektumhoz hozzá van rendelve a kitüntetett *egység* 1_X: $X \longrightarrow X$ morfizmus;
- midőn $X \xrightarrow{f} Y \xrightarrow{g} Z$, egyértelműen meg vannak adva az f-nek és g-nek a kompozítuma, az $X \xrightarrow{g \circ f} Z$ morfizmus;
- teljesülnek a következők:

$$X \xrightarrow{1_X} X \xrightarrow{f} Y :: f \circ 1_X = f$$
$$X \xrightarrow{f} Y \xrightarrow{1_Y} Y :: 1_Y \circ f = f$$
$$X \xrightarrow{f} Y \xrightarrow{g} Z \xrightarrow{h} W :: h \circ (g \circ f) = (h \circ g) \circ f.$$

A $h = g \circ f$ reláció a morfizmusok által alkotott diagram (jelen esetben háromszög) *kommutativitásával* ekvivalens:



A legkézenfekvőbb kategória a *halmazok kategóriája*, Set, amelyet már fentebb említettünk mint a toposzelmélet alapját. Sok egyéb matematikailag fontos kategória van, mint például a csoportok kategóriája, amelyben a morfizmusok a homomorfizmusok. A kategória fogalmára úgy kell tekintenünk, mint a 3. szakaszban részben vázolt *minimális halmazelmélet* egy analogonjára. A minimális halmazelmélettel szemben a kategória fogalmának sok természetes algebrai modellje van. Ezzel szemben ezek között csak kevés *toposz*, tehát olyan kategória, amely rendelkezik a halmazok kategóriájának specifikus tulajdonságaival.

9. A kiterjesztett kategóriaelmélet mint az azonosság és az összesség fogalmai új, komplex értelmezésének elmélete

Minden kategória rendelkezik objektumai izomorfiájának fogalmával; ezt ugyanúgy értelmezzük, mint fentebb a csoportok speciális esetében tettük, a homomorfizmus fogalma segítségével: egy izomorfizmus nem más, mint invertálható morfizmus. Azonban *nem jó* az objektumok *egyenlőségéről* beszélni. Ez egy gyakran ismételt diktum a kategóriaelméletben. Már fentebb említettük ennek azt a speciális esetét, hogy nem jó az absztrakt halmazok egyenlőségéről beszélni. A strukturalizmus, mint megalapozási kiindulás, nem tételezi fel, hogy egyáltalán *létezik* egyenlőségi reláció egy kategória objektumai között. Természetesen az objektumokra nézve az izomorfiát tekintjük a helyes azonosságfogalomnak.

Legyen $\boldsymbol{X}$ és $\boldsymbol{A}$ egy-egy kategória. Mit jelentene $\boldsymbol{X}$-nek és $\boldsymbol{A}$-nak az izomorfiája? Nyilván azt, hogy léteznek olyan struktúramegőrző $F : \boldsymbol{X} \to \boldsymbol{A}$ és $G: \boldsymbol{A} \to \boldsymbol{X}$ leképezések (funktorok), amelyek inverzei egymásnak, tehát minden esetben, amidőn $X \in O(\boldsymbol{X})$ és $A \in O(\boldsymbol{A})$, a $G(F(X))=X$, $F(G(A))=A$ relációk fennállnak. De ezek a relációk objektumok egyenlőségét fejezik ki, olyasmit, amit – megegyezésünk szerint – nem használhatunk. Ezek szerint a kategóriák

izomorfiájának fogalma nem áll rendelkezésre. De akkor nem lehetséges, hogy kategóriák egy kategória objektumai legyenek. Tehát azok az összességek, amelyek „kategóriákból állnak", nem lehetnek maguk is kategóriák. Egy ilyen összesség valami „másodfokú" vagy „két-dimenziós" kategória kell, hogy legyen, amely – durván szólva – úgy viszonylik a kategóriához, mint ahogy a kategória viszonylik a halmazhoz. Továbbá a kategóriák helyes azonosságfogalma valami olyasmi kell, hogy legyen, ami úgy viszonylik az izomorfiához, mint ahogy az izomorfia viszonylik az egyenlőséghez. A kategóriák helyes azonosságfogalma jól ismert, és a kategóriák *ekvivalenciája* nevet viseli. A fentieket ismételve, minden $n=0, 1, 2, 3, \ldots$ természetes számra természetes módon felmerül az *n-dimenziós kategória* fogalmának és az n-dimenziós kategóriák azonossága megfelelő fogalmának szükségessége. Az is világossá válik, hogy nem elég n-dimenziós kategóriákról beszélni: ezek közötti leképezésekre és más egyebekre is szükség van.

A strukturalista megalapozás felé vezető úton ezzel elérkeztünk a legfontosabb felismeréshez. Eszerint ezen megalapozás univerzuma egy hierarchikusan szervezett, komplex valami, amelyben a különböző elemek azonosságfogalma más és más, és ezek az elvek maguk is komplex struktúrával rendelkeznek. Ennek az univerzumnak már a puszta definíciója egy nagymértékben nem triviális feladat, amiben ugyan a legutóbbi időkben fontos előrelépések történtek, de amelynek teljes megoldása még nem áll rendelkezésre.

Nem mondhatnám, hogy a fenti meggondolások általánosan elfogadottak lennének a matematikusok körében. Amiért azonban matematikailag nem vagyok elszigetelt, az a körülmény, hogy a strukturalista program által felvetett matematikai problémák más szempontokból is felmerülnek, és jelenleg igen nagy érdeklődésnek örvendenek.

Az úgynevezett *„weak n-category"*, *„gyenge n-kategória"* fogalmának meghatározása a kvantumcsoportok, a topologikus kvantummező-elmélet (topological quantum field theory), és egyéb rokon területeken dolgozók igen széles körében fontosnak tartott feladat.[15]

A Claudio Hermidával és John Powerral közösen nemrég írt [Hermida/Makkai/Power 199?] dolgozatunkban a mondott fogalomnak az ez idő szerint legexplicitebb definícióját, legkonkrétabb leírását adjuk. Az általunk bevezetett fogalomnak *multitopic category* (*multitopikus kategória*) a neve. A név a *multitop* új fogalmára utal, ami viszont a klasszikus geometriai *politop* egy „irányított" változata. Munkánkat nagymértékben befolyásolta John Baez és James Dolan nemrég nyilvánosságra hozott rokon témájú dolgozata

15 L. [Baez/Dolan 1995].

[Baez/Dolan 1998], amelyben „opetopic sets" és „opetopic category" szerepelnek, az operad algebrai-topológiai fogalmára való utalással.

A multitopikus kategória fogalma véleményem szerint a megfelelő általános strukturalista összességfogalom. Azonban ahhoz, hogy ezt valóban végérvényesen elfogadhassuk, még sok mindent kell tenni. A magasabb dimenziós kategóriák univerzumának sok intuitíve elvárt strukturális tulajdonságát még pontosan meg sem fogalmaztuk.

A legutóbbi időkben mások is, mint például Michael Batanin, előterjesztettek többé-kevésbé explicit definíciókat a gyenge n-dimenziós kategória fogalmára[16], azonban ezek, legalábbis közvetlenül, nem alkalmasak a strukturalista megalapozás céljaira.

Térjünk a *strukturalista követelmény általános meghatározására*. Eszerint a matematika formális nyelve olyan kell, hogy legyen, hogy

abban minden megfogalmazható állítás igazságértéke invariáns minden olyan transzformáció mellett, amely egy tetszőleges szabad változó értékét egy vele azonos *értékre változtatja, az „azonos" kifejezésnek az adott változó típusára érvényes azonosságfogalom szerinti értelmében.*

10. A kategóriaelmélet egyes alapfogalmainak revíziója

Jelenlegi formájában a kategóriaelmélet sok vonatkozásban a helyes választ adja a strukturalista kérdésekre; ugyanakkor, már egészen elemi esetekben is, szükségesnek mutatkozik a kategóriaelméleti fogalmak módosítása. A két kategóriát összekötő *funktor* fogalma nem más, mint a homomorfizmus standard algebrai fogalma a kategóriák esetében. Nem meglepő, hogy a funktor alapvető fogalom a kategóriaelméletben – strukturalista szempontból tekintve azonban nem megfelelő. Az **X** kategóriát az **A** kategóriába képező $F : \mathbf{X} \to \mathbf{A}$ funktor mellett tekintsük a következő predikátumot:

$$P(X, A) \underset{def}{\longleftrightarrow}$$

„az F funktor értéke az **X** kategória X objektuma mint argumentum mellett az **A** kategória A objektuma".

Vegyük észre, hogy ezt a predikátumot a szokásos matematikai jelölésben az

$$F(X) = A$$

egyenlőséggel, mégpedig az **A** kategória objektumaira vonatkozó egyenlőséggel jelöljük. Ez a predikátum nem tesz eleget a strukturalista megszorításnak:

16 [Batanin 1998].

midőn, X rögzítése mellett, az A objektumot egy vele izomorf objektumra változtatjuk, a predikátum igazságértéke általában nem változatlan, egyszerűen azért, mert a funktor értéke abszolúte egyértelműen – és nemcsak izomorfia erejéig egyértelműen – van megadva. A strukturalista követelmény olyan „funktor"-t kíván, amelynek objektumértékei csak a mondott lazább módon vannak meghatározva. Lehetséges-e a funktor fogalmának ilyenforma módosítása anélkül, hogy a kategóriaelméletben lényegi kárt tennénk? [Makkai 1996] dolgozatomban bevezettem az *anafunktor* fogalmát, és megmutattam, hogy ez – amellett, hogy strukturalista szempontból kifogástalan – a funktor klasszikus fogalmát kielégítően helyettesíti, sőt egy fontos, általánosan elfogadott szempontból még jobb is annál.

Gyakran előfordul, hogy egy funktor definíciójához minden lényeges adat rendelkezésre áll, a funktor mégsem határozható meg objektumértékeinek *ad hoc* kijelölése nélkül; továbbá, hogy ez a kijelölés sok esetben csak a kiválasztási axióma alkalmazásával lehetséges. Ez az eljárás szemben áll a kategóriaelmélet azon ideáljával, mely szerint konstrukciói lehetőség szerint *kanonikusak*, azaz ad hoc elemektől mentesek kell hogy legyenek. A leírt körülmény azt is lehetetlenné teszi, hogy a kategóriaelméletet a konstruktív vagy intuicionista halmazelméletben felépítsük. Kiderül, hogy a funktorok anafunktorokkal való helyettesítése megoldja ezeket a problémákat; a dolgozat címe erre utal. A kiválasztási axióma korlátlan alkalmazása mellett az anafunktor fogalma lényegében ekvivalens a funktoréval; az előző értéke csak a mondott axióma távollétében mutatkozik meg. Bár a dolgozat motivációja a strukturalista megalapozásban van, a tárgyalás alapja a standard halmazelmélet egy konstruktív változata; ennek oka természetesen az, hogy a strukturalista alapok befejezett formában még nem állnak rendelkezésre. Alapvető megfigyelés az, hogy a strukturalista kontextusban a kiválasztási axiómának az a formája, amelyben egy tetszőleges kategória objektumai közül választunk, egyáltalán nem fogalmazható meg, mivel nem áll rendelkezésre az objektumokra vonatkozó egyenlőségi reláció. A *kiválasztási axióma*, ami az úgynevezett klasszikus és konstruktivista nézetek egyik fő választóvonala, az egyetlen halmazon belüli választások esetétől eltekintve a strukturalista szemponttól idegen, éspedig nem valami doktriner elhatározás alapján, hanem az alapvető nyelvtani adottságok következményeként.

11. FOLDS: függő típusokon alapuló elsőrendű logika

A strukturalista program legbefejezettebb része annak *logikája*. Ezt a logikát *First Order Logic with Dependent Sorts*nak, *függő típusokon alapuló elsőrendű logikának* nevezem, és az angol kifejezés rövidítésével, FOLDS-ként fogok rá utalni

(ha NATO-t mondhatunk a magyar nyelvben...). A FOLDS-ot tekintem a strukturalista programhoz történt legfontosabb hozzájárulásomnak. A FOLDS meghatározását és elméletét a [Makkai ??] monográfiában írtam le. Itt említem meg a strukturalista programról szóló [Makkai 1998] összefoglaló cikkemet, amelyben a FOLDS-ról részletesebben írok. Megjegyzendő, hogy a FOLDS alkalmazásaihoz szükség van az anafunktorokra, és a FOLDS ismerete nagyban elősegíti a multitopikus kategóriák megértését.

Hangsúlyozni kell, hogy a FOLDS elméletét (amely a FOLDS-ban megfogalmazott minden egyes formális elmélet szempontjából egy *meta*elmélet) a matematika klasszikus felépítésében, a szokásos halmazelmélet alapján adom meg. Ez szükségszerűen van így, hiszen a mondott elmélet igen erősen halmazelméleti jellegű, hasonlóan a jól ismert modellelmélethez, amely a klasszikus elsőrendű logika (meta)elmélete (lásd [Chang/Keisler 1991]). Jelenleg nem áll rendelkezésre más, mint a halmazelmélet rendszere, amelyben az elméletet ki lehetne fejteni; a strukturalista megalapozás maga még vár végső megfogalmazására. Természetesen ha a klasszikus szemléletet egyszerűen elvetném, vagy egyszerűen elfogadhatatlannak találnám, ez az eljárás nem lenne indokolható. De erről szó sincsen.

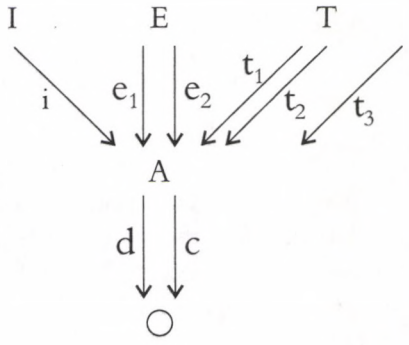
Másrészről azonban azt sem vonhatjuk le következtetésként, hogy a klasszikus halmazelmélet abszolút módon *szükséges* lenne a strukturalista megalapozás „megalapozásához". Az a helyzet, amivel itt szembekerülünk, igen jól ismert mindazok előtt, akik egy új axiomatikus elmélet bevezetésének feladatával álltak szemben a matematikai logika kifejlődése során. Egyrészt fennáll az új formalizmus explicit, „elméletektől mentes", „finitisztikus" specifikációjának abszolút követelménye, másrészt azonban az elmélet motivációjának, megértésének érdekében lehetséges és esetenként szükséges a formalizálandó elméleten túlmenő vagy éppen azzal bizonyos szempontból szemben álló elméletek felhasználása. Jó példa erre az intuicionizmus, az L. E. J. Brouwer által bevezetett, a klasszikussal élesen szemben álló megalapozási szemlélet. Az intuicionista matematika axiomatizálása során létrejött formális rendszerek metamatikai vizsgálatában az intuicionista megkötéseknek nem eleget tevő, „klasszikus matematikai" módszerek fontos szerepet játszanak. Végül még azt is megjegyzem, hogy a strukturalista módszerek fejlettebb formájukban előreláthatólag alkalmasak lesznek arra, hogy a metamatematikai vizsgálatok egy nagy részének alapjául szolgáljanak.

Amikor a FOLDS-ról kezdek beszélni, a kategóriaelmélet kutatóinak szeme elhomályosul. Pedig a FOLDS-nak éppen az a lényege, hogy barátságosan viszonyul a kategóriaelmélethez. Igaz ugyan az is, hogy önmagában a FOLDS olyasmi, mint amit általában a matematikai logikusok művelnek: szintaxis és

szemantika, ezeknek egy úgynevezett modellelméletben való viszonyítása, deduktív formális rendszerek, teljességi tételek, interpoláció, definiálhatósági tételek, stb. Másrészről, az „amit prédikálsz, azt gyakorold is" elvvel összhangban, a strukturalista gyakorlatnak megfelelően a FOLDS tárgyalása a kategorikus logika részeként történik. Ez azt jelenti, hogy a FOLDS alapvető absztrakt *struktúrafogalma*, amely egy rögzített, de tetszőleges FOLDS-beli axiomatikus emélet fogalmának az algebrai megfelelője, kategóriákra épül. Ez a fogalom, *kvantifikációs fibráció* (*quantificational fibration*), egészében véve új ugyan, de a kategorikus logikából ismerős elemekből tevődik össze. Ezek az elemek Lawvere „hyperdoctrine" nevű, az 1960-as években bevezetett fogalmához kapcsolódnak, de azóta már sok összefüggésben előfordultak. A kvantifikációs fibráció fogalma általánosítja a FOLDS fogalmát és egyben a biszimulációval (bisimulation) kapcsolatos Henessy–Milner logikát ([Henessy/Milner 1985]) is.

Most bemutatom néhány részletében a kategória fogalmának a FOLDS-ban történő axiomatizálását. Ez a FOLDS általános vonásairól is képet fog adni. A most következő leírást a korábbi 3. szakaszban a közönséges elsőrendű logikáról és az ott részben vázolt *minimális halmazelméletről* mondottakkal lehet párhuzamba vonni. Ahogyan az idézett helyen a halmazokról való szabatos beszéd szabályairól volt szó, úgy itt most azt fogjuk vázolni, *hogyan kell egy adott kategóriáról a strukturalista elveknek megfelelően szabatosan beszélni.*

Azonban emlékeztetnem kell arra, hogy míg az idézett helyen a halmazelmélet nyelvének elemeit lényegében teljesen leírtuk, korántsem igaz, hogy a kategóriákat tárgyaló FOLDS-alapú nyelv elemei a strukturalista összességelmélet céljaira általában elegendőek lennének; az előző 10. szakasz magasabb dimenziós kategóriái további, valójában végtelen sok FOLDS-beli primitív fogalmat igényelnek.



A primitív fogalmak a következő *szignatúra-kategóriában*[17] vannak megadva:

17 Az, hogy a szignatúra maga is *kategória*, általános jelenség, és nincs kapcsolatban azzal, hogy itt most a *kategória* fogalmát akarjuk strukturalista módon leírni. Továbbá semmi ellentmondás nincs abban, hogy a „kategória" kifejezést használjuk, mielőtt a kategória fogalmának strukturalista változatát megadtuk volna. A tisztán szintaktikus, „elmélet nélküli" specifikációban nincsen utalás a kategória fogalmára; ennek a fogalomnak itteni előfordulása mindössze magyarázó, matematikai jelentőséggel bír.

Itt az $\mathcal{L}_{cat}$ szignatúra-kategória objektumai és morfizmusai közül a generáló morfizmusok vannak megadva; a további morfizmusok a (nem jelölt) egység-morfizmusok, és a generátorokból képezhető összes kompozítum; az utóbbiak közül bizonyosokat azonosítunk, a következő egyenlőségekkel:

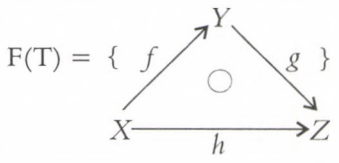
$$\begin{gathered} \mathrm{di}=\mathrm{ci} \\ \mathrm{de}_1=\mathrm{de}_2,\ \mathrm{ce}_1=\mathrm{ce}_2, \\ \mathrm{ct}_1=\mathrm{dt}_2,\ \mathrm{dt}_1=\mathrm{dt}_3,\ \mathrm{ct}_2=\mathrm{ct}_3. \end{gathered}$$

Mint látni fogjuk, az adott szignatúra felett leírt FOLDS-formulák a morfizmusokat közvetlenül nem említik; ezek közvetve szabályozzák azt, hogy mi számít jól formált formulának.

A formalizmus megértéséhez először azt kell látni, hogy minden (kis, tehát halmaznyi nagyságú) **C** kategória egy az $\mathcal{L}_{cat}$ kategóriát a halmazok kategóriájába leképező funktorral azonosítható. E funktort F-fel jelölve, $F(\mathrm{O})$ a **C** objektumainak halmaza, $F(\mathrm{A})$ morfizmusainak halmaza, a

$$F(\mathrm{d}):F(\mathrm{A})\to F(\mathrm{O})$$

függvény az adott kategória forrásfüggvénye. $F(\mathrm{I})$ az identitásmorfizmusok halmaza, $F(\mathrm{E})$ a morfizmusokra leszorított egyenlőség reláció, $F(\mathrm{T})$ pedig az összes kommutatív háromszög halmaza:



Például a $\mathrm{ct}_1=\mathrm{dt}_2$ egyenlőség annak felel meg, hogy $\mathrm{c}(f)=\mathrm{d}(g)=Y$.

Az új szemlélet alapja az, hogy egy kategória egy $\mathcal{L}_{cat}$-szignatúrájú struktúra. Általában, egy tetszőleges $\mathcal{L}$ szignatúra-kategória mellett, egy $\mathcal{L}$-struktúra ugyanaz, mint egy $\mathcal{L}\to$Set alakú funktor[18].

Korántsem igaz azonban, hogy minden $\mathcal{L}_{cat}$-struktúra meghatároz egy kategóriát; ehhez az $\mathcal{L}_{cat}$-struktúrának további feltételeket kell kielégítenie. Ezek a feltételek a FOLDS-ban megfogalmazott *kategória-axiómák*.

18 Emlékezzünk arra, hogy a FOLDS szemantikáját a közönséges halmazelméletben tárgyaljuk, a FOLDS metaelméletének részeként. Ezért a funktor fogalma ellen a 10. szakaszban felhozott érvek most nem alkalmazhatók.

Ahelyett, hogy a FOLDS, a függő típusokon alapuló elsőrendű logika nyelvtanát általánosságban próbálnám leírni, példaként legyen itt annak az axiómának a felírása, hogy a *komponálható morfizmus-párok kompozíturna létezik*:

$$\forall X \in \mathrm{O}.\ \forall Y \in \mathrm{O}.\ \forall Z \in \mathrm{O}.$$
$$\forall f \in A(X,Y).\ \forall g \in A(Y,Z).\ \exists h \in A(X,Z)$$
$$\exists w \in T(X,Y,Z,f,g,h).$$

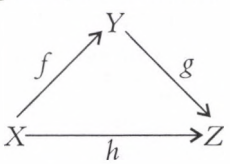
igaz.

Az első észrevétel az, hogy a változók *típusokkal* vannak ellátva; például, X, Y, Z mindegyikének típusa O. Továbbá vannak típusok (az angolban a „type" szó helyett a „sort"-ot használom), amelyek már deklarált változóktól *függenek*; például az $A(X, Y)$ típus függ az X, Y O-típusú változóktól. A szignatúrának az a vonása, hogy az A objektumból két morfizmus, d és c, mutatnak az O objektumba, írja elő, hogy az A szimbólumot úgy kell használni, hogy utána kell tenni két O-típusú változót; az első, X a jelen esetben, felel meg d-nek, a második, Y-, c-nek. Az $A(X, Y)$ *szemantikai* értelme az, hogy azon A-beli f elemekből áll, amelyekre $d(f)=X$ és $c(f)=Y$; ez persze, midőn egy valódi kategóriáról van szó mint modellről, azzal egyenértékű, hogy $f:X\to Y$.

A függő típusokat úgy tekintem, mint a strukturalista szemlélet lényeges elemeit. *Dolgokról általában csak már bizonyos előzőleg adott és rögzített jellegű dolgok jelenlétében, azokkal meghatározott viszonyban lehet beszélni.* És valóban, a kategóriaelmélet gyakorlatában van egy „érezhető", de nem kimondott „szabály", amely megköveteli, hogy egy morfizmusról csak azután beszéljünk, miután annak forrását és célját már bevezettük.

Függő típusok jól ismertek a matematikai logika irodalmában, lásd például [Marin–Löf 1973] és [Cartmell 1986]. Az említett helyeken található formalizmusok egyéb vonatkozásokban azonban egészen mások, mint a FOLDS, és főleg, nem rendelkeznek azzal a feljogosító vonással, ami a FOLDS lényege, az ti., hogy az azonosság egy általános fogalmához szolgál alapul (lásd az alábbi szakaszt).

A fenti formula feltűnő eleme, hogy a kommutálás *tényét* egy bizonyos (függő) típushoz tartozó, itt w-vel jelölt, elem *létezésével* rögzíti. Bizonyos



alakú, hat elemből álló képződmények (*diagramok*) olyanok, hogy van hozzájuk olyan w, amely a megfelelő $T(Z, Y, Z, f, g, h)$ függő típushoz tartozik; ezek a diagramok a *kommutatív háromszögek*. A szignatúra már eldönti, hogy a T szim-

bólum csak olyan $T(X, Y, Z, f, g, h)$ alakú összefüggésekben fordulhat elő, ahol a változók már a felírt háromszög formájában helyezkednek el egymáshoz képest; ez a szignatúrakategória morfizmusai közötti felírt egyenlőségekkel van kapcsolatban.

Megjegyzendő az egyenlőség speciális szerepe. Először is, mint azt már vártuk, semmilyen formában sem lehet beszélni objektumok, O-típusú változások, *egyenlőségéről*.

Az f és g „morfizmusok" *egyenlőségét* az $\exists u \in E(X, Y, f, g)$.**igaz** formula fejezi ki; azonban ez csak akkor jól formált, ha az f és g változók $f \in A(X, Y), g \in A(X, Y)$ formában, tehát az

$$X \underset{g}{\overset{f}{\rightrightarrows}} Y$$

„párhuzamos" alakzatban, vannak deklarálva. Más szóval: nem lehet két akármilyen morfizmus egyenlőségéről beszélni, csak olyanokéról, amelyekről már tudjuk, hogy párhuzamosak, ugyanazzal a forrással és ugyanazzal a céllal bírnak. A morfizmusok abszolút totalitása semmilyen formában nem szerepel a strukturalista kategóriaelméletben; csak egy adott (X, Y) objektum-páros mellett, az egyikből a másikba mutató morfizmusok összességéről lehet beszélni. Ez az összesség viszont történetesen *halmaz*, hiszen egy egyenlőség-relációval van ellátva. Ez emlékeztet arra a szokásos megkötésre, hogy egy kategória csak akkor „legitim", ha „hom-halmazai", a *hom* $(X, Y) = A(X, Y)$ alakú összességek, *halmazok*, amely megkötés a szokásos értelemben azt jelenti, hogy ezek nem túl *nagyok*, nem *valódi osztályok*. (Ugyanakkor egy legitim kategória összes morfizmusai alkothatnak valódi osztályt.) A strukturalista szemléletben nincsenek halmazok és osztályok, nem létezik a „kis" és „nagy" összességek megkülönböztetése.

Az összes többi kategóriaaxióma is megfogalmazható FOLDS-ban. Sőt, olyan további feltételek is, mint az, hogy a kategória *toposz*, felírhatók a FOLDS-ban.

A 9. szakaszban említett multitopikus, magasabb dimenziós kategóriák is leírhatók a FOLDS-ban; az n-dimenziós esetben, a használt szignatúrakategória, $\mathcal{L}_n$, a legfeljebb $(n+1)$-dimenziós multitopok kategóriája, az $\mathcal{L}_{cat}$-ban látható három helyett, $n+2$ szinttel rendelkezik. Ezeknek az $\mathcal{L}_n$ multitop-kategóriáknak a leírása eléggé nehéz feladat; ennek megoldása először a már fentebb említett, Hermidával és Powerral közös cikkemben történt meg. Ugyanakkor újból megjegyzendő, hogy a megoldásban lényegesen segített bennünket Baez és Dolan már szintén említett munkája.

12. Az általános azonosságfogalom

Honnan tudhatjuk, hogy a kategória fogalmának fentebbi FOLDS-beli meghatározása éppen a megfelelő?

A kategóriaelméletben közismert, hogy a *helyes*, a kategóriákra vonatkozó azonosságfogalom az *ekvivalencia*, egy az izomorfiánál gyengébb, de komplikáltabb fogalom. Két kategória $\boldsymbol{X}$ és $\boldsymbol{A}$ *ekvivalensek*, jelölésben $\boldsymbol{X} \cong \boldsymbol{A}$, ha léteznek olyan $F: \boldsymbol{X} \to \boldsymbol{A}$, $G: \boldsymbol{A} \to \boldsymbol{X}$ funktorok,

$$\boldsymbol{X} \underset{G}{\overset{F}{\rightleftarrows}} \boldsymbol{A}$$

amelyekre a $G \circ F: \boldsymbol{X} \to \boldsymbol{X}$, $F \circ G: \boldsymbol{A} \to \boldsymbol{A}$ kompozítumok *izomorfak* az identitásfunktorokkal:

$$G \circ F : X \quad \mathrm{Id}_X \,, F \circ G \quad \mathrm{Id}_A$$

Ez az izomorfia fogalmának egy természetesnek tűnő általánosítása, azonban még nem mondtuk meg, mit jelent funktorok izomorfiája! Ezt most nem írom le részleteiben; a funktorok egy izomorfizmusa egy invertálható *természetes transzformáció*[19]: az utóbbi fogalom a kategóriaelmélet sajátos, megkülönböztető jegye, aminek értelmére sok, egyébként jól nevelt matematikust is ismételten emlékeztetni kell.

Annak, hogy miért ez a helyes azonosságfogalom a kategóriákra, az okai ugyanazok, *mutatis mutandis*, mint azt a 7. szakaszban leírtuk a közönséges absztrakt stuktúrák és az izomorfia viszonylatában.

Az első tény azt illetően, hogy a kategória fogalmának az előző szakaszban vázolt formális kodifikációja megfelelő, az, hogy

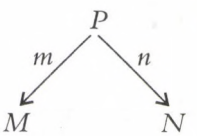
(4) a kategóriáknak minden az $\mathcal{L}_{\mathrm{cat}}$ szignatúra alapján, a FOLDS nyelvén megfogalmazott tulajdonsága a kategórikus ekvivalenciára nézve invariáns.

Megjegyzem, hogy a FOLDS az első olyan általános logikai nyelv, amely a mondott tulajdonsággal rendelkezik. Peter Freyd már régebben leírt egy diagrammatikus elemeket tartalmazó formalizmust ([Freyd 1976]), amely ugyancsak rendelkezik a kívánt tulajdonsággal, és amely végeredményben *ekvivalens* az $\mathcal{L}_{\mathrm{cat}}$-ra korlátozott FOLDS-szal, de a Freyd-féle formalizmus nem általános logikai nyelv, csak szűken a kategóriákra vonatkozik.

19 Párhuzamos funktorok közötti morfizmusok az úgynevezett *természetes transzformációk*; l. [Mac Lane 1971].

A FOLDS-on keresztül történő megközelítés helyességére mutató tények továbbmennek. A FOLDS formalizmusa azt is megmondja, *mi* egy adott struktúratípusra vonatkozó helyes azonosságelv.

A FOLDS egy tetszőleges $\mathcal{L}$ szignatúrájához hozzá van rendelve egy a tetszőleges M, N $\mathcal{L}$-struktúrákra vonatkozó $M \cong_{\mathcal{L}} N$ reláció, $\mathcal{L}$-ekvivalencia. Ennek formája a következő: $M \cong_{\mathcal{L}} N$ akkor és csak akkor, ha létezik olyan P $\mathcal{L}$-struktúra, és az



diagramban szereplő m, n morfizmusok[20], amelyek *szálanként (fiberwise) szürjektívek*. Ez utóbbi fogalom definíciója egy az $\mathcal{L}$ szignatúrakategória struktúrájára való hivatkozással történik; most ezt nem részletezem. A definíció formája mutatja, hogy a fogalom tisztán *szemantikai* jellegű; formulákra nem történik hivatkozás benne.

Midőn $\mathcal{L}=\mathcal{L}_{\text{cat}}$, és M, N kategóriák (tehát nemcsak tetszőleges $\mathcal{L}$-struktúrák), M és N $\mathcal{L}$-ekvivalenciája, $M \cong_{\mathcal{L}} N$, egyenértékű azzal, hogy M és N ekvivalensek a klasszikus értelemben mint kategóriák. Ez a tény azonban nem tautologikusan igaz; bizonyításához (amely persze nem *nehéz*), a kiválasztási axiómára van szükség. Valójában az $\mathcal{L}$-ekvivalencia fogalma, $\mathcal{L}=\mathcal{L}_{\text{cat}}$ esetében, a kategorikus ekvivalencia fogalmának egy revíziója, amely amellett, hogy a szokásos körülmények között megegyezik az eredetivel, a konstruktív halmazelméleti körülmények között jobban működik, mint az eredeti.[21]

A fenti (4)-gyel jelzett tény annak az általános ténynek a következménye, hogy tetszőleges $\mathcal{L}$ mellett az $\mathcal{L}$-feletti FOLDS-beli állítások $\mathcal{L}$-ekvivalenciára nézve invariánsak.

Ennél lényegesen több is érvényes. A FOLDS egész szintaxisa, logikai ekvivalencia erejéig, meg van határozva az $\mathcal{L}$-ekvivalencia fogalma által. A tény az, hogy egy adott a FOLDS szignatúra mellett ha P egy olyan, valamely tetszőleges $\mathcal{L}$-nál bővebb nyelvben elsőrendű logikában megfogalmazott tulajdonság, amely invariáns $\mathcal{L}$-ekvivalenciára:

$$P(M) \;\&\; M\restriction\mathcal{L}^{20} \cong_{\mathcal{L}} N\restriction\mathcal{L} \Rightarrow P(N),$$

20 Ez hasonló ahhoz, ahogyan az anafunktor fogalma a funktorénak egy revíziója; l. a 10. szakaszt.

21 $M\restriction\mathcal{L}$ azt az $\mathcal{L}$-struktúrát jelenti, amelynek adatai az M struktúra $\mathcal{L}$-ra vonatkozó részeként vannak megadva; M egy az $\mathcal{L}$-nál bővebb szignatúra feletti struktúra.

akkor P már megfogalmazható a FOLDS-ban az $\mathcal{L}$ felett: van olyan φ FOLDS-beli formula az $\mathcal{L}$ szignatúra felett, hogy

$$P(M) \Leftrightarrow M \restriction \mathcal{L} \models \varphi.$$

Ez a tétel a FOLDS általános elméletének ez idő szerint legfontosabb eredménye. Azt fejezi ki, hogy a FOLDS szintaxisa *kifejezésképesség tekintetében teljes*; minden olyan tulajdonság, amelyről elvárható, hogy a FOLDS-ban kifejezhető legyen, valóban kifejezhető is. A FOLDS *deduktív teljessége* is fennáll, más szóval a klasszikus Gödel-féle teljességi tétel (lásd pl. [Chang/Keisler 1991]) egy a FOLDS-ra megfogalmazott természetes analogonja érvényes.

Mint mondottuk, a klasszikus kategorikus ekvivalencia egybeesik az $\mathcal{L}$-ekvivalencia megfelelő esetével. A tapasztalat azt mutatja, hogy ez a tény kiterjed a további, kategóriaelméletben használatos ekvivalenciafogalmakra is (megjegyzendő ugyan, hogy ez az egybeesés matematikailag nem triviális). A FOLDS-szal kapcsolatos legfontosabb felfedezésemnek annak felismerését tartom, hogy a FOLDS a kiterjesztett kategóriaelmélet különböző ekvivalenciafogalmainak egységes alapját adja. Megjegyzendő, hogy mindez az anafunktorok lényeges használata mellett történik. Például ha $\boldsymbol{X}$ és $\boldsymbol{A}$ bikategóriák (amely a 2-dimenziós kategória fogalmának egy klasszikus változata, lásd [Benabou 1967]), akkor $\boldsymbol{X}$ és $\boldsymbol{A}$ akkor és csak akkor *bi-ekvivalensek*[22], ha $\boldsymbol{X}^{\#}$ és $\boldsymbol{A}^{\#}$ $\mathcal{L}$-ekvivalensek; itt $\boldsymbol{X}^{\#}$ az $\boldsymbol{X}$-hez kanonikusan hozzárendelt *anabikategória*, egy olyan struktúra, amely a bikategória definíciójában lévő funktorokat anafunktorokkal helyettesíti, $\mathcal{L}$ pedig az anabikategória fogalmához illesztett FOLDS-szignatúra.

13. Záró megjegyzések

A fentiekben a strukturalista programnak csak a kezdő lépéseiről esett szó, és azokról is mindössze célzásszerűen, a tárgyalást a legáltalánosabb vonásokra korlátozva. Természetesen az érdeklődő olvasó többet megtudhat az idézett szakirodalomból. Azonban fontos megjegyezni, hogy a program nem befejezett, még egy igen alapvető értelemben sem: nem mondtuk meg világosan és kimerítően, mik a nyelvtani szabályok, mik a következtetési szabályok, és mik az axiómák. A tény az, hogy ezek még nem állnak végleges formában rendelkezésre, bár sok mindenről már látható, milyen formát fog ölteni.

A FOLDS-ot úgy vezettük be, mint a strukturalista megalapozás logikáját. Azonban vigyáznunk kell, mielőtt a közönséges elsőrendű logikával kapcsola-

22 Angolul „biequivalent", ez a bikategóriák elfogadott „azonosság"-fogalma.

tos tapasztalatainkat az új helyzetre alkalmaznánk. A klasszikus axiomatikus helyzet lényege, hogy egyetlen „homogén" univerzum van, a primitív relációk, operációk az egész univerzumon vannak definiálva, és a kvantorok az egész univerzumon futnak végig. A strukturalista univerzum *struktúrákból* áll; mindegyik struktúra egy meghatározott *szignatúrával rendelkezik;* végtelen sok, egymással összefüggő szignatúra van; és minden kvantor egy meghatározott szignatúrán belüli meghatározott típuson fut végig. Maga a *halmaz* már egy struktúrafajta („összesség egy egyenlőséggel"); a *csoport* egy újabb struktúra-fajta; a *kategória* egy újabb; de még a *halmazok kategóriája is egy újabb fajta* struktúra (ahelyett, hogy egyszerűen *egy bizonyos* kategória lenne). Amennyiben egy bizonyos struktúrán belül (például egy kategórián belül) vagyunk, a FOLDS deduktív mechanizmusa érvényesül az *adott szignatúra feletti* formulákra. De a felépítés lényege a különböző struktúrafajták közötti kölcsönhatások rendszere. Ez a szintaxis szintjén egy a különböző szignatúrákat egymással összekapcsoló formális eljárások rendszerét jelenti; erről a rendszerről fentebb nem esett szó. Ennek a rendszernek a jellegére némi fényt vet a [Makkai 1997] dolgozatokban bemutatott formalizmus. A strukturalista megalapozás formális rendszerének a teljes megfogalmazása még nem történt meg.

Végül hadd említsem meg, hogy a cél egy a cantori halmazelmélettől lényegesen eltérő rendszer felépítése, amelyben a cantori rendszer „kis" és „nagy" összességeinek megkülönböztetése helyett strukturális megkülönböztetésekkel élünk. Szándékosan olyan axiómákat fogunk felvenni, amelyek a cantori „nagyságrendi" szemléletnek *ellentmondanak*. Egy ilyen axióma lesz például két $\boldsymbol{X}$ és $\boldsymbol{A}$ kategória mellett az $\boldsymbol{X}$-ből $\boldsymbol{A}$-ba mutató (ana)funktorok $[\boldsymbol{X}, \boldsymbol{A}]$ kategóriájának létezése. Ha az olvasó meggondolja, hogy midőn $\boldsymbol{X}$ és $\boldsymbol{A}$ „nagy" kategóriák, úgy, a szokásos halmazelméletben, a $[\boldsymbol{X}, \boldsymbol{A}]$ kategória két $\boldsymbol{F}$ és $\boldsymbol{G}$ elemének hom $(\boldsymbol{F}, \boldsymbol{G})$ hom-halmaza általában nem *kis* halmaz, akkor látni fogja, miért mond ellent a mondott axióma a cantori szemléletnek. Szemléletesen, azért nem lesz az új rendszer (remélhetőleg) belsőleg ellentmondásos, mert nem szükséges, hogy az $[\boldsymbol{X}, \boldsymbol{A}]$ kategória az összes funktort *valóban* tartalmazza ahhoz, hogy a rendszeren belül mint a mondott funktorok összessége szerepeljen. Azonban egy valóban ellentmondástalan, és mégis deduktíve erős strukturalista rendszer kidolgozása még sok munkát igényel.

Irodalom

[Baez/Dolan 1995] John C. Baez–James Dolan: Higher-Dimensional Algebra and Topological Quantum Field Theory. *Journal of Mathematical Physics*, 36 k., 6073–6105.

[Baez/Dolan 1998] John C. Baez–James Dolan: Higher-Dimensional Algebra III. *n*-Categories and the Algebra of Opetopes. *Advances in Mathematics,* 135, 145–206.

[Batanin 1998] M. A. Batanin: Monoidal globular categories as a natural environment for the theory of weak n-categories. *Advances in Mathematics,* 136, 39–103.

[Benabou 1967] Jean Benabou: Introduction to bicategories. *Lecture Notes in Mathematics*, 47 sz., 1–77. New York, Springer Verlag.

[Benacerraf 1965] Paul Benacerraf: What numbers could not be. *Philosophical Review*, 74 k., 47–73.

[Cartmell 1986] John Cartmell: Generalized algebraic theories and contextual categories. *Annals of Pure and Applied Logic*, 82 k., 209–243.

[Chang/Keisler 1991] C. C. Chang–H. J. Keisler: *Model Theory* (3. kiad.). Amsterdam, North-Holland, 1991.

[Dummett 1981] Michael Dummett: Frege: *Philosphy of Language* (2. kiad.) Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 1981.

[Frege 1892] Gottlob Frege: Über Sinn und Bedeutung. *Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik*, 100 k., 25–50.

[Freyd 1976] Peter Freyd: Properties invariant within equivalence types of categories. *Algebra, Topology and Category Theory* (A. Heller–M. Tierney, szerk.). 55–61. New York, Academic Press.

[Gödel 1940] Kurt Gödel: The consistency of the axiom of choice and of the generalized continuum hypothesis with the axioms of set theory. *Annals of Mathematical Studies*, 3 k. Princeton, Princeton University Press. Újranyomva: *Kurt Gödel: Collected Works* (S. Feferman et al. szerk.). 2 k., 33–101. New York, Oxford University Press.

[Henessy/Milner 1985] M. C. Henessy–A. J. R. G. Milner: Algebraic Laws for Non-Determinism and Concurrency. *Journal of the Association for Computing Machinery*, 32 k.

[Hermida/Makkai/Power 199?] On higher dimensional categories I. Sajtó alatt: *Journal of Pure and Applied Algebra*.

[Hilbert 1899] David: Hilbert: *Grundlagen der Geometrie*. (7. kiad. (1930), Leipzig–Berlin, Teubner.

[Hilbert 1926] David Hilbert: Über das Unendliche. *Mathematische Annalen*, 95 k., 161–190. Újranyomás: *Philosophy of Mathematics* (P. Benacerraf–H. Putnam, szerk.), Cambridge (Anglia), Cambridge University Press (1983), 183–201.

[Lawvere 1976] F. W. Lawvere: Variable quantities and variable structures in topoi. In: *Algebra, Topology and Category Theory* (A. Heller–M. Tierney, szerk.). New York, Academic Press, 101–131.

[Mac Lane 1971] Saunders Mac Lane: *Categories for the Working Mathematician*. New York, Springer Verlag.

[Mac Lane/Moerdijk 1994] Saunders Mac Lane–Ieke Moerdijk: *Sheaves in Geometry and Logic: A First Introduction to Topos Theory* (2. újranyomás). New York, Springer Verlag.

[Maddy 1990] Penelope Maddy: *Realism in Mathematics*. Oxford, Clarendon Press.

[Makkai 1996] M. Makkai: Avoiding the axiom of choice in general category theory. *Journal of Pure and Applied Algebra*, 108 k., 109–173.

[Makkai 1997] M. Makkai: Generalized sketches as a framework for completeness theorems. *Journal of Pure and Applied Algebra*, 115 k., Part I: 49–79. Part II: 179–212. Part III: 241–274.

[Makkai 1998] Michael Makkai: Towards a categorical foundation of mathematics. *Logic Colloquium '95* (J. A. Makowsky–E. V. Ravve, szerk.). *Lecture Notes in Logic*, 11. sz., 153–190. New York, Springer Verlag.

[Makkai 199?] On structuralism in mathematics. Sajtó alatt: *Macnamara Festschrift* (R. Jackendoff, szerk). Cambridge (Mass), MIT Press.

[Makkai ??] First Order Logic with Dependent Sorts, with Applications to Category Theory. Sajtó alatt: *Lecture Notes in Logic*. New York, Springer Verlag.

[Martin-Löf 1973] Per Martin-Löf: An Intuitionist Theory of Types. *Proceedings of the Bristol Logic Colloquium*. Amsterdam, North-Holland.

[Ruzsa/Máté 1997] Ruzsa Imre–Máté András: *Bevezetés a modern logikába*. Budapest, Osiris Kiadó.

Sárközy András
az MTA levelező tagja

HIBRID PROBLÉMÁK A SZÁMELMÉLETBEN

Elhangzott 1998. november 4-én

A klasszikus számelmélet természetes számokból álló *speciális sorozatok* (prímszámok, négyzetszámok stb.) tulajdonságait vizsgálja. A 20. század elején Brun, majd Schnirelmann munkássága nyomán kezdődött az *általános sorozatok* (tipikusan sűrűségi feltételekkel karakterizált sorozatok) intenzív vizsgálata; e terület kiemelkedő egyénisége Erdős Pál volt. *Hibrid problémán* olyan problémát értek, melyben mind speciális, mind általános sorozat szerepel. E területen a munka lényegében a harmincas évek közepén kezdődött, és az utolsó húsz évben vált igazán intenzívvé. A „hibrid" jelzőt az a tény is indokolja, hogy e terület *technikailag is* átmenetet képez a másik két terület közt: a speciális sorozatok vizsgálata során az analitikus módszerek a legerőteljesebbek, az általános sorozatok vizsgálatát a kombinatorikus módszerek uralják, a hibrid problémák tárgyalása során pedig kombinatorikus és analitikus (főleg exponenciális összegekre épülő) módszerek egyaránt használatosak. A hibrid problémák vizsgálatát részben éppen ez a tény indokolja; e terület mintegy hidat képez a másik kettő közt, elősegíti az értékek, technikák, módszerek cseréjét, és ezzel gazdagítja mindkét területet.

A hibrid problémák durván *hat csoportba oszthatók:*

a) speciális sorozat és általános sorozat összege;

b) homogén additív problémák (tipikusan különbségsorozatok);

c) inhomogén additív problémák (tipikusan összegsorozatok);

d) részhalmaz összegek („subset sums");

e) multiplikatív problémák;
f) Ramsey típusú problémák.

Az alábbiakban e hat terület irodalmát szeretném áttekinteni, külön figyelmet fordítva természetesen az általam elért eredményekre.

Használni fogom az alábbi jelöléseket: A természetes, nemnegatív egész, illetve egész számok sorozatát (halmazát) N-nel, N_0-val, illetve Z-vel fogom jelölni. (E területen kissé pontatlanul, de nem értelemzavaró módon, általában nem szoktak különbséget tenni sorozatok és halmazok közt.) $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, $\mathcal{C}$, ... nemnegatív egész számokból álló sorozatokat jelölnek, és e sorozatok számosságfüggvényét $A(x)$, $B(x)$, $C(x)$, ...-szel fogom jelölni, tehát például

$$A(x)=|\{n : n \in \mathcal{A}, 0<n\leq x\}|.$$

Az x valós szám egész részét $[x]$-szel, törtrészét $\{x\}$-szel, a legközelebbi egész számtól való távolságát pedig $||x||$-szel fogom jelölni, tehát $||x||=\min(\{x\}, 1-\{x\})$. $d(n)$ az n szám pozitív osztóinak a számát, $P(n)$ n legnagyobb prímosztóját, $\omega(n)$ n különböző prímosztóinak a számát, $\Omega(n)$ pedig n prímosztóinak multiplicitással számolt számát jelöli.

Speciális sorozat és általános sorozat összege

Khintchin bizonyította a következő tételt:

1. TÉTEL (*Khintchin*, 1933): Ha $\mathcal{A}\subset N_0$, az $\mathcal{A}$ sorozat $\sigma(A)=\inf_{n\in N}\frac{A(n)}{n}$ Schnirelmann-sűrűségére

$$0<\sigma(\mathcal{A})<1 \tag{1}$$

teljesül, és a négyzetszámok sorozatát $\mathcal{N}$-nel jelöljük: $\mathcal{N}=\{0, 1, 4, ..., n^2, ...\}$, akkor

$$\sigma(\mathcal{A}+\mathcal{N})>\sigma(\mathcal{A}) \tag{2}$$

(sőt,

$$\sigma(\mathcal{A}+\mathcal{N})\geq\sigma(\mathcal{A})+\frac{1}{2\cdot 10^8}(1-\sigma(\mathcal{A}))^2\sigma(\mathcal{A})). \tag{2'}$$

Ha valamely nemnegatív egész számokból álló $\mathcal{N}$ sorozatra (2) minden (1) tulajdonságú sorozatra teljesül, akkor ezt az $\mathcal{N}$ sorozatot *lényeges komponensnek* nevezzük. Khintchin tétele szerint tehát a négyzetszámok sorozata lényeges komponens. Három évvel később Erdős általánosította ezt a tételt:

2. TÉTEL (*Erdős*, 1936): Ha $\mathcal{B} \subset \mathbb{N}$ h-adrendű bázis (azaz minden n természetes szám felírható $\mathcal{B}$ legfeljebb h elemének összegeként), akkor minden $\mathcal{A} \subset \mathbb{N}_0$ sorozatra

$$\sigma(\mathcal{A} + \mathcal{B}) \geq \sigma(\mathcal{A}) + \frac{1}{2h}(1 - \sigma(\mathcal{A}))\sigma(\mathcal{A})$$

(tehát $\mathcal{B}$ lényeges komponens).

Az e területen elért korai eredmények közül még Lorentz és Plünnecke eredményei érdemelnek említést.

Minthogy én e területen soha nem dolgoztam (a felsorolt hat terület közül ez az egyetlen ilyen), ezért áttérek a következő témakörre.

Homogén additív problémák (különbségsorozatok)

Az additív hibrid problémák általános alakja az alábbi: vizsgálandó az

$$\alpha_1 a_{x_1} + \ldots + \alpha_k a_{x_k} = b_y, \; a_{x_1} \in \mathcal{A}_1, \ldots, a_{x_k} \in \mathcal{A}_k, \; b_y \in \mathcal{B}$$

egyenlet megoldhatósága, ahol $k \in \mathbb{N}$, $\alpha_1, \ldots, \alpha_k$ adott valós számok, $\mathcal{A}_1, \ldots, \mathcal{A}_k$ általános (tipikusan „sűrű") sorozatok, $\mathcal{B}$ adott speciális sorozat. Egy ilyen egyenletet akkor nevezünk *homogénnek*, ha $\mathcal{A}_1 = \ldots = \mathcal{A}_k$ és $\alpha_1 + \ldots + \alpha_k = 0$; minden más esetben az egyenletet *inhomogénnek* mondjuk. A megkülönböztetést az a tény indokolja, hogy a két problématípus merőben különböző természetű; egy homogén egyenlet megoldhatatlansága általában sokkal erősebb megszorítást jelent a benne szereplő $\mathcal{A}$ sorozatra, mint egy formailag nagyon hasonló, de inhomogén egyenleté az $\mathcal{A}_i$ sorozatokra.

1977–78-ban Fürstenberg és én egymástól függetlenül bizonyítottuk az alábbi tételt:

3. TÉTEL. Ha az $A \subset \mathbb{N}$ végtelen sorozat $\bar{d}(A) \left(= \limsup_{n \to \infty} \frac{A(n)}{n}\right)$ *aszimptotikus felső sűrűsége* pozitív, akkor az

$$a - a' = x^2, \quad a, a' \in \mathcal{A}, \quad x \in \mathbb{N} \tag{3}$$

egyenlet megoldható.

Pontosabban ez Fürstenberg megfogalmazása, én a tételt a következő, élesebb kvantitatív formában bizonyítottam (Lovász egy kérdésére válaszolva):

3′. TÉTEL: Ha $N>N_0$, $\mathcal{A}\subset\{1, 2,\ldots, N\}$ és

$$A(N)>c\frac{N(\log\log N)^{2/3}}{(\log N)^{1/3}},$$

akkor a (3) egyenlet megoldható.

Fürstenberg bizonyításában ergodelméleti módszereket használt, míg én a Hardy–Littlewood-módszernek azt a változatát alkalmaztam és fejlesztettem tovább, melyet Roth a háromtagú számtani sorozatok vizsgálata céljából dolgozott ki. A háromtagú számtani sorozat problémája és a (3) egyenlet közt ugyanis az alábbi szoros kapcsolat van:

Nevezzünk egy $\mathcal{A}\subset\mathbb{N}$ sorozatot „jónak"

a) a Roth-probléma esetében akkor, ha nem tartalmaz háromtagú számtani sorozatot, illetve

b) a (3) egyenlet esetén akkor, ha (3) megoldhatatlan.

A Roth-probléma esetén a Hardy–Littlewood módszer alkalmazhatóságának kierőszakolása az alábbi elemi tényre épül:

a) az $a_1q+c, a_2q+c,\ldots, a_tq+c$ sorozat akkor és csak akkor „jó", ha az $a_1, a_2,\ldots,a_t$ sorozat is az.

A (3) egyenlet esetében ez az alábbi gyengébb tulajdonsággal helyettesíthető:

b) az $a_1q^2+c, a_2q^2+c,\ldots, a_tq^2+c$ sorozat akkor és csak akkor „jó", ha az $a_1, a_2,\ldots, a_t$ sorozat is az.

A (3) egyenletet követően vizsgáltam az

$$a-a'=p-1,\quad a,a'\in\mathcal{A},\quad p\text{ prím} \tag{4}$$

egyenlet megoldhatóságát is „sűrű" sorozatokban, és bizonyítottam:

4. TÉTEL (*Sárközy*, 1978): Ha $N>N_0$, $\mathcal{A}\subset\{1, 2,\ldots, N\}$ és

$$A(N)>c\frac{N(\log\log\log)^3\log\log\log\log N}{(\log\log N)^2},$$

akkor a (4) egyenlet megoldható.

Nevezzük $\mathcal{A}$-t ismét „jó"-nak, ha (4) megoldhatatlan. Most az alábbi gyenge tulajdonság teljesül:

c) az $a_1+c, a_2+c, \ldots a_t+c$ sorozat akkor és csak akkor „jó", ha az $a_1, a_2, \ldots, a_t$ sorozat is az.

Minthogy e gyenge tulajdonság már bármely homogén additív hibrid probléma esetén teljesül, ezért az itt alkalmazott módszerrel már bármely ilyen probléma tárgyalható.

A 3. és 4. tétel nyomán további mintegy 25-30 tudományos munka született, mely különbségsorozatokkal foglalkozik; ezek közül hármat szeretnék kiemelni. Vaughan 1981-ben írt könyvében analizálta Fürstenberg bizonyítását, és megállapította, hogy az ergodelmélet felhasználása nélkül is elmondható, és így kvantitatív becslés nyerhető, de nem jobb, mint a 3'. tételben. Pintz, Steiger és Szemerédi (1988) a 3'. tételben A(N)-re adott $\frac{N}{(\log N)^{1/3-\varepsilon}}$ alsó korlátot $\frac{N}{(\log N)^{c \log\log\log\log N}}$-re javították. Bergelson és Leibman a közelmúlt

ban bizonyították, hogy ha az $\mathcal{A} \subset \mathbb{N}$ végtelen sorozat aszimptotikus felső sűrűsége pozitív, akkor tetszőleges k-t megadva, található $\mathcal{A}$-ban olyan k hosszúságú számtani sorozat, melynek differenciája négyzetszám.

1977-ben és 78-ban két, *Erdős*sel közös cikkben mind különbség-, mind összegsorozatokkal foglalkoztunk. Többek közt vizsgáltuk

$$\left(\frac{a \pm a'}{p}\right) = \pm 1$$

($(\frac{n}{p})$ a Legendre-szimbólum) megoldhatóságát a modulo p maradékosztályok halmazának nagy részhalmazaiban, és

$$a + a' = [n\alpha], \quad a, a' \in \mathcal{A}, \quad n \in \mathbb{N}$$

megoldhatóságát „sűrű" $\mathcal{A}$ sorozatokban; ezek már részben összegsorozatokra vonatkozó, tehát inhomogén additív problémák.

Inhomogén additív problémák (összegsorozatok)

Erdős és Turán bizonyították az alábbi tételt:

5. TÉTEL (*Erdős* és *Turán*, 1934): Létezik olyan c pozitív állandó, hogy ha $\mathcal{A} \subset \mathbb{N}$ véges sorozat, akkor

$$\omega\left(\prod_{a, a' \in \mathcal{A}} (a + a')\right) > c \log |\mathcal{A}|.$$

Továbbá sejtették, hogy ez a tétel általánosítható két különböző sorozatból vett elemek összegére. Ezt a sejtést jóval később Győry, Stewart és Tijdeman igazolták:

6. TÉTEL (*Győry, Stewart és Tijdeman,* 1986): Ha $|\mathcal{A}| \geq |\mathcal{B}| \geq 2$, akkor

$$\omega\left(\prod_{a\in\mathcal{A}}\prod_{b\in\mathcal{B}}(a+b)\right) > c\log|\mathcal{A}|.$$

Megjegyzendő, hogy míg Erdős és Turán szellemes elemi bizonyítást adtak tételükre, addig a 6. tétel bizonyítása Evertsenek egy S-egység egyenletek megoldásszámára vonatkozó mély eredményére épül. Erdős, Győry, Stewart és Tijdeman különböző irányokban továbbfejlesztették ezeket az eredményeket.

1963–64-ben – egymástól függetlenül – Erdős és Moser vetették fel a következő problémát: megadható-e tetszőlegesen nagy $\mathcal{A}\subset\mathbb{N}$ (véges) halmaz azzal a T tulajdonsággal, hogy $a, a'\in\mathcal{A}$, $a\neq a$ esetén $a+a'$ mindig négyzetszám? *Nicolas* (1977) és J. *Lagrange* (1981) találtak egy 6 elemű $\mathcal{A}$ halmazt ezzel a T tulajdonsággal. A közelmúltban Rivat-val és Stewarttal vizsgáltuk ezt a problémát, és – többek közt – igazoltuk:

7. TÉTEL (*Rivat, Sárközy* és *Stewart*, 1998): Ha $\mathcal{A}\subset\{1,2,\dots,N\}$ és $\mathcal{A}$ T tulajdonságú, akkor

$$|\mathcal{A}| < c\log N.$$

E tételnek az az érdekessége, hogy a bizonyítás szita-módszerre, nevezetesen Gallagher „nagyobb szitájára" épül, és ehhez mérten szokatlanul éles felső korlát adódik.

Az előző fejezet végén említettem két, *Erdős*sel közös cikkünket. Ezek egyikében vetettük fel a következő problémát: milyen lehet egy olyan $\mathcal{A}\subset\mathbb{N}$ végtelen sorozat felső sűrűsége, melyre

$$a+a'=x^2,\quad a, a'\in\mathcal{A}$$

megoldhatatlan? Megfogalmaztunk egy ezzel kapcsolatos sejtést, melyet Massias cáfolt, majd 1982-ben Lagarias, Odlyzko és Shearer megoldották a probléma moduláris analogonját, és 1983-ban további részeredményeket értek el.

1984-ben – Erdős Pál egy problémájából kiindulva – Baloggal közösen bizonyítottuk, hogy $N>N_0$ esetén

$$n_1+n_2+n_3=N,$$

$$P(n_1n_2n_3) < \exp(c(\log N\log\log N)^{1/2}) \tag{5}$$

megoldható. (Megjegyzem, hogy ezt az eredményt később Sárközy Gábor, De la Breteche, illetve Harcos különböző irányokban élesítették, de az (5) felső

korlátot – a c konstans értékétől eltekintve – máig sem javították.) Ez ugyan nem hibrid típusú tétel, de később a bizonyítást analizálva észrevettük, hogy hasonló módszerrel – a Hardy–Littlewood-módszer egy nemtriviális verziójával – az alábbi, jóval általánosabb tétel is bizonyítható:

8. TÉTEL (*Balog* és *Sárközy*, 1984): Ha $N>N_0$, $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}\subset\{1, 2,\ldots, N\}$, és

$$|\mathcal{A}|,|\mathcal{B}|>\frac{N}{\exp(c_1(\log N \log\log N)^{1/2})},$$

akkor léteznek $a\in\mathcal{A}$, $b\in\mathcal{B}$ számok, melyekre

$$P(a+b)<\frac{N}{\exp(c_2(\log N \log\log N)^{1/2})}.$$

Ez volt az első olyan – meglehetősen meglepő és váratlan – eredmény, mely abba az irányba mutatott, hogy „sűrű" sorozatok összegsorozatának van egy meglehetősen feszes aritmetikai szerkezete. E tételből kiindulva, most már tudatosan kerestünk további ilyen jellegű eredményeket. Bizonyítottuk az alábbi két tételt (ezeket és a további tételek jelentős részét is itt kissé egyszerűsített formában ismertetem):

9. TÉTEL (*Balog* és *Sárközy*, 1984): Ha

(6) $$\varepsilon>0,\ N>N_0(\varepsilon),\ \mathcal{A},\mathcal{B}\subset\{1,2,\ldots,n\} \text{ és } |\mathcal{A}|,|\mathcal{B}|>\varepsilon N,$$

akkor léteznek olyan $a\in\mathcal{A}$, $b\in\mathcal{B}$ számok, hogy

(7) $$P(a+b)>c(\varepsilon)\frac{N}{(\log N)^2}.$$

10. TÉTEL (*Balog* és *Sárközy*, 1984): (6)-ot feltéve, léteznek olyan $a\in\mathcal{A}$, $b\in\mathcal{B}$ számok és p prím, hogy

$$p^2|a+b \text{ és } p^2>c(\varepsilon)\frac{N}{(\log N)^7}.$$

Később Stewarttal élesítettük ezeket az eredményeket:

9′. TÉTEL (*Sárközy* és *Stewart*, 1986): A 9. tételben (7) helyett

(7′) $$P(a+b)>c(\varepsilon)N$$

írható (tehát létezik $a\in\mathcal{A}$, $b\in\mathcal{B}$ és p prím, hogy $a+b=p\cdot O(1)$).

10′. TÉTEL (*Sárközy* és *Stewart*, 1988): Ha $k \in N$, akkor (6)-ot feltéve, léteznek olyan $a \in \mathcal{A}$, $b \in \mathcal{B}$ számok és p prím, hogy

$$p^k | a+b \quad \text{és} \quad p^k > c(\varepsilon, k)N$$

(tehát $a+b=p^k O(1)$).

Később Ruzsa másik bizonyítást adott a 9′. tételre, és élesítette azt a „nem nagyon sűrű" sorozatok esetén.

Erdős, Maier és én bizonyítottuk, hogy „sűrű" sorozatok összegsorozata kielégít egy Erdős–Kac típusú tételt:

11. TÉTEL (*Erdős, Maier* és *Sárközy*, 1987): (6)-ot feltéve,

$$\frac{1}{|\mathcal{A}||\mathcal{B}|}\left|\left\{(a+b): a \in \mathcal{A}, b \in \mathcal{B}, \frac{\omega(a+b) - \log\log N}{(\log\log N)^{1/2}} < x\right\}\right| = \phi(x) + o(1),$$

ahol $\phi(x)$ a normális eloszlás eloszlásfüggvénye:

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-t^2/2}\, dt.$$

Ezt a kételt később különböző irányokban élesítették Tenenbaum (1989), illetve Elliott és én (1988).

Erdős, Pomerance, Stewart és én vizsgáltuk $\omega(a+b)$ nagy értékeit:

12. TÉTEL (*Erdős, Pomerance, Sárközy* és *Stewart*, 1993): (6)-ot és $\varepsilon' > 0$-t feltéve, léteznek olyan $a \in \mathcal{A}$, $b \in \mathcal{B}$ számok, hogy

$$\omega(a+b) > (1-\varepsilon')\frac{\log N}{\log\log N}.$$

Néhány további, a közelmúltban vizsgált összegsorozatokra vonatkozó probléma:

1. Erdőssel (1987) vizsgáltuk a következő kérdést: hány szám adható meg N-ig úgy, hogy bármely kettőnek az összege négyzetmentes szám legyen?

2. Stewarttal (1986) vizsgáltuk k tagú összegek „nagy" prímosztóit.

3. Pomerance, Stewart és én (1988) vizsgáltuk $a+b$ összegek „kis" prímosztóit.

4. Stewarttal (1994) becsültük a $\Sigma_{a,a' \in \mathcal{A}} d(a+a')$ összeget.

5. 1988-ban vizsgáltam a $\lambda(a+b) = \pm 1$, $a \in \mathcal{A}$, $b \in \mathcal{B}$ egyenletek megoldhatóságát, ahol $\lambda(n) = (-1)^{\Omega(n)}$ a Liouville-függvényt jelöli.

6. Ostmann (1956), Hornfeck (1954, 1955), Pomerance, Sárközy és Stewart (1988) vizsgáltak olyan $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$ sorozatokat, hogy $a+b$ minden $a\in\mathcal{A}$, $b\in\mathcal{B}$-re prímszám.

7. Erdős és Shapiro (1957), majd Friedlander és Iwaniec (1993) becsülték a $\Sigma_{a\in\mathcal{A}}\Sigma_{b\in\mathcal{B}}\chi(a+b)$ ($\chi\neq\chi_0$ multiplikatív karakter) összeget.

8. Rivat, Stewart és én (1998) vizsgáltuk $\omega(a+b)$ maradékosztályokban való eloszlását (ez a *Részhalmaz összegek* fejezetben leírt probléma általánosítása).

9. Rivat és én (1997) vizsgáltuk $a+b=[n^c]$, $a\in\mathcal{A}, b\in\mathcal{B}$, $n\in\mathbb{N}$ megoldhatóságát.

E tételek közös mondanivalója durván úgy fogalmazható meg, hogy „sűrű" sorozatok összegsorozatai közel ugyanolyan feszes aritmetikai szerkezettel rendelkeznek, mint az egymást követő egész számok. Vizsgálva azt, hogy az összegsorozatok rendelkeznek-e az egymást követő egészek valamely aritmetikai tulajdonságával, vagy egyszerű kongruencia-ellenpélda adható, vagy pedig ha ilyen példa nincs, akkor az összegsorozatok rendelkeznek a kérdéses tulajdonsággal.

Az említett cikkek közt van több olyan, melyben az alkalmazott *technika* a Hardy–Littlewood-módszer valamely verziója. Egy-két cikk kombinatorikai módszereket használ, így például a 12. tétel bizonyításában kulcsszerepet játszik Katonának egy véges halmazok részhalmazainak metszetére vonatkozó tétele. A legtöbb bizonyítás azonban a „nagy szita" valamely verziójára épül, és e kérdéskör irodalma jelentősen hozzájárult a „nagy szita" különböző irányokba való kiterjesztéseihez (ilyenek például az összetett, illetve „nagy" modulusokra való kiterjesztések).

A 9′. és 10′. tételek szorosan összefüggnek a $||p\alpha||$, illetve $||p^k\alpha||$ számok eloszlásával.

Részhalmaz összegek

$\mathcal{A}\subset\mathbb{N}$ esetén jelöljük $\mathcal{P}(\mathcal{A})$-val az $\mathcal{A}$-ból képezhető részhalmaz összegek halmazát, azaz az $\Sigma_{a\in\mathcal{A}}\varepsilon_a a$ alakban írható számok halmazát, ahol $\varepsilon_a=0$ vagy 1, és $0<\Sigma_{a\in\mathcal{A}}\varepsilon_a<\infty$.

1986-ban Erdős vetette fel a következő problémát: adott $N\in\mathbb{N}$, $k\in\mathbb{N}$ esetén maximálisan hány szám adható meg N-ig úgy, hogy a belőlük képezett részhalmazösszegek közt nincs teljes k-adik hatvány? Jelöljük az ilyen tulajdonságú számok maximális számát $F(N,k)$-val. $F(N,k)$ aszimptotikus viselkedését $k\geq 10$ és $N\to\infty$ esetén Lipkin (1989), $6\leq k\leq 9$ esetén Alon és Freiman

(1988) írta le. 1994-ben meghatároztam $F(N, k)$ aszimptotikáját $k=4$ és 5 esetén is, és $k=2$ és 3 esetén javítottam a korábbi becsléseken.

Erdős és Freud sejtették 1986-ban, hogy

1. Ha $\mathcal{A} \subset \{1, 2,\ldots, 3N\}$ és $|\mathcal{A}|>N$, akkor $\mathcal{P}(\mathcal{A})$ tartalmaz 2^k alakú számot.

2. Ha $\mathcal{A} \subset \{1, 2,\ldots, 4N\}$ és $|\mathcal{A}|>N$, akkor $\mathcal{P}(\mathcal{A})$ tartalmaz négyzetmentes számot.

E két sejtést Erdős és Freiman igazolták 1990-ben. Nekik azonban „sok" különböző a-ra volt szükségük egy-egy 2 hatvány, illetve négyzetmentes szám előállításához. Ezért előbb Erdős, Nathanson és én (1988) végtelen sorozatok esetén, majd Nathanson és én (1989) véges sorozatokra kidolgoztunk egy olyan módszert, mellyel minden hasonló típusú részhalmazösszeg-problémánál igazolható, hogy korlátos sok tag elég, sőt jó explicit korlát adható.

A fenti két Erdős–Freud probléma esetén Lev (1996), illetve Filaseta (1987) meghatározták a minimálisan szükséges tagszámot.

Erdős, Stewart és én (1994) vizsgáltuk olyan részhalmaz összegek létezését, melyeknek van nagy prímosztójuk (a 9'. tétel részhalmaz összeg analogonja).

E fejezetben említett cikkeimben meghatározó szerepet játszik az alábbi tétel:

13. TÉTEL (*Sárközy*, 1994): Ha $N>2500$, $A \subset \{1, 2,\ldots, N\}$ és

$$|\mathcal{A}|>200(N \log N)^{1/2}, \tag{8}$$

akkor léteznek $d, y, z \in \mathbf{Z}$ számok, melyekre

$$1 \le d < 10^4 N |\mathcal{A}|^{-1},$$
$$z > 7^{-1} 10^{-4} |\mathcal{A}|^2,$$
$$y < 7 \cdot 10^4 N z |\mathcal{A}|^{-2}$$

és

$$\{yd, (y+1)d,\ldots, zd\} \subset \mathcal{P}(\mathcal{A}).$$

Korábban Alon és Freiman (1988) bizonyítottak egy hasonló, de lényegesen gyengébb tételt, $N^{2/3+\varepsilon}$-nal (8) jobb oldalán. Ugyanakkor a 13. tétel már a lehető legjobb, konstans szorzóktól és esetleg (8)-ban egy $(\log N)^{1/2}$ szorzótól eltekintve. A bizonyítás nehéz és hosszú, és fontos szerepet játszik benne Kneser tétele. Valamivel később tőlem függetlenül Freiman is bizonyította lényegében ugyanezt a tételt, érdekes módon ugyanazzal a – valószínűen szükségtelen – $(\log N)^{1/2}$ faktorral (8) jobb oldalán.

A 13. tétel felhasználásával szinte minden részhalmazösszeg-probléma tárgyalható, és a tételnek sok alkalmazása van más területeken is (például a partíciók elméletében).

Hegyvári és én (1998) vizsgáltunk $A \subset N$ sorozatokat azzal a tulajdonsággal, hogy $\mathcal{P}(\mathcal{A})$ minden eleme négyzetszám.

Multiplikatív problémák

Diophantosz megadott 4 racionális számot azzal a T tulajdonsággal, hogy közülük bármely két különbözőnek a szorzatához 1-et adva, négyzetszámot kapunk. Azonnal felvetődik a kérdés, hogy megadható-e tetszőlegesen nagy $\mathcal{A}$ sorozat ezzel a T tulajdonsággal. Minden bizonnyal ez a legrégibb hibrid probléma. E témakörrel Fermat, Euler és E. Straus is foglalkoztak, és a közelmúltban Dujella és Gyarmati K. vizsgálták ezt a kérdést.

Iwaniec és én bizonyítottuk az alábbi tételt:

14. TÉTEL (*Iwaniec* és *Sárközy*, 1987): Ha $\varepsilon>0$, $N>N_0(\varepsilon)$, $\mathcal{A}, \mathcal{B} \subset \{1, 2, \ldots, N\}$ és $|\mathcal{A}|, |\mathcal{B}| > \varepsilon N$, akkor léteznek olyan $a \in \mathcal{A}$, $b \in \mathcal{B}$ és $x \in N$ számok, hogy $|ab-x^2| < c(\varepsilon)(N \log N)^{1/2}$.

A bizonyítás az ún. „kettős nagy szitára" épül.

$\mathcal{A} \subset N$ esetén jelöljük $Q(\mathcal{A})$-val azon $q \subset N$, $q>1$ számok halmazát, melyek $q = \frac{a}{a'}$ (ahol a, $a' \in \mathcal{A}$) alakban írhatók; ezt a $Q(\mathcal{A})$-t az $\mathcal{A}$ halmaz hányadoshalmazának („quotient set") nevezzük. Behrend, illetve Erdős egy-egy klasszikus tétele szerint „sűrű" sorozatok hányadoshalmaza nem üres. Pomerance és én (1988) vizsgáltuk hányadoshalmazok aritmetikai szerkezetét.

Ugyancsak Pomerance és én (1987) vizsgáltuk azt, hogy „sűrű" $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$ sorozatok esetén milyen kicsivé tehető $|ab-p|$ ($a \in \mathcal{A}$, $b \in \mathcal{B}$, p prím), illetve a $P(n)<n^{\varepsilon}$ feltétel mellett $|ab-n|$ ($a \in \mathcal{A}$, $b \in B$).

1989-ben vizsgáltam a^2+b^2 (ahol $a \in \mathcal{A}$, $b \in \mathcal{B}$, $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$ „sűrű" sorozatok) alakú számok nagy prímosztóit.

1992-ben bizonyítottam a 12. tétel multiplikatív analogonját:

15. TÉTEL (*Sárközy*, 1992): Ha $\varepsilon, \varepsilon' > 0$, $N>N_0(\varepsilon, \varepsilon')$, $\mathcal{A} \subset \{1, 2, \ldots, N\}$ és $|\mathcal{A}| > \varepsilon N$, akkor léteznek olyan a, $a' \in \mathcal{A}$ számok, hogy

$$\omega(aa'+1) > (1-\varepsilon')\frac{\log N}{\log \log N}.$$

Győryvel és Stewarttal bizonyítottuk a 6. tétel alábbi multiplikatív analogonját:

16. TÉTEL (*Győry, Sárközy* és *Stewart*, 1996): Ha $\mathcal{A}$, $\mathcal{B} \subset \mathbf{N}$ és $|\mathcal{A}| \geq |\mathcal{B}| \geq 2$, akkor

$$\omega\left(\prod_{a \in \mathcal{A}} \prod_{b \in \mathcal{B}} (ab+1)\right) > c \log |\mathcal{A}|.$$

E tétel kapcsán sejtettük a következőt: ha $a<b<c$ és $c \to \infty$, akkor $P((ab+1)(ac+1)(bc+1)) \to \infty$. E sejtéssel kapcsolatban Győry és én (1997), továbbá Stewart és Tijdeman (1997), valamint Bugeaud (1998) értek el részeredményeket.

Néhány további, a közelmúltban vizsgált multiplikatív hibrid probléma:

1. 1995-ben vizsgáltam $\Sigma_{a \in \mathcal{A}} \Sigma_{b \in \mathcal{B}} d(ab+1)$-et.

2. Erdőssel és T. Sós Verával (1995) – kombinatorikai eszközökkel – vizsgáltuk adott $k \in \mathbf{N}$ és „sűrű" $\mathcal{A} \in \mathbf{N}$ esetén $a_1 \ldots a_k = x^2$, $a_1 < \ldots < a_k$, $a_1, \ldots a_k \in \mathcal{A}$, $x \in \mathbf{N}$ megoldhatóságát.

3. Rivat-val (1997) vizsgáltuk $ab = [n^c]$, $a \in \mathcal{A}$, $\mathcal{B}$, $n \in \mathbf{N}$ megoldhatóságát. (Ez a Piatetski–Shapiro-probléma sorozatokra vonatkozó analogonja.)

4. Elliottal (1997) igazoltuk a 11. tétel multiplikatív analogonját, azaz, hogy ha $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$ „sűrű" sorozatok, akkor az $\omega(ab+1)$ számok (ahol $a \in \mathcal{A}$, $b \in \mathcal{B}$) kielégítenek egy Erdős–Kac típusú tételt.

E témakörben nincsenek domináns módszerek. Kivétel talán a „nagy szita", melynek viszonylag sok alkalmazása van, mégpedig – a tárgyalt problémák multiplikatív jellegének megfelelően – annak Gallaghertől származó karakterverziója alkalmazható gyakran.

Ramsey típusú problémák

Roth sejtette, hogy létezik olyan c pozitív állandó, hogy bármely $k \in \mathbf{N}$-re $\mathbf{N}$-et k-színezve, $N > N_0$ esetén N-ig legalább cN olyan n szám van, melynek létezik $a+a'=n$ alakú monochromatikus előállítása. Ezt Erdőssel és T. Sós Verával bizonyítottuk az alábbi élesebb formában:

17. TÉTEL (*Erdős, Sárközy* és *T. Sós*, 1989): Bármely $k \in \mathbf{N}$ és $\mathbf{N}$ bármely k-színezése esetén N-ig legalább $(\frac{1}{2} - o(1))N$ olyan páros n szám létezik, melynek van monochromatikus előállítása $a+a'=n$ alakban.

Ezt az eredményt kiterjesztettük különböző irányokban.

Erdős és én (1990) vizsgáltuk e probléma multiplikatív analogonját, azaz vizsgáltuk, hogy **N**-et k-színezve, legalább hány olyan n szám van N-ig, melynek van $aa'=n$ alakú monochromatikus előállítása.

Erdős és Alon (1996) becsülték a legkisebb olyan $k=k(n)$ számot, hogy az $\{1, 2, \ldots, n-1\}$ halmaznak van olyan k-színezése, hogy az n szám nem írható fel monochromatikus részhalmaz összegként.

E témakörben természetesen a kombinatorikus számelmélet módszerei dominálnak.

Irodalom

1. Alon, N. and Erdős, P.: Sure monochromatic subset sums. *Acta Arith.*, 74 (1996) 269–272.
2. Alon, N. and Freiman, G.: On sums of subsets of a set of integers. *Combinatorica*, 8 (1988) 297–306.
3. Balog, A. and Sárközy, A.: On sums of sequences of integers, I, II. and III. *Acta Arith.*,44 (1984) 73–86; *Acta Math. Acad. Sci. Hung.*, 44 (1984) 169–179 and *Acta Math. Acad. Sci. Hung.*, 44 (1984) 339–349.
4. Bergelson, V. and Leibman, A.: Polynomial extensions of van der Waerden's and Szemerédi's theorems. *J. AMS*, sajtó alatt.
5. Bugeaud, Y.: On the greatest prime factor of (ab+1)(bc+1)(ca+1). *Acta Arith.*, 86 (1998) 45–49.
6. De la Breteche, R.: Sommes sans grand facteur premier. *Acta Arith.*, sajtó alatt.
7. Elliott, P. D. T. A. and Sárközy, A. The distribution of the number of prime divisors of sums a+b. *J. Number Theory*, 29 (1988) 94–99.
8. Elliot, P. D. T. A. and Sárközy, A.: The distribution of the number of prime divisors of numbers of form ab+1. In: *Analytic and Probabilistic Methods in Number Theory*. Eds. A. Laurinčikas et al. VSP BV, Utrecht, 1997. 313–321.
9. Erdős, P.: On the arithmetical density of the sum of two sequences one of which forms a basis for the integers. *Acta Arith.*, 1 (1936) 197–200.
10. Erdős, P. and Freiman, G.: On two additive problems. *J. Number Theory*, 34 (1990) 1–12.
11. Erdős, P., Maier, H. and Sárközy, A.: On the distribution of the number of prime factors of sums a+b. *Transactions Amer. Math. Soc.*, 302 (1987) 269–280.
12. Erdős, P., Nathanson, M. B. and Sárközy, A.: Sumsets containing infinite arithmetic progressions. *J. Number Theory*, 28 (1988) 159–166.
13. Erdős, P., Pomerance, C., Sárközy, A. and Stewart, C. L.: On elements of sumsets with many prime factors. *J. Number Theory*, 44 (1993) 93–104.
14. Erdős, P. and Sárközy, A.: On differences and sums of integers, I and II. *J. Number Theory*, 10 (1978) 430–450. and *Bull. Soc. Math. Gréce*, 18 (1977) 204–223.
15. Erdős, P. and Sárközy, A.: On divisibility properties of integers of the form a+a'. *Acta Math. Acad. Sci. Hung.*, 50 (1987) 117–122.
16. Erdős, P. and Sárközy, A.: On a conjecture of Roth and some related problems, II. In: *NumberTheory, Proceedings of the First Conference of the Canadian Number Theory Association*. Ed. R. A. Mollin, Walter de Gruyter. Berlin–New York, 1990. 125–138.

17. Erdős, P., Sárközy, A. and Stewart, C. L.: On prime factors of subset sums. *J. London Math. Soc.*, 49 (1994) 209–218.
18. Erdős, P., Sárközy, A. and T. Sós, V.: On a conjecture of Roth and some related problems, I. In: *Irregularities of Partitions, Algorithms and Combinatorics* 8. Eds. G. Halász and V. T. Sós. Springer Verlag, 1989. 47–59.
19. Erdős, P., Sárközy, A. and T. Sós, V.: On product representations of powers, I. *Europ. J. Combinatorics*, 16 (1995) 567–568.
20. Erdős, P. and Shapiro, N. H.: On the least primitive root of a prime. *Pacific J. Math.*, 7 (1957) 861–865.
21. Erdős, P. and Turán, P.: On a problem in the elementary theory of numbers. *Amer. Math. Monthly*, 41 (1934) 608–611.
22. Filaseta, M.: Sets with elements summing to squarefree numbers. *C. R. Math. Rep. Acad. Sci. Canada*, 11 (1987) 243–246.
23. Friedlander, J. and Iwaniec, H.: Estimates for character sums. *Proc. Amer. Math. Soc.*, 119 (1993) 365–372.
24. Fürstenberg, H.: Ergodic behaviour of diagonal measures and a theorem of Szemerédi on arithmetic progressions. *J. Analyse Math.*, 31 (1977) 204–256.
25. Győri, K. and Sárközy, A.: On prime factors of integers of the form $(ab+1)(bc+1)(ca+1)$. *Acta Arith.*, 79 (1997) 163–171.
26. Győry, K., Sárközy, A. and Stewart, C. L.: On the number of prime factors of integers of form $ab+1$. *Acta Arith.*, 74 (1996) 365–385.
27. Győry, K., Stewart, C. L. and Tijdeman, R.: On prime factors of sums of integers, I. *Compositio Math.*, 59 (1986) 81–88.
28. Harcos, G.: Waring's problem with small prime factors. *Acta Arith.*, 80 (1997) 165–185.
29. Hegyvári, N. and Sárközy, A.: On Hilbert cubes in certain sets. *Ramanujan J.*, sajtó alatt.
30. Hornfeck, B.: Ein Satz über die Primzahlmenge. *Math. Z.*, 60 (1954) 271–273.
31. Hornfeck, B.: Berichtigung zur Arbeit: Ein Satz über die Primzahlmenge. *Math. Z.*, 62 (1955) 442–443.
32. Iwaniec, H. and Sárközy, A.: On a multiplicative hybrid problem. *J. Number Theory*, 26 (1987) 89–95.
33. Khitchin, A.: Über ein metrisches Problem der additiven Zahlentheorie. *Math. Sb. N. S.*, 40 (1933) 180–189.
34. Logarias, J. C., Odlyzko, A. M. and Shearer, J. B.: On the density of sequences of integers the sum of no two of wich is a square, I and II. *J. Comb. Theory*, 33 (1982) 167–185. and 34 (1983) 123–139.
35. Lagrange, J.: Six entiers dont les sommes deux à deux sont des carrès. *Acta Arith.*, 40 (1981) 91–96.
36. Lev, V. F.: Representing powers of 2 by a sum of four integers. *Combinatorica*, 16 (1996) 413–416.
37. Lipkin, E.: On representaton of r-powers by subset sums. *Acta Arit.*, 52 (1989) 353–366.
38. Nathanson, M. B. and Sárközy, A.: Sumsets containing long arithmetic progressions and powers of 2. *Acta Arith.*, 54 (1989) 147–154.
39. Nicolas, J. L.: Six nombres dont les sommes deux à deux sont des carrès. *Calculateur en Math.*, (1975, Limoges), *Bull. Soc. Math. France*, mém. 49–50 (1977) 141–143.
40. Ostmann, H.: *Additive Zahlentheorie*. Springer-Verlag, 1956.
41. Pintz, J., Steiger,W. L. and Szemerédi, E.: On sets of natural numbers whose difference set contains no squares. *J. London Math. Soc.*, 37 (1988) 217–231.

42. Pomerance, C. and Sárközy, A.: On products of sequences of integers. *Coll. Math. Soc. J. Bolyai*, 51 (1987) 447–463.
43. Pomerance, C. and Sárközy, A.: On homogeneous multiplicative hybrid problems in number theory. *Acta Arith.*, 49 (1988) 291–302.
44. Pomerance, C., Sárközy, A. and Stewart, C. L.: On divisors of sums of integers, III. *Pacific J. Math.*, 133 (1988) 363–379.
45. Rivat, J. and Sárközy, A.: A sequences analog of the Piatetski–Shapiro problem. *Acta Math. Acad. Sci. Hung.*, 74 (1997) 245–260.
46. Rivat, J., Sárközy, A. and Stewart, C. L.: Congruence properties of the Ω-function on sum sets. *Illinois J. Math.*, sajtó alatt.
47. Roth, K. F.: On certain sets of integers, I and II. *J. London Math. Soc.*, 28 (1953) 104–109. and 29 (1954) 20–26.
48. Ruzsa, J. Z.: Large prime factors of sums. *Studia Sci. Math. Hung.*, 27 (1992) 463–470.
49. Sárközy, A.: On difference sets of sequences of integers, I, II and III. *Acta Math. Acad. Sci. Hung.*, 31 (1978) 125–149., *Annales Univ. Sci. Eötvös*, 21 (178) 45–53. and *Acta Math. Acad. Sci. Hung.*, 31 (1978) 355–386.
50. Sárközy, A.: On the number of prime factors of integers of the form a_i+b_j. *Studia Sci. Math. Hung.*, 23 (1988) 161–168.
51. Sárközy, A.: Hybrid problems in number theory. In: *Number Theory, New York 1985–88, Lecture Notes in Mathematics* 1383. Springer-Verlag, 1989. 146–169.
52. Sárközy, A.: On sums a+b and numbers ab+1 with many prime factors. *Grazer Math. Berichte*, 318 (1992) 141–154.
53. Sárközy, A.: Finite addition theorems, II. *J. Number Theory*, 48 (1994) 197–218.
54. Sárközy, A.: On the average value for the number of divisors of numbers of form ab+1. *Acta Math. Acad. Sci. Hung.*, 66 (1995) 223–245.
55. Sárközy, A. and Stewart, C. L.: On divisors of sums of integers, I, II and IV. *Acta Math. Acad. Sci. Hung.*, 48 (1986) 147–154.; *J. Reine Angew. Math.*, 365 (1986) 171–191. and *Canadian J. Math.*, 40 (1988) 788–816.
56. Sárközy, A. and Stewart, C. L.: On the average value for the number of divisors of sums a+b. *Illinois J. Math.*, 38 (1994) 1–18.
57. Sárközy, G. N.: On sums with small prime factors. *Acta Math. Acad. Sci. Hung.*, 67 (1995) 333–345.
58. Stewart, C. L. and Tijdeman, R.: On the greatest prime factor of (ab+1)(ac+1)(bc+1). *Acta Arith.*, 79 (1997) 93–101.
59. Tenenbaum, G.: Facteurs premiers de sommes d'entiers. *Proc. Amer. Math. Soc.*, 106 (1989) 287–296.
60. Vaughan, R. C.: *The Hardy–Littlewood Method*. Cambridge Univ. Press, 1981.

IV. AGRÁRTUDOMÁNYOK OSZTÁLYA

Horváth József
az MTA levelező tagja

NÖVÉNYVÍRUSOK *IN VIVO*

Elhangzott 1996. február 15-én

Soha beteljesülni nem remélt gondolattal, elfúlva állok itt, hiszen elődóriások szigorú és gyengéd, láthatatlan és látható tekintetében kell most megszólalnom magamról, ami nagyon nehéz. Berényi Dénes akadémikus egyik írásában azt írta, hogy „óriások leszármazottai vagyunk"! Igen, én is jól ismert óriások utódának tartom magam, mert a méltóságot, az örömteli életet és a szellem ragyogását soha meg nem érő és át nem élhető keszthelyi, majd Balatonszentgyörgyre menekített szülői ház útravalója: a szegénység megtapasztalta tisztesség, szerénység és a szorgalom szüksége bocsátott nagyon fiatalon utamra a keszthelyi gimnáziumi érettségi, majd egyetemi diploma után. Azért is óriások utódának tartom magam, mert olyan szellemlények sugárkötegében és ragyogásában élhettem, akik közül többen is itt vannak közöttünk, és akiknek élete és munkája életembe és munkámba szivároghatott, talán múlhatatlanul. A mások példamutatásának szépe tette egyszerűvé, folyamatossá és boldoggá az életemet, amelyben a kutatás mindvégig izgalmat, örömet és szórakozást jelentett. A nehézségek elviselésében, amelyek dolgában nem voltak hiányaim, Károlyi Amy *Isten-ember* című, jól ismert verse segített:

„Emberré a kereszten válunk,
mindenkinek más a keresztje,
függ rajta vékony inakon,
akárha dróton felfüggesztve."

Ennek ellenére szerencsés embernek érzem magam, és hálát adok az Istennek, hogy a 100 éves növényvirológia a vírusbeteg tulipánokkal, az ún. tulipomániával szimbolizált klasszikus és talán legszebb, tülekedésmentes korszakának utolsó négy évtizedében sok mindent megérthettem a virológiából, de igen egyszerű eszközökkel és kevés anyagi támogatással szándékaimnál csak kevesebbet tudtam megvalósítani.

A növényvirológia külföldi úttörői mellett szeretnék bevezetőmben megemlékezni azokról a magyar tudósokról (Linhart György, Horváth Géza, France Rezső, Doby Géza, Gulyás Antal, Szirmai János), akik a növényvirológia hazai kibontakoztatásában elévülhetetlen, prodromus érdemeket szereztek, noha a nevükhöz fűződő eredeti felfedezések a virológia nemzetközi történelemlapjain sajnos ma már csaknem feledésbe merültek. Munkásságukra ezért a mai növényvirológus nemzedék nevében az alkalomhoz méltó módon kívántam megemlékezni.

Szinopszis

Ezek után engedjék meg, hogy tudományos életutamról, tudományos tevékenységemről beszéljek. 1957 és 1996 közötti, csaknem négy évtizedes kutatási és oktatási tevékenységemet három hazai és több külföldi intézetben, valamint egyetemeken fejtettem ki. Kutatásaim a növényvirológia számos területére terjedtek ki. Tudományos pályám kibontakozása az 1950-es évek második felében arra az időre esett, amikor a növényvirológia talán legszínesebb és leggazdagabb, deskriptív és diagnosztikai korszakát élte. Európában ebben az időben igen jelentős virológiai probléma, a burgonya leromlásának, ill. degenerálódásának etiológiai vizsgálata került tudományos érdeklődésem középpontjába. A hazai burgonyafajták és burgonya-ökoszisztémák virológiai vizsgálatával és a különböző diagnosztikai módszerek bevezetésével sikerült megalapozni a burgonyavírus-kutatást Magyarországon. Már egyetemi éveim alatt igen nagy hatással volt rám az a felfedezés, mely szerint a burgonya levélsodródás vírussal fertőzött burgonyanövények szállítóedényeinek rostacsöveiben a rostalemezeken kisebb-nagyobb mennyiségben képződő, kémiai természetét tekintve lignint és szuperint tartalmazó, kallózeszerű anyag rezorcinkékkel vagy anilinkékkel megfesthető és fénymikroszkóppal kimutatható. Első virológiai vizsgálataim ennek az új módszernek a hazai alkalmazására terjedtek ki, és ezek a vizsgálatok tették lehetővé nemcsak a burgonya levélsodródás vírus hazai elterjedésének egzakt megállapítását, hanem a burgonyanemesítési alapanyagok kiválogatását is.[1,2] Hisztopatológiai, biológiai és szerológiai módszerekkel elsőként sikerült Magyarországon átfogó képet adni a burgonyavírusok hazai

előfordulásáról, a komplex fertőzések gyakoriságáról, valamint új burgonyapatogén vírusok (burgonya M-vírus) leírásáról és tulajdonságainak megállapításáról. Virológiai vizsgálataim kiterjedtek a burgonya levélsodródás vírus vektorokkal történő átvihetőségének tanulmányozására, a burgonya X-vírus patofiziológiai diagnózisára és a vírusok új tesztnövényekkel történő kimutathatóságára.[3-8] Ezekből a korai kutatási eredményeimből készítettem el 1962-ben egyetemi doktori értekezésemet,[9] amelyet 1963-ban a Gödöllői Agrártudományi Egyetemen „summa cum laude" megvédtem, és mondtam köszönetet annak a felejthetetlen keszthelyi laboratóriumnak, amelyben eredményeim megszülethettek, és amely lehetővé tette megismerni a tudományos munka nyújtotta örömöket. Ezeket a szép emlékeket és szakmai ismereteket vittem magammal 1963-ban németországi aspirantúrára. Pályám kibontakozására nagy hatással volt a német aspirantúra, amelynek során igen jelentős nemzetközi kapcsolatokra tettem szert. Kandidátusi értekezésemmel,[10] valamint kutatási eredményeim publikálásával olyan alapvető ismereteket tártam fel, mint pl. a burgonya Y-vírustörzsek fizikai és biológiai tulajdonságai, variabilitása, virulenciája és differenciálásának lehetőségei.[11-22] Nagy visszhangot váltottak ki a két leggyakrabban előforduló burgonya X-vírus és burgonya Y-vírus interferenciájáról és differenciálásáról írt tanulmányaim.[10, 23-25]

A németországi aspirantúráról történt hazatérés után a vad *Solanum* fajok és vírusok közötti kapcsolatok kérdésével foglalkoztam és számos olyan, a világirodalomban is új, hiperszenzitív és immúnis vírusforrást (*Solanum chacoense* PI. 275451, *S. simplicifolium* PI. 218223, *S. stoloniferum* PI 275244, *S. vernei* PI. 275155) állapítottam meg, amely jelentős hatással volt a burgonya-vírusrezisztenciára, -nemesítésre.[26-29] Úgyszintén nagy figyelem kísérte azt a munkát, amely a *Solanum demissum* A6-os hibrid dekapitált leveleinek vírusfogékonysága és a világ különböző országaiból származó burgonya Y-vírus és uborka mozaik vírustörzsek kimutathatóságára vonatkozott.[10, 20, 30]

Az 1960-as évek végén Magyarországon fellépő dohányperonoszpóra-járvány csaknem elpusztította azt a vírusgénbankot, amelyet sorozatos passzálásokkal laboratóriumunkban fenntartottunk. Ezért szükségessé vált olyan, a dohányperonoszpórával szemben ellenálló, de vírusokkal szemben fogékony *Nicotiana* fajok kimutatása, amelyek alkalmasak vírusok *in vivo* fenntartására. Kísérleteink során váltak ismertté olyan dohányperonoszpóra-rezisztens, de különböző vírusokkal szemben fogékony *Nicotiana* fajok (pl. *Nicotiana debneyi, N. exigua, N. goodspeedii, N. megalosiphon, N. tabacum* cv. Hicks Fixed A2-426, *N. tabacum* cv. Resistant Hicks), amelyek a vírusgénbank biztonságos megőrzése szempontjából ma már nélkülözhetetlenek.[21, 31] A vírusgénbank biztonságos megőrzése mellett vizsgálatokat végeztünk a vírusok dehidratációs mód-

szerrel történő eltarthatóságára vonatkozóan is. Megállapítottuk, hogy 19 vírus 24 izolátumának $CaCl_2$ feletti eltarthatósága vírusoktól függően 10–87 hónap között váltakozik.[32]

Német és holland virológiai kutatóintézetek és egyetemek meghívásai és az ott szerzett felejthetetlen élmények új megismerések felé sodortak. Sikerült megállapítani például, hogy a növények különböző szekvenciájú leveleinek vírusfogékonysága eltérő, amely összefüggésben van a levélszekvenciától függő ektodezmák számával.[31, 33–34] Jelentős nemzetközi visszhangot váltottak ki azok a kutatásaink, amelyek ugyanazon vírus különböző törzsei közötti szinergista és antagonista interferenciára vonatkoznak.[10, 23–25, 35] Különösen figyelemre méltó, hogy az általunk Magyarországon izolált összes uborka mozaik vírustörzs védelmet nyújtott ugyanazon vírus észak-európai származású fehér, ill. W. (white) törzsével szemben.[36–38]

Az 1960-as évek végén a repcebetegségek etiológiai vizsgálata során a világon először állapítottuk meg a repcét (*Brassica napus*) fertőző uborka mozaik vírus és a virágelzöldülés fitoplazma előfordulását.[36–37, 40–44, 177] Az 1970-es évek elején néhai Láng Géza akadémikus biztatására jelentettem meg az első magyar nyelvű, kiadói nívódíjas virológiai könyvemet[45] az Akadémiai Kiadónál, amely újabb lendületet adott az egyetemi oktatásnak és a virológia hazai fejlődésének, hiszen nem véletlenül választottam a könyv mottójául Karl Maramarosch világhírű amerikai virológus egyik részemre megküldött könyvében írt gondolatokat: „...Plant viruses are among the most important, most complex, and most extensively distributed plant disease agents in the world. The intriguing mechanisms by which these viruses propagate and survive in plant and vector reservoirs and the economically important diseases they cause have attracted numerous workers to this vast and expanding field."

A mintegy két évtizedes kutatásaim eredményeit 1976-ban akadémiai doktori értekezésemben írtam meg.[39] Ebben az értekezésben elsőként foglaltam össze a növényvilág alacsony fejlettségű és legmagasabb fejlettségű növényeinek gazda–vírus kapcsolatairól addig szerzett ismereteket és saját kutatási eredményeimet, amely alapján megállapítható, hogy a jelenleg ismert mintegy 1500 növényvírus a zuzmókon és mohákon kívül a növényvilágban mindenütt megtalálható. Ezeket a kutatási eredményeket 1977–1983 között 18 angol nyelvű folytatásos közleményben is megjelentettem.[46–63] A 15 víruscsoportba tartozó 24 vírus esetében 456 új fogékony növényt, 246 új rezisztens növényt, 1312 új gazda–vírus kapcsolatot, 664 új inkompatibilis kapcsolatot és 9958 új gazda–vírus kombinációt állapítottunk meg. A vizsgálatok során diagnosztikai szempontból is fontos új növényeket, pl. *Physalis,*[64–75] *Geranium,*[196] *Gomphrena.*[197] *Phaseolus,*[198] *Lycium.*[178–180, 199] *Tetragonia,*[190] *Erodium,*[191] *Browallia,*[192] *Emex,*[166, 193]

Ocimum[76-80] és *Chenopodium*[19, 148, 167, 194, 200] fajokat állapítottunk meg. Ezeknek a kiterjedt kutatásoknak és eredményeknek az ismerete alapján kért fel az Amerikai Egyesült Államokban élő A. Misra virológus professzor, hogy írjak egy könyvet *Hosts and Non-Hosts of Plant Viruses* címmel.[81]

Az 1970-es évektől az a kérdés foglalkoztatott, hogy miképpen történik a vírusok fennmaradása és cirkulációja a természetben A gazda–vírus kapcsolatok kutatásával kapcsolatban eltelt több mint két évtized során 15 víruscsoportba tartozó 21 vírus és vírustörzs első hazai előfordulását, az egyetemes tudományra nézve pedig 4 új vírust írtunk le (Melandrium sárga foltosság vírus, Pittosporum érkivilágosodás vírus, Solanum hannemanni mozaik vírus, burgonyagumó nekrózis vírus = burgonya Y-vírus NTN-törzse). A jelentősebb eredmények közül megemlítem az uborka mozaik vírus előfordulását és a víruscirkulációban betöltött szerepének bizonyítását az évelő, virológiailag korábban nem ismert *Circaea lutetiana* és az *Echinocystis lobata* növényben,[82-83] a fás szárú *Paulownia imperialis,*[84-85] az *Eupatorium cannabinum*, *Lonicera tatarica*, valamint *Paeonia*[86-87] és *Phaseolus vulgaris*[188] növényben, ill. a paradicsom magtalanság vírus előfordulását *Tropaeolum majus* növényben.[181] A szelídgesztenye és tölgyfák levéldeformációs betegségeinek etiológiai vizsgálata során elsőként vált ismertté, hogy a fák megbetegedését a dohány mozaik vírus idézte elő.[88]

Az újabb természetes gazda–vírus kapcsolatok közül érdemes kiemelni a retek mozaik vírus előfordulását és törzseinek szerológiai összehasonlító vizsgálatát külföldi izolátumokkal,[89] a tarlórépa sárga mozaik vírus fellépését *Brassica* fajokon és szerológiai, valamint zárványtestvizsgálatát,[90-91] a fonálférgekkel terjedő cseresznye levélsodródás vírus előfordulását bodzanövényeken,[92] a paradicsom mozaik vírus és lucerna mozaik vírus izolálását burgonyából[93-98] és a paradicsom mozaik vírus partikulumainak elektronmikroszkópos, szerológiai és zárványtestvizsgálatát,[93] valamint a *Nicotiana benthamiana* új diagnosztikai tesztnövény kimutatását.[99]

Az 1970-es években Magyarországon termesztésbe vett új zöldségnövény, a patisszon vagy csillagtök (*Cucurbita pepo* var. patissonina f. radiata) súlyos tüneteket mutató egyedeinek etiológiai vizsgálat során a görögdinnye mozaik vírus és az uborka mozaik vírus szimplex és komplex előfordulását állapítottuk meg.[100-101] A keresztes virágú növények vírusbetegségeinek tanulmányozása során először identifikáltuk a tarlórépa mozaik vírust különböző *Brassica* fajokból.[102-103] Figyelemre méltó a vírus előfordulása máknövényekben is.[104]

A dísznövények vírusbetegségeinek vizsgálata során először állapítottuk meg a *Tropaeolum majus* növényben a nasturtium gyűrűsfoltosság, újabb nevén a lóbab hervadás vírust[105] és a paradicsom magtalanság vírust.[181]

A zöldségnövényeken leírt új vírusok közül érdemes megemlíteni a zeller mozaik vírust zelleren, petrezselymen és *Ammi majus* növényen,[106–107] a saláta mozaik vírust salátán[108–110] és Compositae (Asteraceae) családba tartozó növényeken,[189] valamint a tarlórépa sárga mozaik vírust a hazánkban újabban termesztésbe vett Pak-Choy (*Brassica campestris* var. chinensis) leveles zöldségnövényben.[111, 182] Figyelemre méltóak a leveles zöldségnövények gazda–vírus kapcsolatainak vizsgálata során elért új eredmények.[187]

A gyógynövényeken előforduló vírusok vizsgálata során a legnagyobb figyelmet érdemli az *Atropa belladonna* növényből izolált belladonna foltosság vírus, amely szerológiai rokonságban van a vírus horvátországi izolátumával, és amelynek jellegzetes komplett és inkomplett virionjai, valamint forgó, kerékszerű, ún. pinwheel-struktúrájú zárványai vannak.[112]

A gyomnövénypatogén vírusok közül figyelmet érdemel a *Malva sylvestris* növényből izolált Malva érkivilágosodás vírus[113] a potyvírusokra jellemző zárványtestjeivel és az uborka mozaik vírus.[114]

A karfiol mozaik vírus izolálása és identifikálása Magyarországon nemcsak azért figyelemre méltó, mert ez az elsőként identifikált, DNS-tartalmú vírus Magyarországon, hanem azért is, mert először tanulmányoztuk gazdanövénykörét, zárványtestjeit és patogenitását *Crambe* fás szárú növényekre.[115–117, 183]

Nemzetközi kutatási együttműködés során állapítottuk meg a bab közönséges mozaik vírus és a bab sárga mozaik vírus magyaroroszági patotípusait, amelyek lehetővé tették a rezisztenciagének tanulmányozását és új vírusrezisztens hazai babfajták előállítását.[118]

A burgonya vad ökoszisztémáiban 1987-ben és 1989-ben a világon először mutattuk ki a *Datura stramonium* csattanós maszlag mozaik vírus fertőzöttségét és a *Chenopodium hybridum* Chenopodium mozaik vírus fertőzöttségét.[119-120] Mindkét vírusról bizonyítottuk, hogy kísérleti körülmények között burgonyára átvihetőek, és hangsúlyoztuk a rezisztenciára nemesítés megkezdésének szükségességét, amelyet az általunk kimutatott rezisztens vad *Solanum* fajokra alapoztunk.[121-123] Kísérleti eredményeink és következtetéseink helyességét igazolja, hogy a szferikus és a szerológiailag identikus Chenopodium mozaik vírus – a perui International Potato Center 1993–1994. évi és 1995. év végén megjelent programbeszámolója szerint – természetes körülmények között előfordul Mexikóban a Puebla nevű burgonyafajtában. Ez a vizsgálati eredmény egyértelműen igazolja a magyarországi új kutatási eredményünk elméleti és gyakorlati jelentőségét.

A világon először állapítottuk meg a fonálférgekkel átvihető szőlő páfránylevelűség vírus előfordulását a Cucurbitaceae családba tartozó *Lagenaria siceraria* lágy szárú évelő növényen.[124] Az egyetemes tudományra nézve a világ-

gon elsőként izoláltunk egy 20 nm átmérőjű szferikus RNS-vírust *Melandrium album* növényből, amelyet Melandrium sárgafoltosság vírusnak neveztünk el.[125] Leírtuk a vírus részletes gazdanövénykörét is, amelyben a *Silene tatarica* és a *Gomphrena globosa* a legfontosabb propagatív növény.[126–127]

Elsőként állapítottuk meg a Pittosporum érkivilágosodás vírust *Pittosporum tobira* növényben,[128–129] egy burgonyamaggal terjedő új *Tymovirust* a vad *Solanum hannemannii* növényben,[130] továbbá egy hazánkban korábban ismeretlen *Geminivirust* paradicsomban.[131]

A világon elsőként írtuk le a burgonya Y-vírus egy új, rezisztenciát áttörő törzsét (NTN-törzs), amely burgonyagumón és bogyókon jellegzetes nekrózisokat, dohánynövényen pedig ér- és szárnekrózist idéz elő.[132] Flexibilis virionjai 750 nm hosszúságúak. Az új *Potyvirus* az elmúlt tíz évben Európában mindenütt fellépett, és igen súlyos károkat idézett elő. Úgyszintén a világon elsőként állapítottuk meg a dohány rattle vírus burgonyamaggal történő átvihetőségét,[133] amely a burgonyamaggal történő szaporítás, az ún. true potato seeds (TPS) rendszerben igen figyelemre méltó.

Az utóbbi évek fő kutatási iránya a különböző géncentrumok vírusrezisztenciájával kapcsolatos kutatásokra terjedt ki. Ennek során tanulmányoztuk a vad növényfajok gazda–vírus kapcsolatait és felhasználásuk lehetőségeit a vírusrezisztenciára nemesítésben, a vírusdiagnosztikában és a vírusdifferenciálásban. A kutatások közül érdemes kiemelni a *Cucumis* és *Cucurbita* fajok,[134–136, 195] a *Capsicum* fajok[137] és a *Phaseolus* fajok vírusfogékonyságát, ill. rezisztenciáját.[138–139, 185–186] A *Capsicum* és *Phaseolus* vad fajokban kimutatott vírusrezisztencia-gének teremtették meg az alapját annak, hogy jelenleg mintegy öt új vírusrezisztens paprika- (Piknik, Rezisztens keszthelyi, Csipke) és zöldbab- (Sugár, Sirály) fajtát állítottunk elő.

A burgonyagéncentrumok, vad *Solanum* fajok és vírusok közötti kapcsolatok vizsgálata során olyan új bolíviai, argentínai, chilei és perui vad *Solanum* fajokban mutattunk ki vírusrezisztencia-forrásokat, amelyek a tudományra nézve újak.[122–123, 140–147, 184, 186] Az elért eredmények közül igen jelentős a nem gumóképző vad *Solanum brevidens* egyes származékaiban kimutatott rezisztencia a burgonya levélsodródás vírussal szemben, amelyet a Szegedi Biológiai Kutatóközpont Növényélettani Intézetének, az MTA Növényvédelmi Kutatóintézetének Kórélettani Osztályával együtt végzett munka során sikerült szomatikus sejtfúzióval a Pannon Agrártudományi Egyetem Virológiai Laboratóriumában és Burgonyakutatási Osztályán burgonyahibridekbe átvinni és ezáltal vírusrezisztens növényeket előállítani. Hasonlóképpen fontosak azok a kutatási eredmények, amelyek a vad *Solanum stoloniferum* vírusrezisztenciájával kapcsolatosak. Jelentős új kutatási eredménynek tekinthető a répa nekrotikus

sárgaerűség vírussal szemben ellenálló *Beta maritima* és *Beta webbiana* vad fajok megállapítása.[148-149]

Az elmúlt években a vizekből és a mocsarakból izolálható növényvírusok, valamint az azokban előforduló növények vírusainak meghatározásával figyelemre méltó új tudományos eredményeket értünk el. Ennek során először állapítottuk meg terresztris növényvírusok patogenitását *Myriophyllum verticillatum*, *Alisma plantago-aquatica* és *Trapa nutans* növényekben.[150-155] A vírusok fennmaradásában szerepet játszó szárazföldi és vízi növények feltárásával igen jelentős ökológiai összefüggéseket mutattunk ki.

Az erdei ökoszisztémák vírusainak vizsgálata során Magyarországon 6 vírust identifikáltunk 10 fás szárú növényből, és mintegy 18 vírusbeteg erdei növényfaj etiológiai vizsgálata van folyamatban.[87]

A mesterséges gazda–vírus kapcsolatok vizsgálata során először állapítottuk meg a Cruciferae családba tartozó *Crambe* fajok vírusfogékonyságát,[156-157] amelynek során leírásra került a DNS-tartalmú karfiol mozaik vírus első fás szárú fogékony gazdája.[117] Figyelemre méltó a polifág uborka mozaik vírus, amelynek 21 új természetes gazdanövényét és 94 új mesterséges gazdáját állapítottuk meg.[36, 82-83, 101, 114, 154, 158-165] A világirodalomban először írtuk le az *Emex* fajok gazda–vírus kapcsolatait, és megállapítottuk, hogy az *Emex australis* és az *Emex spinosa* az első, a Polygonaceae családba tartozó olyan növény, amely gazdája az uborka zöldfoltosság mozaik vírusnak.[166]

Az új vírusdiagnosztikai *Chenopodium* fajok leírásával jelentős mértékben megkönnyítettük a szerológiailag rokon burgonya S-vírus és burgonya M-vírus tanulmányozhatóságát és fenntarthatóságát.[167] A *Lycopersicon* fajok kimutatásával először bizonyítottuk, hogy a korábban immúnisnak vélt fajok nem alkalmasak a burgonya M-vírus és a burgonya S-vírus differenciálására.[168-169] Új vírusindikátorok leírásával[170] lehetővé tettük 12 burgonyapatogén vírus differenciálását, amelyek között jelentős szerepet játszik a propagatív célokra is alkalmas *Gomphrena globosa*.

A legújabb vizsgálatok során tanulmányoztuk a különböző *Amaranthus* fajok vírusfogékonyságát, és megállapítottuk egy új adventív gyomnövénynek, az *Amaranthus bouchonii* évelő fajnak vírusrezervoár szerepét,[171-173] valamint leírtuk a több mint 200 növényvírussal szemben fogékony *Nicotiana benthamiana* diagnosztikai és propagatív növény gazda–vírus kapcsolatrendszerét olyan saját kutatási eredmények közlésével, mint pl. az uborka zöldfoltosság mozaik vírussal szembeni fogékonysága.[99]

A tudományra nézve 20 növénycsaládba tartozó mintegy 160 új növény vírusfogékonyságát állapítottuk meg. Ezek a kutatások teremtették meg az alapját a vírus-szimbólumrendszer és vírusgazda-kódrendszer kidolgozásának

és számítógépre alkalmas feldolgozásának. Ezeket az eredményeket az amerikai CRC Press gondozásában 1993-ban megjelent könyvben[174] és két angol nyelvű dolgozatban közöltük.[175-176] Ezek a közlemények mutattak rá először a víruscsoport- identifikálás és az individuális vírusfaj-identifikálás és -differenciálás lehetőségeire szelektív gazda- és nem gazda növényekkel.

Epilógus

Négy évtizedes kutatási tevékenységem örömteli szolgálata volt annak a tudományterületnek, amely soha nem csalt meg, és amelyet soha el nem hagytam. Kutatási eredményeimet egyedül és társszerzőkkel értem el. Hálás köszönettel tartozom a magyar és a külföldi kollégáimnak, mindazoknak, akikkel együtt dolgozhattam. Eredményeinket Magyarországon megjelenő magyar és idegen nyelvű folyóiratokban, valamint számos külföldi kiadványban közöltük és külföldön megtartott kongresszusokon ismertettük, amelynek lehetővé tételéért köszönetet mondok a támogatóknak.

Őszinte köszönetemet fejezem ki a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya elnökének, elnökhelyettesének, tagjainak és mindazoknak, akik méltónak találtak arra, hogy a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagjává ajánljanak és válasszanak.

Soha el nem múló köszönetet mondok magyar és külföldi munkatársaimnak, akiknek segítsége és sok türelmetlenségem elviselése és megbocsátása nélkül nem juthattam volna ide. Különös hálával tartozom Molnár Katalin asszisztensemnek, aki több mint két évtizeden át kitartó hűségéről biztosított.

Köszönettel és hálával tartozom a magyar virológusok még ma is aktív doyenjének, Szirmai Jánosnak, aki pályám kezdetétől fogva négy évtizeden át irányítóm, segítőm és mindvégig támogatóm volt. A Magyar Tudományos Akadémia levelező tagjává történt megválasztásom hírére küldött levele, amelyben megválasztásomat szakmánk és hivatásunk elismerésének tekinti, találkozik a legbensőbb érzésemmel, a magyar növényvirológia nemcsak nekem, hanem minden kutatójának is szóló elismerésével.

A tisztelet és hála soha el nem múló emlékeivel gondolok vissza a korán, tragikus körülmények között elhunyt jó barátra, a világhírű Klaus Schmelzer német növényvirológusra, aki felismerve tudományterületem és személyem támogatottságának hazai nehézségeit, *Wirtspflanzen der Viren und Virosen Europas* című, 1971-ben megjelent könyvének ajánlásául a következőket írta: „Für denjenigen, dem die Pflanze in der Virologie das wichtigste ist, kann die Kenntnis des Wirtspflanzenkreises eines Virus durch nichts ersetzt werden."

Pótolhatatlan hiányát érzem korán elhunyt virológus pályatársaimnak, közvetlen munkatársaimnak és barátaimnak, Beczner Lászlónak, Besada Waheebnak és Lehoczky Jánosnak. Fájdalommal tölt el, hogy már nem lehetnek közöttünk.

Nem utolsósorban köszönetet mondok családomnak, hogy megértették gondjaimat, türelemmel elviselték távolléteimet, és mellettem voltak nehéz napjaimban is.

Miközben továbbra is alázattal szemlélem a természetet, jól tudom, hogy a százéves növényvirológia klasszikus korszaka most van lezárulóban, most megy át az empirikusból a molekuláris virológia korszakába, és beláthatatlan távlatok nyílnak meg a vírusoknak mint az örök természet örök génsebészeinek vizsgálata terén. A „Nagy Játékoknak" még a vége sem látszik, azaz maga a megismerés is örök. Lehet, hogy a fausti gondolatnak van igaza, mely szerint: „Mit nem tudunk, épp arra volna szükség | S amit tudunk az mind haszontalan."

Ábrahám Ambrus akadémikus *A szálfaember* című önéletrajzi írásában írt szép gondolatok – „...a hegyről, bármilyen magasra mentünk, egyszer csak le kell jönnünk, mert hamar jön az este, múló és maroknyi a lét" – nyugalommal töltenek el; a „hegyről" lejövet Ph. D. hallgatóim várnak, akikre Nagy László szavaival élve, szeretném „átvinni a szerelmet", és akikre Babits Mihály *Jónás imája* című versrészletével gondolok:

„Hozzám már hűtlen lettek a szavak,
vagy én lettem mint túláradt patak
oly tétova céltalan parttalan
s ugy hordom régi sok hiú szavam
mint a tévelygő ár az elszakadt
sövényt jelzőkarókat gátakat.
Óh bár adna a Gazda patakom
sodrának medret, biztos útakon
vinni tenger felé..."

A székfoglaló előadásban elhangzott vírusok (fitoplazma) tudományos nevei*: *bab közönséges mozaik vírus (bean common mosaic Potyvirus), bab sárga mozaik vírus (bean yellow mosaic Potyvirus), burgonyagumó nekrózis vírus (syn.: NTN strain of potato Y Potyvirus), burgonya levélsodródás vírus (potato leaf roll Luteovirus), burgonya M-vírus (potato M Carlavirus), burgonya rattle vírus (tobacco rattle Tobravirus; syn.: potato stem mottle Tobravirus), burgonya S-vírus (potato S Carlavirus),* burgonya

* A dőlt betűkkel írt vírusok (fitoplazma) saját kutatásaink során váltak először ismertté Magyarországon. A félkövér betűkkel írt vírusok az egyetemes tudomány számára először identifikált, új vírusok.

X-vírus (potato X *Potexvirus*), burgonya Y-vírus (potato Y Potyvirus), *belladonna foltosság vírus (belladonna mottle Tymovirus), Chenopodium mozaik vírus (sowbane mosaic Sobemovirus), csattanómaszlag mozaik vírus (henbane mosaic Potyvirus),* cseresznye levélsodródás vírus (cherry leaf roll *Nepovirus*), dohány mozaik vírus (tobacco mosaic *Tobamovirus*), görögdinnye mozaik vírus (watermelon mosaic *Potyvirus*), *karfiol mozaik vírus (cauliflower mosaic Caulimovirus),* lucerna mozaik vírus (alfalfa mosaic *Alfamovirus*), *Malva érkivilágosodás vírus (Malva vein clearing virus),* **Melandrium sárgafoltosság vírus (Melandrium yellow fleck *Bromovirus*)**, *lóbab hervadás vírus (broad bean wilt Fabavirus), Nasturtium gyűrűsfoltosság vírus (syn.: lóbab hervadás vírus, broad bean wilt Fabavirus), paradicsom levélgöndörödés vírus (tomato leaf curl Geminivirus), paradicsom magtalanság vírus (tomato aspermy Cucumovirus), paradicsom mozaik vírus (tomato mosaic Tobamovirus),* **Pittosporum érkivilágosodás vírus (Pittosporum vein clearing *Rhabdovirus*)**, *retek mozaik vírus (radish mosaic Comovirus),* répa nekrotikus sárgaerűség vírus (beet necrotic yellow vein *Furovirus*), saláta mozaik vírus (lettuce mosaic *Potyvirus*), **Solanum hannemannii mozaik vírus (Solanum hannemannii mosaic *Tymovirus*)**, *szőlő páfránylevelűség vírus (grapevine fanleaf Nepovirus), tarlórépa mozaik vírus (turnip mosaic Potyvirus), tarlórépa sárga mozaik vírus (turnip yellow mosaic Tymovirus),* uborka mozaik vírus (cucumber mosaic *Cucumovirus*), uborka zöldfoltosság mozaik vírus (cucumber green mottle mosaic *Tobamovirus*), *virágelzöldülés fitoplazma (green petal Phytoplasma), zeller mozaik vírus (celery mosaic Potyvirus).*

Felhasznált irodalom

1. Horváth J., Rainiss L. (1960): A rezorcinkék mikrofestéses eljárás gyakorlati felhasználása a dunántúli burgonyák levélsodróvírus fertőzöttségének megállapítására. *Kísérletügyi Közl. (Növénytermelés),* 2: 13–24.
2. Horváth J. (1962): A levélsodródás vírus (*Corium solani* Holmes) kimutatására alkalmazott Igel-Lange teszt megbízhatósága. *Növénytermelés,* 11: 257–266.
3. Horváth, J. (1963): Neuere Beiträge zum Vorkommen von Kartoffelviren mit besonderer Rücksicht auf die Komplexinfektionen. *Acta Agr. Acad. Sci. Hung.,* 12: 67-81.
4. Horváth J. (1963): A burgonya levélsodródás vírus (*Corium solani* Holmes) átvitele indikátornövényekre. *Növénytermelés,* 12: 57–64.
5. Horváth J. (1963): A burgonya X-vírus (*Solanum virus* 1 Smith) patofiziológiai diagnózisa. *Növénytermelés,* 12: 265–270.
6. Horváth J. (1964): A burgonya vírusbetegségei. II. A burgonyavírusok identifikálásának módszerei. *Növénytermelés,* 13: 87–94.
7. Horváth J., Hinfner K. (1964): Adatok a burgonya K-vírus (*Solanum virus* 11 Smith) magyarországi előfordulásához. *Növénytermelés,* 13: 83–86.
8. Horváth, J. (1964): Ergebnisse der Identifizierung von mechanisch Übertragbaren Kartoffelviren an Testpflanzen, mit besonderer Rücksicht auf Vergleichsuntersuchungen. *Acta Agr. Acad. Sci. Hung.,* 13: 103–134.
9. Horváth J. (1962): *A burgonyavírusok identifikálásának módszerei és eredményei.* Mezőgazdaságtudományi Doktori Ért., Keszthely 1962. 160 p.
10. Horváth J. (1966): *A burgonyát fertőző vírusok differenciálásának módszerei és a burgonya Y-vírustörzsek (Marmor upsilon* Holmes) tulajdonságai. Kandidátusi ért., Rostock–Budapest, 1966. 231 p.
11. Horváth, J. (1966): Studies on strains of potato virus Y. 1. Strain C. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 1: 125-138.

12. Horváth, J. (1966): Studies on strains of potato virus Y. 2. Normal strain. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 1: 333–352.
13. Horváth, J. (1967): Virulenzdifferenzen verschiedener Stämme und Isolate des Kartoffel-Y-Virus an *Capsicum*-Arten und Varietäten. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 1: 17–37.
14. Horváth, J. (1967): Studies on strains of potato virus Y. 3. Strain causing browning of midribs in tobacco. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 2: 95-108.
15. Horváth, J. (1967): Studies on strains of potato virus Y. 4. Anomalous strain. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 2: 195–210.
16. Horváth, J. (1967): Separation and determination of viruses pathogenic to potatoes with special regard to potato virus Y. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 2: 319–360.
17. Horváth J. (1968): Újabb adatok a burgonyapatogén vírusok differenciálásához. *Növényvédelem*, 4: 174–178.
18. Horváth, J. (1968): Two new host plants for potato virus Y, potato virus X and potato aucuba mosaic virus. *Acta Agr. Acad. Sci. Hung.*, 17: 440–443.
19. Horváth, J. (1968): *Chenopodium*-Arten und Varietäten als neue Testpflanzen für das Kartoffel-Y- und Kartoffel-X-Virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 3: 279–282.
20. Zschüttig, H. G., Horváth, J. (1968): Ein Beitrag zur Verwendung des *Solanum demissum* Bastards A6 als Testpflanze für den Nachweiss des Kartoffel-Y-Virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 3: 311–320.
21. Horváth, J. (1969): Symptoms evoked by different strains of potato virus Y on *Nicotiana* species resistant to *Peronospora tabacina* Adam. *Acta Agr. Acad. Sci. Hung.*, 18: 55–66.
22. Horváth J. (1969): Szimptomatológiai vizsgálatok dohánypatogén vírusokkal és víruskomplexekkel hazai dohányfajtákon. 1. Dohánymozaik vírus, burgonya Y-vírus és uborkamozaik vírus. *A Növényvéd. Korszerűsítése*, 3: 31–38.
23. Horváth, J. (1969): Erhöhung der Virusaktivität bei Mischinfektion des Kartoffel-X-Virus und des Kartoffel-Y-Virus in *Nicotiana tabacum* L. cv. Xanthi-nc. *Z. PflKrankheiten*, 76: 209–213.
24. Horváth, J. (1969): Trennung und Nachweis des Kartoffel-X- und Kartoffel-Y-Virus mittels *Chenopodium murale* L. *Z. PflKrankheiten*, 76: 9–11.
25. Horváth, J. (1969): Über die Interferenz zwischen dem Kartoffel-Y- und dem Kartoffel-X-Virus in *Chenopodium murale* L.-Pflanzen. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.* 4: 337–343.
26. Horváth, J. (1968): Susceptibility and hypersensitivity to tobacco mosaic virus in wild species of potatoes. *Acta Phytopath. Acad Sci. Hung.*, 3: 35–43.
27. Horváth, J. (1968): Susceptibility, hypersensitivity and immunity to potato virus Y in wild species of potatoes. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 3: 199–206.
28. Horváth J. (1968): A vírusrezisztenciára nemesítés eredményei és a dohánymozaik vírus rezisztenciára nemesítés lehetőségei burgonyánál. *Növénytermelés*, 17: 225–238.
29. Horváth J. (1970): Rezisztencia-vizsgálatok burgonyapatogén vírusokkal a *Solanum* nemzetségben és a dohánymozaik-vírus átvitele burgonyagumóval. *Növényvédelem*, 6: 301–303.
30. Horváth, J., Pocsai, E. (1971): *Solanum demissum*-Hybride A6 als neue Testpflanze für den Nachweis des Gurkenmosaik-Virus (cucumber mosaic virus). *Z. PflKrankheiten*, 78: 695–699.
31. Horváth, J. (1969): Die Anfälligkeit und Symptomausprägung der Blätter von *Nicotiana tabacum* L. cv. Hicks Fixed A2-426 nach Infection mit dem tobacco mosaic virus in Abhängigkeit von ihrer Sequenz am Spross. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 4: 131–137.

32. Horváth, J., Besada, W.H. (1980): Preservation of some plant viruses by dehydration over anhydrous calcium chloride ($CaCl_2$). *Z. PflKrankheiten,* 87: 463–472.
33. Horváth, J. (1969): Die Anfälligkeit von *Chenopodium amaranticolor* Coste et Reyn. gegenüber dem Kartoffel-Y-Virus im Hinblick auf die Blattsequenz. *Acta Bot. Acad. Sci. Hung.,* 15: 71–77.
34. Horváth J. (1969): A lokál-léziós gazdanövények különböző levélemeleteinek vírusfogékonysága. *Agrártud. Közl.,* 28: 221–227.
35. Horváth, J. (1969): Cross protection test with four strains of potato virus Y in *Nicotiana tabacum* L. cv. Samsun. *Zbl. Bakt. II. Abt.,* 123: 249–252.
36. Horváth, J., Hinfner, K. (1969): Natural infection of rape with cucumber mosaic virus in Hungary. *Acta Agr. Acad. Sci. Hung.,* 18: 226–229.
37. Horváth, J. (1969): Untersuchungen über eine Virose von *Brassica napus* L. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 4: 29–44.
38. Horváth, J. (1994): Symptomatological studies on the antagonistic interference between isolates of cucumber mosaic *Cucumovirus. HortSci.,* 26: 86–88.
39. Horváth J. (1976): *Vírus-gazdanövénykörök és vírusdifferenciálás.* Akadémiai doktori ért., Budapest–Keszthely, 1976. 607 p.
40. Horváth J., Hinfner K. (1969): Az uborkamozaik vírus fellépése és kártétele repcében, valamint az ellene való védekezés lehetőségei. *Növényvédelem,* 4: 1–16.
41. Horváth, J. (1969): Green petal – a new disease of rape in Hungary. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 4: 363–367.
42. Horváth J. (1970): A repce virágelzöldülés fellépése Magyarországon és a betegség kóroktanának kérdése. *Növénytermelés,* 19: 49–54.
43. Horváth J. (1970): A sárgaság-típusú növénybetegségeket okozó mikoplazmák tulajdonságai és a növényi mikoplazmózisok. *Növénytermelés,* 19: 327–337.
44. Horváth J. (1974): Újabb adatok a mikoplazmák és mikoplazmózisok tulajdonságairól és előfordulásáról. *A Növényvéd. Korszerűsítése,* 8: 103–148.
45. Horváth J. (1972): *Növényvírusok, vektorok, vírusátvitel.* Akadémiai Kiadó, Budapest, 1972. 515 p.
46. Horváth, J. (1977): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. I. Historical review. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 12: 177–214.
47. Horváth, J. (1977): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. II. General remarks and proposals on the experimental work. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 12: 215–246.
48. Horváth, J. (1978): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. III. *Tobravirus* group: Tobacco rattle virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 13: 51–55.
49. Horváth, J. (1978): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. IV. *Tobamovirus* group: Tobacco mosaic virus and tomato mosaic virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 13: 57–73.
50. Horváth, J. (1978): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. V. *Potexvirus* group: Potato virus X and potato aucuba mosaic virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 13: 269–280.
51. Horváth, J. (1978): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. VI. *Carlavirus* group: Potato virus M and potato virus S. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 13: 281–295.

52. Horváth, J. (1979): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. VII. *Potyvirus* group (Subdivision-I): Bean common mosaic virus, celery mosaic virus and Malva vein clearing virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 14: 133–145.
53. Horváth, J. (1979): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. VIII. *Potyvirus* group (Subdivision-II): Bean yellow mosaic virus and lettuce mosaic virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 14: 147–155.
54. Horváth, J. (1979): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. IX. *Potyvirus* group (Subdivision-III): Potato virus Y, turnip mosaic virus and watermelon mosaic virus (strain 2 or general strain). *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 14: 157–173.
55. Horváth, J. (1979): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. X. *Cucumovirus* group: Cucumber mosaic virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 14: 285–295.
56. Horváth, J. (1979): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. XI. *Tymovirus* group: Turnip yellow mosaic virus and belladonne mottle virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 14: 297–309.
57. Horváth, J. (1979): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. XII. *Comovirus* group: Radish mosaic virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*,14: 311–317.
58. Horváth, J. (1979): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. XIII. *Nepovirus* group (CLRV subgroup): Cherry leaf roll virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*,14: 319–326.
59. Horváth, J. (1979): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. XIV. *Nepovirus* group (TRSV subgroup): Tobacco ring spot virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 14: 327–334.
60. Horváth, J. (1981): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. XV. Monotypic (*Almovirus*) group: Alfalfa mosaic virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 16: 349–360.
61. Horváth, J. (1982): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. XVI. Monotypic (*Tobanecrovirus*) group: Tobacco necrosis virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 17: 29–36.
62. Horváth, J. (1982): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. XVII. Ungrouped virus: Broad bean wilt virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 17: 37–40.
63. Horváth, J. (1983): New artificial hosts and non-hosts of plant viruses and their role in the identification and separation of viruses. XVIII. Concluding remarks. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 18: 121–161.
64. Horváth, J. (1970): Reaction of *Physalis* species to plant viruses. 1. The cape gooseberry as a symptomless carrier of potato virus X and Y. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 5: 65–72.
65. Horváth, J. (1974): Reaction of *Physalis* species to plant viruses. II. Additional data on the virus susceptibility of *Physalis* spp. and new experimental results: *Physalis peruvianna* L. var. macrocarpa and *Physalis pruinosa* L. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 9: 1–9.
66. Horváth, J. (1974): Reaction of *Physalis* species to plant viruses. III. *Physalis floridana* Rydb. and *Physalis peruviana* L. as immune and screening plants to several plant viruses. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 9: 11–15.

67. Horváth, J. (1975): Reaction of *Physalis* species to plant viruses. IV. *Physalis aeqata* Jacq., *Physalis ixocarpa* Brot. and *Physalis viscosa* L. as less known indicators of plant viruses. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 10: 65–75.
68. Horváth, J. (1975): Reaction of *Physalis* species to plant viruses. V. *Physalis alkekengi* L., *Physalis angulata* L., *Physalis phyladelphica* Lam. and *Physalis pubescens* L. as new hosts of several plant viruses. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 10: 247–256.
69. Horváth, J. (1981): Reaction of *Physalis* species to plant viruses. VI. *Physalis curassavica* L. as new experimental plant in plant virology. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 16: 361–371.
70. Horváth, J. (1983): Reaction of *Physalis* species to plant viruses. VII. Additional data on the virus susceptibility of *Physalis minima* L. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 18: 209-216.
71. Horváth, J. (1984): Reaction of *Physalis* species to plant viruses. VIII. *Physalis glabripes* Pojarok, as a new host of various plant viruses. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.* 19: 303–308.
72. Horváth, J. (1985): Reaction of *Physalis* species to plant viruses. IX. Additional data on the virus susceptibility of *Physalis aequata* Jacq. and *Physalis alkekengi* L. (syn.: *P. franchetti* Mast.). *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 20: 97–101.
73. Horváth, J. (1985): Reaction of *Physalis* species to plant viruses. X. *Physalis lanceifolia* Nees, as a new host to some mechanically transmissible viruses. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 20: 103–107.
74. Horváth, J. (1988): Reaction of *Physalis* species to plant viruses XI. Additional data on the susceptibility of *Physalis ixocarpa*, *Physalis philadelphica* and *Physalis pruinosa*. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 23: 137–141.
75. Horváth, J. (1988): Reaction of *Physalis* species to plant viruses XII. *Physalis anisotrichus* and *Physalis filiformis* as new experimental plants in virology. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 23: 143–146.
76. Horváth, J., Beczner, L. (1973): *Ocimum canum* Sims as a new indicator plant for the strains of alfalfa mosaic virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 8: 353–355.
77. Horváth J. (1979): Újabb adatok a Labiatae (Lamiaceae) családba tartozó nyövények vírusfogékonyságáról. 1. *Ocimum basilicum* L. és *Ocimum canum* Sims. *Növénytermelés,* 28: 331–334.
78. Horváth J., Besada, W. H. (1979): Újabb adatok a Labiatae (Lamiaceae) családba tartozó növények vírusfogékonyságáról. 2. *Ocimum sanctum* L. és *Ocimum carnosum* Link. et Otto. *Növénytermelés,* 28: 507–510.
79. Besada, W. H., Horváth J. (1981): Újabb adatok a Labiatae (Lamiaceae) családba tartozó növények vírusfogékonyságáról. 3. *Ocimum selloi* Benth. és *Ocimum viride* Willd. *Növénytermelés,* 30: 329–332.
80. Horváth J., Besada , W.H. (1981): Újabb adatok a Labiatae (Lamiaceae) családba tartozó növények vírusfogékonyságáról. 4. *Ocimum gratissimum* L. *Növénytermelés,* 30: 405–408.
81. Horváth, J. (1982): *Hosts and Non-Hosts of Plant Viruses*. Internat. Biosci. Monograph. No. 12. Today and Tomorrow's Printers and Publishers, New Delhi, 1982. 77 p.
82. Horváth, J., Mamula, D., Besada, W.H. (1976): *Circaea lutetiana* L. [Family: Onagraceae (Oenotheraceae)] a new natural host of cucumber mosaic virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 11: 25–32.
83. Horváth, J., Szirmai, J. (1973): Untersuchungen über eine Virose der Wildgurke (*Echinocystis lobata* [Michx.] Torr. et Gray.) *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 8: 329–346.
84. Horváth, J. (1973): A mosaic, vein banding and chlorotic ring spot disease of *Paulownia* caused by cucumber mosaic virus. *Phytopath. Z.,* 76: 182–185.

85. Horváth, J. (1975): Natürliches Vorkommen des Gurkenmosaik-Virus an *Echinocystis* und *Paulownia* in Ungarn und seine Übertragung durch *Myzus persicae* Sulz. *Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss.* DDR, Berlin, 1975. 134: 105–111.
86. Horváth, J., Lesemann, D.-E., Vetten, J., Salamon P. (1994): Az *Eupatorium cannabinum Cucumovirus* fertőzöttsége. Növényvédelmi Tud. Napok. Budapest, 1994. 109.
87. Horváth, J., Lehoczky, J., Németh, M., Salamon, P., Kobza, S. (1994): Viruses and viruslike diseases of woody plants in Hungary. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 29: 129–136.
88. Horváth, J., Eke, I., Gál, T., Dezséry M. (1975): Demonstration of viruslike particles in sweet chestnut and oak with leaf deformations in Hungary. *Z. PflKrankheiten,* 82: 498–502.
89. Mamula, Dj., Milicic, D., Stefanac, Z., Horváth, J. (1972): Neue Angaben über Verbreitung und Wirtspflanzen des Rettichmosaik-Virus (radish mosaic virus). *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 7: 369–375.
90. Horváth, J., Juretic, N., Milicic, D. (1973): *Crambe abyssinica* Hochst. ex R.E. Frees as a new host plant for turnip yellow mosaic virus and radish mosaic virus. *Phytopath. Z.*, 78: 69–74.
91. Juretic, N., Horváth, J., Mamula, D., Milicic, D. (1973): Natural occurrence of turnip yellow mosaic virus in Hungary. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 8: 175–183.
92. Horváth, J., Schmelzer, K., Juretic, N. (1974): Isolierung des Kirschenblattroll Virus (cherry leaf roll virus) aus *Sambucus nigra* L. in Ungarn. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 9: 209–218.
93. Horváth, J., Horváth, A., Lönhárd, M., Besada, W. H. (1978): Natural occurrence of a strain of tomato mosaic virus on potato in Hungary. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 13: 299–305.
94. Juretic, N., Horváth, J., Besada, W. H., Horváth, A. and Lönhárd, M. (1977): Serological relationship of tomato mosaic virus isolated from potato to two members of *Tobamovirus* group. *J. Indian Potato Assoc.*, 4: 64–65.
95. Horváth, J. (1977): Natural occurrence of a strain of tomato mosaic virus on potato in Hungary. *Potato Res.,* 20: 347–348.
96. Horváth, J. (1980): Natural occurrence and some properties of alfalfa mosaic virus on potato (*Solanum tuberosum* L.). E. A. P. R. Virology Section Meeting., Rennes, 1980. 10.
97. Horváth, J. (1981): Natural occurrence and some properties of alfalfa mosaic virus on potato (*Solanum tuberosum* L.). *Potato Res.,* 24: 232–233.
98. Mamula, D., Juretic, N., Horváth, J., Libric, M. (1974): Identification and serological properties of tomato mosaic virus isolated in Hungary. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 9: 261–276.
99. Horváth, J. (1993): The role of *Nicotiana* species in plant virology with especial regards to *Nicotiana benthamiana* Domin: A review. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 28: 355–377.
100. Horváth, J., Juretic, N., Besada, W. H., Kuroli, G. (1975): Two viruses isolated from patisson (*Cucurbita pepo* L. var. patissonina Greb. f. radiata Nois.), a new vegetable natural host in Hungary. I. Watermelon mosaic virus (general). *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 10: 93–111.
101. Horváth, J., Besada, W.H., Juretic, N., Kuroli, G. (1975): Two viruses isolated from patisson (*Cucurbita pepo* L. var. patissonina Greb. f. radiata Nois.), a new vegetable natural host in Hungary. II. Cucumber mosaic virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 10: 257–267.
102. Horváth, J., Juretic, N., Besada, W.H. and Mamula, D. (1975): Natural occurrence of turnip mosaic virus in Hungary. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 10: 77–88.
103. Juretic, N., Horváth, J., Mamula, D., Besada, W.H., Beczner, L. (1976): Two new natural hosts of turnip mosaic virus in Hungary. *Acta Agr. Acad. Sci. Hung.*, 25: 79–87.

104. Horváth, J., Besada, W. H. (1975): Opium poppy (*Papaver somniferum* L.), a new natural host of turnip mosaic virus in Hungary. *Z. PflKrankheiten,* 82: 162–167.
105. Horváth, J., Szirmai J. (1975): *Tropaeolum majus* L. a natural host plant of nasturtium ring spot virus in Hungary. *Phytopath. Z.,* 82: 122–127.
106. Horváth, J., Juretic, N., Ljubesic, W., Besada, W. H. (1976): Natural occurrence of celery mosaic virus in Hungary. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 11: 17–24.
107. Horváth, J., Beczner, L. (1983): Viruses of vegetable plants in Hungary and some of their properties. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 18: 237–254.
108. Horváth J., Farkas J., Lönhárd M., Besada, W. H., Horváth A. (1979): A saláta-mozaikvírus és az uborka mozaik vírus előfordulása salátán. *Kertgazdaság,* 11: 53–63.
109. Horváth, J. (1980): Viruses of lettuce. I. Natural occurrence. A review. *Acta Agr. Acad. Sci. Hung.,* 29: 62–67.
110. Horváth, J. (1980): Viruses of lettuce. II. Host ranges of lettuce mosaic virus and cucumber mosaic virus. *Acta Agr. Acad. Sci. Hung.,* 29: 333–352.
111. Horváth, J., Mamula, D., Juretic, N. (1987): Pak-Choy as natural host of turnip yellow mosaic virus in Hungary. *Z. PflKrankheiten,* 94: 308–313.
112. Horváth, J., Mamula, D., Juretic, N., Besada, W. H. (1976): Natural occurrence of belladonna mottle virus in Hungary. *Phytopath. Z.,* 86: 193–204.
113. Horváth, J., Mamula, Dj., Besada, W. H. (1979): Some properties of Malva vein clearing virus isolated in Hungary and Yugoslavia. *Phytopath. Z.,* 95: 51–58.
114. Horváth, J., Salamon, P. and Lesemann, D.-E. (1995): Natural occurrence of cucumber mosaic *Cucumovirus* on *Malva sylvestris* plant in Hungary. *Acta Phytopath. et Entomol.*, 30: 145–151.
115. Horváth J., Besada, W. H., Juretic, N., Mamula, Dj. (1980): A karfiol-mozaikvírus (cauliflower mosaic virus) előfordulása Magyarországon és gazdanövényköre. *Kertgazdaság,* 12: 57–62.
116. Horváth, J., Besada, W.H., Juretic, N. and Mamula, Dj. (1980): Some data on properties of cauliflower mosaic virus in Hungary. *Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss.* DDR, Berlin, 184: 53–60.
117. Horváth, J., Besada, W. H. (1980): Herbaceous and woody *Crambe* species as new artificial hosts of cauliflower mosaic virus. *Phytopath. Z.,* 99: 327–331.
118. Schmidt, H. E., Reichenbächer, D., Lehmann, Chr., Verderevskaja, D., Basky, Zs., Horváth, J. (1987): Identifizierung von Pathotypen des Gewöhnlichen Bohnenmosaik-Virus (bean common mosaic virus) in der DDR, UdSSR und Ungarischen VR. *Arch. Phytopath. PflSchutz,* 23: 105–115.
119. Horváth, J., Wolf, I., Kölber, M., Salamon, P. (1987): *Datura stramonium* as a natural source of henbane mosaic *Potyvirus*, and relationships between the virus and wild *Solanum* species. 10th Triennial Conf. E. A. P. R., Aalborg (Denmark), 1987. 49–50.
120. Horváth, J., Juretic, N., Wolf, I., Pintér, Cs. (1993): Natural occurrence of sowbane mosaic virus on *Chenopodium hybridum* L. in Hungary. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 28: 379–389.
121. Horváth, J., Kölber, M., Wolf, I. (1990): Resistance in wild *Solanum* species to henbane mosaic P*otyvirus*. *Potato Res.,* 33: 146–147.
122. Horváth, J., Salamon, P., Wolf, I., Kölber, M. (1988): Henbane mosaic P*otyvirus* pathogenic to wild and cultivated potato. *Potato Res.,* 31: 311–320.
123. Horváth, J., Wolf, I. (1991): Reaction of *Solanum stoloniferum* accessions to potato virus Y and henbane mosaic virus. *Indian J. Virology,* 7: 176–178.

124. Horváth, J., Tóbiás, I., Hunyadi, K. (1994): New natural herbaceous hosts of grapevine fanleaf *Nepovirus*. *HortSci.*, 26: 31–32.
125. Hollings, M., Horváth, J. (1981): Melandrium yellow fleck virus. C.M.I./A.A.B. *Descriptions of plant viruses., 236: 1–4.*
126. Horváth, J., Hollings, M., Barton, R.J. (1988): Experimental host range of Melandrium yellow fleck virus. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 23: 449–463.
127. Horváth, J., Hollings, M., Ladányi, E. (1988): Susceptibility of some ornamental plants to Melandrium yellow fleck virus, a new member of *Bromovirus* group. *Acta Horticulturae,* 234: 485–488.
128. Horváth, J. (1972): Agens koji je izoliran cijepijenjem iz Pitospora (*Pittosporum tobira* [Thunb.] Ait.) bez panasire (A graft transmissible agent from the nonvariegated *Pittosporum tobira* [Thunb.] Ait.). 2nd Congr. Jugoslv. Microbiologists., Opatija (Yugoslavia) 1972. 245–246.
129. Horváth, J. (1973): A graft transmissible agent from the non-variegated *Pittosporum tobira* (Thunb.) Ait. *Acta Bot. Croat.,* 32: 25–28.
130. Horváth, J., Lesemann, D. E., Koenig, R., Weidemann, H. L., Hoekstra, R. (1993): Detection of a *Tymovirus* from *Solanum hannemannii*. *Newsl. Eur. Community Potato Quarantine Stats.,* 1: 2–3.
131. Horváth J., Basky Zs., Dezséry M., Kiss F., Kölber M., Kajati I., Csikai M. (1986): *Gemini*-vírus előfordulása paradicsomban Magyarországon. *Növényvédelem,* 20:355–356.
132. Beczner, L., Horváth, J., Romhányi, I., Förster, H. (1984): Studies on the etiology of tuber necrotic ringspot disease in potato. *Potato Res.*, 27: 339–352.
133. Horváth, J., Wolf, I., Bősze, Z., Pocsai, E., Kazinczi, G. (1995): Is tobacco rattle *Tobravirus* transmissible by true potato seeds? The 9th EAPR Virology Section Meeting, Bled, Slovenia 1995. 17–18.
134. Horváth, J. (1985): New artificial host-virus relations between cucurbitaceous plants and viruses. II. *Cucumis* and *Cucurbita* species. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 20: 253–266.
135. Horváth, J. (1993): Reactions of sixty-seven accessions of twelve *Cucumis* species to seven viruses. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.*, 28: 403–414.
136. Horváth, J. (1993): Reaction of thirty-nine accessions of four *Cucurbita* species from different origin to seven viruses. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 28: 415–425.
137. Horváth, J. (1986): Compatible and incompatible relations between *Capsicum* species and viruses. III. New incompatible host-virus relations (resistant and immune plants). *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 21: 59–62.
138. Horváth, J. (1986): Compatible and incompatible relations between *Phaseolus* species and viruses. I. Review. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.*, 21: 297–318.
139. Horváth, J. (1986): Compatible and incompatible relations between *Phaseolus* species and viruses. III. New incompatible host-virus relations (resistant and immune plants). *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.* 21: 329–336.
140. Horváth, J. (1988): Potato gene centres, wild *Solanum* species, viruses and aphid vectors. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 23: 423–448.
141. Horváth J. (1984): Burgonyagéncentrumok: A rezisztenciagének és víruspatogének forrásai. *In:* Csaba Gy. (szerk.): *A biológia aktuális problémái.* Medicina Könyvkiadó., Budapest, 1984. 30: 153–185.
142. Horváth, J., Hoekstra, R. (1989): Reaction of some new Bolivian tuber-bearing *Solanum* species to different potato pathogenic viruses. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.*, 24: 351–362.

143. Fehér, A., Preiszner, J., Horváth, J., Gáborjányi, R., Dudits, D., Király, Z. (1990): Characterization of somatic hybrids between tetraploid potato *Solanum tuberosum* L. cultivars and *S. brevidens* Phil. *7th International Congr. Plant Tissue and Cell Culture.* Amsterdam, 1990. 209.
144. Horváth, J., Wolf, I., Fehér, A., Preiszner, J., Dudits, D., Horváth, S. (1993): Resistance of somatic hybrids between *Solanum tuberosum* and *S. brevidens* to potato leaf roll *Luteovirus*. 12th Triennial Conf. EAPR, Paris, France, 1993. 455–456.
145. Horváth, J.(1994): Reaction of *Solanum stoloniferum* to cucumber mosaic *Cucumovirus*. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 29: 105–108.
146. Horváth, J., Wolf, I. (1994): Reaction of *Solanum stoloniferum* accessions to alfalfa mosaic virus (AMV group). *HortSci.,*. 26: 89–90.
147. Horváth, J. (1995): Extreme and complex resistance to infection by the NTN strain of potato Y *Potyvirus* and other viruses in genotypes of tuber-bearing *Solanum stoloniferum*. *Potato Res.,* 38: 425.
148. Horváth, J. (1994): Beet necrotic yellow vein *Furovirus*. 1. New hosts. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 29: 109–118.
149. Horváth, J., Pocsai, E., Nyerges K. (1994): Beet necrotic yellow vein *Furovirus*. II. New resistant *Beta* sources. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 29: 119–127.
150. Horváth, J., Juretic, N., Krajacic, M., Mamula, D. (1986): Tobacco mosaic virus in Danube water in Hungary. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 21: 337–340.
151. Juretic, N., Horváth, J., Krajacic, M (1986): Occurrence of a *Tobamovirus* similar to ribgrass mosaic virus in water of the Hungarian river Zala. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 21: 291–295.
152. Horváth, J. (1988): The role of waters, terrestrial, aquatic and uliginous plants in the ecology of plant viruses. Congr. Hung. Biol. Soc., Budapest, 1988. 46.
153. Juretic, N., Horváth, J. (1991): Some data on adsorption of two plant viruses to soil. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 26: 423–426.
154. Horváth, J. (1994): Isolation of Cucumber Mosaic Virus from a Water Plant Living in the Lake Balaton. *In*: Rishi, N., Ahuja, K. L., Singh, B. P. (eds.), *Virology in the Tropics*. Malhotra Publ. House, New Delhi, 1993. 157–162.
155. Horváth, J., Juretic, N. (1995): Contamination of some rivers and Lake Balaton with plant viruses. *Wiener Mitt.,* 128: 59–62.
156. Horváth, J. (1969): Reaction of *Crambe abyssinica* Hochst. ex R. E. Frees to some plant viruses. *Acta Agr. Acad. Sci. Hung.,* 18: 384–387.
157. Horváth, J. (1972): Reactions of *Crambe* species (Family: Cruciferae) to certain plant viruses. *Plant Dis. Rep.,* 56: 665–666.
158. Horváth, J. (1973): *Paulownia fargesii* Franch. (Family: Scrophulariaceae) as a new host plant for several plant viruses. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 8: 165–173.
159. Horváth, J., Mamula, D., Juretic, N. (1975): Some data concerning natural hosts of cucumber mosaic virus in Hungary and Yugoslavia. *Acta Bot. Croat.,* 34: 9–16.
160. Horváth, J., Farkas, J., Lönhárd, M., Besada, W. H., Horváth, A. (1981): Viruses of lettuce. III. Isolation and identification of lettuce mosaic virus and cucumber mosaic virus. *Acta Agr. Acad. Sci. Hung.,* 30: 41–48.
161. Horváth, J. (1982): The role of some plants in the ecology of cucumber mosaic virus with special regard to bean. Proc. *2nd Egyptian–Hungarian Conf. Plant Prot.,* Alexandria, 1982. 467–480.
162. Juretic, N., Horváth, J. (1984): Isolation of cucumber mosaic virus from pomegranate (*Punica grantum* L.) in Yugoslavia. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 19: 309–313.

163. Szirmai J., Horváth J., Beczner L. (1988): A pohánka (*Fagopyrum esculentum* Mönch) vírusfertőzöttsége Magyarországon: Uborka mozaik vírus (cucumber mosaic virus). *Növényvédelem,* 24:362–363.
164. Salamon, P., Horváth, J., Mamula, Dj., Juretic, N., Hunyadi, K. (1989): *Asclepias syriaca* L. (common milkweed), a new natural host of cucumber mosaic virus in Hungary and Yugoslavia. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 24: 363–373.
165. Juretic, N., Horváth, J. (1991): Isolation of cucumber mosaic virus from *Lagenaria siceraria* convar. clavatina in Yugoslavia. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.*, 26: 365–370.
166. Horváth, J. (1986): *Emex australis* Steinh. and *E. spinosa* (L.) Campd. (Fam.: Polygonaceae) as new virus indicator plants. *Z. PflKrankheiten,* 93: 24–29.
167. Horváth, J., de Bokx, J. A. (1972): Über die Anfälligkeit von *Chenopodium*-Arten und-Varietäten gegen das M-Virus (potato virus M). *Phytopath. Z.,* 73: 171–177.
168. Horváth, J. (1971): *Lycopersicon*-Arten als neue Wirtspflanzen für das Kartoffel-M-Virus (potato virus M). *Potato Res.,* 14: 297–300.
169. Horváth, J. (1972): Symptomless *Lycopersicon* host plants for potato virus *S. American Potato J.*, 49: 339–342.
170. Horváth, J. (1985): A check-list of new host plants for identification and separation of twelve potato viruses. *Potato Res.*, 28: 71–89.
171. Horváth, J. (1991): *Amaranthus bouchonii* Thell. (Family: Amaranthaceae) a new adventive plant species in Hungary, and its reaction to some viruses. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 26: 371–378.
172. Horváth, J. (1991): *Amaranthus mangostanus* L., *A. mitchellii* Benth, and *A. quitensis* H. B. K. (Family: Amaranthaceae) as new virus hosts. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 26: 379–384.
173. Horváth, J. (1991): *Amaranthus* species (Family: Amaranthaceae) as hosts of plant viruses: A review. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.*, 26: 385–422.
174. Horváth, J. (1993): Host Plants in Diagnosis. *In*: R. E. F. Matthews (eds.), *Diagnosis of Plant Virus Diseases.* CRC Press, Boca Raton, Florida, 1993. 15–47.
175. Horváth, J. (1993): A list of proposed letter codes for hosts and non-hosts of plant viruses. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 28: 21–58.
176. Horváth, J. (1993): Hosts and non-hosts in the diagnostic strategy of plant viruses. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.* 28: 257–354.
177. Horváth, J. (1980): Untersuchungen über Virus- und Mykoplasmakrankheiten des Rapses (*Brassica napus* L.) in der Ungarischen VR. *Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch.-Wiss.,* DDR, Berlin, 181: 117–124.
178. Horváth, J. (1972): *Lycium*-Arten als neue Testpflanzen für verschiedene Pflanzenviren. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.,* 7: 343–351.
179. Beczner, L., Horváth, J. (1972): *Lycium ruthenicum* Murr. and *Lycium turcomanicum* Turcz. as new experimental hosts of alfalfa mosaic virus. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 7: 465-468.
180. Horváth, J. (1991): *Lycium* species (Family: Solanaceae) as new experimental hosts of plant viruses. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.*, 26: 353–365.
181. Horváth, J., Salamon, P., Besada, W. H. (1980): Some new data on the susceptibility of garden nasturtium (*Tropaeolum majus* L.) to viruses. *Acta Horticulturae,* 110: 219–225.
182. Horváth, J., Mamula, Dj., Juretic, N. (1989): Pak-Choy as an artificial host of several viruses. *Z. PflKrankheiten,* 96: 197–202.
183. Horváth, J. (1989): New artificial cruciferous hosts to Erysimum latent virus (*Tymovirus* group) in the genera *Crambe* and *Erysimum*. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.,* 24: 343–349.

184. Horváth, J. (1987): Reaction of wild *Solanum* species to different viruses. *J. Indian Potato Assoc.*, 14: 104–108.
185. Horváth, J., Beczner, L. (1983): Susceptibility of *Phaseolus* species and cultivars to some economically important viruses. *Tag.-Ber. Akad. Landwirtsch.-Wiss.* DDR, Berlin, 1983. 216: 295–305.
186. Horváth, J. (1983): The role of resistant plants in virology and plant breeding. *Tag.-Ber. Akad. Landwirtsch.-Wiss.* DDR, Berlin, 1983. 216: 201–216.
187. Horváth, J. (1991): Host-virus relations between leafy vegetables and viruses. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.*, 26: 339–346.
188. Horváth, J. (1983): The role of some plants in the ecology of cucumber mosaic virus with special regard to bean. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hung.*, 18: 217–224.
189. Horváth, J. (1991): Unknown Compositae (Asteraceae) hosts of lettuce mosaic *Potyvirus*. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.*, 26: 347–352.
190. Horváth, J. (1973): *Tetragonia echinata* Ait. als eine neue Testpflanze für das Gurken-mosaik-Virus (cucumber mosaic virus). *Z. PflKrankheiten.*, 80: 129–132.
191. Horváth J. (1974): Adatok az *Erodium*-fajok vírusfogékonyságához. *Botanikai Közl.*, 61: 251–256.
192. Horváth, J. (1974): *Browallia* species as new hosts of various plant viruses. *Acta Botanica Acad. Sci. Hung.*, 20: 281–293.
193. Horváth J. (1983): Újabb adatok a növények vírusfogékonyságáról. 3. Polygonaceae (*Emex* fajok). *Botanikai. Közl.*, 70: 189–196.
194. Horváth J. (1986): Újabb adatok a növények vírusfogékonyságáról. 5. Chenopodiaceae (*Chenopodium* fajok). *Botanikai. Közl.*, 73: 229–242.
195. Horváth, J. (1995): Reaction of *Cucurbita pepo* L. (zucchini, crook-neck and straight-neck) plants to eleven viruses. *HortSci.*, 28: 73–75.
196. Horváth J. (1973): Adatok a *Geranium*-fajok vírusfogékonyságához. *Botanikai Közl.*, 60: 95–100.
197. Horváth J. (1983): Újabb adatok a növények vírusfogékonyságáról. 4. Amaranthaceae (*Gomphrena* fajok). *Botanikai Közl.*, 70: 197–204.
198. Horváth, J. (1986): Compatible and incompatible relations between *Phaseolus* species and viruses. II. New compatible host-virus relations (susceptible plants). *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.*, 21: 319–327.
199. Horváth, J. (1991): *Lycium* species (Family: Solanaceae) as new experimental hosts of plant viruses. *Acta Phytopath. et Entomol. Hung.*, 26: 353–365.
200. Horváth, J. (1995): Additional hosts and resistance sources of beet necrotic yellow vein *Furovirus*. *2nd Slov. Conf. Pl. Prot.*, Radenci, 1995. 127–139.

Solymos Rezső
az MTA levelező tagja

AZ ERDÉSZETI FATERMÉSI ÉS ERDŐNEVELÉSI KUTATÁSOK EREDMÉNYEI ÉS ALKALMAZÁSUK AZ ERDŐGAZDASÁGI GYAKORLATBAN (1958–1998)

Elhangzott 1998. szeptember 15-én

A fa és a faállomány szerepe a többcélú erdőgazdálkodásban

Az erdő és az erdőgazdálkodás, valamint a társadalmi jólét közötti kapcsolatot az életkörnyezet, az életmód, továbbá az életszínvonal teszi meghatározó jelentőségűvé. Ennek a kapcsolatnak a legkedvezőbb hatása az erdők többcélú hasznosításával érhető el. Az emberiség története folyamán az erdő mindenkor többet nyújtott az embernek a faanyagnál, habár a legjelentősebb értéket napjainkig a fa képviselte. Hosszú ideig úgy tűnt, hogy korunk embere a technika, a civilizáció előnyeit élvezve hamar elfeledkezett arról a kapcsolatról, amely évezredeken át az erdőhöz kötötte. A 20. század közepén már arra is törekedett, hogy az erdő nagy kincsét, a fát műanyagokkal helyettesítse.

A harmadik évezredhez közeledve folyamatos, viszonylag nagy mértékű változások következtek be a társadalmi felfogásban és a gazdasági életben egyaránt. Az urbanizáció, a civilizációs ártalmak, az élővilágot és általában a kör-

nyezetet ért károsítások elemi erővel döbbentették rá az emberiség jó részét arra, hogy a kedvezőtlen helyzet megállításában és visszafordításában kiemelkedő szerepe lehet a Föld egyharmadát borító erdőknek. Ez főleg annak köszönhető, hogy az emberi beavatkozás ellenére is az erdők még a legkevésbé háborított ökoszisztémák közé tartoznak. Azon túlmenően, hogy számos növény- és állatfajnak nyújtanak élőhelyet, felbecsülhetetlen jelentőségű az élő- és az élettelen környezetre, az emberi élet minőségére gyakorolt kedvező hatásuk. Ennek felismerését és elismerését tükrözi vissza az, hogy a többcélú, más néven jóléti erdőgazdálkodásban az erdők ökológiai, környezetvédelmi és szociális funkciója kiemelt jelentőségűvé vált. Fatermelési szerepük, amely hosszú időszak óta elsőrendű volt, a társadalmi megítélés szerint ezek mögé került. A korábbi „erdei fagyár" szélsőséges felfogása helyébe ellenkező előjelű szélsőségek léptek. Ezért az ezredforduló közeledtével az erdő anyagi és nem anyagi jellegű hasznosságának és hasznosításának a harmóniája, a hosszú távon fenntartható arányok kiegyensúlyozottsága sem a társadalmi tudatban, sem a gazdasági életben nem kapta még meg a kívánt színvonalú elismerést.

A sokhasznú erdő és a többcélú erdőgazdálkodás nyilvánvalóan az erdő leglényegesebb alkotójának, a fának, a faállománynak a létesítése, növekedése és fenntartása révén valósul meg. Miközben a fa a bonyolult erdei ökoszisztéma legsokoldalúbb és nem nélkülözhető tényezője, egyúttal az erdőgazdálkodás ökonómiai erejének a megalapozója. Csak a gazdaságilag erős erdőgazdaság képes az ökológiai követelmények teljesítésére, mert hosszabb időre előre tekintve sem várható, hogy ezek költségeit az állami költségvetés fedezi. A világ vezető tőkés államaiban sem mondanak le az újratermelhető fa nyersanyagról és a fafelhasználás gazdasági előnyeiről. Az egyoldalú szemlélet, amely kizárólag ökológiai vagy ökonómiai szempontból kívánja az erdő fájának a szerepét megközelíteni, súlyos károk forrása volt eddig, és az lehet a jövőben is. Helyre kell állítani ezért az értékelésben szereplő tényezők arányát és az egyoldalúság helyett azok együttes értékét kell az erdő fájának, faállományának a javára írni. Rendkívül nagy ennek a jelentősége napjainkban és főleg a jövőben, mert egyes mértékadó körök részéről is előfordul az, hogy a fatermesztést, az erdők faállományának a fatermését, valamint a fakitermelés és hasznosítás szerepét nem tekintik kiemelkedően alapvető jelentőségűnek. Az erdészettudománynak is feladata, hogy választ adjon e témakör kérdéseire, és segítsen helyreállítani az értékelés helyes arányait.

Ezt szolgálták azok az erdészeti fatermési és erdőnevelési kutatások is, amelyeket 1958–1998 között végeztünk. Az elmúlt negyven év folyamán a téma kutatásainak indokai között változás nem történt, de jelentős volt az egyes indokok súlyában bekövetkezett módosulás. A kutatás metodikájának mind-

végig megmaradtak a vázat képező jellemzői. Ezekhez az évek során több olyan kiegészítő módszer kapcsolódott, amelyet a matematikai statisztika és a számítástechnika alkalmazásának gyors kiterjesztése tett lehetővé.

A négy évtizedet felölelő kutatás eredményeinek, ezek gyakorlati alkalmazásának az erdőgazdaság fejlesztésére gyakorolt hatását a gazdasági, társadalmi környezetbe illesztve célszerű bemutatni. A fatermesztés több évtizedet, sőt egy évszázadot meghaladó ciklusa is indokolja a hosszabb időszak folyamán bekövetkezett változások figyelembevételét.

Az erdők állapotának és a fa jelentőségének rövid történeti áttekintése

Az erdők állapotát többek között az határozza meg, hogy a velük való gazdálkodás folyamán az emberi beavatkozás a természet törvényeit követve vagy azok ellenére történt, mivel a legnagyobb részük gazdasági erdő. Ez az állapot és a gazdasági erdő fogalma is egy fejlődés eredménye, amely a történelmi változások folyamán jött létre. Elegendő ennek igazolására a magyar erdők történetének néhány társadalmi-gazdasági jellemzőjét felidézni, amelyben a fának mindenkor kiemelt szerep jutott.

Honfoglaló őseink és az egyes nemzetségek közösen részesültek az erdők sokféle hasznából. A föld egyharmada hamarosan a királyé lett, amelyet a királyi erdőóvók védtek meg az illetéktelenektől. Az erdők fenntartása és védelme ekkor még csak a *vagyonvédelemre* terjedt ki. A gazdasági fejlődés nyomán az egymást követő évszázadokban kialakult ipar, a bányászat, kohászat fával való folyamatos ellátása miatt 1426-ban Zsigmond, 1565-ben Miksa király szabályozta a fakitermelést. Ekkor jelentkezett igazában először a *faellátást* szolgáló erdőfenntartás jelentősége. MáriaTerézia 1769. évi erdőrendtartása már *honvédelmi* érdekeket is szolgált. Az uralkodók 1791-ben az erdők pusztításának a megakadályozásáról, 1807-ben *az erdők fenntartásáról* rendelkeztek. A gazdasági erdő jellege és fogalma ezt követően erősödött meg. Az 1879. évi XXXI. tc., az első magyar erdőtörvény már jól érzékelteti a közel egy évezred folyamán megváltozott magyar erdészeti helyzetet, kifejezésre juttatva *az erdők fenntartásának, védelmének és fejlesztésének, valamint többoldalú hasznosításának* törvénybe foglalt alapjait. A tartamos erdőgazdálkodás, a faellátás és jövedelem folyamatos biztosítása érdekében nélkülözhetetlenné vált az erdők fatermésének várható előrejelzése, a fanövedék meghatározása. Az 1923. évi Alföld-fásítási törvény már elismerte, hogy az erdőket nemcsak fenntartani, hanem területüket növelni is kell, és nemcsak a faellátás, hanem a közjólét, főleg a nép egészségének védelmében is. Az ország faellátása az első világháború után kiemelt fel-

adat volt azért, mert a korábbi fabőséget faínség váltotta fel. 1935-ben *az erdőkről és a természetvédelemről szóló törvény* kifejezte azt is, hogy az erdő, az erdészet a természetvédelem legfontosabb bázisa.

A második világháborút követő gyökeres átalakulások (az erdők államosítása, nagyüzemek stb.) jelentették mai értelemben véve igazán az erdészet számára is a változó világot. A fejlődéssel együtt 1961-ben új törvény született *az erdőkről és a vadgazdálkodásról*, amely átfogóan szabályozta az erdők hármas funkcióját, figyelembe véve az erdők fenntartásának és védelmének általános kötelezettségét. (A fatermelési funkció kiemelten került az első helyre.) Az 1996-ban elfogadott törvények az erdők védelméről, a természet védelméről és a vadgazdálkodásról szóló felső szintű szabályozást jelentik, és igyekeznek az ökológiai és az ökonómiai szempontok megfelelő arányainak a kialakítására is. A felsorolt törvények és rendeletek nyomán alakult ki a gazdasági erdő. A természetes erdők sorát az évszázadok folyamán kultúrerdővé alakították. Ez már a jelen. A jövő pedig a természetközeli erdők és erdőgazdálkodás teljes körű megvalósításáé, amelyben a fatermelés jelentős feladat marad.

Napjaink erdőgazdálkodása az előbbiekben kifejtett folyamatnak az általunk közvetlenül ismert része, amely az utóbbi évszázadban létrehozott erdőket kezeli és hasznosítja úgy, hogy az erdőfelújításokkal, az erdőtelepítésekkel és az erdőneveléssel a következő évszázad természetközeli erdeinek teremti meg az alapjait. Az erdészet helyzete jelentősen változott. *Egyrészt azonos* a korábbiakkal, másrészt a gyorsan változó környezet miatt *számottevően módosultak* az erdők fenntartásával, nevelésével és fejlesztésével kapcsolatos feladatok. Az erdők kezelése szakadatlan megújulása, illetve megújítása változatlanul:

– az erdő élővilágának, a természeti, az ökológiai adottságoknak a kedvező szinten való megőrzését vagy helyreállítását, valamint a gazdasági célok megvalósítását kell, hogy elősegítse;

– a társadalom sokoldalú igényeinek a tartamosan reális kielégítését kell, hogy szolgálja;

– a termőhelyi adottságok figyelembevételével a hosszú távlatú célokat, az üzembiztonsági szempontokat kielégítő stabil fatermő képességű faállományok megalapozására és fenntartására kell, hogy irányuljon;

– a gazdálkodó számára a megtermelt fa kellő jövedelmet kell, hogy biztosítson, és az erdő fenntartási, valamint a fejlesztési költségek és a tisztes haszon fedezésére tartamosan elegendő forrásul szolgáljon, ezért a fák növekedése, a faállományok fatermésének mennyisége és minősége elsőrendű cél marad.

Ezek *az alapvető célok* igazában *mindenkor változatlannak* tekinthetők akkor, ha elfogadjuk, hogy megvalósításuk színvonala és előfeltételi rendszere a történe-

lem folyamán mindenkor változott és a jövőben sem lesz másként. Joggal merül fel a kérdés, hogy a jelen erdőgazdálkodásának, az erdészeti kutatásnak *milyen változásokat* kell figyelembe vennie azért, hogy megfeleljen korunk következményeinek. A válasz erre a következő:

– a társadalmi igények az utóbbi évtizedekben rendkívüli gyorsasággal és méretekben úgy növekedtek, hogy egyrészt az erdők sokoldalú hasznosítása egyre szélesebb körben valósul meg, másrészt ugyanezek helyenként alig elviselhető terhelést okoznak, veszélyeztetve a hosszú távlatú erdészeti feladatok megvalósítását;

– az erdészeti ökológiai potenciál kellő szinten való fenntartását és bővítését a fokozódó külső és belső környezeti ártalmak miatt nem lehet mindenütt elérni, ezért a növekvő teljesítményekhez elégséges ökológiai előfeltételek állnak rendelkezésre;

– a légszennyezés, a növény- és az állatvilág elszegényedése, az erdőállományok genetikai sokoldalúságának a csökkenése, összefoglalva a biológiai (természeti) törvényszerűségek megsértése egyaránt kedvez a károsítók fellépésének, a faállományok fiziológiai legyengülésének és csökkenti az erdők stabilitását;

– az erdőkkel szemben támasztott társadalmi igények, főleg a nem anyagi jellegű szolgáltatások költségeinek fedezésére nincsen elegendő forrás. A megtermelt és az értékesített famennyiség árbevétele és jövedelme jelenti változatlanul ezeknek is az ökonómiai előfeltételeit. A költségek növekedése a fatermés mennyiségének és minőségének a fokozását, valamint megbízható előrejelzését továbbra is szükségessé teszi. Ez is indokolja a fatermési, a faállomány szerkezeti és az erdőnevelési kutatások eredményeinek növelését és gyakorlati hasznosítását.

A fatermési, faállomány-szerkezeti és az erdőnevelési kutatások nemzetközi és hazai helyzete

A 20. század végén már elemi erővel jelentkezett az igény az erdők környezet- és élővilág-védelmi, továbbá az ökológiai egyensúly fenntartásában betöltött szerepének maradéktalan érvényesítése iránt. Az erdészeti kutatás területén ezért a jelen időszakban főleg az idekapcsolódó témák részesültek kiemelt támogatásban. A fák növekedése és az erdő fatermése iránti érdeklődés, az erdőnevelés szerepének az értékelése némileg csökkent. Ennek egyik oka az volt, hogy az erdők védelmi és szociális funkcióinak a hasznát egyesek a fatermés hasznának a négyszeresére értékelték. Közben elfeledkeztek arról, hogy a fák növekedése és a faállomány nevelése, valamint a faállomány termőhelye, szerkezete és kora szerint változó fatermés az erdő létezését is meghatározza,

és az erdő immateriális hasznának hordozója és megteremtője. A fatermés létrehozása során a levegő CO_2-tartalmának carbonja segítségével és az ingyenes napenergia igénybevételével épül fel a fa teste, miközben ezáltal mérséklődik az üvegházhatás, és növekszik a természetes nyersanyagok mennyisége.

A fák és faállományok növekedési menetének és mértékének az ismerete, az itt érvényesülő természeti törvényszerűségek feltárása teszi lehetővé az erdőgazdálkodás természetközeli eljárásainak, kiemelten az erdőnevelésnek az egész erdei életközösséget figyelembe vevő alkalmazását. A jövő útját jelentő természetközeli erdő- és fagazdaság ennek hiányában nem valósítható meg. A rendelkezésre álló és a kitermelhető famennyiség ismeretének birtokában lehet csak szakmailag helyesen eldönteni számos ökológiai és ökonómiai vonatkozású kérdést. Ezek a kiemelt jelentőségű tényezők és még számos egyéb szempont a bizonyítéka többek között annak, hogy a fatermési, faállomány-szerkezeti és az erdőnevelési kutatások súlya nem csökkent és a jövőben sem csökkenhet. Az itt elért kutatási eredmények a jövőben nemcsak az erdő anyagi hasznának meghatározását, növelését és előrejelzését szolgálják, hanem védelmi és szociális funkcióinak a növekvő igények szerinti kiteljesedését is. Ennek tudatában indokolt áttekinteni ezen kutatások nemzetközi és hazai helyzetét, helyét az erdészettudományban és szerepét az erdőgazdálkodásban.

A fanövedék és a fatermés

Az erdészeti tudományok létrejötte egybeesik a kapitalista társadalmi rend kialakulásával. Ennek keretében az erdészeti faterméstan a tudományok szakosodása folyamán viszonylag későn vált önálló tudományterületté. A tartamos (újabb néven fenntartható) erdőgazdálkodás igényelte először az erdőrendezésen keresztül az állományalkotó fő fafajok növekedési menetének és fatermésének az ismeretét. Az elmúlt évszázad folyamán számos kiváló *tudós (Cotta, Feistmantel, Hartig, Kunze, Pfeil, Presszler, Smalian, Wise* stb.*)* alkotta meg a témakörrel kapcsolatos elméletét. Hiányoztak azonban a kísérleti területek, a kísérleti bázis, amely nélkül az egyes fák és a faállományok növekedését a különböző emberi beavatkozások és környezeti hatások függvényében meghatározni nem lehet. Ezért a 19. század második felében több európai állam területén kezdték el hosszú lejáratú fatermési kísérleti területek létesítését. Közülük a németeket emeljük ki, mert az itteni kísérletek voltak a legnagyobb hatással a magyarországi hasonló kísérletekre. Ezeknek a kísérleteknek a folytatása és eredményei nyomán alakult ki az erdészeti fanövedék és faterméstan tudományterülete. 1891-ben *R. Weber* az erdőrendezéstan keretében már önálló részként írta meg a növedék törvényszerűségeit. A 20. század kezdetén több

európai erdészeti főiskolán oktatták az erdészeti növedék- és fatermést ant. 1941-ben jelent meg Wanselow tankönyve: *Bevezetés az erdészeti növedék- és fatermést anba* címmel (München), amelyet 1961-ben követett a mindmáig alapvető mű, Assmann *Erdőfatermést an*a, majd 1966-ban Erteld és Hengst hasonló témájú könyve. Újszerű, átfogó megfogalmazása és felfogása tette Mitscherlich: *Erdő, növekedésmenet és környezet* című könyvét a korszerű erdészeti növekedéstan megalapozójává. *Wanselow* a növedék- és fatermést ant a biológiai tudományok közé sorolta. *Weck* szerint alkalmazott botanika. *Assmann* az erdőfatermést an ökológiai alapjait már szélesebb értelmezésben fogta fel. A fatermést ant az erdőben alkalmazott biometriának tekintette. *Weihe* 1977-ben az ökológiai tudományok közé sorolta.

Magyarországon a famérés és a fatermést an az erdőbecsléstan önálló fejezeteként jelent meg, amelynek első átfogó és nemzetközileg is elismert leírása Fekete Zoltán 1951-ben kiadott *Erdőbecsléstan* című könyvében található. Ezenkívül a témakörben számos publikáció igazolja, hogy a 20. század második felére nálunk is elismertté vált az erdészeti faállomány-szerkezettan és fatermést an. Az egyetemi oktatásban csak az utóbbi évtizedben vezették be javaslatomra önálló tantárgyként (*Fekete Z., 1951*).

Faállomány-szerkezet és erdőnevelés

A fanövedék és a fatermés elsősorban a természeti adottságoktól függ (termőhely stb.). A fa, illetve a faállomány élete folyamán a termőhelyi adottságok általában számottevően nem változnak. Jelentősebb változás megy végbe viszont az egyes fák környezetében akkor, ha az ember beavatkozik az erdő életébe, és akkor is, ha az erdőt magára hagyja. Ez utóbbi esetben a spontán természeti erők és törvények az ember céljaitól függetlenül érvényesülnek. Az erdőgazdálkodás és ezen belül az erdőnevelés feladata, hogy a természet törvényei alapján úgy szabályozza az erdő szerkezetét, hogy a természeti erők, a kedvező ökológiai tényezők figyelembe vételével és tartamos megőrzésével a lehetséges mértékben a többcélú erdőgazdálkodás feladatainak a megvalósítását segítsék. Ennek során az erdőnevelési szakember a faállomány törzsszámának az optimális szinten való tartása útján szabályozza a különböző céloknak és az egész erdei ökoszisztéma érdekeinek legjobban megfelelő fák növőterét. Kérdéses, hogy az adott termőhely, kor és fafajösszetétel esetén mi az optimum? Erre nézve kell többek között az erdőnevelési kutatásnak választ adnia. A lehetséges és ésszerű variációs szélességben kezelt kísérleti területek adatai nélkül ma már csak a tapasztalatokra építeni nem elég. Több mint egy évszázada beszélhetünk rendszeres erdőnevelésről. A felhalmozott értékes tapasztala-

tok ellenére a feladatok számszerű kifejezésére való törekvés nemzetközileg állandóan érzékelhető volt. Ezért létesítették az egyes országok a kísérleti területeket, amelyek adatai lehetővé teszik az egyértelmű eligazítást a tervezés, a végrehajtás és az ellenőrzés számára. A kísérletek összetett feladatait, a kutatás bonyolultságát igazolja, hogy a tervszerű törzsszám-, illetve növőtér-szabályozással legkevesebb négyféle célt kell szolgálni, mégpedig:

– a faállomány minőségének a javítását,
– az állékonyság növelését,
– a kedvező növekedési feltételek létrehozását és
– a faanyagnyerést.

Az erdőnevelés európai történetének az első öt-hat évtizedében ezek voltak a kiemelt célok, amelyek ma is időtállók, de már nem elégségesek. Az utóbbi fél évszázad folyamán a fatermelésen kívüli közérdekű erdei szolgáltatások növelése érdekében az erdőneveléssel a felsoroltakon kívül el kell érni az erdő

– természet- és környezetvédelmi szerepének maradéktalan érvényesítését;
– a különböző jóléti, üdülési szolgáltatásainak fenntartását és lehetséges bővítését;
– a biotikus és az abiotikus károsítókkal szembeni rezisztencia növelését.

Hosszú lejáratú fatermési és erdőnevelési kísérleti területek – a kutatás bázisai

A gyakorlati tapasztalatok és a mintaterületek

Az erdészeti gyakorlatban töltött éveim során (1951–1961) többször okozott gondot az, hogy a 10 évre szóló üzemtervekben lényegesen kevesebb fakészlet és kisebb fanövedék szerepelt a véghasználati fakitermelések számbavétele után meghatározott famennyiségnél. A nevelővágások szakmailag helyes végrehajtását követően az üzemtervi előírás öt–tízszeresét meghaladó famennyiség sem volt ritka. Az illetékes erdészeti hatóság sok esetben a nyereség növelését szolgáló törekvésekre gyanakodott, miközben folyamatosan jelentkeztek az üzemtervekben szereplő adatoknál számottevően nagyobb fakitermelések. Az 1950-es években kiadott főhatósági szakmai utasítások (magtermelés, csemetetermelés, erdősítés, erdőrendezés stb.) között 1956 elején jelent meg az erdőnevelési utasítás, amely a gyakorlati tapasztalatokra építve tartalmazott általános és az akkori időszakban korszerű előírásokat. Ezek gyakorlati alkalmazása során a korábbiaknál még élesebben jelentkeztek az előbbiekben említett élőfakészleti és fakitermelési problémák. Az 1950-es évek második felében

ezért Vas megyében a gyakorlati erdőművelési feladatok ellátása mellett több kísérleti mintaterületet létesítettem. Ezek faállományának törzsenkénti felvétele és erdőnevelési szempontból való minősítése után egyértelmű volt, hogy az alkalmazott fatömeg és fatermési táblák, az előhasználati előírások már nem felelnek meg a korszerű erdőgazdálkodás követelményeinek. Közben a Soproni Egyetem végzős erdőmérnök hallgatóinak tanulmányútján is bemutattam ezeket a kísérleteket. A jelenlevő *Magyar János* és *Haracsi Lajos* professzorok a kapott eredményeket elfogadták. *Magyar János* az Írott-kő melletti erdőkben folyó vita alkalmával ismertette az éppen folyamatban lévő kutatásainak az eredményeit, amelyeket többek között 1961-ben publikált. Az üzemtervek átlagmagassági adatainak a felhasználásával kimutatta, hogy: „Országos viszonylatban minden fafajunk jóval tágabb termőhelyi szórásmezőben tenyészik, mint amekkorát a Greiner-féle fatermési tábla felölel" (*Magyar J., 1961*). A kutatási eredmények és a gyakorlati tapasztalatok ilyen mértékű egyezése vitathatatlanná tette számomra azt, hogy a fennálló súlyos fatermési és erdőnevelési problémák rendezése érdekében minden lehetséges erőt fel kell használni. Törekvéseim visszhangjaként is felfogható az a kitüntetés, amelyben az 1958. évi nemzetközi erdőnevelési konferencián részesítettek. A konferencia egyik tanulmányútján bemutattam az első kísérleti mintaterületeimet és ismertettem a belőlük levonható következtetéseket. A népes nemzetközi mezőny ezeket a helyszínen megvitatta és elfogadta.

A kutatás személyes vonatkozásai

Ilyen előzmények után kaptam a felkérést, hogy vállaljam el az Erdészeti Tudományos Intézetben (ERTI) újjászervezett erdőművelési és faterméstani osztály vezetését. Ezt több ok miatt is örömmel vállaltam. Meghatározó volt az a lehetőség, hogy teljes kapacitásommal az erdőnevelési és a fatermési vonatkozású témák megoldása érdekében irányíthatom és végezhetem a kutatásokat, amelyek személyi és anyagi előfeltételei akkor kellő mértékben rendelkezésre álltak. Ahhoz, hogy a Szombathelyi Erdőgazdaságnál betöltött erdőművelési csoportvezetői beosztásomat az ERTI tudományos osztályvezetői beosztásával felcseréltem, hozzájárultak azok a kellemetlenségek is, amelyek az 1956-os nemzeti bizottsági és munkástanácsi tevékenységem miatt egyre elviselhetetlenebbekké váltak. Ennek a megoldását is elő kívánta segíteni, bár soha nem hangoztatta, *Sali Emil,* az Országos Erdészeti Főigazgatóság (OEF) akkori szakmai vezetője és *Haracsi Lajos* professzor, az ERTI tudományos tanácsának döntő befolyással rendelkező tagja. Ezeket a személyes – mondhatnám önéletrajz jellegű – dolgokat is szükségesnek tartottam a kutatás előzményei között

ismertetni annak bizonyítékaként, hogy az ember sorsa, életének azok az eseményei is meghatározhatják kutatói pályafutását, amelyeknek pillanatnyilag és látszólag semmi közük sincsen a kutatáshoz.

Az erdőnevelési és faterméstani kutatások időszerűségét és támogatottságát elősegítő tényezők közül ki kell emelni azt, hogy az 1956-ban megjelent és a későbbiekben bevezetett erdőnevelési utasítás nyomán országos viták sorát idézték elő a konkrét eligazítást nem tartalmazó általános irányelvek. Ebben az időben ismét kiéleződtek az ellentétek a szakmai és politikai körökben egyaránt az erdők élőfa-készletéről és a kitermelhető famennyiségről, miközben felerősödött az a helyes törekvés, amely szerint mielőbb el kell érni erdeink teljes üzemtervezettségét. A témakört illetően nemzetközileg is fellendülés volt tapasztalható az erdőnevelési és faterméstani kutatások terén és a gyakorlatban egyaránt. 1961-ben jelent meg Assmann *Waldertragskunde* című könyve, *Wiedeann* és *Schober* új fatermési táblái és az erdőnevelés racionalizálását sürgető és ajánló publikációk sora.

Joggal állíthatjuk, hogy az 1950-es és az 1960-as évek fordulója erdészettörténeti szempontból, valamint a kutatás személyi és anyagi előfeltételeit illetően, továbbá a téma hazai és nemzetközi támogatottságának és időszerűségének a vonatkozásában kedvező volt. Itt kell kiemelnem *Keresztesi Bélának*, az ERTI akkori főigazgatójának a szerepét, aki az erdőnevelési és a fatermési kutatások országos méretű beindítását szorgalmazta, és az ERTI lehetőségeit tekintve biztosította az 1960-as években megteremthető kutatási előfeltételeket. Érthető tehát, ha ebben a munkában a kutatók és a segéderők egyaránt szívesen vállalták a sok személyes odaadást igénylő feladatok megoldását.

Az 1958–1998 közötti időszakban a témakör kutatói közül, akik az ERTI-ben dolgoztak, a következőket indokolt kiemelni: *Béky Albert, Birck Oszkár, Bogyay János, Bondor Antal, Halupa Lajos, Kiss Rezső, Kovács Ferenc, Majer Antal, Márkus László, Mendlik Géza, Rédei Károly, Solymos Rezső, Somogyi Zoltán, Sopp László, Szodfridt István, Tallós Pál, Veperdi Gábor.*

A Soproni Egyetem Erdőmérnöki Karának Erdőrendezési és Erdőművelési Tanszékeivel a 40 év folyamán eredményes volt az együttműködés. Ez elsősorban *Fekete Zoltán, Haracsi Lajos, Koloszár József, Magyar János, Majer Antal* professzoroknak volt köszönhető.

A kutatás programja, megvitatása és megvalósítása

1961 júniusában kezdtük el az erdőnevelési, faállomány-szerkezeti és fatermési kutatások hosszú távú programjának a kidolgozását az ERTI Erdőművelési és Faterméstani Tudományos Osztálya kutatóinak a teljes körű részvételével.

A kutatási programban úgy terveztük, hogy két évtized alatt, 1980-ig létrehozzuk a fő állományalkotó fafajok elegyetlen egykorú faállományainak a termőhelyi szórásmező egészét felölelő állandósított kísérleti hálózatát, amely akkor mintegy 1200 kísérleti terület létesítését jelentette. Ezt követően terveztük megkezdeni az elegyes faállományokban az ezredfordulóig ugyanezt a kísérleti területek számának az előrejelzése nélkül (*Bircke et. al., 1962*).

Kutatásaink alaptervét széles körű vitára bocsátottuk. Az ERTI Intézeti Tanácsa a programot elfogadta és javasolta, hogy nyújtsuk be az MTA Erdészeti Bizottságához is, kérve a tervezet megvitatását és az EB állásfoglalását. Az Erdészeti Bizottság a téma kutatását kiemelkedő jelentőségűnek, a metodikai vonatkozású terveket jónak tartotta, de a kísérletek számát megvalósíthatatlannak ítélte. Az 1200 tervezett területtel szemben maximum 800 terület létesítését tartotta reális lehetőségnek, bár hangsúlyozta, hogy ennyi terület a hazai erdők sok fafajúságát tekintve alig éri el a minimumszintet. Engem személy szerint olyan maximalistának tartottak, aki a 10 éves erdészeti gyakorlat után a kutatás küszöbét alig lépte át, és még nem mérte fel a gyakorlati munka és a kutatás közötti különbségeket. Ez volt a kutatói pályám első jeges zuhanya, amelyet végérvényesen az 1981-ben készített kísérleti területleltár oldott fel, amikor kitűnt, hogy 20 esztendő alatt a tervezett területek háromszorosát létesítettük. Ezzel a magyar erdészeti kutatás nemcsak az élvonalba levő európai államokhoz viszonyított lemaradását hozta be, hanem a témával kapcsolatos nemzetközi rendezvényeken már Európa legnagyobb és legkorszerűbb kísérleti hálózattal bíró országai közé is sorolták.

A várakozást felülmúló eredmények, a nemzetközi és hazai elismerések nemcsak kedveztek, hanem kedvezőtlen személyi vonatkozású jelenségekkel is jártak. A 20 év előtti kis kutatócsoport hatékony tudományos iskolává alakult, amelyre figyelni kellett, amelyet sajnos mint versenytársat is tekintettek. Ehhez járult a kutatási előfeltételek fokozatos romlása az új gazdasági mechanizmus térhódításával. Így megvolt az indoka annak, hogy elsősorban a gyors eredményt ígérő kutatási témák kapjanak támogatást. A hosszú távot felölelő kutatási program részére akkor a szinten tartás lehetőségét tartották a jövő reális útjának.

A hosszú lejáratú erdőnevelési és fatermési kísérleti területek kitűzésének, felvételének és fenntartásának irányelvei

A témakör kutatásának a legsúlyosabb indokai között szerepelt a megbízható számsorok hiánya, amely erdeink fatermésére és szerkezetére, továbbá a tapasztalatokon alapuló erdőnevelési irányelvek számszerű kifejezésére vonat-

kozik. Kiváló erdész kutatóink, közöttük *Fekete Zoltán, Kaán Károly* akadémikusok, már a 20. század első felében sürgették az állandósított, hosszú lejáratú kísérleti területek létesítését. *Fekete Zoltán* ezt a bükkre vonatkozóan az 1950-es évek elején el is kezdte. Ebben az időben Európa több állama már 50–80 éve létesített kísérleti területtel rendelkezett. *Schwappach, Wiedemann, Schober* németországi kísérletei egyértelműen bizonyították, hogy csak a faállományok egész vágásfordulóját felölelő, hosszú időtartamú kísérleti megfigyelések vezethetnek megbízható eredményekre (*Fekete Z., 1951*).

Kutatási programunk megtárgyalása során a hazai kísérleti bázis megteremtését kiemelten támogatta *Keresztesi Béla, Magyar János* és *Sali Emil* (*Sali E., 1977*).

Egyértelmű volt számunkra, hogy a több évtizedet vagy akár egy évszázadot is meghaladó kutatási program megvalósításában az időtálló metodika az átlagosnál jóval nagyobb jelentőségű. Az erdő fáinak és faállományának a növekedését illető változásait, az erdőnevelési eljárások hatásait mérni és összehasonlítani csak azonos módszerek alkalmazása esetén lehet. Ezt erősítette meg a hosszú lejáratú kísérleti területek létesítéséről és fenntartásáról 1960-ban megjelent német kézikönyv, amelyben *W. Erteld* részletesen ismertette az előző 80 év eredményeit és irányelveit.

Az ERTI Erdőnevelési és Faterméstani Osztályának 1961-ben a legfőbb feladata az volt, hogy kidolgozza a hosszú lejáratú erdőnevelési és fatermési kísérleti területek felvételének és fenntartásának a metodikáját, irányelveit. Ekkor az osztályon hat kutató dolgozott. *Sopp László* feladata az új fatömegtáblák kidolgozása volt, amely a kísérletekhez és a gyakorlati munkához egyaránt pontosabb adatokat szolgáltatott az addig alkalmazott Schwappach-féle fatömegtábláknál. A hosszú lejáratú kísérletek metodikájának közvetlen kidolgozói *Solymos Rezső* vezetésével *Birck Oszkár, Kiss Rezső, Márkus László* és *Tallós Pál* voltak. Bár az írott anyag 1963-ban jelent meg az *Erdészeti Kutatások*ban, 1962 óta ennek megfelelően végeztük a kísérleti területek kitűzését, felvételét és fenntartását.

A kísérleti metodika részletezésére annak terjedelme miatt e helyen nincsen lehetőség. Annyit azonban célszerű kiemelni, hogy a területek nagysága az első két évtizedben 2500 m^2, később 1000 m^2 volt, kezdetben 20 m, később 10 m-es védősávval. A lehetőségek függvényében a területeket a következők szerint választottuk ki és létesítettük:

– egyparcellás területek a mindenkor érvényes előírások szerint kezelve;

– kétparcellás területek, ahol az egyik parcella kezeletlen kontrollként szolgált;

– 3-5 parcellás erdőnevelési sorok a nevelővágások optimális erélyének és a visszatérés idejének a meghatározására;

– összehasonlító fatermési kísérleti területek egymáshoz területileg közel álló, azonos termőhelyű, de különböző fafajú faállományokban;

– elegyes erdőkben létesített kísérleti sorok az elegyesség különböző célú vizsgálata érdekében;

– erdősítési hálózati kísérletek 5–15 hálózati variáció szerint.

Az így létesített és közel 3000 parcellából álló kísérleti bázis ma behálózza Magyarország egész területét. Az először létesített területeken 38–40 éve, a jelen évtizedben kizárólag elegyes faállományokban létesített területeken 3–6 éve folynak felvételek és kiértékelések.

Az évek során folyamatosan bővült az osztály feladata és vele együtt kutatóinak és segéderőinek a létszáma is.

Hamarosan bekapcsolódott a munkába *Mendlik Géza, Béky Albert, Bogyay János, Kovács Ferenc, Faragó Sándor, Hajdú Gábor, Rédei Károly, Halupa Lajos és a legutóbbi években Somogyi Zoltán* és *Veperdi Gábor*. Kiváló erdésztechnikusok, kutatási segéderők, a gyakorlatban dolgozó erdőmérnökök és erdészek, továbbá erdei munkások népes tábora segítette munkánkat, akik nélkül a kutatási program eddigi eredményeit elérni lehetetlenség lett volna.

Végül ki kell hangsúlyozni azt, hogy a kidolgozott metodika alapjainak változatlanul hagyása mellett a lehetséges ésszerű fejlesztés folyamatos volt. Erre először a korszerű számoló, majd a számítógépek, a számítástechnika és a matematikai statisztika egyre bővülő alkalmazása nyújtott lehetőséget. Ebben az Országos Erdészeti Főigazgatóság, a Soproni Erdészeti és Faipari Egyetem, az Erdőrendezőség egyaránt segítségünkre volt.

Időközben bekapcsolódtunk a hasonló témájú nemzetközi kutatásokba is, amelyeket az Erdészeti Kutató Intézetek Nemzetközi Szövetségének és a KGST-nek a keretében szerveztek. Ennek is volt hatása a kutatási metodika továbbfejlesztésére. Ahhoz azonban mindig ragaszkodtunk, hogy a fejlesztés a kísérleti területek ismételt felvétele során nyert adatainak az egzakt összehasonlítását soha ne zavarja meg.

A kutatási feladatok felosztása, a kutatás eredményei

Az évek során az ERTI Erdőnevelési és Faterméstani Osztályát főosztállyá szervezték át. A kutatási feladatokat már a munka kezdetén (1961) az egész országra és valamennyi fő fafajra vonatkozóan meghatároztuk. Bár a nézetek akkor megoszlottak, javaslatomat a többség, az ERTI Tudományos Tanácsa elfogadta. Eszerint a feladatmegosztás a fő állományalkotó fafajok alapján, a teljes kör integrálásával, a fő fafajok jelentőségének megfelelően történjen annak függvényében, hogy az osztály kutatói létszámának a bővítése miként

valósul meg. Az időrendi sorrendet tekintve a feladatok megoszlása kutatónként a következő volt (*Solymos R., 1969*):

– a bükk: *Birck Oszkár, Mendlik Géza, Márkus László*
– a kocsányos tölgy: *Kiss Rezső, Somogyi Zoltán*
– a kocsánytalan tölgy: *Bogyay János, Béky Albert*
– a gyertyán és a gyertyános tölgyesek: *Béky Albert*
– a cser és a cseres tölgyesek: *Kovács Ferenc, Hajdú Gábor*
– az akác: *Rédei Károly, Faragó Sándor*
– a nyárak: *Halupa Lajos, Kiss Rezső, Rédei Károly*
– az erdeifenyő: *Solymos Rezső, Veperdi Gábor*
– a feketefenyő: *Solymos Rezső, Kovács Ferenc, Faragó Sándor, Veperdi Gábor*
– a lucfenyő: *Solymos Rezső*
– elegyes faállományok: *Solymos Rezső*
– fatömegtáblák valamennyi fafajra: *Sopp László*.

A kutatás eredményeit az előbbiekben felsorolt kutatók nyolc könyvben és mintegy félezer tudományos cikkben, tanulmányban publikálták itthon és külföldön. Ennek a kétszeresét meghaladták a témakörben tartott hazai és külföldi előadások. Mindez elősegítette az eredmények gyakorlati hasznosítását az erdőrendezésben, az erdőgazdálkodásban és az erdészeti kutatásban, valamint az oktatásban egyaránt. A 40 esztendő legfontosabb kutatási eredményei a következők voltak:

– Országos és helyi fatermési táblák valamennyi fő állományalkotó fafajunkra.
– Erdőnevelési modelltáblák és irányelvek a fő célállomány-típusokra.
– Erdőnevelési technológiák a faültetvényekben és a természetközeli erdőkben.
– Fatermesztési modellek a fő célállomány-típusokra.
– Ajánlások az optimális erdősítési hálózatra.
– Erdőfelújítási és erdőnevelési irányelvek a természetközeli erdőgazdálkodásban.
– Fő fafajok növekedési menetének és fatermésének összehasonlítása.
– Az elegyesség hatása a fatermésre, a különböző elegyes faállományok szerkezete.
– Fatömegtáblák az állományalkotó fafajokra.
– Az országos kísérleti bázis fenntartása, felvétele és kiértékelése.

A felsorolt kutatások irányításán túlmenően közvetlenül a fenyőerdő-nevelési és faterméstani kutatásokat végeztem. A továbbiakban ezeket ismertetem, mert az alkalmazott szerkesztési módszer abban az időben (1960–1980) általánosan elfogadottá vált.

A hazai fenyők fatermésének és nevelésének kutatása

A kutatás kezdetekor, az 1960-as évek elején a hazai erdőgazdálkodás elsőrendű feladata volt az ország faellátása, a fenyőfaimport csökkentése. A fafelhasználás akkor is fenyőcentrikus volt, bár a hazai fenyvesek a fenyőfa-szükségletnek alig a 10%-át fedezték.

A nyár- és a fenyőprogram ennek alapján az ország faimporttól való függőségét volt hivatva csökkenteni. Az akkori nemzetközi helyzetben ennek nemcsak súlyos gazdasági, hanem politikai jelentősége is volt, amelyet az erdészek kimondatlanul is megértettek. Magam úgy szembesültem e témával, mint olyan erdész kutató, aki az előző tízéves pályafutása során elsősorban fenyővel foglalkozott a nyugat-dunántúli Vas megyében. Ilyenformán megvolt az indoka és adott volt a lehetősége annak, hogy az erdei-, a fekete- és a lucfenyő fatermésének és nevelésének kutatását személyesen vállaljam. A kutatási terv részletes kidolgozását követően közel 800 hosszú lejáratú kísérleti terület létesítését, felvételét és feldolgozását irányítottam és végeztem több munkatársammal. Az elért eredményekről, azok gyakorlati alkalmazásáról a következőkben adok áttekintést.

A fenyők növekedése, növedéke és fatermése

Magyarországon az erdeifenyő (EF), a feketefenyő (FF) és a lucfenyő (LF) számára fordulnak elő kedvező termesztési lehetőségek. A hagyományos fenyőtermesztési erdőgazdasági tájaink a Nyugat-Dunántúlon vannak. Az elmúlt négy évtized folyamán a fenyők térfoglalása megháromszorozódott. Ez elsősorban a Nagyalföldön végzett új erdőtelepítéseknek köszönhető. A gyenge termőhelyi adottságú, felhagyott mezőgazdasági területekre, a földes kopárokra sok esetben csak az erdei- és a feketefenyőt lehetett a kívánt eredménnyel telepíteni.

Ezeket meghonosodott fafajoknak lehet tekinteni. Felbecsülhetetlen környezetvédelmi szerepük miatt főleg véderdőket létesítettek belőlük (futóhomok megkötése, erózió elleni védelem stb.). Az elmúlt évtizedek folyamán viszont kitűnt, hogy védelmi szerepük betöltésével egyidejűleg jelentős fatermést is produkáltak. Idősebb fákon és faállományokon végzett növekedési és termési vizsgálataink eredményeként ezt már az 1960-as évek végén előre jeleztük. Hangsúlyoztuk, hogy időben kell a várható nagyobb mennyiségű vékonyfa feldolgozásáról gondoskodni. Abban az időben az illetékesek sem hitték el azt, ami napjainkra megvalósult. Ezért nem is gondoskodtak a megtermelt vékonyfa hasznosításáról.

Az ország jellemző fenyveseiben végzett kutatások eredményeként:

– az egyes fák növekedési menetét és növedékét törzselemzések útján vizsgáltuk, több mint 2000 minta törzs adataiból levezettük a három fenyő (EF, FF, LF) magassági, vastagsági, körlap- és fatérfogat-növekedési menetét, hogy a különböző nevelővágások optimális idejének, valamint a visszatérési időszak hosszának a megállapításához is iránymutatásul szolgáljanak;

– a faállományok növekedését és fatermését az adott termőhelyek és a korosztályok figyelembe vételével létesített kísérleti területek faállományainak adatai szerint határoztuk meg, amelyekből fatermési modelleket, tíz fatermési osztályt magukba foglaló, az eddigieknél megbízhatóbb és gazdagabb információtartalmú három új országos és egy helyi fatermési táblát szerkesztettünk;

– elvégeztük a különböző termőhelyen álló fenyők fatermésének összehasonlítását, hogy ezáltal a termesztést illető döntések megalapozottságát elősegítsük;

– megalapoztuk a termesztés évszázados időszakát felölelő fatermesztési kutatásokat a sokvariációs erdősítési, ültetési, hálózati kísérletek bázisterületeinek a létesítésével;

– nemzetközi viszonylatban elsőként szerkesztettünk olyan erdőnevelési modelleket, amelyeket a nagyszámú kísérleti terület adatsoraira építettünk, s melyeket a floridai erdészeti világkongresszuson való bemutatása után tovább fejlesztettünk. Ma már a kutatás, az oktatás és a gyakorlat széles körben, sőt jogszabályban előírtak szerint is alkalmazza őket.

A fontosabb kutatási eredmények áttekintése

Az erdeifenyő a kutatás megkezdésekor az erdőterület 4,5%-át, a feketefenyő 2,5%-át, a lucfenyő 1%-át, a többi fenyő 0,4%-át foglalta el. Az összes fenyő részaránya 1960-ban 8,4% volt. A jelen időszakra (1998) az arány megkétszereződött. Érdemes utalni arra, hogy 1958–1960 között dolgozta ki a 92 főből álló szerzői munkaközösség az európai viszonylatban is egyedülálló 10 kötetes átfogó művet Danszky I. vezetésével, amelynek címe: *Magyarország erdőgazdasági tájainak erdőfelújítási, erdőtelepítési irányelvei és eljárásai,* amely ma is értékes forrásmű. A szerzői munkaközösség tagja voltam, és később az 1973-ban megjelent *Erdőművelés I–II.* című könyvben már a kutatás első jelentősebb eredményeire építve írtam meg az erdőnevelés és a faterméstani témakörök fejezetét *(Solymos R., 1973)*.

Kétségtelen, hogy 40 évvel ezelőtt a növekvő fafogyasztás és a súlyos importterhek miatt az egyik fő feladat az erdők fatermésének a növelése volt, de ezzel együtt már akkor hangsúlyoztuk: „...az erdők egészségvédelmi jelen-

tősége napról napra nő. Fontos szerepet játszanak a talajvédelemben, a vízgazdálkodásban és a mezőgazdasági termelés biztonságosabbá tételében." Az erdőfejlesztés alapja a termőhely-feltárás, a fafajok termőhelyigényének és az adottságoknak az összehangolása volt. Ilyen megfontolás alapján úgy láttuk, hogy a fenyők részaránya az ezredfordulóig mintegy 16% lesz, bár több neves szakember (*Babos I., Madas A.*) a 23%-ot is lehetségesnek tartotta. Már ekkor sem vitatta senki, hogy az erdeifenyőnek lesz a döntő szerepe, de a nagyobb kiterjedésű, mérhetetlen monokultúrák létesítését, az őshonos fafajok háttérbe szorítását valamennyi részt vevő szakember elfogadhatatlannak tartotta.

A gyakorlat részéről is sürgető igényként jelentkezett a fenyőtermesztés, ezen belül főleg az erdeifenyő, a feketefenyő és a lucfenyő termesztési kérdéseinek a kutatása. A legnagyobb fejlesztés előtt álló alföldi homoki tájakra rendelkeztünk a legkevesebb fenyőtermesztési tapasztalattal és kutatási eredménnyel, bár a legfontosabb hagyományos fenyőtermesztési dunántúli tájak sem bővelkedtek ezekben.

Első feladaként a szaporítóanyag-termelés érdekében a kutatás kidolgozta a hazai erdeifenyő-magtermesztő ültetvények (plantázsok) létesítésének az irányelveit és részt vett a megvalósításukban. Intenzív kutatás indult az erdősítési technológiákat illetően. Mindezekhez illeszkedett a fenyők fatermésének és nevelésének a kutatása, amelyben az erdeifenyő szintén megkülönböztetett figyelmet kapott (*Solymos R., 1990*).

Országos fatermési táblák szerkesztése erdeifenyőre

Magyarország jellemző erdeifenyveseiben 418 állandósított, egyenként negyed hektáros fatermési kísérletet létesítettünk. Ezek faállományának részletes minősítése és felvétele alapján bőséges alapadat állt rendelkezésünkre egy korszerű, új hazai fatermési tábla szerkesztéséhez. Erdészeti gyakorlatunkban addig a Greiner-féle fatermési táblát alkalmazták, amely a Cobowrg hercegi uradalom erdeifenyveseire készült, és a főállomány vastagfára vonatkozó adatait tartalmazta.

Az új fatermési táblát többek között jellemezte, hogy:

– tíz fatermési osztályt tartalmazott, az osztályozás alapja a biológiai felsőmagasság volt, amelyre nézve a hazai erdeifenyvesek termőhelyi szórásmezejét Magyar János vezette le az üzemtervi átlagmagassági adatokból;

– a fő-, a mellék- és az egészállomány, az összes fatermés és előhasználat, valamint az átlag- és a folyónövedék főbb adatait foglalta magába;

– a fatérfogatadatok nem a vastag, hanem az összes fára vonatkoznak, ezek felső és alsó határértékeit, valamint a középértékeket adják meg.

A szerkesztés során a fatérfogat-tényezőkre kidolgozott és a legkisebb relatív hibájú közelítő függvények a következők voltak (III. fto.):

H_m: átlagos magasság:

$$Y=aa+b\cdot\ln x=-22{,}22+10{,}88\cdot\ln x$$

D_m: átlagos átmérő:

$$Y=ax^b=0{,}96x^{08}$$

V: fatérfogat (1 ha):

$$Y=a+b\ln x=-393{,}0+200{,}66\cdot\ln x$$

G: körlapösszeg (1 ha):

$$Y=a+b\cdot\ln x=-3{,}17+8{,}50\cdot\ln x$$

F: összes fa-alakszám:

$$Y=a+b\cdot\frac{1}{x}=0{,}387+\frac{6{,}667}{x}$$

A faállomány törzsszámának erdőnevelési okokból is megkülönböztetett figyelmet szenteltünk. Kiszámításakor a többváltozós regresszió módszerét alkalmaztuk. A kidolgozott új eljárás alaptétele az, hogy a törzsszám változása jelentős hatással van a fatermés értékére (méreteire) és mennyiségére. A mellmagassági átmérő és a famennyiség hatása többek között a legnagyobb a fatermés értékére. Adott korban és termőhelyen valamennyi lehetséges átlagos átmérő és fatérfogat (V) egy meghatározott törzsszám esetén jön létre (állományszerkezeti alapképlet: V=GHF). A legkedvezőbb az az állapot, amikor a fatérfogat (V_b) és az átlagos átmérő (D_m) szorzata eléri a lehetséges maximumot: $E=V_b\cdot D_m=max$. A hozzá tartozó törzsszám (N/ha) jelentheti a fenntartandó optimumot. Ezeket alapul véve a következő egyenletek segítségével végeztük el a lehetséges törzsszámnak megfelelő összes fatérfogat (V_b) és átlagos átmérő kiszámítását (D_m):

$$V_b=a_0+a_1\cdot T+a_2\cdot N+a_3\cdot T^2+a_4\cdot N^2+a_5\cdot T\cdot N$$

ahol: T=a faállomány kora, N=a törzsszám (1 ha-on)

$$D_m=b_0+b_1\cdot T+b_2\cdot N+b_3\cdot T^2+b_4\cdot N^2+b_5\cdot T\cdot N$$

A kiszámított korrelációs együtthatók: R (V_b)=0,943; R (D_m)=0,987.

A függvények alapján számított V_b és D_m szorzatokat (E) táblázatokba foglaltuk, ahonnan az E_{max}-nak megfelelő N kiolvasható volt.

A fatermési tábla adatai közül kiemeljük, hogy a hazai erdeifenyvesek átlagát a III. és a IV. fto. képviseli. Az 1000 m^3/ha összes fatermést az I. fto.-ba tartozó erdeifenyvesek 70 éves, a II.-ba 115 éves korra érik el. Az összes fatermés átlagnövedéke az I. fto.-ban 120 éves, a II.-ban 95 éves, a III.-ban 70 éves korig legalább 10 m^3/ha vagy ennél magasabb.

Országos fatermési táblák feketefenyőre

Hazai feketefenyveseinkben Faragó Sándor és Kovács Ferenc közreműködésével 254 hosszú lejáratú kísérleti területet létesítettünk, amelyek elegendő adatot szolgáltattak az új országos fatermési tábla megszerkesztéséhez. Mind ez ideig ilyen fatermési táblával a magyar erdészet nem rendelkezett, kényszerűségből a Greiner-féle erdeifenyő-fatermési táblákat alkalmazta. Az új táblák szerkesztésekor alkalmazott eljárás azonos volt az erdeifenyőnél leírtakkal.

A kapott eredmények közül külön is érdemes kiemelni, hogy még a hazai szélsőségesen száraz, gyenge termőhelyeken is létrehozhatók V–VI. fto. feketefenyvesek, amelyek védelmi szerepük betöltése mellett még 300 m^3/ha összes fatermést is produkálnak. A hazai átlagot képviselő IV. fto. feketefenyvesek 70 éves vágásforduló esetén 7,0m^3/ha/év átlagnövedéket érhetnek el, megközelítve a 350–400 m^3/ha élőfakészletet. Ezeknél jobb termőhelyekre feketefenyő telepítése nem indokolt.

Országos fatermési táblák lucfenyőre

Viszonylag kis térfoglalása ellenére rekord nagyságú és értékű fatermése, a rontott sarj-eredetű lombosállományok (gyertyán, bükk, tölgy, cser) átalakítása, majd a bükk visszatelepítése során játszott szerepe miatt láttuk indokoltnak a hosszú lejáratú kísérletek létesítését hazai lucfenyveseinkben. 123 homogén mintaterület adatainak és az üzemtervi adatoknak a felhasználásával készült el az erdeifenyőre leírtakkal azonos metodikával az új hazai országos fatermési tábla.

A kísérletek adatai és az új fatermési táblák alapján emeljük ki a következőket.

Lucfenyveseink nagyobb része az I–III. fatermési osztályokba tartozik. A lucot eszerint nálunk a számára kedvezőbb termőhelyekre telepítették. Az 1000 m^3/ha összes fatermést az I. fto. lucosok 65–70 éves korra, a II. fto.-ban 85–90 éves korra, a III. fto.-ban 125–130 éves korra érik el. Az összes fatermés átlagnövedéke 10 m^3/ha vagy ennél nagyobb az I. fto.-ban: 125 éves, a II.-ban: 120 éves, a III.-ban: 80 éves korig.

A fenyők fatermésének, növekedésének összehasonlítása

Fenyőállományaink a hazai termőhelyek legnagyobb részén előfordulnak. Az erdeifenyvesek főleg a gyertyános-tölgyes és az erdős sztyepp, a feketefenyvesek az erdős sztyepp és a cseres tölgyes, a lucfenyvesek nagyobb része bükkös és a gyertyános tölgyes klímában találhatók. Termőhelyigényük különböző, a legszűkebb szórásmezőben a lucfenyő, a legtágabban az erdeifenyő érzi jól magát. Az erdei- és a feketefenyő pionír fafaj, gyenge termőhelyi adottságok mellett is jól növekszik (pl. talajvízhatástól független, gyengén humuszos homok). A kedvezőbb vízellátású és tápanyaggazdag talajokon kiemelkedő a produktivitása, de legtöbb esetben szerény termőhely igénye miatt nem hasznosítja a potenciális adottságokat (pl. mély termőréteg vastagságú agyagbemosódásos barna erdőtalaj). A lombos fafajokkal való elegyítésének ilyen esetekben van főleg kiemelkedő gazdasági szerepe is.

Termőhelyi igényeik különbözősége miatt az egyes fafajok, így a fenyők fatermésének és növekedésének az összehasonlításakor viszonylagos értékeket kapunk, ha a fatermési táblák adatsorait fogadjuk el az összehasonlítás alapjaként. Azonos fatermési osztályok különböző fafajok esetében általában különböző termőhelycsoportoknak felelnek meg. Ezért a fafajok növekedési sajátosságainak, fatermőképességi potenciáljának az összehasonlítását szolgálták azok a kutatások is, amelyeket az új fatermési táblák felhasználásával végeztünk. Az ilyen alapon levonható fontosabb következtetések közül a következőket emeljük ki:

- a három fenyő közül a számára legkedvezőbb ökológiai adottságok esetén a legnagyobb összes fatermést a feketefenyvesek 30–40 éves, az erdeifenyvesek 50–60 éves, a lucfenyvesek 50–60 évnél hosszabb vágásfordulóban érik el, Magyarországon a lucfenyvesek képesek az összes fafaj közül a legnagyobb fatermést elérni, ha 80 éves vágásfordulóban tartjuk fenn őket, ezen túl már a bükkösöké a vezető szerep (110–130 év);
- rövid, 30–40 éves vágásfordulójú, rostalapanyag-termelő fenyveseket Magyarországon elsősorban erdeifenyő és feketefenyő telepítésével a nagyalföldi homokon célszerű létrehozni;
- kedvező ökológiai adottságok esetén méretes értékfa termelés hosszabb vágásfordulóban lehetséges, amikor 60–100 éves korban az I. fto. lucfenyvesek hektáronkénti összes fatermése 184 m^3-rel haladja meg a feketefenyvesekét, 53 m^3-rel az erdeifenyvesekét, 100 éves korra ez a különbség 366 m^3-re, ill. 230 m^3-re növekszik;
- abban az esetben, ha 80 éves vágásfordulóban tartjuk fenn a három fenyőt, az első három fto.-ban a vágásforduló feléig az összes fatermésnek az

erdeifenyvesek a 65%-át, a feketefenyvesek 63%-át, a lucfenyvesek az 53%-át érik el, amit a nevelővágások tervezésekor ajánlatos figyelembe venni;

- az összes előhasználat mértéke mindhárom fenyőnél eléri 80 éves korig kedvező ökológiai adottságok esetén hektáronként a 400 m^3-t, ami igazolja a nevelővágásoknak a faanyagnyerésben betöltött szerepét az elsődleges minőségnövelő célok mellett;
- a vizsgálatok szerint a fenyvesek első nevelővágásai, a tisztítások során kikerülő famennyiség súlyának 20–30%-át a fenyőtű alkotja (2200–5500 kg/ha), indokolt ezért a fenyőtű hasznosításával külön is foglalkozni;
- az I. fto.-ban számított érték ($D_m \times V_b$) szerint a sorrendet és az arányokat a következő számok fejezik ki (E): 80 éves korban LF: 33 436, EF: 32 140, FF: 27 792; 100 éves korban LF: 43 146, EF:37 670, FF: 32 538, amelyek megfelelnek az elérhető gazdasági eredmény várható arányainak is;
- azonos korú és felsőmagasságú faállományok szerkezetének és fatermésének egybevetésekor kitűnt, hogy 30–40 éves korig az egészállomány fakészlete között nem volt számottevő a különbség, 40–50 éves kortól a lucfenyő azonban számottevően túlszárnyalja az erdei- és a feketefenyőt. Általánosan jellemző, hogy a lucfenyvesek törzsszáma (1 ha) és körlapösszege a legnagyobb, átmérője a legkisebb, a feketefenyvesek törzsszáma a legkisebb, az erdeifenyveseké a kettő közötti.

Itt kell külön kitérni arra, hogy a fatermés, a fanövedék térfogatának meghatározásán túl, annak súlyával és szerkezeti összetételével is foglalkoztunk. A kutatás eredményeként Magyarországon és nemzetközi viszonylatban is először szerkesztettünk súly szerinti fatermési táblákat. Az eltelt idő és főleg a jövő követelményei igazolják ennek indokoltságát. A fafelhasználó üzemek a faanyag átvételekor egyre nagyobb mértékben alkalmazzák a fa súlya szerinti elszámolást. Az erdei dendromassza hasznosításának a kívánatos fejlesztésekor minden bizonnyal nagyobb szerepet kap a súly, ha a levél, a vékonyfa és a vastagfa arányát is számba vesszük.

A fenyőállományok nevelésének kutatása

Az erdőnevelési beavatkozások hatása az egész erdei ökoszisztémára vonatkozóan csak hosszabb ideig, évtizedekig tartó kísérletek, megfigyelések útján állapítható meg. A kutatás kezdetén Magyarországon már kiemelt jelentőséget tulajdonítottak a nevelővágásoknak: a tisztításoknak és a gyérítéseknek. Európában a nyugati és a keleti államok egymást követően rendeztek erdőnevelési tudományos konferenciákat. Nálunk erre az MTA-n 1958-ban, később 1983-

ban került sor. Az első alkalommal (1958) még az útkeresés, a kísérletek metodikájának a nemzetközileg összehangolt kialakítása, a második alkalommal (1983) már a negyedszázados kutatás eredményeinek és gyakorlati hasznának a megvitatása volt jellemző.

A faállomány életkorának a 0,9 része folyamán az erdőnevelési tevékenység jelenti a meghatározó feladatot. Erdeinknek mintegy a 60%-a fiatalabb 40 évesnél. Ez az arány azt mutatja, hogy a következő évtizedekben is a kiemelkedő feladatok között szerepelnek a nevelővágások. A 261 ezer ha fenyőerdőből viszont 181 ezer ha-t foglalnak el az 1–40 éves korú állományok. Ha a nevelővágásoknak csupán a faminőség javításában betöltött szerepét vizsgáljuk, akkor is rendkívüli a minőségjavítás terén elérhető eredmény. Elegendő ennek igazolására kiemelni azt, hogy a tíz éven belül vágásérett fenyőfa-térfogat törzsminőségének csak a 18,6%-a első és 47,7%-a másodosztályú. Ha a 3,2 millió m^3 fenyőfa minőségét mintegy 20%-kal emeljük az erdőnevelés útján, az mintegy 600 ezer m^3 jobb és értékesebb fenyőfát, számottevő – közel 1 milliárd Ft – többletárbevételt jelent. A kutatási eredmények hasznosításának az ökonómiai előnyei vitathatatlanok.

Az új erdőnevelési utasítás (1956) megjelenését követően egyre intenzívebb erdőnevelési tevékenység bontakozott ki erdeinkben. Ennek természetes velejárójaként jelentkeztek azok a kérdések, amelyekre a tapasztalati alapokra épített erdőnevelési utasítás konkrét választ a fenyőkre vonatkozóan sem adhatott. A „korán, gyakran, mérsékelten" alapelvet már *Cotta* megfogalmazta, *Schober, Wiedemann, Köstler* továbbfejlesztette, nálunk *Vadas* és *Roth* alkalmazta. Sem fafaj, sem termőhely, illetve erdőtársulás vonatkozásában nem határozhattak meg az általános irányelveken túl olyan számsorokat, amelyek egzakt kísérletekre épültek és amelyek egyértelműen konkrét eligazítást nyújthattak volna a fenyők és a lombosfa-állományokban jelentkező különböző erdőnevelési feladatokra nézve.

Ennek hiányában az erdőnevelési kutatás a legsürgetőbb általános céljai közé soroltuk a következő kérdések megválaszolását, valamennyi célállományra vonatkozóan:

– mikor kell kezdeni és milyen időszakonként ismételni a különböző termőhelyű és összetételű célállománytípusokban a nevelővágásokat;

– milyen legyen az erdőnevelési eljárások módja és mekkora a nevelővágások erélye;

– az erdő életének különböző szakaszában miként (mikor, meddig és milyen mértékben) kell egyes faállomány-szerkezeti (fatermési) tényezőket fenntartani ahhoz, hogy a fatermelési és más rendeltetésének az adott faállomány megfeleljen;

– miként és mikor lehet a természetes erőket, elsősorban a természetes kiválasztódást a legeredményesebben az erdők elsődleges rendeltetése szerint erdőnevelési célok szolgálatába állítani;

– a javafák („V" fák), a segítő és a kivágandó fák jellemző tulajdonságait, kiválasztásuk, fenntartásuk vagy eltávolításuk idejét milyen morfológiai, esetleg fenológiai ismérvek alapján célszerű meghatározni;

– milyen összefüggések állnak fenn az erdők stabilitása, a károsítókkal szembeni ellenálló képessége és az erdőnevelés között (*Solymos R., 1962*)?

Már a kutatás első két évtizede folyamán kitűnt, hogy a gyakorlatban különböző célú nevelővágások ideje és az egyes fenyőfélék növekedési menete között nincs összhang. A hatékonyság ezen alapvető előfeltételének megteremtése érdekében a fenyők növekedési menetének konkrét meghatározását a kutatás elsőrendű feladatának tekintettük. A gazdaságosság növelése érdekében a várható fatermés szerint differenciáltuk az erdőnevelés intenzitását. Ezt is figyelembe véve dolgoztuk ki a kombinált, a válogató és a sematikus erdőnevelési technológiákat, amelyeket az erdőgazdasági gyakorlat hamarosan alkalmazott (*Solymos R., 1998*).

A kutatási eredmények gyakorlati hasznosítása

A kutatási eredmények hasznosítása a történelem folyamán mindenkor, az utóbbi fél évszázadban pedig különösképpen nagy jelentőségű volt. Az ötvenes évek végén úgy tartották több európai erdészeti kutató intézetben, hogy az újabb eredményeknek általában a 10–40%-át alkalmazza az erdőgazdasági gyakorlat. Minket az átlagosnál jobban ösztönzött a tervezett és folyamatban lévő erdőgazdaság fejlesztés, az erdőrendezés, az erdőművelés és az erdőhasználat megújítása, valamint az erdei munkák gépesítése terén tapasztalt nemzetközi fellendülés.

Szerencsésnek kell ma már tekintenünk azt, hogy az erdőrendezés és az erdőnevelés a hatvanas években már a a fénykorát élte. Az erdőrendezés fejlesztésére létrehozott munkacsoport sürgette az új fatömeg- és fatermési táblákat, majd az erdőnevelési modelleket. Így alakult ki az a helyzet, hogy amint egy-egy fatermési vagy modelltábla elkészült, azonnal átvették és megkezdték gyakorlati bevezetését. Ennek a példátlanul pozitív hozzáállásnak köszönhető, hogy a numerikus táblázatainkból erdőrendezőink elkészítették a fatermési és erdőnevelési nomogramokat, később függvényeket. Így a gyorsan fejlődő számítástechnika hasznosításával a nyolcvanas évekre erdeink legnagyobb részére már az általunk szerkesztett táblázatok adatait használták. Közben az ismételt felvételek lehetővé tették a szükséges korrekciókat, és a nyolcvanas évek végén,

majd a kilencvenes években már arra is gondolhattunk, hogy a kísérleti területek ismételt felvételének kiértékelése után továbbfejleszthessük országos érvényű modelljeinket. A jelen időszakra valamennyi fő állományalkotó fafajunkra ez meg is történt. Az utóbbi másfél évtizedről az utódaim adhatnak részletesebb tájékoztatást.

Az új kutatási eredmények gyors gyakorlati bevezetése, az oktatásban és más kutatási területeken való széles körű alkalmazása a vártnál nagyobb hatást váltott ki erdészeti, gazdasági és tudományos életünkben. Hamarosan elértük az ország összes erdőjének teljes üzemtervezettségét, és olyan erdőállomány-adattárat hoztak létre erdőrendezőink, amely európai viszonylatban is páratlan gazdagságú információtartalommal rendelkezik. Ezzel egy időben jelentkeztek az osztrák, a német és más államok erdőleltárainak és az idevonatkozó kísérleteknek az eredményei is.

A kutatási eredmények gyakorlati következményei közül csak néhány olyat emelek ki, amely szakköreink kisebb-nagyobb csoportját valósággal sokkolta. Bár érdemes lenne ezeket részletesen elemezni, jelen esetben csak rövid áttekintésükre térhetünk ki.

- Az első és legnagyobb hatást erdeink élőfa-készlete, növedéke és a kitermelhető famennyiség meghatározása váltotta ki. A nyolcvanas évek elején már egyértelmű volt, hogy erdeink élőfa-készlete elérte, majd meghaladta a második világháború végén (1945–1948) becsült 120–150 millió m^3-es élőfa-készlet kétszeresét. Sokan és sokszor ebben a diktatúra befolyását vélték felfedezni. Az általános politikai bizalmatlanság a feltárt tudományos igazságok megbízhatóságát is megkérdőjelezte. A szak- és napisajtóban, akadémiai és más rendezvényeken nehéz volt bizonyítani a kutatási eredmények objektív megalapozottságát. Számos szakember, sőt az OEE vezetői is (1980–1985), a kérdőjelek sorával igyekezett bebizonyítani, hogy nincsen annyi élőfa-készlet erdeinkben, mint amennyit az erdőrendezési adattár kimutatott. Úgy tűnik, hogy az új évezred küszöbén mindezt elfelejtették.
- Közben napvilágot láttak más európai államok idevonatkozó adatai. Az osztrákok kitörő örömmel, az erdészet nagy eredményeként publikáltak a miénkhez hasonló élőfa-készlet növekedést. Talán ez és több más tényező is eredményezte, hogy napjainkra megszűnt a vita, és ma már nálunk is elismerjük az eredményeket akkor is, ha tudjuk, hogy ezeknek mintegy az 5%-a fatömeg és 15–20%-a a fatermési táblák valóságot visszatükröző adatainak köszönhető. Csupán azt felejtették el a vita hangadói, hogy a szakmát és kutatást egyaránt lejáró vélekedésük tarthatatlanságát az ezredfordulóhoz közeledve nyilvánosan is beismerjék. Személyesen ezt a folyamatot ma már a kutatás, a tudomány áttörő sikerének tekintem, elfelejtve a korábbi kelle-

metlenségek sorozatát. Jelentőségét, úgy vélem, külön nem kell méltatnom. Ma már senki nem vitatja, hogy erdeinkben több mint 315 millió m^3 élő fa áll (*ÁESZ*).

- A kutatások második gyakorlati haszna az erdők fanövedékének az eddigieknél megbízhatóbb meghatározás volt. Kezdetben kétkedve fogadták sokan azt, hogy 2000-re erdeink összes fatermésének évi folyónövedéke meghaladhatja a 11 millió m^3-t. A növekedés- és növedékvizsgálatok során már világosan láttuk, hogy 1980–2000 között éri el a nagyarányú erdőtelepítések legnagyobb része azt a kort, amikor a növedék kulminál. Ma viszont azt is előre jelezzük, hogy a visszafogott erdőtelepítések következtében a jelenlegi kulmináció után a folyónövedék természetes visszaesése várható, ami nem a vélt rablógazdálkodási okok miatt következik majd be.
- Harmadikként emelem ki a kitermelhető famennyiséget. Annak ellenére, hogy az erdőnevelési modellekben a vágáskor folyamatosan emeltük, a fakitermelési lehetőség megnövekedett. Ez egyrészt a nagyobb élőfa-készletnek, másrészt a nevelővágások erélye számottevő megnövelésének köszönhető. Az erdő- és fagazdaság legsúlyosabb témáinak egyike az elmúlt évtizedekben a fakitermelési lehetőség volt. Az ötvenes években a szakmai viták a politikai körökig is eljutottak, és az erdészet országos szakvezetője csak a szerencsés véletlennek köszönhette, hogy a letartóztatását elkerülte. E vita történetét Sali Emil egy 35 oldalas kéziratban hagyta rám, amely ma már a szakma „rémregényének" is tekinthető. Talán ez is ösztönözte kutatásaink támogatására és eredményeink hasznosítására. 1972-ben a 2000-re várható kitermelést előre jeleztük és az *Erdészeti Kutatások* című kiadványban közreadtuk. Rajtunk kívül csak kevesen hittek abban, hogy az ezredfordulón változatlan vágásforduló esetén 10 millió, a vágásforduló megnövelése esetén 8 millió m^3 körül lesz a fakitermelési lehetőség. Már akkor ismételten kértük a várható nagyarányú sarangolt választék hasznosítására való felkészülést. Tekintettel az évi 10–11 millió m^3-es fanövedékre és a kilencvenes évek 6–8 millió m^3-es fakitermelésére, érthető, hogy erdeinkben évente 3–4 millió m^3-re becsülhető az élőfa-készlet akkumulációja (*ÁESZ*).
- Negyedikként az erdőnevelési modellek gyakorlati bevezetésének hazai és nemzetközi hatását értékelem. A témában készített első kutatási jelentést követően hamarosan értékelni kezdte a gyakorlat a modellek számszerűségét, konkrét eligazítást nyújtó szerepét, valamint egyszerű hasznosításának módját. A körlapösszeg elismerése mellett a törzsszámtartást hangsúlyoztuk ki, amelyet a modellekben az átlagos tőtávolság számsorainak a közlése útján fejeztünk ki. Ma már ezeket a modelleket nemcsak az erdőművelés, hanem az ökonómia is hasznosítja (*Solymos, 1976; Veperdi, 1989*).

- Az ötödik kiemelésre érdemes eredményt az új, racionális erdőnevelési technológiák gyakorlati bevezetése jelenti. A faállományok feltárása, a gépesítést megkönnyítő kombinált eljárások alkalmazása ma már széles körű. Kevesen tudják, hogy amikor ezeket a kísérleteket elkezdtük, sok helyen jósolták azok abbahagyását.
- Itt kellene és lehetne még beszámolni az elegyes erdőkben folyamatban lévő kutatásainkról, amelyek első eredményei már rendelkezésre állnak, hamarosan publikáljuk őket. Záró gondolatként ismételten az országos kísérleti hálózat értékét szeretném hangsúlyozni, amelynek gondozása és fenntartása a jelen vezető kutatóinak és állami illetékeseinek a felelőssége (*Solymos R., 1997*).

A gyakorlati hasznosítás során ismertetett gondjaink azt a küzdelmet érzékeltetik, amellyel valamennyi kutatónak számolnia kell, ha új és számottevő változásokat előidéző eredményeket ér el és azokat a gyakorlatban realizálni kívánja. Kevés említést tettem viszont azokról a pozitívumokról, szakembereink, vezetőink széles körű támogatásáról, amelyek az ismertetett eredmények létrehozását segítették (*Veperdi, 1998*).

A kutatásban és a gyakorlatban dolgozó jelentős számú szakembernek jár ezért köszönet.

Az ezredfordulón hangsúlyozni kell, hogy az erdészeti fatermési és erdőnevelési kutatások jelentősége a következő évszázadban tovább növekszik. A környezetbarát fa az erdő meghatározó alkotója marad, bármi legyen is az adott erdőrészlet elsődleges rendeltetése. A hosszú lejáratú kísérleti területek adatai újabb, ökológiai és ökonómiai szempontból jelentős eredményeket ígérnek. Ezek gyakorlati hasznosítása általános érdek.

Végül szeretném kiemelni, hogy 1998-ban is érvényes Bertrand Russel megállapítása: „A tudomány emberének rá kell bírnia a világot arra, hogy szívlelje meg, amit ő felfedezett. Ha ezt a nehéz feladatot nem koronázza siker, az ember a maga tudásával önmagát fogja elpusztítani."

Irodalom

Abetz, P.: Zur Problematik der Anwendung von Durchforstungshilfen. *AFZ.* 1979. 150. 5:234–238.

Magyarország erdőállományainak főbb adatai. ÁESZ kiadvány, Bp. 1997.

Antanaitis, V. V., Zagreev, V.: *Priroszt lesza.* Izd. Lesznaja promysl. Moszkva. 1969.

Assmann, E.: *Waldertragskunde.* München, Bonn, Wien: BLV Verlagsges. 1961.

Bánó, I.: A magyar fenyőmagtermő plantázs. *Erd. Kut.*, 1957. 53. 1–2:31–48.

Béky, A.: *A kocsánytalan tölgy.* Akadémiai Kiadó, Bp. 1987.

Béky, A.: *A tölgy.* Mezőgazdasági Kiadó, Bp. 1989.

Danszky I. et. al.: *Erdőművelés* I–II. Franklin Nyomda, Bp. 1973.
Birck O., Kiss R., Márkus L., Solymos R., Tallós P.: A hosszú lejáratú erdőnevelési és faméréstani kísérletek... *Erd. Kut.*, 1962. 58. 1–3:217–259.
Fekete Z.: *Erdőbecsléstan*. Akadémiai Kiadó. Bp. 1951.
Halaj, J.: Sustava rastovych tabuliek drevin pre domácu prax. *Lesn. cas.*, Bratislava, 1982. 28.5:215–231.
Halupa L., Rédei K.: *Az akác erdőnevelési modellje*. ERTI kutatási jelentés. 1980.
Jaró, Z.:Fenyőtermesztés lehetősége a termőhelyi adottságok függvényében. *ERTI Tudományos ülés kiadványa*, 1974. 12–14.
Keresztesi et. al.: *A tölgyek*. Akadémiai Kiadó. Bp. 1967.
Keresztesi B., Solymos R.: *A fenyők termesztése és a fenyőgazdálkodás*. Akadémiai Kiadó. Bp. 1978.
Király L.: Erdőrendezés-fejlesztési eredményeink. *Az Erdő*, 1970. 19. 1:1–8.
Magyar J.: Az egykorú állomány felsőmagassága. *El. L.*,1941. XXX. évf. 101–107.
Magyar J.: Erdei, fekete luc és vörösfenyveseink átlagmagassági (termőhelyi) szórásmezője. *Az Erdő*, 1961. 10. 1:11–15.
Sali E.: A kutatási eredmények szerepe az erdészet fejlesztésében. *Az Erdő*, 1977. 4:162–164.
Solymos, R.: Erdőnevelési és fatermési kutatások az ERTI-ben. *Az Erdő*, 1962. 12:560–565.
Solymos R.: Új hazai fatermési táblák. *Az Erdő*, 1969. 18. 3:125–129
Solymos R.: Az optimális törzsszámtartás szerepe. *Az Erdő*, 1969. 18. 5:204–208.
Solymos R.: Hálózati kísérletek eredményei EF erdősítésekben. *Erdészeti Kutatások*, 1976. 72. 2:18–27.
Solymos, R.: Die Bedeutung der forstl. Forschung in der Entwicklung der ung. Forstwirtschaft. *Forstwissenschafil. Cbl.*, Hamburg,1990. 109:151–155.
Solymos R.: Új fatermési táblák erdei fenyőre. *Erdészeti Kutatások*, 1993. 83: 357–383.
Solymos, R.: Change in the Growth Rate of Trees and Environmental Factors. *EFI*, Joensun. 1994. 4:49–50.
Solymos, R.: Die Forst und Holzwirtschaft des 2I. Jahrhunderts in Ungarn. *ÖFZ.*, 1997. 7–24.
Solymos R.: Természetközeli erdő- és vadgazdaság, környezetbarát fagazdaság. *EL.*, 1998. 133. 7–8:229–234.
Veperdi G.: Az erdei- és feketefenyő-ültetési hálózati kísérletek újabb eredményei. *Erdészeti Kutatások*, 1989. 80–81:289–292.
Veperdi G.: *A hosszú lejáratú fenyő erdőnevelési és fatermési kísérletek az erdőgazdálkodás szolgálatában*. MTA-kiadvány (szerk. Solymos R.), 1998. 95–100.

V. ORVOSI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA

Kúnos György
az MTA külső tagja

OPIO-MELANOKORTIN PEPTIDEK SZEREPE A VÉRKERINGÉS AGYI SZABÁLYOZÁSÁBAN

Elhangzott 1995. október 17-én

A modern farmakológia egyik óriása, a nemrég elhunyt Wilhelm Feldberg montreali látogatása alkalmával megtisztelő díjban részesült. Az ezt követő előadását így kezdte: „A megtiszteltetés olyan, mint háborúban a vaj, nagyon nehéz hozzájutni, de ha van, szeretjük minél vastagabban kenni." Számomra az akadémiai tagság jóval többet jelent, mint háborúban a vaj. Nemcsak azért, mert a szülőföld és a világszerte rangosnak tartott magyar tudomány által való elismerést jelképezi, hanem személyes, családi okok miatt is. Nagyapám, dr. Kúnos Ignác turkológus nyelvész éppen száz éve, 1895-ben vette át a Tudományos Akadémia levelező tagságáról az oklevelet, melyet Eötvös Loránd elnök és Szily Kálmán főtitkár aláírása fémjelez. Nagyapám nyomdokaiba öcsém, Kúnos László lépett, aki ma a skandináv irodalom magyar megszólaltatója. Az én pályaválasztásomat inkább édesapám, dr. Kúnos István kardiológus példája inspirálta, aki az operálható szívbetegségek diagnosztikája terén végzett úttörő munkásságot. A hazától immár negyedszázada távol élve, számomra ezek a családi szálak, gyökerek töltik meg tartalommal magyar mivoltomat, melyhez makacsul ragaszkodom.

Tudományos érdeklődésem, kutatómunkám az elmúlt évtizedekben két, egymástól meglehetősen különböző problémakör vizsgálatára irányult. Laboratóriumom egyik fő kutatási területe az adrenerg receptorok szabályozásának módjai, amit kezdetben farmakológiai, később biokémiai, az utóbbi években pedig elsősorban molekuláris biológiai módszerekkel vizsgáltunk. E téren elért újabb eredményeinkről egy éve itt, a Tudományos Akadémián tartott előadásban volt alkalmam beszámolni Önöknek.

Kutatásaim másik fő témája a vérkeringés agyi szabályozásával kapcsolatos. Ismét Feldberget idézem, akinek emlékezetes 1977-es montreali előadása adta az inspirációt az itt összefoglalandó munkámhoz. Klinikusok körében jól ismert a morfin drámai, sokszor életmentő hatása akut szívinfarktusban. Az azonban kevésbé köztudott, hogy a terápiás hatásért nem elsősorban a morfin fájdalomcsillapító és szedatív hatása a felelős, hanem a nyúltagyi központokban létrehozott, Feldberg által tisztázott szimpatolitikus hatás, mely a szív munkáját részben közvetlenül csökkenti, részben a perifériás rezisztencia csökkentésével közvetve is tehermentesíti. A morfin hatásait specifikus opiát receptorok közvetítik, melyek fiziológiás, endogén ligandjai a különböző opioid peptidek. Az opioid peptidek három géncsaládba sorolhatók: az enkefalinok, az endorfinok és a dynorfinok. Figyelmünk már kezdetben a Gráf László által akkor nemrégiben felfedezett β-endorfinra irányult, mivel a β-endorfin – a morfinhoz hasonlóan – a nyúltagyi struktúrákban hatva a vérnyomást és szívfrekvenciát csökkenti, míg az enkefalinok, ill. a dynorfin általában ellenkező, presszor hatást fejtenek ki.

A β-endorfin egy 31 aminosavból álló polipeptid, mely az ACTH-val és a melankortinokkal együtt a proopio-melanokortin (POMC) prekurzor fehérje proteolitikus terméke. A β-endorfin fő forrása az agyalapi mirigy, de az agyban is keletkezik, ahol szinte kizárólag a hypotalamikus nucleus arcuatus neuronjaiban, ill. ezek axonvégződéseiben található. A nucleus arcuatus által beidegzett területek közé tartozik a nyúltagyi nucleus tractus solitarii (NTS), mely a baroreflex első szinapszisát tartalmazza, és így kulcsszerepe van a vérkeringés agyi szabályozásában, amint még erre visszatérek.

Elsőként sikerült bizonyítanunk, hogy a nuclues arcuatus endorfinerg idegei szerepet játszanak a vérkeringés szabályozásban. A nucleus arcuatus egy elongált struktúra, mely az agyalaphoz közel, a mediobazalis hypotalamuszban helyezkedik el. Ha a nucleus középső régiójában altatott patkányokba mikroelektródot ültetünk be, elektromos ingerléssel a vérnyomás és szívfrekvencia csökkenése váltható ki. Ezt a hatást viszont gátolni tudjuk az NTS-be mikroinjekcióval bejuttatott alacsony dózisú naloxonnal, mely elsősorban a μ típusú opiát receptorokat gátolja (*Neuroscience*, 33:559–565., 1989). Gyanítható

volt, hogy a hatásokért az NTS-beli idegvégződésekből felszabaduló β-endorfin a felelős, ugyanis az NTS-be mikroinjekcióval közvetlenül bejuttatott β-endorfin hasonló hatásokat hoz létre, melyeket szintén gátolhatni tudtunk egy opiát m-receptor antagonistával, ez esetben β-funaltrexaminnal (*Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 84:8637–8641., 1987. 33 citáció).

A β-endorfin szerepét sokkal közvetlenebbül bizonyítják azok a kísérletek, melyekben a nucleus arcuatus elektromos ingerlésére kapott választ egy szelektív β-endorfin antiszérummal sikerült gátolni. Az ingerléssel azonos oldali NTS-be mikroinjekcióval beadott antiszérum az alapvérnyomást és szívfrekvenciát emelte, és a nucleus arcuatus elektromos ingerlésével kiváltott válaszokat jelentősen gátolta. Hasonló gátlást okozott az NTS-be beadott naloxon, illetve az azonos oldali NTS-be vezető idegpályák sebészi átvágása, amint azt a Palkovits Miklóssal közösen végzett kísérleteinkben leírtuk (*Neuroscience*, 33:559–565., 1989.). Kimutattuk, hogy az átvágás oldalának megfelelő arcuatus-ingerlés hatástalan, míg az épen hagyott másik oldali pálya ingerlése a szokásos hypotóniát és bradycardiát váltja ki. Azt a következtetést vonhatjuk tehát le, hogy a nucleus arcuatust az azonos oldali NTS-sel összekötő idegpálya tónuson aktív, és ingerülete a vérnyomást és pulzusszámot csökkenti.

Mint említettem, az NTS kulcsfontosságú struktúra a vérkeringés homeosztázisát szabályozó legfontosabb mechanizmus, a baroreceptor reflex szempontjából. A baroreflex pufferként működik: legfontosabb feladata, hogy hirtelen bekövetkező vérnyomásváltozás esetén a perifériás érellenállás és perctérfogat megfelelő változtatásával a vérnyomás nyugalmi szintjét visszaállítsa. A perifériás baroreceptorokból érkező afferens idegpályák első szinapszisa az NTS-ben található, ahol magasabb agyi központokból, ideértve a nucleus arcuatusból érkező idegimpulzusok a reflex érzékenységét módosíthatják. Mivel az NTS-ben található opiát μ receptorok nagyrésze preszinaptikusan helyezkedik el, feltételezhető, hogy a felszabaduló β-endorfin a hatásait részben közvetve, a baroreflex facilitációjával hozza létre. Ezt a hipotézist bizonyítják azok a kísérleteink, melyekben az intravénásan beadott fenilefrinnel kiváltott reflexes pulzusszámcsökkenést a nucleus arcuatus elektromos ingerlésével fokozni tudtuk, és ezt a facilitáló hatást az opiát antagonista naltrexon előzetes beadásával kivédtük. Ez arra utal, hogy a baroreflex bradycardia facilitációját az arcuatus-ingerléssel felszabadított opioid peptid váltotta ki.

Felmerül a kérdés, hogy milyen patofiziológiás állapotok aktiválhatják az előbbiekben leírt endorfinerg idegpályát. A keringési sokk különböző formái komoly vérnyomáseséssel járnak, amiben több irodalmi adat szerint endogén opiátok is szerepet játszanak, bár a hatás lokalizációja tisztázatlan. Altatott patkányokon végzett kísérleteinkben azt találtuk, hogy bakteriális endotoxin int-

ravénás injekciója hosszan tartó vérnyomásesést okoz, melyet naloxonnak az NTS-be történő mikroinjekciójával visszafordíthatunk. Mivel hasonlóan beadott naloxon az alapvérnyomást nem befolyásolja, ez a megfigyelés a sokk hatására az NTS-ben felszabaduló endogén opiáttal magyarázható.

Az NTS-ben felszabaduló β-endorfin bizonyos hypertóniaellenes gyógyszerek hatásmechanizmusában is szerepet játszik, mint azt az 1970-es évek végén Farsang Csabával megkezdett vizsgálataink elsőként mutatták ki. Több éves vizsgálataink eredményeit, melyet számos laboratórium megerősített, néhány kulcskísérlettel szeretném illusztrálni. Széles körben elfogadott, hogy klonidin és α-metildopa a vérnyomást az agytörzsi α2-adrenerg receptorokon hatva csökkenti, és opiát receptorokhoz ezek a gyógyszerek nem kötődnek. Éppen ezért meglepő volt, mikor azt találtuk, hogy a klonidin vérnyomáscsökkentő és bradykardizáló hatása naloxonnal részlegesen védhető (*Brit. J. Pharmacol*, 67:161–164., 1979.; 169 citáció). Ezt a megfigyelést magyarázandó, feltételeztük, hogy az α2-adrenerg receptorok endorfinerg idegeken helyezkednek el, melyek végződéseiből az NTS-ben β-endorfin szabadul fel, ami aztán az ott található opiát receptorokhoz kötődve csökkenti a vérnyomást és szívfrekvenciát. Az elektromosságtan terminológiájával élve, a kérdéses α2 és opiát receptorok tehát soros kapcsolásban lennének (*J. Pharmacol. Exp. Ther.*, 214:203–208., 1980.; 159 citáció). Ezt több vonalon is bizonyítottuk.

Először is kimutattuk, hogy in vitro körülmények között, egy izolált és szuperfundált agytörzsi készítményből klonidin, illetve α-metilnoradrenalin β-endorfint szabadít fel, mely a perfuzátumban radioimmunoassay-vel mérhető. Ezt a hatást az α2-receptor blokkoló yohimbin képes kivédeni, yohimbin jelenlétében a klonidin ugyanis hatástalan (*Science*, 211:82–84., 1981.; 172 citáció). Egy másik bizonyíték, hogy altatott állatokon a klonidin vérnyomáscsökkentő és bradykardizáló hatását intraciszternálisan beadott β-endorfin antiszérum gátolni képes (*Circulation Res.*, 53:150–157., 1983.; 60 citáció). Ugyancsak bizonyító erejűek azok a kísérletek, melyekben öröklött magas vérnyomásos patkányok agyi endorfinerg idegeit szelektív módon károsítottuk újszülött korban alkalmazott nátriumglutamátos kezeléssel. Az így kezelt állatokban felnőtt korukra magas vérnyomás alakul ki, mely a kezeletlen kontrollokéhoz hasonló mértékű. A klinidin vérnyomáscsökkentő hatása azonban jelentősen kisebb, mint a kontroll állatokban, és ez a reziduális hatás naloxonnal már nem gátolható (*Endocrinology*, 118:1814–1822., 1986.). A legújabb bizonyítékot, mely jelenleg közlés alatt áll, molekuláris biológiai módszerek felhasználásával nyertük. Ha a klonidin, illetve α-metildopa valóban β-endorfint szabadít fel, akkor krónikus kezelés esetén a támadáspontul szolgáló endorfinerg idegek β-endorfin-tartalmának csökkennie kell. Ilyen esetben az

ideg a transzmitterszint csökkenését fokozott szintézissel igyekszik kompenzálni, amit a prekurzor gén fokozott transzkripciója tesz lehetővé. A géntranszkripció érzékeny indikátora a messenger RNS sejtbeli szintje, jelen esetben tehát a POMC messenger RNS-ének mérésével a β-endorfin szintézisének változását tudjuk regisztrálni. E célból patkányokat négy napon keresztül kezeltünk α-metildopával, melyet vagy egymagában, vagy yohimbinnel, illetve naltrexonnal kombinálva adtunk. A kísérlet végén az állatokat feláldoztuk, a nucleus arcuatust tartalmazó hypotalamikus régiót izoláltuk, és RNS tartalmát kivontuk. Az így készített RNS-készítményben ezután a POMC mRNS-szintjét egy oldatban lezajló hybridizációs assay-vel mértük, egy magunk által szintetizált, specifikus cDNS-próbát használva. Az α-metildopa-kezelés a POMC mRNS szintjét szignifikánsan fokozta a sóoldattal kezelt kontrollokhoz képest, ezt a fokozó hatást az α2-receptor blokkoló yohimbin gátolta, míg az opiát antagonista naltrexonnak nem volt gátló hatása. Azt is megfigyeltük, hogy a perifériás értágító hydralazin, mely az α-metildopa-kezeléshez hasonló mértékű vérnyomáscsökkenést váltott ki, nem változtatta a POMC mRNS szintjét. Hasonló eredményeket kaptunk olyan kísérletekben, melyekben a nucleus arcuatusban található POMC mRNS-t in situ hybridizációs technikával lokalizáltuk, ill. mértük (*Neuroendocrinology,* megjelenés alatt, 1996.). Ezek a kísérletek tehát újabb bizonyítékot szolgáltatnak arra, hogy az agyi α2-adrenerg receptorokat aktiváló gyógyszerek, ez esetben α-metildopa, a nucleus arcuatus endorfinerg idegein keresztül fejtik ki keringési hatásaikat.

Végezetül hadd térjek ki az utolsó néhány hónap számunkra igen érdekes megfigyeléseire. Korábban említettem, hogy a naloxon, illetve β-endorfin antiszérum csak mérsékli, de nem teljesen gátolja az arcuatus ingerlésével kiváltott vérnyomás- és pulzusszámcsökkenést, ami azt sugallja, hogy a reziduális hatásért nem a β-endorfin felelős, illetve azt nem opiát receptorok közvetítik. Mint fentebb említettem, a POMC fehérjéből a β-endorfin mellett más, biológiailag aktív hormonok is keletkeznek, így az ACTH, az α- és a gamma-MSH, melyeket együttesen melanokortinoknak nevezünk. Egy adott idegben ezen hormonok relatív mennyisége az őket lehasító enzimek jelenlététől, ill. aktivitásától függ. Bár az agyban képződő melanokortinok fiziológiás szerepe nem egészen világos, régóta ismert, hogy α- és gamma-MSH igen magas koncentrációban található az NTS-ben. Felmerül ezért a kérdés, vajon α- vagy gamma-MSH szintén hozzájárul-e az általunk leírt ún. „endorfinerg" szabályozáshoz. Ma már jól ismert, hogy a POMC fehérjéből származó különböző peptid hormonok receptorai is különbözőek. A legutolsó négy év folyamán Roger Cone csoportja a melanokortin receptorok 5 altípusát azonosította molekuláris klónozással, ezek közül a 4-es altípus (MC4 receptor) legmaga-

sabb koncentrációban az NTS/dorzális váguszmag területén található, és elsősorban az α-MSH hatásait közvetíti. Az elmúlt évben sikerült előállítaniuk egy, az MC4 receptort szelektíven gátló vegyületet, amelyet rendelkezésünkre bocsátottak.

Ismét altatott patkányokat használva, megvizsgáltuk az NTS-be mikroinjekcióval beadott α- és gamma-MSH keringési hatásait. 250 pmol α-MSH mikroinjekciója hosszan tartó vérnyomás- és pulzusszámesést vált ki, míg gamma-MSH hasonló dózisban lényegében hatástalan. Ha az MC4 receptorblokkolót adjuk be mikroinjekcióval ugyanerre a helyre, az ezt követően beadott α-MSH hatástalan marad, tehát az α-MSH hatását MC4 receptorok közvetítik. Ezzel szemben naloxon intra-NTS mikroinjekciója nem befolyásolja az α-MSH hatását, tehát hatásaiban opiát receptorok nem játszanak szerepet. Ezzel ellentétben az NTS-be beadott β-endorfin hypotenzív és bradykardizáló hatásait a naloxon gátolja, az MC4 receptor antagonista viszont nem, ami megerősíti, hogy a β-endorfin hatásait opiát receptorokon hatva hozza létre. Azt is megfigyeltük, hogy az NTS-be beadott MC4 antagonista ugyancsak képes gátolni a nucleus arcuatus elektromos ingerlésével kiváltott vérnyomásesést. Ezek a megfigyelések elsőként bizonyítják, hogy az α-MSH szintén szerepet játszik a vérkeringés központi idegrendszeri szabályozásában.

A neurotranszmisszió elméletének megalapítója, Henry Dale axiómaként hirdette, hogy egy adott ideg egyetlen transzmittert tartalmaz, ill. annak felszabadításával kommunikál. Az utóbbi két évtized vizsgálatai alapján ma már ez nem tartható. Számos idegről tudjuk, hogy két vagy több ko-transzmittert képes szintetizálni és felszabadítani. Kísérleteink a vérkeringés központi idegrendszeri szabályozásában elsőként utalnak a β-endorfin és α-MSH ko-transzmitter-szerepére. Ezek az azonos prekurzorból származó neuropeptidek különböző receptorokon hatva egymáséhoz hasonló, egymást kiegészítő hatást hoznak létre. Hogy mi ennek az újszerű szabályozási formának a fiziológiai jelentősége, azt további vizsgálatoknak kell eldöntenie.

Ihász Mihály
az MTA rendes tagja

A PEPTICUS FEKÉLYEK KORSZERŰ SEBÉSZI KEZELÉSE

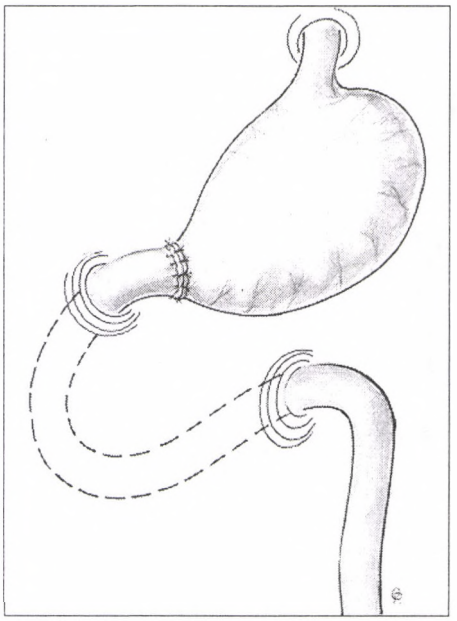
Elhangzott 1995. november 21-én

„A klinikai megfigyelés mindig a fiziológia gazdag tárháza marad".
(Pavlov)

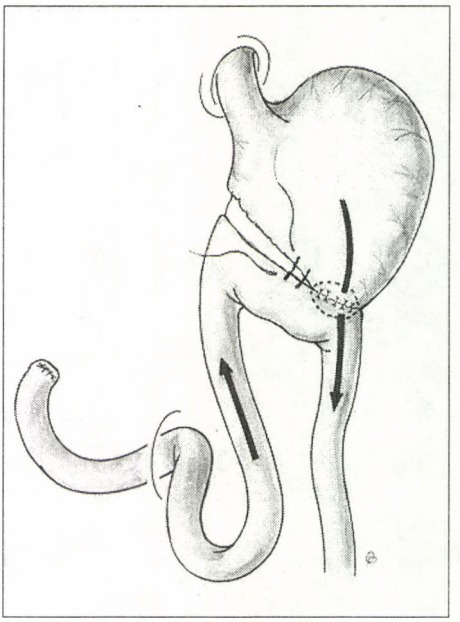
A közismert B I és B II resectiót duodenalis ulcus miatt először 1885-ben végezték. A pepticus fekélyek sebészi kezelése tehát több mint százéves múltra tekint vissza (*1–2. ábra*).

E két műtéti típuson az elmúlt hosszú évtizedek alatt számos módosítást végeztek a biztonságosabb megoldás és a jobb műtéti eredmények elérése érdekében. Napjainkban a 2/3-os resectio után – a folytonosság helyreállítására – leggyakrabban a Roux vagy Y anastomosist alkalmazzuk. Ugyanis ha ezt a rekonstrukciót végezzük, az epe- és a pancreas-nedv nem jut a gyomorcsonkba, hanem közvetlenül a jejunumba kerül, és ezáltal nem érvényesül közismert gyomormucosa-károsító hatásuk (*3. ábra*).

Évtizedes tapasztalatok bizonyítják, hogy a resectio utáni eredmények – megalapozott műtéti indikáció és helyes műtéti technika mellett – több mint 80%-ban jónak, illetve igen jónak mondhatók. Az a tény azonban, hogy e jóindulatú betegség miatt a gyomor 2/3 részének eltávolítása szükséges, önmagában is elgondolkodtató. Évtizedes tapasztalatok, megfigyelések azt is igazolták,



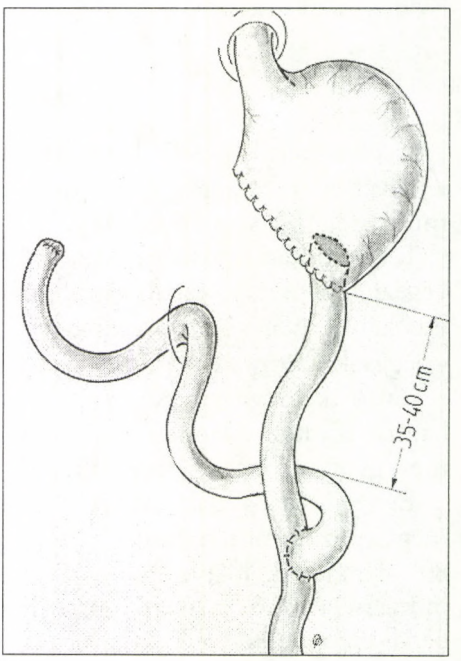
1. ábra



2. ábra

hogy a korai posztoperatív szak néhány súlyos szövődménye miatt a resectiók mortalitása viszonylag magas. A késői patológiás folyamatok és hiánytünetek pedig az átlagéletkor csökkenéséhez vezetnek.

A resectio eredményeit befolyásoló tényezők a táblázatokon látható két nagy csoportra oszthatók (*1–2. táblázat*).



3. ábra

1. táblázat

Billroth típusú resectiók korai szövődményei

1. DUODENUMCSONK-ELÉGTELENSÉG LEHET: KORAI, KÉSŐI (2–3%)
2. FISTULA-KÉPZŐDÉS
3. POSZTOPERATÍV UTÓVÉRZÉS (1%)
LEHET: INTRAGASTRICUS, INTRAABDOMINALIS
4. POSZTOPERATÍV PANCREATITIS, PANCREAS NECROSIS (0,5–1%)
5. ANASTOMOSIS-ELÉGTELENSÉG
6. POSZTOPERATÍV OBSTRUCTIÓS ICTERUS (0,5%)
LEHET: PRIMER, SZEKUNDER
7. POSTOPERATÍV PASSAGE-ZAVAR (2%)
8. RETROGRÁD INTUSSUSCEPTIO
9. A GASTROENTEROANASTOMOSIS TORSIÓJA

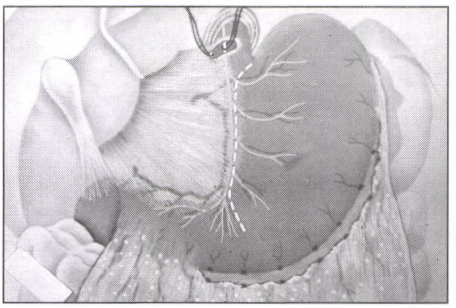
2. táblázat

Billroth típusú resectiók késői szövődményei

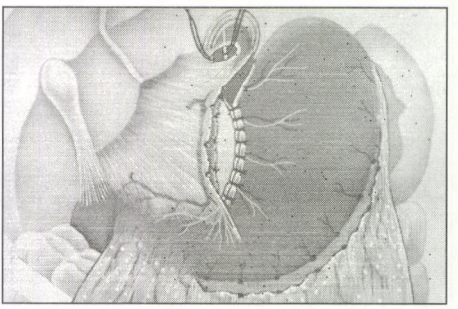
GYOMORCSONKBAN KIALAKULÓ ELVÁLTOZÁSOK	PATOLOGIÁS FOLYAMATOK HIÁNYTÜNETEK
1. FEKÉLY-RECIDIVA (2–5%)	1. DUMPING-SYNDROMA
2. CSONK-CARCINOMA (KB. 5%)	2. KACS-SYNDROMA
3. HAEMORRHAGIÁS CSONK-GASTRITIS	3. OSTEOMALACIA: GYAKORIBB FRACTURÁK CSÖKKEN: Se Fe, Ca, P, FOLSAV ALK. PHOSPH, STB.
	4. ÁTLAGÉLETKOR-CSÖKKENÉS

Mindezeket figyelembe véve érthető volt a sebészek részéről az a törekvés, hogy a pepticus fekély sebészi kezelésére szervmegtartó, ún. funkcionális műtéti eljárást dolgozzanak ki, és ezáltal csökkentsék a mortalitást, a resectio után jelentkező panaszokat és a késői hiánytüneteket. Ezt az elmúlt évtizedek folyamán megismert, a gyomor fiziológiájára vonatkozó kutatási eredmények tették lehetővé. Nyilvánvaló, hogy a modern sebészet is messzemenően orientálódik az egyes szervrendszerek fiziológiája felé. Ez vonatkozik a gyomorsebészetre is, mert amíg korábban az ulcus-sebészetet elsősorban technikai és anatómiai szempontok uralták, az elmúlt időben a gyomor fiziológiájára vonatkozó újabb ismeretek, valamint a fekély patofiziológiája lett a modern szervmegtartó műtéti eljárás alapja.

A funkcionális gyomorsebészet tehát az élettani és kórélettani kutatások ismeretanyagára támaszkodik, technikailag pedig a gyomor funkciójának és



4. ábra



5. ábra

formájának megtartására törekszik. Ez az ún. „*Form- und functionsgerechte Operation*", ami a vagotomia különböző műtéti típusaival érhető el.

A vagotomiával kapcsolatos, a korábbi évtizedekben közismert ellenállás ma már a múlté. A hagyományos resectio és a vagotomia egymással történő szembeállítása már csak azért is helytelen, mert végső soron mindkettő célja azonos: az ulcerogén tényezők kiküszöbölése. A két műtéti típus között tehát nem alapvető, csupán metodikai különbség van.

A truncalis, selectiv és proximalis selectiv vagotomia technikája, az előbbi kettő előnyei, hátrányai, valamint hosszú távú eredményei ma már jól ismertek. Amikor öt évvel ezelőtt (1990-ben) az a megtiszteltetés ért, hogy az osztály levelező tagjának választott, székfoglaló előadásomban az e téren szerzett klinikai tapasztalataimról részletesen beszámoltam. Akkor előadásomat azzal fejeztem be, hogy a proximalis selectiv vagotomia (PSV) hosszú távú klinikai eredményei – bevezetése óta eltelt viszonylag rövid idő miatt – ma még nem értékelhetők. Mai előadásomban ezen eredményekről kívánok beszámolni. Emlékeztetőül röviden visszatérek a truncalis (TV) és selectiv vagotomia (SV) műtéti lényegére.

A TV azt jelenti, hogy a vagus-törzseket a rekesz alatt átvágjuk. A klinikai tapasztalat igazolta, hogy – a sav-secretio jelentős savcsökkenés mellett – gyomor-atónia és pylorusspasmus lép fel, tehát a műtétet a drainage műtét valamelyik formájával ki kell egészíteni. Ez lehet pl. gastroenteroanastomosis, esetleg antrumresectio. A vagus-törzsek átvágása következtében gyakorlatilag az összes hasüregi szerv parasympathicus beidegzése megszűnik a colon transversum közepéig. Ennek eredményeképpen nemkívánatos mellékhatások lépnek fel, befolyásolva a klinikai eredményeket. Ezen mellékhatások kiküszöbölésére a sebészek kidolgozták az SV műtéti technikáját. Ennek előnye – a TV-vel szemben –, hogy megkíméli az extragastricus ágakat, és ezáltal kiküszöböli a pancreas, az extrahepaticus epeutak és a vékonybél működésé-

ben fellépő átmeneti funkcionális zavarokat. Mivel a gyomor parasympathicus beidegzése itt is megszűnik, valamilyen drainage-műtét elvégzése szintén szükséges. Ezen műtét bevezetését rövid időn belül követte a PSV technikájának kidolgozása, gyakorlati alkalmazása. Előnye, hogy az antrum és a pylorus innervatiója intakt marad (*4–5. ábra*), a gyomorürülésben nem lép fel zavar, tehát drainage-műtét – ha nincs pylorus stenosis – nem szükséges.

Természetesen ezen műtétnek is megvannak az előnyei és hátrányai, amint azok a *3–4. táblázatokon* láthatók.

3. táblázat

A proximalis selectiv vagotomia előnyei

1. AZ ANTRUM- ÉS PYLORUS-INNERVATIO INTACT MARAD.
2. DRAINAGE-MŰTÉT NEM SZÜKSÉGES (HA NINCS STENOSIS).
3. NINCS DUMPING-SYNDROMA ÉS DIARRHOEA.
4. FOKOZZA A BICARBONAT-SECRETIÓT, ÉS EZÁLTAL RELATÍVE NŐ A MUCOSA VÉDŐMECHANIZMUSA.
5. NINCSENEK ANYAGCSEREZAVAROK, KÉSŐI HIÁNYTÜNETEK.
6. KISEBB A VÉRVESZTESÉG, KEVÉSBÉ TRAUMATIZÁLÓ.
7. ALACSONY A MORTALITÁS (0,1–0,5%).

4. táblázat

A proximalis selectiv vagotomia hátrányai

1. PONTOS ANATÓMIAI ISMERETEKET ÉS FINOM MŰTÉTI TECHNIKÁT IGÉNYEL.
2. IDŐIGÉNYES.
3. NEM MINDEN ESETBEN VÉGEZHETŐ EL (OBESITAS, MELLKASI DEFORMITAS).
4. MAGASABB A FEKÉLY-RECIDIVÁK SZÁMA (10% KÖRÜL).

Tehát ennek a műtétnek is vannak hátrányai, és ez természetes is, hiszen végeredményben éppen úgy nem adekvát terápiája a pepticus fekélyek sebészi kezelésének, mint a klasszikus resectio. A végleges megoldás csak akkor várható – és az minden bizonnyal nem sebészi megoldás lesz –, ha a fekély etiológiája teljes egészében ismertté válik. Addig azonban az a feladatunk, hogy az eseteket külön-külön elbírálva azt a műtéti megoldást válasszuk, amelytől a legjobb eredményt várjuk, és amelynek a legalacsonyabb a mortalitása.

A PSV gyakorlati alkalmazásáról alkotott véleményünket az *5. táblázaton* tüntettem fel.

5. táblázat

A proximalis selectiv vagotomia gyakorlati alkalmazása

1. A pepticus fekélyek sebészi kezelésével kapcsolatos eddigi álláspontot nem módosítja. Továbbra is – sőt fokozottabban – elsődleges a belgyógyászati kezelés és a műtét ennek eredménytelensége vagy a szövődmények fellépésekor indokolt.
2. Nem jelent konkurenciát az egyéb műtétekkel szemben, csupán a pepticus fekély kezelésének új műtéti eljárással való gazdagodását.

Napjainkban a világ élvonalába tartozó sebészek a pepticus fekélyek kezelésére – mint a legmodernebb műtéti megoldást – ezt az eljárást javasolják, alkalmazzák. Mielőtt e műtét terén szerzett tapasztalatinkat, klinikai eredményeinket ismertetném, néhány szót kívánok ejteni *a fekélysebészet jelenlegi helyzetéről*.

Kétségtelen, hogy az elmúlt évtizedben felfedezett és a gyakorlatban is széles körben elterjedt, új fekélyellenes gyógyszerek alkalmazása az elektív műtéti beavatkozások számát nemcsak hazánkban, hanem nemzetközi viszonylatban is radikálisan csökkentették. Ez vonatkozik saját anyagunkra is, mert amíg az 1980-as években – duodenalis ulcus miatt – átlagban 70-80 műtétet végeztünk, jelen évtizedünkben ez a szám átlagban 10-15-re csökkent. E hatásos gyógyszerek birtokában ma nagyon nehéz – csak önkéntes alapon lehetséges – *a műtéti indikációk pontos meghatározása (6. táblázat)*. Bár a penetráció kérdőjellel szerepel, de véleményem szerint az abszolút indikációk közé tartozik, ha az általa okozott súlyos pancreatitis vagy annak szövődményeire gondolunk, nem beszélve annak következményeiről, ha a penetráció a ligamentum hepatoduodenaléba történik.

6. táblázat

A pepticus fekélyek sebészi kezelésének indikációi

I. Abszolút	II. Relatív
indikációk	
1. Súlyos vérzés. 2. Perforáció. 3. Stenosis (fibroticus). 4. Penetráció?	1. Eredménytelen belgyógyászati kezelés. 2. Szociális indok?

Általában *a relatív műtéti indikációk* azok, amelyek a legnagyobb vitát váltják ki a műtéti időpont megválasztásában. Kétségtelen, hogy a duodenalis fekélyek 85–90%-a a korszerű konzervatív terápiára gyógyul, vagy legalábbis „kézben tartható", a recidivák egy része megelőzhető, vagy a panaszmentes időszakok

meghosszabbíthatók. A fennmaradó 10–15% az ún. refrakter- vagy terápiarezisztens fekélyek csoportjába tartozik, és mindenféle belgyógyászati kezeléssel dacol. Ezeknek egy bizonyos százaléka azonban valószínűleg gyógyulna, ha a beteg a beállított terápiát rendszeresen folytatná, ha tudna változtatni az életmódján, ha rossz életkörülményei megváltoznának. Ez egyben azt is jelenti, hogy a műtétre kerülő betegek egy része nem képes az orvosával együttműködni, vagy az együttműködni nem akaró betegek közül kerülnek ki azok, akiknek egy része műtét után is panaszos marad, és a recidivus fekélyek száma is magasabb lesz. Ez viszont a műtéti eredmények értékelésére is kedvezőtlenül hat. Mindebből logikusan következik az a tény, hogy a duodenalis fekély kezelésére alkalmazott műtéti eljárások eredményei a továbbiakban nem vagy alig lesznek javíthatók.

Relatív indikációk alapján a műtéti megoldást akkor tartjuk indokoltnak:

– ha a konzervatív kezelés minden formáját kimerítve, a fekély nem gyógyul, de gyógyulási hajlamot sem mutat, és a panaszok is változatlanok;

– ha a komplex kezelés ellenére – beleértve a fenntartó kezelést is – a fekély gyakran recidivál, és a panaszok változatlanok.

Erős megszorítással a *szociális indokok* is képezhetnek műtéti indikációt. Itt elsősorban azon személyekre gondolok, akik – foglalkozásukból adódóan – jelentős és folyamatos idegi megterhelésnek vannak kitéve, a gyógyszer szedése, étkezésük, pihenésük rendszertelen (pl. kamionsofőrök). A másik csoportba azok tartoznak, akiknek családi és egyéb szociális körülményeik az eredményes gyógyszeres terápia ellen hatnak. Megítélésünk szerint – az eredménytelen konzervatív kezelés után – az ezen csoportba tartozóknál is indokolt a műtét.

Mi – amint már mondottam – *a pepticus fekélyek sebészi kezelésére elsősorban a PSV-t végezzük*. Amint az a *4–5. ábrák*on látható: e műtét lényege, hogy csak a sósavat termelő parietalis sejtek vagalis beidegzését szünteti meg. A sósavtermelést mintegy 80%-ban csökkenti. Itt mindjárt felvetődik a kérdés, illetve az *ellenérv* e műtéttel szemben: miszerint az egyre hatékonyabb savszekréció-csökkentő gyógyszerek kezelésére nem reagáló, valóban terápiarezisztens esetekben a PSV sem jelent alternatívát, azaz ezekben az esetekben a műtét utáni klinikai válasz is legalább annyira elégtelen lesz, mint a konzervatív kezelés. A klinikai tapasztalatok azonban ellentmondanak ezen gondolatmenetnek, mivel a terápiarezisztens betegeken végzett műtét mintegy 60%-ban sikeresen alkalmazható. Ugyanis a gyógyszer és a műtét hatásmechanizmusa nem azonos.

Ma már azt is tudjuk, hogy e műtéttel a legjobb eredmények akkor érhetők el, ha csak a duodenális fekélyek sebészi kezelésére alkalmazzuk, főleg azokban az esetekben, ahol a hypersecretio basalis eredetű, vagyis a fokozott savterme-

lést a nervus vagus túlműködése okozza. Azok a próbálkozások, hogy a PSV-t gyomorfekély gyógyítására is alkalmazzuk, nem váltották be a hozzáfűzött reményeket. A klinikai eredmények nem kielégítőek, a fekély-recidivák száma feltűnően magas, és az előzetes biopsia során, valamint a műtét alatt végzett intraoperativ szövettani vizsgálat ellenére is előfordul, hogy a végleges szövettani vizsgálat már ulcus carcinomát mutat, amely újabb műtéti beavatkozást tesz szükségessé. A pyloricus és a prepyloricus fekélyek miatt végzett műtétek klinikai eredményei sem kielégítőek, bár ez vita tárgyát képezi. Tehát a mai álláspont szerint azt kell mondani, hogy a PSV pylorus és prepyloricus fekélyek kezelésére kevésbé, gastricus fekély esetében pedig egyáltalán nem ajánlott. A fekély sebészi kezelésére főleg ez utóbbi esetben továbbra is a hagyományos resectio valamelyik formáját kell végezni.

Rátérve a *klinikai eredmények* ismertetésére (*7. táblázat*): 1980. január 1–1993. december 31. között (14 év alatt) *838 műtétet végeztünk*. Az 1993 után operáltakat – az idő rövidsége miatt – már nem dolgoztuk fel. Az általános ulcusos anamnaesis-idő 9,5 év.

7. táblázat

Proximalis selectiv vagotomia, 1980. január 1–1993. december 31.
Műtéti indikációk. Esetszám: 838

Műtéti indikáció	Esetszám	(%)
Ulcus duodeni chronicum	516	61,6
Ulcus duodeni stenotisans	174	20,8
Ulcus duodeni-perforatio	77	9,2
Ulcus duodeni-vérzés	47	5,6
Ulcus duodeni et ventriculi	12	1,4
Ulcus ventriculi	12	1,4

8. táblázat

Proximalis selectiv vagotomia, 1980. január 1–1993. december 31.
Kor és nem szerinti megoszlás. Esetszám: 838

Korcsoport (év)	Férfi	Nő	Összesen
17–20	7	1	8
21–30	62	24	86
31–40	234	82	316
41–50	203	95	298
51–60	69	28	97
61–70	23	8	31
71–	2	–	2
Összesen	600	238	838

Intraoperatív szövődmények (9. táblázat). Lépsérüléskor minden esetben splenectomiát végeztünk. A nyelőcsősérüléseket műtét alatt észleltük. A sérült részt elvarrtuk, és a varratsort fundoplicatióval fedtük.

9. táblázat

Proximalis selectiv vagotomia, 1980. január 1–1993. december 31. Intraoperatív szövődmények. Esetszám: 838

	Esetszám	%	Mortalitás
Lépsérülés	11	1,3	2
Nyelőcsősérülés	2	0,2	1
Gyomorsérülés (penetratio)	1	0,1	–
Cardioresperatoricus elégtelenség	1	0,1	–
Összesen	15	1,8	3

Posztoperatív szövődmények (10. táblázat). A dysphagiás (15,9%) panaszok enyhék voltak, egy-két hét alatt spontán megszűntek, néhány esetben gyógyszeres kezelésre.

Tágításra vagy reoperációra nem volt szükség. A nem kíméletes műtéti technika okozta szöveti oedema, a nyelőcső körüli vérzés, a nehézségeket okozó anatómiai variációk, a perioesophagealis fibrosis azon tényezők, amelyek a dysphagia kialakulásához lehetőséget teremtenek.

Kisgörbületi necrosis. Mindkettőt atípusos formában észleltük. Egyik a hasfalon áttörő tályog formájában jelentkezett. A kisgörbületi sipolyt a gyomor radiológiai vizsgálata igazolta. A másiknál a 14. postoperatív napon elvégzett rutin gasztroszkópos vizsgálat – panaszmentesség mellett – kiterjedt kisgörbületi nyálkahártya-necrosist mutatott, amely három hónappal később már nem volt látható.

Hasüregi vérzés két esetben fordult elő a ligamentum gastrocolicumból, az elégtelen érlekötés miatt. Gyomorból származó vérzést egy alkalommal észleltünk, amit nagy valószínűséggel a kisgörbületi ischaemia okozott. Reoperációt nem igényelt.

Fekély-perforatio a posztoperatív szak 3. napján egy betegen fordult elő. A perforatiós nyílást suturáztuk.

Pylorus-plastica insufficientia két betegen lépett fel. Mindkettő tályog formájában jelentkezett.

Az *enteritis necrotisans* a PSV-nek nem speciális szövődménye. Egy ilyen esetünk fatális kimenetelű volt.

Az egyéb szövődmények az általános sebészi beavatkozások bármelyike után létrejöhetnek.

10. táblázat

Proximalis selectiv vagotomia, 1980. január 1–1993. december 31.
Posztoperatív szövődmények

	Esetszám	%	Mortalitás
Dysphagia	134	15,9	–
Kisgörbületi necrosis	2	0,2	1
Hasüregi vérzés	2	0,2	–
Duodenalis ulcus perforatiója	1	0,1	–
Varratelégtelenség (pylorusplasticánál)	2	0,2	1
Enteritis necrotisans	1	0,1	–
Sebgennyedés	55	6,5	–
Pancreatitis acuta	6	0,7	–
Bronchitis (pneumonia)	65	7,7	–
Cardiorespiratoricus elégtelenség	13	1,5	–
Összesen	281	33,5	2

A PSV-műtét mortalitása (11. táblázat) általában 0–1% között van. A feldolgozott esetek mortalitása 0,6%, de a szövődménymentes esetek halálozása csak 0,2%.

11. táblázat

Proximalis selectiv vagotomia, 1980. január 1–1993. december 31.
Mortalitás. Esetszám: 838

Műtéti indikáció	Műtét	A halál oka
1. 60 éves férfi Perforatio	PSV + sutura perforationis + splenectomia	acut myocardialis infarctus, a 3. postoperatív napon
2. 56 éves nő Chronicus doud. ulc.	PSV + cholecystectomia + splenectomia	acut cardioresp. insuff. az első postoperatív napon
3. 65 éves férfi Stenosis	PSV + pylorusplastica oesophagus sérülés	acut vérzés stress-fekélyből a 6. postoperatív napon
4. 34 éves férfi Chronicus duod.ulc.	PSV	enteritis necrotisans a 14. postoperatív napon
5. 61 éves nő Vérzés	PSV + fekélyaláöltés pylorusplastica	pneumonia, cardioresp. elégtelenség a 21. postop. napon

Sav-secretiós vizsgálat (12. táblázat). A preoperatív sav-secretiós vizsgálatot – a szövődményes esetektől eltekintve – minden betegen elvégeztük (518 eset). A betegek 68%-a bizonyult hyperacidnak. Műtét után 1–3 héttel megismételtük a basalis secretiós vizsgálatot, illetve a Hollander-próbát. Az operáltak egy részénél

az ellenőrző vizsgálatok alkalmával is elvégeztük a Hollander-próbát, ha ahhoz a beteg hozzájárult. A műtét jelentősen csökkentette mind a basalis, mind a provokált sav-secretiót. A csökkenés százalékban kifejezve: BAO 83%, MAO 88%. Műtét után – az idő függvényében – a secretio növekedési tendenciája figyelhető meg, főleg az első egy-két évben, de még az öt- és tízéves utánvizsgálatok értékei is szignifikánsan alacsonyabbak a preoperatív értékeknél.

12. táblázat

Proximalis selectiv vagotomia, 1980. január 1–1990. december 31.
A gyomor sav-secretiójának változása proximalis selectiv vagotomiát követően

	Esetszám	BAO ± SD	MAO ± SD
Preoperatív	196	8,8 ± 0,5	29,2 ± 1,8
Posztoperatív 1–3 hét	185	1,5 ± 0,3	2,0 ± 0,2
1 év	144	1,9 ± 0,2	3,4 ± 0,4
2 év	113	2,0 ± 0,2	3,9 ± 0,4
5 év	89	2,2 ± 0,3	4,6 ± 0,3
10 év	78	2,5 ± 0,2	5,2 ± 0,3

Napjainkban vita tárgyát képezi a savsecretiós vizsgálat rutinszerű végzése. Érvek és ellenérvek szólnak mellette. Egy szempontból azonban alapvető jelentősége van: választ ad arra, hogy inkomplett-e a vagotomia, vagyis a sebész felelős-e a fekély-recidíváért.

A legsúlyosabb ellenérv a PSV-vel szemben a *fekély-recidívák* magas száma (*13. táblázat*). Gyakorisága – a szakirodalmi adatok szerint – 1–30%. Az 1980–1993 között operált 838 betegből 703-at tudtunk folyamatosan, 14 éven át ellenőrizni. Az utolsó ellenőrzés 1994-ben történt, amelynek során a 703 beteg közül 70 esetben találtunk recidívát, ami 9,9%-nak felel meg. A 70 beteg közül 6 esetben kellett akut műtétet végezni. Egynél PSV után 8 évvel a fekély perforált. Suturát végeztünk. Öt alkalommal az ulcusból származó vérzés miatt B II resectiót. A nagyobb számok mellett – amelyek a különböző időpontokban megjelenő recidívák gyakoriságát jelentik – a kisebb számok az inkomplett vagotomiák számát mutatják, bizonyítva, hogy *a nem tökéletes műtéti technika*, vagyis az inkomplett vagotomia *a recidívák megjelenésében jelentős szerepet játszik*. Ez anyagunkban 47%-nak felel meg, ami a műtétet végző sebész műtéttechnikai fogyatékosságára vezethető vissza. A másik figyelemre méltó tapasztalat, hogy a recidívák 68,5%-ban már az első két évben megjelennek. Ez a megfigyelés azért érdekes, mert az 1966–1980 között végzett TV-műtétek (687 eset) és a 118 SV-műtét késői eredményeinél azt tapasztaltuk, hogy a recidívák száma éppen ellenkezőleg változott, tehát az idő előrehaladásával emelkedett.

13. táblázat

Proximalis selectiv vagotomia, 1980. január 1–1993. december 31.
A recidív fekélyek megjelenése. Esetszám: 70

Év	Férfi	Nő	Együtt	Százalék	
0,5	8 (5)	5 (3)	13 (8)	18,5	
1	13 (7)	6 (4)	19 (11)	27,1	68,5%
1,5	4 (2)	2 (1)	6 (3)	8,6	
2	7 (2)	3 (1)	10 (3)	14,3	
2,5	2 (1)	2 (1)	4 (2)	5,7	
3	3 (1)	–	3 (1)	4,3	
6	7 (3)	4 (1)	11 (4)	15,7	
10	4 (–)	–	4 (–)	5,7	
Összesen	48 (21)	22 (11)	70	100	

(Zárójelben a pozitív Hollander-teszttel bíró betegek száma.)

A recidív fekélyek indikáció és nem szerinti megoszlása (14. táblázat). Ebből a táblázatból két dolgot emelek ki: a szövődményes esetek műtéte után a recidívák lényegesen gyakoribbak, mint az elektív műtétek után (stenosis, vérzés). A recidív fekélyek 91%-ban ismét a duodenumban és 9%-ban a gyomorban jelentek meg.

14. táblázat

Proximalis selectiv vagotomia, 1980. január 1–1993. december 31.
A recidív fekélyek indikáció és nem szerinti megoszlása. Esetszám: 838

Indikáció	Eset-szám	Halál	Ellen-őrzött	Férfi	Nő	Együtt	%	Elhe-lyezk. duod.	Ventr.
Ulc. duod. chc.	516	2	432	23	17	40	9,3	36	4
Stenosis	174	1	146	18	2	20	13,7	19	1
Perforatio	77	1	64	3	–	3	4,7	3	–
Vérzés	47	1	40	4	2	6	15,0	6	–
Ulc. ventriculi	12	–	10	–	–	–	–	–	–
Ulc. duod. et ventr.	12	–	11	–	1	1	9,1	–	1
Összesen	838	5	703	48	22	70	9,9	64	6

Összefoglalva: a recidívákkal kapcsolatban azt kell mondanom, hogy ennek a valóban korszerű, csonkolástól mentes, fiziológiás műtét – ha egyáltalán a sebészi beavatkozás lehet fiziológiás – egyetlen hátránya a viszonylag magas fekély-recidíva. Ezek száma csökkenthető, ha figyelembe vesszük *a recidíva gyakoriságát befolyásoló tényezőket (15. táblázat).* A kiújulás teljes kiküszöbölésének problémája azonban ma még éppúgy megoldatlan, mint korábban.

15. táblázat

A fekély-recidíva gyakoriságát befolyásoló tényezők

1. A VAGOTOMIA SEM ADEKVÁT TERÁPIÁJA A FEKÉLYBETEGSÉGNEK.
2. A MŰTÉTI INDIKÁCIÓ HELYES VAGY HELYTELEN VOLTA.
3. A FEKÉLY ELHELYEZKEDÉSE (PYLORICUS, PREPYLORICUS, VENTRICULARIS).
4. TECHNIKAI JÁRTASSÁG.

A recidív fekélyek kezelése. Itt is elsődleges a belgyógyászati kezelés. Az a gyakorlati tapasztalatunk, hogy a jelenlegi hatásos gyógyszerek adására a recidív fekélyek kb. 50%-a gyógyul. A fennmaradó esetek – az eredménytelen gyógyszeres kezelés után – előbb-utóbb műtétre kerülnek. A 70 recidív fekélyes betegünk közül 37 esetben (53%) volt eredménytelen a belgyógyászati kezelés, és újabb műtéti beavatkozásra kényszerültünk. Az egy suturától (perforatio miatt) eltekintve B I vagy B II resectiót végeztünk. Halálesetünk nem volt. Vita tárgyát képezi, hogy PSV után milyen műtéti megoldást célszerű végezni. Mi a hagyományos resectio valamelyik formáját tartjuk a helyes műtéti megoldásnak.

A klinikai eredményeket (16. táblázat) Visick-beosztás szerint értékeltük. A I–II. csoportba az operáltak 81,7%-a tartozik. A Visick III. csoportba azokat soroltuk, akik időnként puffadásról, teltségérzésről, ritkán epigastrialis fájdalmakról, bizonyos ételek fogyasztásának mellőzéséről számoltak be. A IV. csoportba tartozik a 70 fekély-recidíva és az a 4 beteg, akiknek intractabilis nonulcer dyspepsiás panaszaik vannak.

16. táblázat

Proximalis slectiv vagotomia, 1980. január 1–1993. december 31. Klinikai eredmények. Esetszám: 703

Visick-beosztás	Esetszám	Százalék (%)	
Visick grade 1	456	64,8	81,7%
Visick grade 2	119	16,9	
Visick grade 3	54	7,7	
Visick grade 4	74	10,5	

Figyelembe véve a több mint 800 műtéti esetet, a viszonylag hosszú nyomonkövetési időt, megalapozottnak tartjuk azt az álláspontunkat, hogy a PSV klinikai eredményei jók, elérik a hagyományos resectio klinikai eredményeit. Viszont e műtéti megterhelés lényegesen kisebb, a korai posztoperatív

szakban kevesebb a súlyos szövődmények száma, és nincsenek késői hiánytünetek, de nem tagadható, hogy ezen műtét után gyakoribb a fekély-recidíva, ami elsősorban a műtéttechnikai fogyatékosságra, vagyis az inkomplett vagotomiára vezethető vissza.

Befejezésül röviden szólni kívánok *a fekélysebészet jövőjéről*, ahogyan én látom. Az elmúlt évek, évtizedek alatt a gyomor fiziológiájával, patofiziológiájával kapcsolatos kutatások korábban szinte elképzelhetetlen rohamlépésekben haladtak előre, és ez napjainkban is folytatódik. E kutatások eredményei tették lehetővé azon nagy hatású gyógyszerek előállítását, amelyek eredményeképpen olyan radikálisan csökkent a fekélybetegség adekvát terápiájának korántsem nevezhető műtéti beavatkozások száma. E gyógyszerek közül talán a legfontosabbak azok, amelyek a sav-secretiót csökkentik, akár úgy, hogy a savtermelő parietalis sejtek basalis membránján a H2-receptorokhoz kötődnek, vagy éppen a savképződés intracelluláris mechanizmusába avatkoznak be, mint pl. protonpumpa-gátló szerek. Mások a nyálkahártya-defectus területén fejtik ki hatásukat, fokozva a mucosa védekezőképességét, mint pl. a sucralfate. De számos egyéb, talán kevésbé hatásos, de alkalmazott gyógyszert is említhetnék.

Az ma már vitathatatlan, hogy a nyombélfekély kialakulásában a sósav agresszív hatásának kulcsszerepe van. Azonban számos egyéb okot, tényezőt is ismerünk, amelyek ulcus kialakulásához vezetnek, tehát *a fekély etiológiája multifaktoriális*. Ez ugyan késleltetheti a fekélykeletkezés összes etiológiai tényezőjének megismerését, de hiszem, hogy ez előbb vagy utóbb, de nem évtizedek múlva, be fog következni, és ez lesz az az időpont, amikor – az addig is csökkenő műtéti szám mellett – a fekély elektív műtéti kezelése végleg lekerül a sebészet palettájáról.

Méhes Károly
az MTA rendes tagja

RÉGI ÉS ÚJ MÓDSZEREK AZ ORVOSI GENETIKÁBAN

Elhangzott 1995. november 21-én

Az orvosi genetika jelentősége az elmúlt negyedszázadban hihetetlen gyorsasággal és mértékben növekedett. Ennek egyik oka az, hogy az emberi test felépítésének és működésének egyre több ép és kóros sajátosságáról derült ki, hogy azt részben vagy egészben örökletes tényezők határozzák meg. A másik és talán fontosabb ok az, hogy az orvosi genetika korszerű vizsgálómódszerei az ovosi és biológiai kutatás csaknem minden ágában tért hódítottak: ma a blottolási technikák, a polimeráz-láncreakció, a DNS-chip-analízis és más metodikák az immunfehérjék és a gyógyszerhatások elemzésében éppúgy elengedhetetlenek, mint a daganatképződés és az idegrendszer szerveződésének vizsgálatában. A szinte évente születő új módszerek megismerése és alkalmazása tehát minden kutató számára ajánlatossá, az orvosi genetikával foglalkozóknak pedig a napi munkában kikerülhetetlen rutinfeladatává vált.

Az orvosi genetika gyakorlatában a lelkesítő fejlődés mellett ez nem kevés gondot is jelent. A helyzet ugyanis az, hogy az új módszereket már nem lehet a napi orvosi munka mellett vagy után, tudományos „hobbiból" művelni, ezek többsége a korábbinál alaposabb laboratóriumi felkészülést és főleg sok időt kíván, más szóval egész embert igényel. Ezért aztán a genetikai tevékenység fokozatosan szétválik, vagy a legtöbb helyen már szét is vált: a beteggel és családjával az öröklődés iránt érdeklődő orvos, a tőlük vett vizsgálati anyaggal a

laboratóriumban tevékenykedő biológus, vegyész vagy más képzettségű szakember foglalkozik. Ennek az elkerülhetetlen folyamatnak két hátránya van:

1. A laboratóriumi lelet jelentőségének értékelésében csökken vagy elvész az élő és érző embernek és környezetének (családjának, terápiás és rehabilitációs lehetőségeinek stb.) a tanácsot és a tennivalókat nagyon is befolyásoló szerepe.

2. Az orvostanhallgatók és orvosi genetikusok képzésében érthető módon előtérbe kerül, sőt időhiány miatt egyeduralkodóvá válik a modern módszerek oktatása, mert ezek látszólag magasabb szintű diagnosztikát és kutatást tesznek lehetővé. Ennek megfelelően zsugorodik vagy elvész a régi módszerek tanítására fordított idő és energia. A következmény az, hogy a fiatal orvosok és PhD-hallgatók egyre nagyobb hányada már elemi szinten sem ismeri a hagyományos metodikákat, amelyek nélkül pedig az esetek nagy részében a legújabb módszerek sem hasznosíthatók. Ugyanakkor sok olyan terület van, ahol egy-egy kérdés tisztázására változatlanul csakis a régi metodikák alkalmasak. Az alábbiakban ennek igazolására mutatunk be néhány példát saját munkásságunkból.

A legrégibb módszer: a hagyományos családfakutatás

A kínzó fájdalommal és vérvizeléssel járó vesekövesség családi halmozódása évszázadok óta ismert, öröklődését azonban meglepő módon egészen a közelmúltig nem kutatták tudományos alapossággal. Csak a hetvenes évek végén került sor arra, hogy egy amerikai munkacsoporttal párhuzamosan elemezzük a fokozott kalciumürítéssel járó húgykövesség familiáris előfordulását. A módszer mindkét felmérésben a családfák és ezen belül a normálisnál több kalciumot ürítők elemzése, vagyis a lehető legegyszerűbb családvizsgálat volt. *Coe* és *munkatársai* (4) kilenc családban nyert adatai és a magunk (20) tíz famíliában kapott leletei egymástól függetlenül arra utaltak, hogy az ún. idiopathiás hypercalciurián alapuló kőbetegség autosomális domináns módon öröklődik, vagy legalábbis van ilyen öröklődésű formája. *Szelid* Zsolttal végzett további vizsgálataink felvetették annak a gyanúját, hogy a renális hypercalciuriára jellemző az autosomális domináns átvitel, míg az absorptív típus inkább sporadikusan fordul elő (29). Bár egy-egy esetben recesszív öröklődés lehetősége is felmerül, *Harangi* Ferenccel huszonegy családban végzett újabb felmérésünk adatai a renális típusban ismét domináns átvitelt igazoltak, míg az absorptív típusban inkább a környezeti tényezők, a szokásosnál nagyobb kalciumfogyasztás oki szerepe merült fel (7). A kérdés még ma sem tekinthető teljesen lezártnak (2), de az már biztosnak látszik, hogy az autosomális domináns öröklődés szerepet játszik a renális hypercalciuria és szövődményei, a gyakori urolithiasis és a ritkább nephrocalcinosis etiológiájában (5).

Ennek a génszintű feltárása érdekében ígéretes együttműködésünk alakult ki egy német és egy holland munkacsoporttal, de a vizsgálatok alapja ma is a klasszikus családfakutatás. Amint ebben a példában, úgy az öröklődés tényének felvetésében és az öröklésmenet megközelítésében más esetekben is csak az évezredes hagyományú családvizsgálat révén juthatunk el a molekuláris genetikai tisztázáshoz, csak a hozzátartozók fenotípusa mutathatja meg, hogy kikben érdemes elvégezni a bonyolult és költséges DNS-analíziseket.

Klinikai dysmorphologia

Minden orvosi vizsgálat alapvető része a gondos, egész testre kiterjedő fizikális vizsgálat. Így van ez az orvosi genetikában is; a panaszok és a családi előzmények figyelembevételén túl feltétlenül tájékozódni kell a beteg által esetleg észre sem vett szomatikus eltérésekről. Szakzsargonban szólva azt is mondhatjuk, hogy a fenotípus minden, a panaszokkal és az előzményekkel látszólag nem összefüggő sajátosságát is regisztrálni kell, mert soha nem tudhatjuk, hogy ezeknek később milyen jelentősége lesz. Különösen érdekes lehet minden olyan jel, tünet, amelynek kialakulása a születés előtt, a magzati életben történt. Ilyenek a kis fejlődési rendellenességek és extrém alkati variánsok. Ezek a dysmorphiás jeleknek, minor anomáliáknak, informatív morphogenetikai variánsoknak, vagy újabban a morphogenesis kis zavarainak nevezett testi jellegzetességek a szokásostól eltérő, önmagukban ártalmatlan alkati „hibák", amelyek működési zavart és kozmetikai panaszt nem okoznak. Egy részük valódi fejlődési rendellenesség, mint például a hasadt uvula vagy a számfeletti hajforgó, másik részük az organogenezis után létrejött kvantitatív jelleg, mint a túl hosszú vagy túl rövid philtrum, a kicsiny vagy nagy és elálló fülek. Bár egyedi jelentőségük más és más, közös jellemvonásuk az, hogy mind a magzati életben jöttek létre. Ez a gyakorlatban két téren hasznosítható:

1. Jelenlétük felhívhatja a figyelmet egyes egyidejűleg kialakult, az addigi vizsgálatokkal fel nem fedezett, súlyos belső szervi rendellenességekre, egyben támpontot ad a többszörös fejlődési hibákkal járó szindrómák azonosításához.

2. Halmozott előfordulásuk a társult betegségek, anomáliák prenatális eredetére utalhat.

A kis alkati rendellenességek jelentőségéről, diagnosztikus hasznáról, értékelésük kritikájáról több kitűnő összefoglaló jelent meg (1, 6, 27, 28), a kérdéssel saját hazai vizsgálatok alapján két kismonográfiában magunk is foglalkoztunk (14, 15). E helyen csak a minor anomáliák és a daganatok, valamint egyes központi idegrendszeri betegségek kapcsolatát említjük meg.

A familiáris, valamint a congenitálisnak tartott gyermekkori daganatok és a veleszületett fejlődési rendellenességek kapcsolata régóta vitatott kérdés. Több,

nagy anyagot feldolgozó epidemológiai tanulmány alapján úgy látszik, hogy a nagy malformatiók gyakorisága tumoros gyermekekben és családtagjaikban nem nagyobb az átlagosnál. Ugyanakkor több egyedi megfigyelés után 1985-ben svájci családokban a tumoros gyermekekben és egészséges testvéreikben a kontrollokénál több minor anomáliát találtunk (21). A vizsgálatot 1995-ben magyar és német együttműködésben megismételtük, és a malignitással kezeltekben, valamint testvéreikben a kis rendellenességek nagyobb prevalenciáját igazoltuk (25). Mivel a szülőkben az előfordulás a kontrollokéval megegyezően alacsony volt, felvetettük egy esetleges recesszíven öröklődő predispositio lehetőségét, de ennek kimondásához még további vizsgálatok szükségesek.

Joggal merül fel a kérdés, hogy ebből a szempontból egyes egyedi minor anomáliák lehetnek-e kórjelző értékűek. Még 1979-ben hívtuk fel a figyelmet a számfeletti emlőbimbó és a vese, illetve a húgyutak fejlődési rendellenességeinek összefüggésére (13). Ez a „meződefectusnak" imponáló kapcsolat később sok vita tárgyát képezte; diagnosztikai és etnikai különbségek miatt a kérdés ma is ellentmondásosnak tekinthető (32). Ugyanakkor egy másik tanulmányunkban urogenitális rák miatt kezelt felnőttekben is a járulékos emlőbimbó szignifikánsan gyakoribb előfordulását észleltük (22). Legújabban alkalmunk volt egy olyan család feltérképezésére, amelyben egyidejűleg a számfeletti emlőbimbó, a vesék fejlődési anomáliája és papilláris veserák halmozott előfordulása volt kimutatható (19). Saját laboratóriumunkban és külföldi kollaborációval kísérletet tettünk a család molekuláris genetikai elemzésére, de ez egyelőre nem járt sikerrel. Ennek ellenére megfigyelésünk valószínűvé teszi, hogy egyes minor és major anomáliák, valamint daganatok közös eredetre vezethetők vissza. Ez lehet genetikai vagy teratológiai természetű, aminek tisztázása még nem történt meg, de ez nem von le annak értékéből, hogy a kérdés felvetésében döntő szerepet játszott egy egyszerű fizikális vizsgálattal felismerhető kicsiny morphológiai eltérés.

Hasonló a helyzet egyes mentális kórképek esetében is. Ismeretes, hogy a fejlődési rendellenességekkel járó szindrómák többségében az értelmi fejlődés elmaradásával is számolni kell. Ha azonban nincsenek valamely szindrómára jellemző jegyek, nehezen dönthető el, hogy a szellemi károsodás mikor keletkezhetett. Általános tapasztalat és elfogadott elv az, hogy amennyiben ilyen esetben több minor anomália található, akkor ez a prenatális eredet indikátoraként értékelhető. A kérdéssel korábban magunk is foglalkoztunk (11). Az 1978–1979-ben ilyen célból vizsgált, mentálisan retardált gyermekek egy részében nem volt pontos diagnózis; ezekben az „idiopathiás" esetekben a kis rendellenességek átlaga a bizonyítottan genetikus/prenatalis és az exogén csoporté között volt. Későbbi, fejlettebb módszerekkel történt vizsgálataink során,

1985–1987-ben, az immár idősebb gyermekek prenatalisnak bizonyult részében a minor anomáliák nagyobb gyakoriságát, néhány exogénnek tartott esetben kisebb prevalenciát találtunk. Az „idiopathiás" csoport tehát a várakozásnak megfelelően pre- és postnatalis esetek keveréke volt, ez indirekt módon ismét csak azt igazolta, hogy a minor rendellenességek alkalmasak a társult betegség prenatalis eredetének becslésére. Újabban hasonló tapasztalatot szereztünk schizophren betegek egy csoportjában is (31); a psychiatriai kórképek kutatásában az eddig kevésbé értékelt kis alkati anomáliák és variánsok elemzése, beleértve a bőrlécrajzolat változatait is, ígéretes és igen népszerű módszerré vált.

A klinikai dysmorphologia és ezen belül a morhogenesis kis zavarainak a vizsgálata tehát szintén olyan egyszerű, régi módszer, amely segít a bonyolultabb eljárásokra történő szelektálásban, gondolatokat ébreszt a további kivizsgálás tervezésében, sőt a syndromologiában egyes esetekben önmagában is definitív diagnózishoz vezethet, ezért elengedhetetlen az orvosi genetikai gyakorlatban és kutatásban.

A hagyományos cytogenetika jelentősége

A klinikai rutin diagnosztikában négy évtizede gyakorolt kromoszómavizsgálat a sávfestésekkel nem észrevehető, finomabb rendellenességek felismerésére nem alkalmas. Ezért ezt a módszert ma már csak a számbeli aberrációk kimutatására javasolják, a strukturális hibák azonosítására ezen túlmenően a molekuláris cytogenetikai módszereket ajánlják, élükön a *fluoreszcens in situ hybridiatio* (FISH) különböző változataival. Ez kétségtelenül jogos igény, de bizonyos esetekben a diagnosztika és a kutatás is haszonnal alkalmazhatja a régimódi karyotipizálást. Ilyen mindenekelőtt a kromoszóma-instabilitás vizsgálata.

A különböző mutagenitási, genotoxikológiai elemzésekben ma is az a leggyakrabban feltett kérdés, hogy a gyanúba vett ágens (sugárzás, vegyszer, vírus stb.) károsítja-e a kromoszómákat (30). Erre leginkább a kromoszómák strukturális rendellenességeinek, főleg a festődési folytonossághiányoknak (gap) és a töréseknek a számából lehet következtetni, ezek viszont a legkönnyebben és leginkább objektívan a legrégibb, mondhatni legkezdetlegesebb, sávozás nélkül festett készítményekben vizsgálhatók. A kromoszómakárosodás minél pontosabb és sokoldalúbb meghatározására természetesen más módszereket is kidolgoztak, magunk a centromérák szétválási sorrendjének az ugyancsak egyszerű, sávozatlan preparátumokból értékelhető változását találtuk kromoszóma-instabilitásra utaló jelnek.

Mintegy harminc éve figyeltünk fel arra, hogy sejtosztódáskor az ember 46 kromoszómájának centromérái és ennek megfelelően testvérkromatidái nem

egy időben, egyszerre válnak szét, hanem meghatározott sorrendet követnek. Így a szeparációs sorrend élén a 18. és 2. kromoszóma áll, ezeket követi az 5., 12. és az X kromoszóma, késői szétváló az 1., 7., 8., 11. és 16. kromoszómapár, míg a sort az akrocentrikusok zárják. Ez a szétválási sorrend az emberi fajra jellemző, minden sejtünkben egyformán alakul, és ezért megváltozása feltétlenül kórosnak tekintendő. Felvetettük annak lehetőségét is, hogy a sorrendnek a szülőben történő változása a csírasejtek hibás sejtosztódását és ezáltal az utód kromoszóma-rendellenességét okozhatja (12). Amint arról 1992-ben összefoglaló áttekintést adtunk (16), eredményeinket és feltevésünket több laboratórium vizsgálatai is igazolták, és több újabb molekulárgenetikai megfigyelés is korábbi hipotézisünket látszik alátámasztani (9).

Az elmúlt öt évben mutattuk ki, hogy a szétválási sorrend felborulása, és különösen az egyébként igen későn szeparálódó nagy akrocentrikus D (13–15) kromoszómák korai szétválása, viszonylag gyakori jelenség olyan állapotokban, amelyekben kromoszóma törésekkel jellemezhető kromoszóma-instabilitás és egyben rosszindulatú daganatokra, leukaemiára való hajlam áll fenn. Így szignifikánsan több sok kromoszómát, ill. D-kromoszómát érintő, idő előtti szétválást (premature centromere division – PCD) írtunk le veleszületett immunhiányos gyermekekben (23), valamint Fanconi-anaemiás és ataxia-teleangiectasiás betegekben (24). Úgy találtuk, hogy egyes esetekben a PCD a törésnél érzékenyebb, azt sokszor meg is előző jele az instabilitásnak, ezért joggal gondoltunk arra, hogy a jelenség, különösen bleomycinnel, diepoxybutánnal vagy methotrexattal indukált törékenység, instabilitás esetében általában is alkalmazható lehet a latens kromoszómakárosodás kimutatására. A PCD-k regisztrálását a korábbi módszerek kiegészítéseként használtuk az esetleges rejtett instabilitás kutatásában (3, 26), de tudomásunk van arról, hogy már mások is bevezették ilyen célú alkalmazását (10).

A fenti példa talán elég annak igazolására, hogy a legrégibb és sok szempontból valóban elavult, sávozás nélküli kromoszóma-vizsgálat a maga helyén továbbra is hasznos, mással nem pótolható módszer maradt.

Összefoglalóan azt mondhatjuk, hogy a humángenetika új módszereinek térhódítása soha nem remélt fejlődést hozott az emberi öröklődés tisztázásában, a genetikai betegségek diagnosztikájában, pathomechanizmusuk feltárásában és sok esetben már a megelőzésben is. Ezeket a metodikákat megismerni minden orvosnak, gyakorolni minden orvosi genetikai műhelynek kötelessége. Erre magunk is törekszünk, amit talán igazol e helyen nem részletezett munkásságunk, különös tekintettel néhány gyakoribb öröklődő betegség hazai epidemiológiájának génszintű vizsgálatára, számos szindróma DNS-diagnosztikájára és a mitochondriális DNS mutációinak elemzésére.

Ugyanakkor arra is törekednünk kell, hogy változatlanul komolyan vegyük a hagyományos, régi módszereket. Ezek mellőzése ugyanis két súlyos következménnyel járhat:

1. Helytelen és/vagy elégtelen kiválasztás miatt feleslegesen végezhetünk bonyolult, időigényes és költséges eljárásokat, mialatt az ilyenre rászorulók nem részesülnek a kívánatos vizsgálatokban.

2. Az új molekuláris genetikai módszerek nem kapnak támpontokat a további fejlődéshez: ha a régi módszerekkel felfedezett kromoszóma-törés-pontok, markertulajdonságok, genotípus-fenotípus összefüggések stb. nem „irányítják" az új metodikákat, azok haladása lényegesen lelassul vagy esetenként meg is torpan.

Mindezek, korábban már kifejtett álláspontunknak megfelelően (17, 18), arra kell ösztönözzenek, hogy a régi és új módszereket egyenlő súllyal műveljük és főleg oktassuk. A mégoly lenyűgöző modern metodikák sem szabad hogy felmentsenek a családi előzmények hagyományos elemzése, a fizikális vizsgálatok és a saját szemmel, kézzel, füllel észleltek pontos regisztrálása, a testméretek meghatározása és a klasszikus genetikai, cytogenetikai módszerek alkalmazása alól. Ezek gyakorlása révén a szakmai hasznon túl azt is elmondhatjuk, hogy nemcsak egy sejttel, molekulával, bázispárral, hanem az egész emberrel, családdal is foglalkoztunk.

Irodalom

1. Aase, J. M.: *Diagnostic dysmorphology*. Plenum, New York–London, 1990. 33–252.
2. Aladjem M., Barr J., Kahat E, Bistritzer T.: Renal and absorptive hypercalciuria: a metabolic disturbance with varying and interchanging modes of expression. *Pediatrics*, 1996. 97:216–219.
3. Bajnóczky, K., Khezri, S., Kajtár, P., Szűcs, R., Kosztolányi, G., Méhes, K.: No chromosomal instability in offspring of survivors of childhood malignancy. *Cancer Genet Cytogenet*, 1999. 109:79–80.
4. Coe F. L., Parks J. H., Moore E. S.: Familial idiopathic hypercalciuria. *New Engl. J. Med.*, 1979. 300:337–340.
5. Eggert, P., Müller, D., Schröter, T.: Nephrocalcionosis in three siblings with idiopathic hypercalciuria. *Pediatr. Nephrol*, 1998. 12:144–146.
6. Frias J. L., Carey J. C: Mild errors of morphogenesis. *Adv. Pediatr.*, 1996. 43:27–75.
7. Harangi, F., Méhes, K.: Family investigations in idiopathic hypercalciuria. *Eur. J. Pediatr.*, 1993. 152:64–68.
8. Leppig K. A., Werler M. M.,Cann C. I., Cook C. A., Holmes L. B.: Predictive value of minor anomalies. I. Association with major malformations. *J. Pediatr.*, 1987. 110:531–537.
9. Litmanovich T., Altaras M. M., Dotan A., Avivi I.: Asynchronous replication of honologous α-satellite DNA loci in man is associated with nondisjunction. *Cytogenet. Cell. Genet.*,1998. 81:26–35.

10. Major J., Tompa A.: személyes közlés, 1997.
11. Meggyessy, V., Révhelyi, M., Méhes, K.: Minor malformations in mental retardation of various aetiology. *Acta Paediatr. Acad. Sci. Hung.*, 1980. 21:139–143.
12. Méhes, K.: Non-random centromere division: A mechanism of non-disjunction causing aneuploidy? *Hum. Hered.*, 1978. 28:255–260.
13. Méhes, K.: Association of supernumerary nipples with other anomalies. *J. Pediatr.*, 1979. 95:274–275.
14. Méhes, K.: *Minor malformations in the neonate*. Akadémiai Kiadó, Bp., 198. 128 p.
15. Méhes, K.: *Informative morphogenetic variants in the newborn infant*. Akadémiai Kiadó, Bp., 1988. 229 p.
16. Méhes K.: *A centroméraszétválás sorrendje.* (Értekezések, emlékezések.) Akadémiai Kiadó, Bp. 1992. 31 p.
17. Méhes K.: Genetika az orvosi gyakorlatban. *Magyar Tudomány*, 1994. 39:257–272.
18. Méhes K.: Classical clinical genetics in the era of molecular genetics. (Invited editorial.) *Am. J. Med. Genet.*, 1996. 61:394–395.
19. Méhes, K.: Familial association of supernumerary nipple with renal cancer. *Cancer Genet. Cytogenet*, 1996. 86:129–130.
20. Méhes, K., Szelid, Zs.: Autosomal dominant inheritance of hypercalciuria. *Eur. J. Pediatr.*, 1980. 133:239–242.
21. Méhes, K., Signer, E., Plüss, A. J., Müller, H. J., Stalder, G.: Increased prevalence of minor anomalies in childhood malignancy. *Eur. J. Pediatr.*, 1985. 144:243–249.
22. Méhes, K., Szüle E., Törzsök, F., Meggyessy, V.: Supernumerary nipple and urologic malignancies. *Cancer Genet. Cytogenet.* 1987. 24:185–188.
23. Méhes, K., Gyurkovits, K., Kosztolányi, G., Tárnok, A.: Frühzeitige Zentromertrennung bei Kindern mit Immundefizienz (abstract). *Monatsschr. Kinderheilk.*, 1993. 141:155.
24. Méhes K., Bühler, E. M.: Premature centromere division: A possible manifestation of chromosome instability. *Am. J. Med. Genet.*, 1995. 56:76–79.
25. Méhes, K., Kajtár, P., Sándor, G., Scheel-Walter, M., Niethammer, D.: Excess of mild errors of morphogenesis in childhood lymphoblastic leukemia. *Am. J. Med. Genet.*, 1998. 75:22–27.
26. Méhes, K., Bajnóczky, K., Adamovich, K., Khezri S., Kosztolányi, G.: No latent chromosome damage in oxygen-exposed premature neonates. *J. Hum. Genet.*, 1999. 44:40–42.
27. Merlob, P.: Mild errors of morphogenesis: one of the most controversial subjects in dysmorphology. In: Kalter H.(Ed.): *Issues and Reviews in Teratology.* Plenum, New York, 1994. 7, 57–102.
28. Pinksy, L.: Informative morphogenetic variants. Minor congenital anomalies revisited. In: Kalter, H.(Ed.): *Issues and Reviews in Teratology*. Plenum, New York, 1985. 3, 135–170.
29. Szelid, Zs., Méhes, K.: „Idiopathic" hypercalciuria: A renal form in inherited cases and an absorptive one in sporadic cases? (Letter.) *Eur. J. Pediatr.*, 1982. 138:88.
30. Tompa A., Major J.: Genotoxikológia. In: Papp Z.(szerk.): *Klinikai genetika*. Golden Book Kiadó, Bp., 1995. 141–156.
31. Trixler, M., Tényi, T., Csábi, G., Szabó, G., Méhes, K.: Informative morphogenetic variants in patients wih schizophrenia and alcohol-dependent patients: beyond the Waldrop scale. *Am. J. Psychiat.*, 1997. 154:691–693.
32. Urbani, C. E., Betti, R.: *Accessory mammary tissue in clinical practice.* McGraw-Hill–Libri Italia, Milano–New York, 1996. 45–55.

Palkovits Miklós
az MTA rendes tagja

AGYPÁLYÁK – IDEGI HÁLÓZATOK

Elhangzott 1995. december 13-án

Az agypályák kutatásának és leírásuknak kezdete a múlt századba nyúlik vissza. Hőskora, az agypályák anatómiai leírása, topográfiai részletezése a századforduló idejére esik. E periódus nagy egyéniségeinek – Kölliker, Cajal, Golgi, Lenhossék – munkái az agypályák anatómiáját barokkos színpompával és gazdagsággal mutatták be, mely mintegy fél évszázadig számos részlettel bővült, de szemléletében nem változott (1–4).

Az 1950-es és 1960-as években a pályakutatásban új irányzat alakult ki, az agypályák kémiai természetének vizsgálata. A „klasszikus" neurotranszmitterek – acetylcholin, dopamin, noradrenalin, adrenalin, neurotensin, GABA és más transzmitter aminosavak – kimutatása a pályákat alkotó neuronokban a leíró, topográfiai anatómiát a funkcionális szemléletű kémiai neuroanatómiává egészítette ki és bővítette tovább (7–11). Az idegtudományok vizsgálati módszereinek az elmúlt 20 évben történt óriási fejlődése az agypályák kutatásának is reneszánszát hozta el. Immunhisztokémiai, molekuláris genetikai vizsgálatok, kísérletes műtétek utáni fény- és elektronmikroszkópos pályajelölési módszerek egész arzenálja áll ma már rendelkezésünkre (12), ismereteink szinte napról napra bővülnek (13). A pályakutatás gazdag hazai hagyományaihoz híven igyekeztünk részt venni e felgyorsult folyamatban. Több, korábban ismeretlen neurális kapcsolatot lokalizáltunk a központi idegrendszeren belül, és számos, már ismert pályát tudtunk kémiailag karakterizálni (*1. táblázat*).

Új pályák lokalizálása sok munkával és örömmel jár. Az igazi áttörést a pályakutatásban a nagyszámú új ismeret eredményezte *szemléleti* változás

jelenti. Három olyan pont van, amit ki kell emelni: 1) Az agypályák nem egyszerű neuronláncolatok, hanem többneuronos hálózatokra épülő funkcionális rendszerek. Két agyterület között minden esetben oda-vissza kapcsolat mutatható ki, és axon-kollaterálisok révén ezen kétoldali „intim" kapcsolatról számos más agyterületre is futnak be egy időben információk. 2) Minden neuronban több transzmitter szintetizálódik, transzportálódik axonálisan, raktározódik és szabadul fel az idegvégződésekből. Ebből adódik, hogy minden agypályában – a nagyobb kötegektől az individuális rostokig – többféle neurotranszmitter mutatható ki. 3) A pályakutatás számtalan finom neuro- és molekulárbiológiai módszer alkalmazásával ma már nem (vagy nem csak) leíró neuroanatómiai módszer, hanem az idegi kapcsolatok „hogyanját", a történéseket nyomon követő interdiszciplináris tudományág. Legyen szabad e szemléleti változásokat példákkal alátámasztanom.

1. táblázat

Munkatársaimmal elsőként lokalizált neuropeptidek és neurotranszmitterek a különböző agypályákban

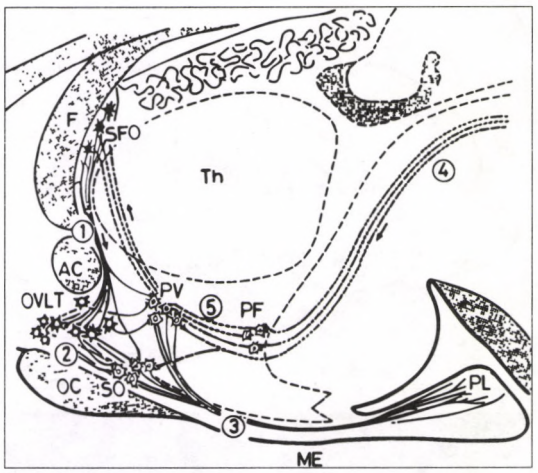
acetylcholin a fasciculus retroflexusban	(15)
enkephalin az ansa lenticularisban	(16)
dynorphin a striato-nigralis pályában	(17)
VIP-pályák a limbikus rendszerhez	(18,19)
tegmento-hypothalamikus cholecystokinin pálya	(20)
alsó agytörzsi β-endorphin pálya	(21)
CRF az olivo-cerebellaris pályában	(22)
NAAG a retino-hypothalamikus pályában	(23)
felszálló adrenalin pálya	(24)
galanin a septo-hippocampalis pályában	(25)
NPY a tractus spinalis n. trigeminiben	(26)
CRF (27, 28), somatostatin (29), galanin (30), ANF (31) és dynorphin (32) a tractus hypothalamo-hypophyseosban	

1. Agypályák mint funkcionális rendszerek morfológiai hálózatai

A központi idegrendszer számos regulációs mechanizmusának ismerjük a neuroanatómiai alapjait. Ezekből kettőt mutatok be:

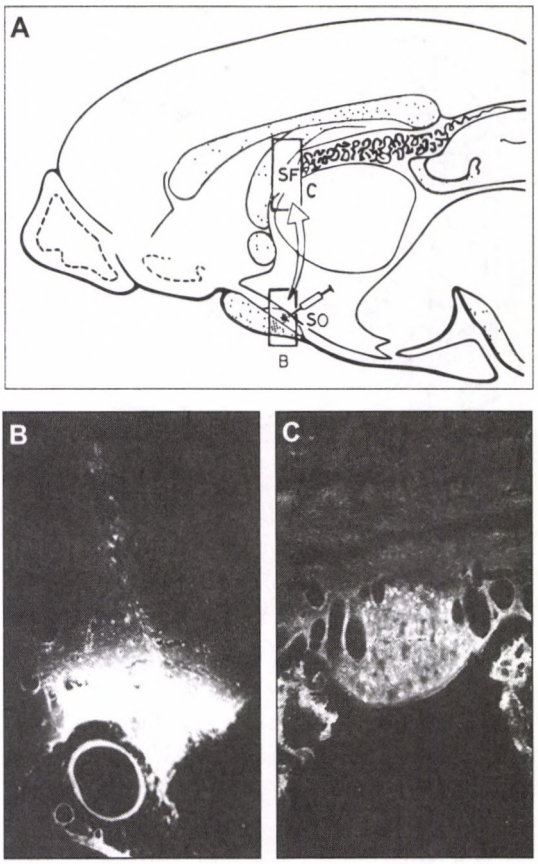
a) *A só- és vízháztartás központi szabályozásában részt vevő neuronok hálózata* (*1. ábra*). A keringésben levő angiotensin a subfornicalis szerven át (itt nincs vér-agy gát, ugyanakkor igen magas az angiotensin II receptorok sűrűsége)

kerül kapcsolatba központi idegrendszeri neuronokkal. Innen neurális úton – a subfornicalis szerv angiotensin II-tartalmú neuronjai révén – jut az ingerület az organum vasculosum laminae terminalison (szintén vér-agy gáton kívüli terület) át közvetve, ill. más pályán közvetlenül a nucleus supraopticusba és paraventricularisba. A közvetítő neuronok egy másik, a só- és vízháztartásra ható neuropeptidet – atrial natriuretic peptid (ANP) – használnak transzmitterként. A nucleus supraopticus és paraventricularis magnocellularis neuronjai termelik a szabályozásban résztvevő harmadik neuropeptidet, a vasopressint, mely a magokból axonálisan jut a hypophysis hátsólebenybe, ahol raktározódik, és adekvát inger hatására a vérpályába jut. A központi idegrendszer más területeiről – főleg a limbikus és autonóm idegrendszeri központokból jövő ingerület az oldalsó hypothalamusban, a nucleus perifornicalisban – levő angiotensin II-tartalmú neuronokhoz fut, melyek a fenti hálózatot a nucleus paraventricularisba és a subfornicalis szervbe futó axonjaik révén befolyásolni képesek (14).



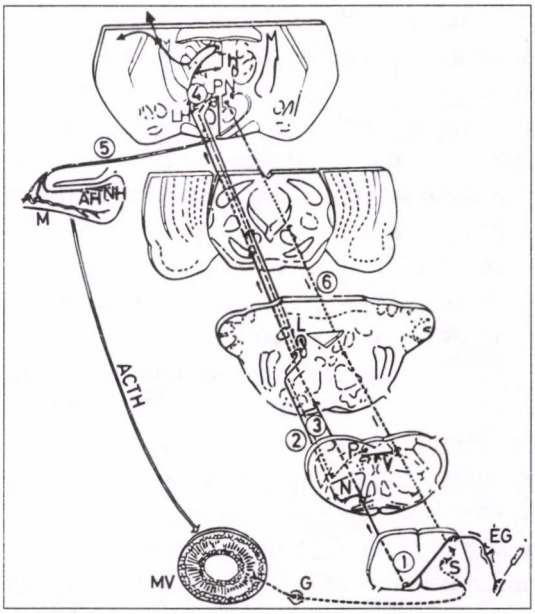
1. ábra. A só- és vízháztartás központi szabályozásának egyszerűsített sémája. Az előagy sagittalis síkú metszete. 1 – a subfornicalis szervtől (SFO) a preoptikus areába és az organum vasculosum laminae terminalishoz (OVLT) futó angiotensin II-tartalmú rostok, 2 – a preoptikus areától és az OVLT-től a nucleus supraopticushoz (SO) és nucleus paraventricularishoz (PV) futó atrial natriuretic hormon (ANH)-tartalmú rostok, 3 – a SO-ból és a PV-ből a hypophysis hátsó lebenyéhez (PL) futó vasopressin-tartalmú pálya, 4 – a gerincvelőből és az agytörzsből a hypothalamusba (SO, PV és nucleus perifornicalis – PF) felszálló pályák, 5 – a PF-ből a PV-be és az SFO-ba futó angiotensin II-tartalmú rostok. További rövidítések: AC – commissura anterior, F – fornix, ME – eminentia mediana, OC – chiasma opticum, Th – thalamus

Számos pályajelölési technika alkalmazásával vált ismeretessé ennek a szabályozó mechanizmusnak a morfológiai alapja. A subfornicalis szervnek a keringésben lévő angiotensin II-höz való kitüntetett érzékenységét a szervben az AII receptorok mRNS-ének az agy bármely más területét meghaladó sűrű-



2. ábra. Retrográd transzportálódó fluoreszkáló jelzőanyag (fluorogold) mikroinjekciója a nucleus supraopticusba, a subfornicalis szervnek közvetlenül a nucleus supraopticusba projiciáló idegsejtjeinek kimutatására.
A – Az előagy sagittalis sémája (l. 1. ábra*) a B és C ábrán látható terület bejelölésével.*
B – jelzőanyaggal feltöltött nucleus supraopticus (frontális metszet),
C – subfornicalis szerv jelzett idegsejtjei.
A SO-ba injektált jelzőanyagot az axonvégződések felvették, és retrográd a sub-fornicalis szerv idegsejtjeibe transzportálták

ségével *in situ* hibridizációs hisztokémiai módszerrel lehet igazolni. A subfornicalis szervben levő neuronok közvetlen projekcióját a preoptikus areába és a nucleus supraopticusba ún. retrográd pályajelölési módszerrel demonstráltuk: a nucleus supraopticusba mikroinjektált jelzőanyagot (fluorogold) az idegvégződések felvették, és visszafelé az axonon át a sejttestbe transzportálódtak, ott raktározva a perikaryonokat láthatóvá tették (*2. ábra*). A preoptikus areában immunhisztokémiai módszerrel mutattuk ki az ANF-pozitív neuronokat, melyekről kísérletes úton (radioimmuno vizsgálatokkal) igazoltuk a só- és vízháztartás változására való kitüntetett érzékenységüket (14). A nucleus supraopticus és paraventricularis vasopressin-termelő neuronjainak morfológiája és szerepe a klasszikus neuroendokrinológia első felismerései közé tartozik, viszont a preopticus ANP- és perifornicalis AII-neuronokhoz való afferens kapcsolatuk létének igazolása pályajelölési és immunhisztokémiai módszerek együttes alkalmazását igényelte. Ez esetben retrográd pályajelölés helyett „anterográd" technikát alkalmaztunk, amikor egy lec-



3. ábra. A fájdalom okozta stressz és stresszválasz pályái. Az agy és gerincagy frontális átmetszeteinek sémája a felszálló (1–4) és leszálló (5, 6) pályák feltüntetésével. A fájdalomérző rostok a spinális érződúcok (EG) idegsejtjei útján a gerincvelőbe jutnak, és átkapcsolódás után zömmel a spinothalamikus pályán (1) felszállnak a thalamusba. Az ingerület az agytörzsi kollaterálisok révén eljut a ventrolateralis nyúltvelőben (N) és a locus coeruleusban (L) levő catecholamin-tartalmú idegsejtekhez, ahonnan felszálló catecholamin-pálya (2) megy a nucleus paraventricularishoz (PN). A spinothalamikus pálya további axonkollaterálisai végződnek az agytörzs más magjain [nucleus tractus solitarii (P), formatio reticularis], ahonnan további – peptiderg – axonok (3) futnak felfelé és végződnek a PN-ben. A spinothalamikus pálya további kollaterálisai a lateralis hypothalamusban (LH) végződnek, és onnan átkapcsolódva jutnak a PN-be (4). A nucleus paraventricularis CRF, vasopressin- és oxytocin-tartalmú rostjai részben neurohumorális úton (5) a hypophysis elülső lebenyéből (AH) ACTH-t szabadítanak fel, vagy neurális úton, a gerincvelőbe leszálló pálya (6) révén hatnak a mellékvesekéreg (MV) működésére. További rövidítések: G – perifériás szimpatikus ganglion, M – eminentia mediana, NH – hypothalamus-hipophysis hátsó lebenye, S – gerincvelő oldalsó szarva, szimpatikus preganglionáris neuronok, Th – thalamus, V – paraszimpatikus vagus mag.

tint – Phaseolus vulgaris leucoagglutinint – vittünk be mikroiontoforézissel a perifornicalis magba, ahol azt a sejtek felvették, és axonálisan „előrefelé" transzportálták az idegvégződésekbe. Az idegvégződésekben felgyülemlő jelzőanyag preszinaptikusan mutatható ki, miközben a „beidegzett" idegsejt (posztszinaptikus oldal) immunfestéssel kémiailag karakterizálható.

b) *A fájdalomstressz és a stresszválasz anatómiai pályája.* A fájdalom a tudatos érzékelésen, valamint a tudatos és reflex-válaszokon kívül autonóm idegrendszeri és hormonális választ is eredményez. Ez utóbbi mechanizmusok morfológiai alapjait a fel- és leszálló pályák nyomon követésével mutathatjuk be (*3. ábra*). A fájdalmat kísérletünkben 4%-os

formalinnak subcutan injekciójával váltottuk ki. A fájdalomingerületet szállító érzőpálya első neuronja az érződúcokban foglal helyet, nyúlványai a gerincvelő hátsó szarvában, ill. a nyúltvelőben végződnek. Innen indul ki az érzőpálya második neuronja, mely a thalamusban végződik (tractus spinothalamicus). Ezen második neuronok axonjai azonban nemcsak a thalamus magvaiban végződnek, hanem kollaterálisaik révén olyan agyterületekre is szállítanak információt, melyek a stressz-választ organizálják. Ezek a következők: 1) Az agytörzs catecholaminerg neuronjai. Ezek közül a nyúltvelő hátsó ventrolateralis sejtcsoportja a hypothalamusba és a limbikus rendszerbe, a locus coeruleusban lévők zömmel az agykéregbe és a törzsdúcokba, a nyúltvelő elülső ventrolaterális sejtcsoportjában lévők pedig a gerincvelőbe projiciálnak (*3. ábra*). 2) Axon-kollaterálisok végződnek az autonóm idegrendszer elsődleges központjában, a nyúltvelő dorsomedialis területén (nucleus tractus solitarii) és a formatio reticularisban. Innen peptiderg axonok indulnak ki és végződnek a hídban lévő másodlagos autonóm központokban, ill. a hypothalamus és az agykéreg ún. modulációs központjaiban (*3. ábra*). 3) A felszálló érzőpálya az agytörzsön kívül a lateralis hypothalamusban is ad le kollaterálisokat, melyek átkapcsolódás után zömmel a nucleus paraventricularisban végződnek (*3. ábra*). – A hypothalamus nucleus paraventricularisának sejtjeiből (corticotrop releasing hormont – CRF –, vasopressint, oxytocint termelő neuronok) két irányba indulnak ki pályák, melyek a stresszválasz szempontjából központi szerepet vivő mellékvese működését (mind a mellékvesekéreg corticosteron-termelését, mind a mellékvesevelő catecholamin-produkcióját) szabályozzák (*3. ábra*): 1) neurohumorális pálya: a nucleus paraventricularisból kiinduló tractus hypothalamo-hypophyseos rostjai az eminentia mediana kapillárisain végződnek, ahonnan humorális úton (portális keringés) a hypophysisbe jutnak, és ACHT-t szabadítanak fel (*3. ábra*), 2) neurális pálya: a nucleus paraventricularisból leszálló rostok a nyúltvelő (vagus-magok), valamint a gerincvelő (oldalsó szarv) preganglionaris vegetatív idegsejteken végződnek (*3. ábra*). Az innen kiinduló axonok a perifériás vegetatív dúcokban átkapcsolódnak, és jutnak el a mellékveséhez (33).

2. Neuropeptidek együttes szintézise és összetett szerepük az idegsejtek működésében

Az idegsejtek által termelt peptidek (neuropeptidek) szerepének intenzív kutatása az 1970-es évektől vette kezdetét. A már korábban megismert vasopressin és oxytocin mellett a neuropeptideknek egy csoportját fedezték fel a hypothalamusban, melyek a hypophysishormonok elválasztásáért felelősek („releas-

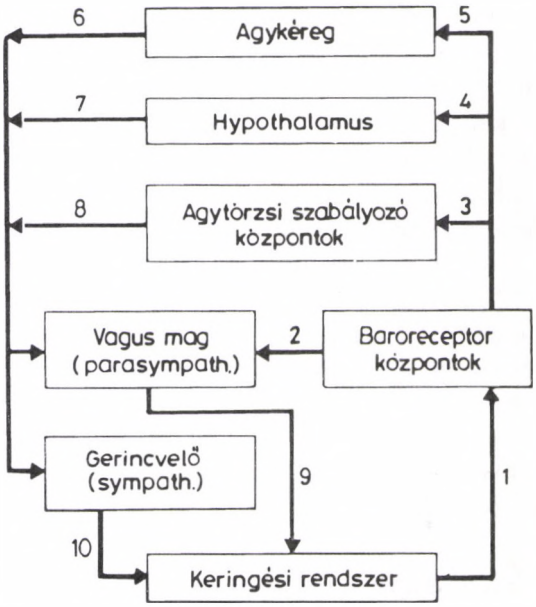
ing" és „release-inhibiting" hormonok). Igazolást nyert azonban, hogy e neurohormonális szerep mellett a hypothalamo-hypophysis rendszeren kívül ugyanezen neurohormonok (és számos további neuropeptid) szinaptikus végződésekben is jelen vannak, és onnan felszabadulva, neurotranszmitter- (vagy a klasszikus neurotranszmitterektől elkülönítendő „neuromodulátor"-nak nevezett) szerepet tölthetnek be (34–36). Beigazolódott, hogy a) egy-egy funkcionális rendszeren belül számos neuropeptid visz neurotranszmitter- (neuromodulátor-) szerepet, b) ugyanazon idegsejt több neuropeptidet, ill. neuropeptidet és klasszikus neurotranszmittert képes szintetizálni, c) igazolni tudtuk, hogy ugyanazon idegsejt kollaterálisai végződhetnek idegsejteken és kapillárisokon egyaránt, miáltal ugyanazon neuropeptid a hatáshelyétől függően – neurohormonális és neurotranszmitter-szerepet egyaránt betölthet (36), d) e kettős hatáson kívül – adott élettani vagy kóros szituációkban – neuropeptidek szerepet vihetnek az idegsejt regenerációjában, ill. egyes szituációkból való túlélésben (25). Az itt felsorolt neuropeptid-tevékenységekre egy-egy példát mutatok be.

a) Számos peptiderg idegsejt részvétele a központi baroreceptor-szabályozó mechanizmusban

A központi idegrendszer egyes szabályozó mechanizmusaiban több peptiderg idegsejt vesz részt. Valamennyi központi idegrendszeri szabályozásban több sejtcsoport („központ") vesz részt, ezek számos helyről kapnak információt, és a „fő" szabályozási vonalon kívül az idegrendszer számos más területéhez (más szabályozó központokhoz) szállítanak információkat. E széles körű afferens és efferens idegi kapcsolatokban a neuropeptidek és a klasszikus neurotranszmitterek egész arzenálja vehet részt. Erre példa a központi baroreceptor-szabályozó mechanizmus (*4. ábra, 2. táblázat*). A szabályozásban részt vevő, a perifériától a különböző központokig felszálló, onnan az efferens neuronokhoz leszálló, majd a perifériára visszafutó neuronokat – csupán didaktikai szempontból – minimum tízlépcsős pályarendszerbe csoportosíthatjuk (37). A pályarendszer minden szakaszában számos peptiderg, aminerg és cholinerg neuron vesz részt.

b) Neuropeptidek és klasszikus neurotranszmitterek kollokalizációja ugyanazon idegsejtekben

Az elmúlt két évtized vizsgálatai egyértelműen igazolták, hogy túlhaladott az a szemlélet, mely szerint egy idegsejt csak egyféle neurotranszmittert képes termelni. Sőt, nincs olyan idegsejt a központi idegrendszerben, amely csak egyet-



4. ábra. A baroreceptor-szabályozás egyszerűsített blokksémája. A perifériás baroreceptorokból kiinduló pálya (1) első átkapcsolóhelye a nyúltvelőben levő primer baroreceptor-központ (nucleus tractus solitarii). Innen rövid (reflex-) pálya fut a paraszimpatikus nucleus dorsalis vagi és nucleus ambiguus sejtjeihez (2), ahonnan preganglionaris efferens rostok mennek a perifériás vegetatív ganglionsejtekhez, majd onnan a szívhez és az erek falához (9). A primer baroreceptor-központból felszálló pálya (3) megy az agytörzsi szabályozó központokhoz („vasomotor"-, „vasodepressor"- központok, tegmentum pontis), a hypothalamushoz (4), az agykéreghez (5) és a limbikus rendszerhez. Az agykéregből (6), a hypothalamusból (7) (paraventricularis, perifornicalis, arcuatus magok), az agytörzsi központokból (8) leszálló pályák mennek a nyúltvelői paraszimpatikus és gerincvelői szimpatikus preganglionaris idegsejtekhez, onnan a perifériára (9,10). Valamennyi pályában számos neurotranszmitter (l. 2. táblázat) visz szerepet a baroreceptor-ingerület, ill. a baroreceptor-válasz továbbításában

lenegy transzmittert szintetizálna (34). Számos anyag együttes szintézise, raktározása és transzportációja lehetséges ugyanazon idegsejten belül. Közülük több állandóan kimutatható mennyiségben van jelen, míg mások látens állapotban vannak, és csak bizonyos extrém szituációkban válnak kimutathatóvá. Létezésük azonban igazolható, mert genetikus kódjuk, *in situ* hibridizációs technikával kimutatható mRNS-ük a sejtben jelen van (38).

c) Neuropeptidek kettős, hormonális és neurotranszmitter-szerepe

Kettős immunhisztokémiai festéssel igazolható, hogy hypothalamikus neuronok az eminentia medianában releasing hormonjaikat az érpályába ürítik, ugyanakkor axon-kollaterálisaik egy másik hypothalamikus sejten végződve, neurotranszmitter (neuro-modulátor)-hatást fejtenek ki. Példa erre annak igazolása, hogy a hypophysis növekedési hormonjának szabályozása hypothalamikus szinten is végbemegy: a növekedési hormon releasing hormont (GRF) ter-

2. táblázat

Az autonóm idegrendszeri szabályozásban – köztük a baroreceptor-szabályozásban – részt vevő, eddig megismert neurotranszmitterek
(A pályarendszer egyes szakaszainak – 1–10-ig jelölve – ismertetésére l. 4. ábra)

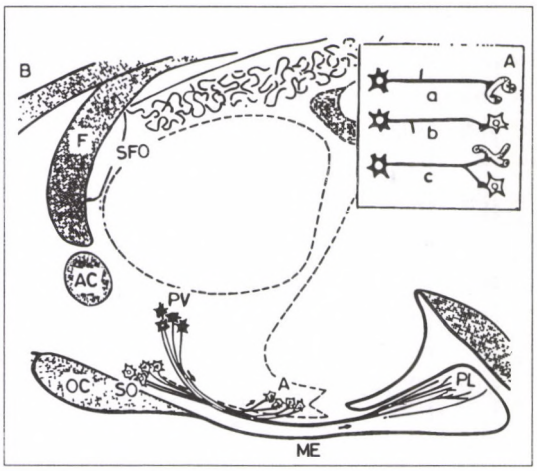
1 – glutamát, substance P, cholecystokinin (CCK), vasoaktiv intestinalis polipeptid (VIP) somatostatin, calcitonin gene-related peptid (CGRP)
2 – pro-opiomelanocortin hormonok (POMC) = ACTH, β-endorphin, α-MSH, somatostatin
3 – glutamát, enkephalin, neurotensin, neuropeptid Y (NPY), substance P
4 – enkephalin, somatostatin, substance P, CCK, neurotensin, dynorphin, bombesin, noradrenalin, adrenalin
5 – noradrenalin, NPY
6 – glutamát, aszpartát
7 – corticotropin releasing hormon (CRF), oxytocin, vasopressin, POMC, angiotensin II.
8 – adrenalin, GABA, serotonin, substance P, thyreotrop releasing hormon (TRH), enkephalin
9 – acetylcholin, galanin
10 – acetylcholin

melő hypothalamus-neuronok axon-kollaterálisai a nucleus periventricularis somatostatin-tartalmú neuronjain végződnek, míg ezen somatostatin-tartalmú idegsejtek axonjai az eminentia medianába futnak, ugyanakkor kollaterálisaik a hypothalamus GRF neuronjait idegzik be (39).

Másik példa: az eminentia medianába való belépésnél a hypophysis hátsó lebenyébe futó oxytocin-tartalmú tractus hypothalamo-hypophysealis kötegétől rostok válnak le, és bejutnak a nucleus arcuatusba (*5. ábra*), ahol pro-opiomelanokortin (ACTH, β-endorfin, α-MSH)-tartalmú idegsejteken végződnek (40).

d) Neuropeptidek szerepe az idegsejt regenerációjában

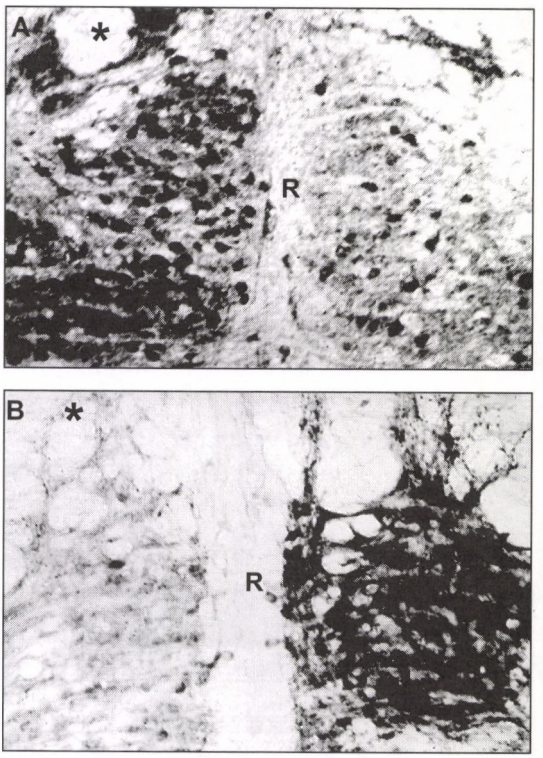
Immunhisztokémiai, majd *in situ* hibridizációs módszerrel megfigyelték, hogy idegsejtek sérülésénél, axotomia esetén az idegsejt bizonyos neuropeptideket termel (41–43). Először kuriózumnak tekintették ezt a megfigyelést, de a növekvő számú adatok mutatják, hogy csaknem minden központi idegrendszeri területen kimutatható ez a jelenség, mely számos neuropeptidre (galanin, CRF, CGRP, VIP, enkephalin, dynorphin) vonatkozik (38). Tovább vizsgálva



5. ábra. Neurohormon és neurotranszmitter karakterű neuropeptidek. A – Az idegsejtekben termelődő neuropeptidek axonális transzport után az idegvégződésekből felszabadulva neurohormonhatást fejthetnek ki, ha az érpályába jutnak (a), neurotranszmitter-hatást, ha másik idegsejten végződnek (b) az idegsejt axon-kollaterálisai – a végződési helytől függően – kifejthetnek mind neurohormonális, mind neurotranszmitter-hatást (c). B – Példa a kettős hatásra: a nucleus supraopticus (SO) és paraventricularis (PV) oxytocin-tartalmú idegrostjai a hypophysis hátsó lebenyében (PL) végződnek. Az itt raktározódó oxytocin az érpályába jutva neurohormonális hatást fejt ki. Axon-kollaterálisok a nucleus arcuatus (A) pro-opiomelanocortin (ACTH, β-endorfin, α-MSH)-sejtjein végződve, neurotranszmitter-funkciót látnak el. További rövidítések: AC – commissura anterior, F – fornix, ME – eminentia mediana, OC – chiasma opticum, SFO – subfornicalis szerv

ezt a jelenséget, érdekes megfigyelést tehetünk, ami a különböző anyagoknak ugyanazon idegsejtben való kollokalizációjának funkcionális jelentőségére is utalhat. Átvágva a tractus supraoptico-hypophyseost, a nucleus supraopticus sejtjeinek vasopressin-termelése azonnal lecsökken, ugyanakkor ugyanazokban a neuronokban egyes neuropeptidek (galanin, dynorphin) fokozottan szintetizálódnak (44). Vagotómia után a dorsalis vagus-magban az acetylcholinesterase termelése leáll, ugyanakkor a sejtek galanint és CRF-t kezdenek termelni (38, 45). Ismeretes, hogy a kisagy kúszórostjai az oliva inferior neuronjaiból erednek, és kereszteződés után az olivo-cerebellaris pályán jutnak a kisagyba. Ha féloldalt átvágjuk ezt a pályát. az ellenkező oldalon az oliva inferior sejtjeiben az aszpartát (ez a kúszórostok „fő" neurotranszmittere) mennyisége drasztikusan lecsökken, míg a sejtekben kotranszmitterként jelenlévő corticotropin releasing hormon mennyisége megnő (*6. ábra*). Valószínű, hogy az idegsejtek funkciójuk szerint bizonyos neurotranszmittereket, neurohormonokat termelnek, de genetikusan ennél többre vannak kódolva. (Indirekt bizonyítéka ennek az, hogy az embrionális idegrendszeri neuronokban jóval több neuropeptid és klasszikus neurotranszmitter mutatható ki, mint születés után.)

Sérülés esetén a sejtek hormon- vagy transzmittertermelő tevékenysége lecsökken, ugyanakkor egyes peptidek termelése megnő. Feltételezhető, hogy ezek az anyagok a sejt túlélését, regenerációját vannak hivatva biztosítani, mintegy „nerve growth factor"-szerepet töltenek be (25, 38).



6. ábra. Neurotranszmitterek termelésének változása axotómia után. Nucleus olivaris inferior medialis rész (R = raphe medullaris = középvonal). Az aszpartát-immunpozitivitás lecsökken (A), a corticotropin releasing hormon- (CRF) immunpozitivitás megnő (B) az olivocerebellaris pálya átmetszése után 3 nappal. (– műtéti oldal – a rostok az oliva inferior szintjében teljesen átkereszteződnek, így a fenti hatás kontralaterálisan látható)*

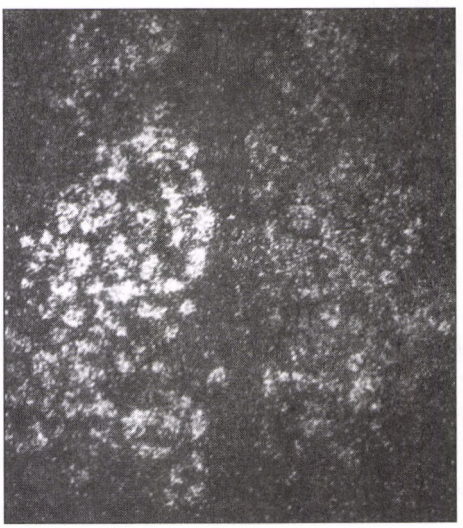
3. Funkcionális neuroanatómiai szemlélet a pályakutatásban

Az ingerületátvitel mechanizmusában számos faktor – neurotranszmitter-enzim-receptor-transzporter-ioncsatornák -onkogének-ciklázok – kaszkádszerűen vesz részt. Az újabb és újabb információk egyben növekvő igényt jelentettek a neuroanatómiával szemben is, ennek eredményeképpen ma már e kaszkád minden tagját neuromorfológiai módszerrel topográfiailag és időviszonyaiban is nyomon tudjuk követni.

a) Biogén aminok transzportereinek szintézisét befolyásoló egyes faktorok

Csupán az elmúlt évek során vált ismeretessé, hogy a szinaptikus végződésekben felszabaduló, de posztszinaptikusan receptorhoz nem kötődő transzmitter molekulák nem passzív úton, hanem speciális anyagok, transzporterek aktív tevékenysége révén jutnak vissza a preszinaptikus végződésekbe (46). A kü-

lönböző biogén amin és aminosav transzmittereknek sikerült már transzportereit kimutatni, klónozni és sejtbeli szintézisüket lokalizálni (46). A transzporterek transzmitterekkel együtt szintetizálódnak és axonálisan transzportálódnak. Vizsgálataink közül két megfigyelést emelnék ki: 1) sem a dopamin, sem a serotonin esetében nem tudtunk tökéletes topográfiai átfedést demonstrálni. Találtunk viszont sejteket gazdag dopamin transzporter mRNA-tartalommal tyrozin hydroxiláz szintézis minden jele nélkül. Nincs elegendő adatunk arra, hogy ezt a jelenséget magyarázzuk, de jelzi azt, hogy az „egy transzmitter – egy transzporter" szemlélet (46) bizonyára nem tartható fent. 2) Igazoltuk, hogy nemcsak a neurotranszmitterek, de a transzporterek szintéziséhez is adekvát idegi impulzusok szükségesek. A transzportereket szintetizáló idegsejtekhez menő afferens idegpályák károsodása a transzporterek szintézisét leállíthatja. Pályakutatással foglalkozó szakember számára e megfigyelés logikus folyamatnak tűnik, de funkcionális jelentősége nem kap elég hangsúlyt. Figyelembe kell venni azt a lehetőséget, hogy egyes transzmitterfüggő betegségekben – Parkinson-kór, Alzheimer-kór – lehetséges, hogy nem (vagy nem csupán) a transzmitterek vagy a receptorok szintézise és érzékenysége, hanem a szinaptikus reuptake-ért felelős transzporterek elégtelen szintézise áll fent, ami – s ezt már hangsúlyozni sem kell – a lehetséges terápiát döntő módon befolyásolhatja.

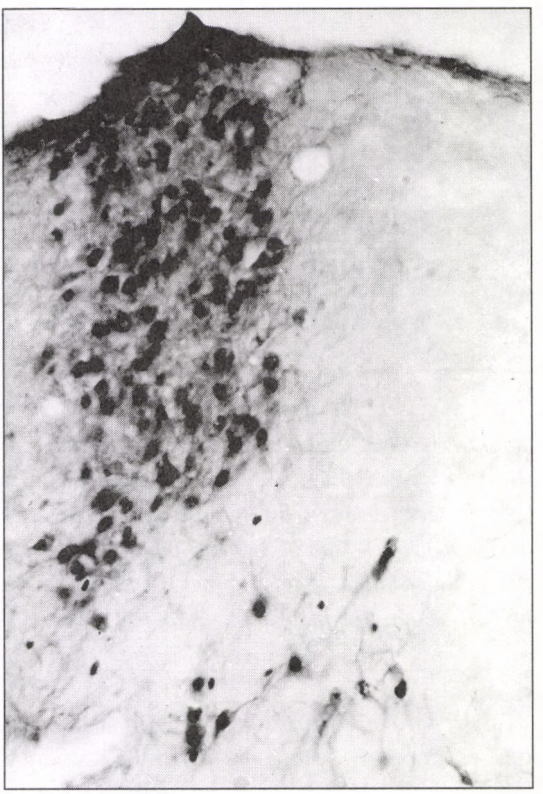


7. ábra. Axotómia okozta gyors változások az oliva inferior corticotrop releasing hormont (CRF) termelő idegsejtjeiben. A műtét után 3 órával a CRF mRNS felszaporodik az axonátmetszett idegsejtek perikaryonjában (metszet helye és jelölés l. 6. ábra*)*

b) Neuropeptidek és neurotranszmitterek nyomon követése idegsejtekben

Immunhisztokémiai festéssel kimutatható – megfelelő kvantitatív módszerrel mérhető – az idegsejtek által termelt neuropeptidek vagy transzmitterek. Kimutatásuk optimális ideje (perikaryonban, axonban, végződésben) a beavatkozást követő 1–3 nap, és nem a szintetizált mennyiséget, hanem a szintézis és a felhasználás

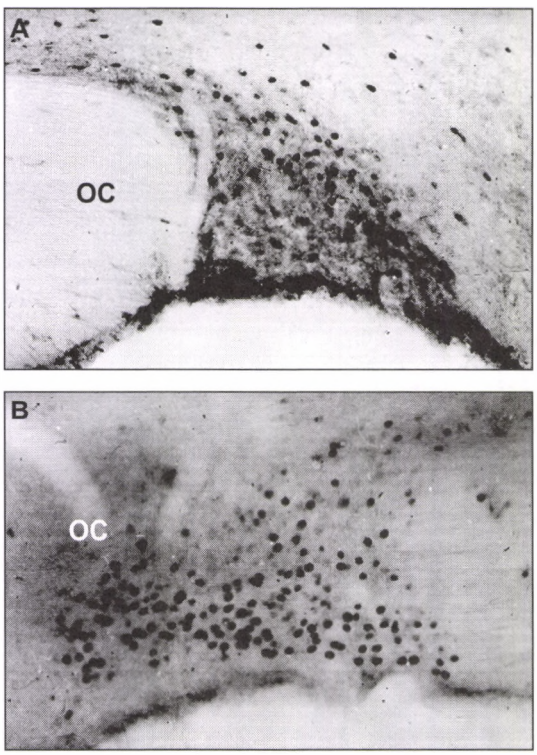
(transzport) különbségét mutatja. A történés időbeli nyomon követéséhez nem a szintetizált terméknek, hanem a szintézis tényének kimutatása, az adott neuropeptid vagy transzmitter mRNS-ének változása már bizonyítóbb, specifikusabb és hamarabb kimutatható. Erre szolgál az in situ hibridizációs hisztokémiai technika, ahol a neuronokban levő speciális mRNS-t tesszük láthatóvá. Az immunhisztokémiai és in situ hibridizációs módszer összehasonlításaként használhatjuk az oliva inferior sejtjeiben az olivo-cerebellaris pálya átmetszését követő változásokat. Az axotómiát követő CRF-immunreakció 1 nappal a műtét után már kimutatható volt, majd 3 nap után markánssá vált (*6. B ábra*). Hasonló beavatkozást követően viszont már 3 órával kifejezett változás volt kimutatható a sejtek CRF mRNS-tartalmában (*7. ábra*). Megjegyzendő, hogy a változások időbeli lefolyása a neurontípusonként, neurotranszmitterenként változó, és természetesen függ a beavatkozás milyenségétől. Általánosan elfogadható, hogy az immunhisztokémiai változások a mRNS-változásokat 18–24 órával később követik, ugyanakkor 2–6 nappal tovább mutathatók ki.



8. ábra. Fájdalomstressz okozta gyors változás a locus coeruleus noradrenalint termelő sejtjeiben (tirozin-hydroxiláz immunfestés). 30 perccel a stressz után c-fos *onkogén mutatható ki – fekete pontként – az idegsejtek magjaiban*

c) Az onkogének szerepe a pályakutatásban

Az onkogének (vagy az angol nómenklatúrában használatos nevük szerint „immediate early gene"-k) kimutatása a neuronokban a pályakutatás egyik komoly fajsúlyú eszközévé vált. Ezek az anyagok (a *c-fos* a leginkább használatos közülük) azonnal aktiválódnak, ha az idegsejt ingerületbe jön, és a sejtmagba jutva a specifikus neuropeptid vagy neuro-



9. ábra. Szelektív és gyors (30 perc) c-fos *onkogén válasz a nucleus supraopticus sejtjeiben különböző stressz hatására. Fájdalomstressz hatására a mag felső részében lévő oxytocin-corticotropin releasing hormon (CRF)-sejtek (A) magvában, véreztetéses stressz hatására a mag alsó részében levő vasopressin-sejtek (B) magjában mutatható ki* c-fos. *OC – chiasma opticum*

transzmitter mRNS-ének szintézisét indítják el (47, 48). Felhasználásának három előnye van: a) morfológiailag kimutatható gyors válasz (30–90 perc) az adott inger hatására, b) nemcsak egy neuronban, hanem a funkcionálisan összefüggő pályarendszer minden neuronjában aktiválódik, c) immunhisztokémiai, ill. *in situ* hibridizációs technikával való kimutathatósága ugyanezen technikákkal alkalmazott kettős jelöléssel az aktivált neuron kémiai karaktere is meghatározható. Ezen előnyök jól demonstrálhatók az alábbi példákon: Fájdalom-stressz hatására a locus coeruleus noradrenalin-tartalmú neuronjaiban 30 perccel a formalininjekció után *c-fos*-pozitivitás volt kimutatható *(8. ábra)*. A szelektív hatást igazolandó a nucleus supraopticust két különböző stressz alkalmazása után vizsgáltuk. Fájdalomstressz hatására a mag oxytocint és corticotrop releasing factor-termelő sejtjeiben találtunk *c-fos*-aktivitást, míg a vasopressin-tartalmú sejtek negatívak maradtak *(9. A ábra)*. Megfordítva: véreztetéses stressz hatására *c-fos*-pozitivitás a mag vasopressint termelő sejtjeiben volt látható *(9. B ábra)*, míg az oxytocin-CRF sejtek negatívak voltak.

A modern pályakutatás eszköztára – amit vázlatosan és egy-egy példával kívántam bemutatni – óriási, de egyben roppant költséges is. Mindegyikének megvannak a speciális előnyei és korlátai is. Pontosan kell ismerni, mit, miért és meddig használhatunk. A pályakutatás mai csúcsát a különböző technikák együttes alkalmazása jelenti. Számos paraméter együttes vizsgálata azt mutatja,

hogy különböző stresszorok hatásukat különböző módon hozzák létre (49). Az egyik stressz- (fájdalom) pálya vizsgálatát mutatom be példaként a pályakutatás számos módszerének összetett alkalmazására (zárójelben tüntetjük fel az adott vizsgálati fázisban alkalmazott technikát). A kérdés, amire választ kívántunk kapni: vajon a fájdalom a nucleus paraventricularis CRF-sejtjeinek aktiválása révén okoz-e stresszválaszt (ACTH- és corticosteron-aktiválás), és vajon a stressz okozta válaszban közvetlen szerepe lehet-e az agy catecholamin-rendszerének? E két kérdés adekvát megválaszolására – a válasz mindkét esetben igen – hét különböző kísérletben hét különböző technika alkalmazására került sor:

1. a fájdalomstressz aktiválja a paraventricularis CRF-sejteket (*c-fos*+ immunfestés);
2. a fájdalomstressz percek alatt aktiválja a nyúltvelő ventrolaterális noradrenalin-sejtjeit (*c-fos*+tirozin-hidroxiláz immunfestés);
3. a fájdalomstressz percek alatt emeli a nucleus paraventricularisból mikrodialízissel vett extracelluláris folyadékban a noradrenalin koncentrációját (microdialysis-noradrenalin mennyiségének mérése HPLC rendszerben)
4. a stresszre reagáló nyúltvelői noradrenalin-sejtek a nucleus paraventricularisba projiciálnak (retrográd pályajelzés);
5. a nyúltvelő féloldali átmetszése után az ipsilateralis nucleus paraventricularisból a noradrenalin-tartalmú rostok zöme eltűnik (műtét+tyrosine hydroxilaz immun-hisztokémia);
6. a nyúltvelő féloldali átmetszése után az átvágott oldalon elmarad a stressz okozta noradrenalinszint-emelkedés a nucleus paraventricularisban (műtét +microdialysis+noradrenalin-mikromérés);
7. a nyúltvelő féloldali átmetszése után az ipsilateralis nucleus paraventricularis sejtekben a CRF mRNS-szint erősen lecsökken (műtét + *in situ* hibridizációs hisztokémia).

Látható, hogy a látszólag egyszerű két kérdés megválaszolása milyen erőfeszítéseket igényel. Sőt, a téma még nem zárult le, mert úgy találtuk, hogy a műtött állatokon alkalmazott fájdalomstressz képes volt emelni a CRF mRNS-szintet mind a műtött, mind az ép oldali nucleus paraventricularisban, jelezvén, hogy a nyúltvelői catecholamin neuronok nem kizárólagos regulátorai a formalin okozta CRF-szintézisnek a nucleus paraventricularisban. További vizsgálatok szükségesek, hogy további, e stresszválaszban szerepet vivő neuronokat, pályákat ismerhessünk meg, és azokat anatómiailag lokalizálhassuk.

Összefoglalva: a bemutatott példák csupán kiragadott illusztrációi napjaink neuroanatómiai pályakutatásainak. Bemutatása a lehetőségeknek és azoknak az erőfeszítéseknek, melyek e roppant költségessé váló, gyönyörű tudományág hazai művelésére irányulnak.

Irodalom

1. Golgi, C. : *Untersuchungen über den feinerischen Bau des centralen und periphehen Nervensystems.* Gustav Fischer, Jena, 1894.
2. Ramón y Cajal, S.: *Histologie du systeme neveux l'homme et des vertébres.* N. Maloine, Paris, 1911.
3. Brodal, A. (Ed.): *Neurological Anatomy in Relation to Clinical Medicine.* 3rd Ed., Oxford Univ. Press, New York, 1981
4. Carpenter, M. B., Sutin, J. (Eds): *Human Neuroanatomy.* Eigth Ed., Wlliams Wilkins, Baltimore/London, 1983.
5. Koelle, G. B.: The histochemical localization of cholinesterases in the central nervous system of the rat. *J. Comp. Neurol.*, 1954. 100, 211–228.
6. Fuxe, K.: Evidence for the existence of monoamine neurons in the central nervous system. *Acta Physiol. Scand.*, 1965. 247, Suppl. 64, 38–85.
7. Björklund, A., Hökfelt, T. (Eds): *Handbook of Chemical Neuroanatomy, Vol 2. Classical Transmitters in the CNS, Part I.* Elsevier, Amsterdam–New York–Oxford, 1984.
8. Björklund, A., Hökfelt, T. (Eds): *Handbook of Chemical Neuroanatomy, Vol. 4: GABA and Neuropeptides in the CNS, Part I.* Elsevier, Amsterdam–New York–Oxford, 1985.
9. Björklund, A., Hökfelt, T., Kuhar, M. J. (Eds): *Handbook of Chemical Neuroanatomy: Vol. 9: Neuropeptides in the CNS.* Elsevier, Amsterdam–New York–Oxford, 1990.
10. Björklund, A., Hökfelt, T., Swanson, L. W. (Eds): *Handbook of Chemical Neuroanatomy, Vol. 5: Integrated Systems of the CNS, Part I: Hypothalamus, Hippocampus, Amygdala, Retina.* Elsevier, Amsterdam–New York–Oxford, 1987.
11. Björklund, A., Hökfelt, T., Swanson, L. W. (Eds): *Handbook of Chemical Neuroanatomy, Vol. 7: Central Visual, Auditory, Somatosensory, Gustatory.* Elsevier, Amsterdam–New York–Oxford, 1989.
12. Heimer, L., Záborszky, L. (Eds.): *Neuroanatomical Tract-Tracing Methods, Vol. 2: Recent Progress.* Plenum Press, New York and London, 1989.
13. Palkovits M.: Neurotranszmitterek a központi idegrendszer pályáiban. In: *Humán farmakológia: a racionális terápia alapjai.* (Szerk.: Vizi E. S.), Medicina, Budapest, 1997.
14. Palkovits, M., Bahner, U., Geiger, H.: Preoptic neuronal circuit: Atrial natriuretic peptide-containing neurons are sensitive to acute and chronic alterations in body fluid homeostasis. *Miner. Electrolyte Metab.*, 1995. 21. 423–427.
15. Léránth, Cs., Brownstein, M., Záborszky, L., Járányi, Zs., Palkovits, M.: Morphological and biochemical changes in the rat interpeduncular nucleus following the transection of the habenulo-interpeduncular tract. *Brain Res.*, 1975. 99, 124–128.
16. Palkovits, M., Epelbaum, J., Gros, C.: Met-enkephalin concentrations in individual brain nuclei of ansa lenticularis and stria terminalis transected rats. *Brain Res.*, 1981. 216, 203–209.
17. Palkovits, M., Brownstein, M., Zamir, N.: On the origin of dynorphin A and α-neo-endorphin in the substantia nigra. *Neuropeptides,* 1984. 4, 193–199.
18. Palkovits, M., Besson, J., Rotsztejn, W.: Distribution of vasoactive intestinal polypeptide in intact, stria terminalis transected and cerebral cortex isolated rats. *Brain Res.*, 1981. 213, 455–459.

19. Eiden, L. E., Hökfelt, T., Brownstein, M. J., Palkovits, M.: Vasoactive intestinal polypeptide afferents to the bed nucleus of the stria terminalis in the rat: an immunohistochemical study and biochemical study. *Neuroscience,* 1985. 15, 999–1013.
20. Záborszky, L., Beinfeld, M. C., Palkovits, M., Heimer, L.: Brainstem projection to the hypothalamic ventromedial nucleus in the rat: A CCK-containing long ascending pathway. *Brain Res.,* 1984. 303, 225–231.
21. Palkovits, M., Mezey, É., Eskay, R. L.: Pro-opiomelanocortin-derived peptides (ACTH/β-endorphin/α-MSH) in brainstem baroreceptor areas of the rat. *Brain Res.,* 1987. 436, 323–338.
22. Palkovits, M., Léránth, Cs., Görcs, T., Young, W. S. III.: Corticotropin-releasing factor in the olivocerebellar tract of rats: Demonstration by light- and electron-microscopic immunohistochemistry and in situ hybridization histochemistry. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA,* 1987. 84, 3911–3915.
23. Moffett, R., Williamson, L., Palkovits, M., Namboodiri, M. A. A.: N-acetylaspartylglutamate: A transmitter candidate for the retinohypothalamic tract. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA,* 1990. 87, 8065–8069.
24. Palkovits, M., Mezey, É., Skirboll, L .R., Hökfelt, T.: Adrenergic projections from the lower brainstem to the hypothalamic paraventricular nucleus, the lateral hypothalamic area and the central nucleus of the amygdala in rats. *J. Chem. Neuroanat.*, 1992. 5, 407–415.
25. Ágoston, D. V., Komoly, S., Palkovits, M.: Selective up-regulation of neuropeptide synthesis by blocking the neuronal activity: Galanin expression in septohippocampal neurons. *Exp. Neurol.,* 1994. 126, 247–255.
26. Fodor, M., Palkovits, M.: Neuropeptide Y-containing neuronal pathway from the spinal trigeminal nucleus in the pontine peribrachial region in the rat. *Neurosci. Lett.,* 1991. 133, 195–198.
27. Makara, G. B., Stark, E., Kárteszi, M., Palkovits, M., Rappay, Gy.: Effects of paraventricular lesions on stimulated ACTH release and CRF in stalk-median eminence of the rat. *Am. J. Physiol.*, 1981. 240, E441–E446.
28. Antoni, F. A.: Immunoreactive corticotropin-releasing hormone in the hypothalamo-infundibular tract. *Neuroendocrinology,* 1983. 36, 415–423.
29. Makara, G. B., Palkovits, M., Antoni, F. A., Kiss, J. Z.: Topography of the somatostatin-immuno-reactive fibers to the stalk-median eminence of the rat. *Neuroendocrinology,* 1983. 37, 1–8.
30. Palkovits, M., Rökaeus, A., Antoni, F. A., Kiss, A.: Galanin in the hypothalamo-hypophyseal system. *Neuroendocrinology,* 1987. 46, 417–423.
31. Palkovits, M., Eskay, R. L., Antoni, F. A.: Atrial natriuretic peptide in the median eminence is of paraventricular nucleus origin. *Neuroendocrinology,* 1987. 46, 542–544.
32. Palkovits, M., Brownstein, M. J., Zamir, N.: Immunoreactive dynorphin and -neo-endorphin in rat hypothalamo-neurohypophyseal system. *Brain Res.,* 1983. 278, 258–261.
33. Palkovits, M.: Organization of the stress response at the anatomical level. In: *Progress in Brain Research, Vol. 72: Neuropeptides and Brain Function.* E. R. De Kloet, V. M. Wiegant, D. de Wied (Eds). 47–55, Elsevier, Amsterdam–New York–Oxford, 1987.
34. Hökfelt, T., Meister, B., Everitt, B., Staines, W., Melander, T., Schalling, M., Mutt, V., Hulting, A.-L., Werner, S., Bartfai, T., Nordström, Ö., Fahrenkrug, J., Goldstein, M.: Chemical neuroanatomy of the hypothalamo-pituitary axis: focus on multimessenger

systems. Geoffrey Harris Memorial Lecture. In: *Integrative Neuroendocrinology: Molecular, Cellular and Clinical Aspects*. S. M. McCann, R. I. Weiner (Eds.). Karger, Basel, 1987. 1–34.

35. Sawchenko, P. E., Imaki, T., Vale, W.: Co-localization of neuroactive substances in the endocrine hypothalamus. In: *Functional Anatomy of the Neuroendocrine Hypothalamus: A Wiley-Interscience Publication. CIBA Foundation Symp. 168.* John Wiley & Sons, 21 Chichester, 1992.
36. Palkovits, M.: Peptidergic neurotransmitters in the endocrine hypothalamus. In: *Functional Anatomy of the neuroendocrine Hypothalamus: A Wiley-Interscience Publication.* CIBA Foundation Symp. 168. John Wiley & Sons: Chichester, 1992.
37. Palkovits, M.: Neuropeptides in central baroreceptor reflex pathways. In: *Central Neural Mechanisms in Cardiovascular Regulation.* G. Kunos, J. Ciriello (Eds.), Chapt. 12, Birkhauser: Boston–Basel–Berlin, 1991. 153–164.
38. Palkovits, M.: Neuropeptide messenger plasticity in the CNS neurons following axotomy. *Mol. Neurobiol.,* 1995. 10, 91–103.
39. Horváth, S., Palkovits, M., Görcs, T., Arimura, A.: Electron microscopic immunocytochemical evidence for the existence of bidirectional synaptic connections between growth hormone-releasing hormone- and somatostatin-containing neurons in the hypothalamus of the rat. *Brain Res.*, 1989. 481, 8–15.
40. Csiffáry, A., Ruttner, Z., Tóth, Zs., Palkovits, M.: Oxytocin nerve fibers innervate β-endorphin neurons in the arcuate nucleus of the rat hypothalamus. *Neuroendocrinology,* 1992. 56, 429–435.
41. Cortés, R., Villar, M. J., Verhofstad, A., Hökfelt, T.: Effects of central nervous system lesions on the expression of galanin: A comparative in situ hybridization and immunohistochemical study. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.,* 1990. 87, 7742–7746.
42. Villar, M. J., Cortés, R., Theodorsson, E., Wiesenfeld-Hallin, Z., Schalling, M., Fahrenkrug, J., Emson, P. C., Hökfelt, T.: Neuropeptide expression in rat dorsal root ganglion cells and spinal cord after peripheral nerve injury with special reference to galanin. *Neuroscience,* 1989. 33, 919–931.
43. Moore, R. Y.: Cranial motor neurons contain either galanin- or calcitonin gene-related peptide-like immunoreactivity. *J. Comp. Neurol.,* 1989. 282, 512–522.
44. Young, W. S. III., Horváth, S., Palkovits, M.: The influences of hyperosmolality and synaptic inputs on galanin and vasopressin expression in the hypothalamus. *Neuroscience,* 1990. 39, 115–125.
45. Palkovits, M., Horváth, S.: Galanin immunoreactive neurons in the medulla oblongata of rats. *Acta biol. hung.,* 1994. 45, 399–417.
46. Amara, S. G., Kuhar, M. J.: Neurotransmitters transporters: recent progress. *Annu. Rev. Neurosci.,* 1993. 16, 73–93.
47. Bullitt, E.: Expression of c-fos-like protein as a marker for neuronal activity following noxious stimulation in the rat. *J. Comp. Neurol.*, 1990. 296, 517–530.
48. Doucet, J. P., Squinto, S. P., Bazan, N. G.: Fos-jun and the primary genomic response in the nervous system. In: *Molecular Neurobiology,* N. G. Bazan (Ed.). Humana, Clifton NJ, 1990. 27–55
49. Pacak, K., Palkovits, M., Kopin, I. J., Goldstein, S.: Stress-induced norepinephrine release in the hypothalamic paraventricular nucleus and pituitary-adrenocortical and sympathoadrenal activity: In vivo microdialysis study. *Front. Neuroendocrinol.,* 1995. 16, 89–150.

VI. MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA

Terplán Zénó
az MTA rendes tagja

A GÉPSZERKEZET-TANRÓL

Elhangzott 1995. október 25-én

Minden gép három részből áll: erőgépből (hajtógépből), közlőműből (hajtóműből) és munkagépből (hajtott gépből). Funkcióját mindegyik úgy tudja megoldani, hogy *szerkezete* van, amely szerkezeti anyagból valamilyen technológiai eljárással készül. A *gépszerkezettan* – nagyon leegyszerűsített fogalmazásban – tulajdonképpen ennek elméleti és gyakorlati megvalósítását foglalja össze. Ennek ellenére a hazai műszaki felsőoktatás és műszaki tudomány fejlődésében a gépszerkezettan szó tartalma is változott.[1]

Ennek a tanulmánynak az a célja, hogy először összefoglalja a gépszerkezettan szó használatát a hazai műszaki felsőoktatás és műszaki tudomány múltjában és jelenében, majd megnevezze azokat a magyar múltbeli akadémikusokat, akik a gépszerkezettan legkiemelkedőbb művelői voltak. Közülük részletesebben elemzi *Jendrassik György* (1898–1954) életét, akinek egyik alkotása a Ganz–Jendrassik-motorcsalád szellemes gépszerkezettani megoldásaival hosszú időn át a Ganz-gyár egyik – az országnak is nagy hasznot hozó – gépipari termékévé vált.

Jendrassik György rövid, de hatékony élete, kutató- és vezetőmérnöki munkássága, számos szabadalma példamutató ma is a magyar gépészeti szakma számára, és ez volt a Miskolci Egyetem (az 1949–1990 közötti Nehézipari Műszaki Egyetem) *Gépelemek Tanszéké*nek oktatói-kutatói számára is az oktatásban, a tudományos kutatásban, számos ipari megbízás teljesítésében, megvalósításában.

A gépszerkezettan szó hazai használata a múltban és a jelenben

A gépszerkezettan szó a műszaki felsőoktatásban

A *gépszerkezettan* szót már a múlt század második felében használja a hazai gépészeti szakma, a szó teljesen szabatos magyarázata mégsem született még meg. Tekintsük át először, mivel kapcsolatban használták kezdetben ezt a kifejezést!

Zelovich Kornél (1869–1935) akadémikus professzor 1922-ben – rektorként – megírta a mai BME (Budapesti Műszaki Egyetem) jogelődjének fél évszázados (1871–1921) történetét *A M. Kir. József Műegyetem és a hazai technikai felsőoktatás története* címen (Pátria, Bp. 1922. 371 p.).[2] Ebben a könyvben a név- és tárgymutatóban négy helyre utal a „gépszerkezettan" szó:

A 185. oldalon ez olvasható: „A gépészmérnöki szakosztályban megszüntették ... *a gépszerkezettan* tárgyat, s a tudományos technika haladásának megfelelően e tudományt felosztották *gépelemekre, kalorikus gépekre, hydrogépekre, dynamogépekre* és *emelőgépekre*." Mindez 1898-ban történt.

Az 1971-ben *A Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karának centenáriumi emlékkönyve, 1871–1971* című könyvben[3] *Varga* József professzor – dékánként – írta meg a kar történetét. A kiadvány 16. oldalán kiderül, hogy a BME jogelődjén, a József Polytechnikumban már az 1867/68-as tanévtől a gépészmérnöki osztályon öt tanévnyi oktatás folyt; a *Gépszerkezettan I–II* tárgyat pedig a IV. és V. tanévben heti 5-5 óraszámmal tanították úgy, hogy IV. éven párhuzamosan gépszerkesztés, V. éven géptervezés elnevezésű tárgyakat is oktattak heti 10-10 órában.

Zelovich rektor az előbb idézett könyv 193. oldalán a személyi hírek között ezt írta: „1883. július 26-án kineveztetett ... *Asbóth Emil* helyettes tanár a *gépszerkezettan* ny. r. tanárává"; majd a 195. oldalon így folytatta: „1899. december 12-én menti fel őfelsége *Asbóth Emilt* műegyetemi működéséből, aki a *gépszerkezettani* tanszékre 1900. október 16-án ny. rk. és 1902. május 5-én ... kinevezte *Cserháti Jenőt*, a Ganz és Társa Vasöntöde és Gépgyár Rt. Elektrotechnikai Intézetének volt igazgatóját, az egyik *gépszerkezettani* tanszék ... ny. r. tanárává."

Varga József dékán pedig írását így folytatta: „*Bielek Miksa* már 1864-től működött, mint az erőműgéptan és *gépszerkezettan* tanára."

Ennek a gépszerkezettan tárgynak az 1898. évi megszüntetéséről írt tehát Zelovich rektor. Meg kell azonban jegyezni, hogy a tárgy heti óraszáma és tanévbeli elhelyezése 1867–1898 között esetenként változott.

A budapesti gépészmérnök-oktatás sajátossága volt, hogy a századforduló idején sorban alakult meg a második, a harmadik, végül a *negyedik számú gépszerkezettani tanszék*. Érdekes, hogy kb. éppen akkor alakult ki ez a négy gépszerkezettani tanszék, amikor maga a gépszerkezettan tantárgy megszűnt. De a második világháború után ez a négy tanszék is elhagyta a gépszerkezettan szót és felvette addigi alcímeit. Persze az évtizedek során az alcím is változott a kinevezett professzorok érdeklődési körétől függően. Pl. a századfordulón ilyen lehetett a gépszerkezettani tanszékek alcíme (zárójelben a tanszékvezetők nevével):

I. Kalorikus gépek (*Bielek Miksa*, 1833–1917)
II. Gépelemek és emelőgépek (*Schimanek Emil*, 1872–1955)
III. Hidrogépek és gőzturbinák (*Bánki Donát*, 1859–1922)
IV. Géptan és géprajz (*K. Jónás Ödön*, 1851–1933)

1943-ban pedig:

I. Gőzturbinák és hűtőgépek (*Schimanek Emil*, 1872–1955)
II. Gépelemek és géprajz (*Vörös Imre*, 1903–1984)
III. Szállítóberendezések és hidrogépek (*Pattantyús-Á. Géza*, 1885–1956)
IV. Gőz- és gázgépek (*Kund Ede*, 1884–1970)

Ennek a tanulmánynak a szerzője 1943–1949 között a III. számú Gépszerkezettani Tanszéknek volt a tanársegéde, majd adjunktusa: 1949 óta pedig a mai Miskolci Egyetem jogelődjének, a Nehézipari Műszaki Egyetemnek Gépelemek Tanszékét vezette csaknem négy évtizeden át.

Tartalmilag a *gépszerkezettan* a gépelemek tárgyhoz áll legközelebb. Nem részletezve az elmúlt évtizedek tantervreformjainak gyakori változásait, inkább érdemes az 1992. évi *Gépelemes évkönyvből* (GATE, 1992. 85 p.[4]) kiírni az adatokat.

A következőkben csak azoknak az oktatási intézményeknek felsorolása látható, amelyek *nevében* vagy oktatott *tárgyai* között tulajdonképpen „visszatért" a *gépszerkezettan*:

Műszaki egyetemek:

BME Gm. Karának *Gépszerkezettani* Intézete (tárgyai között: *Gépszerkezettan*, Technológiai gépek *gépszerkezettana*)
ME Gm. Karának Gépelemek Tanszéke (tárgyai között: *Gépszerkezettan*, Hajtóművek *gépszerkezettana*)
GATE Mg.-i Gm. Kara Mezőgazdasági Géptani Intézetének Mezőgazdasági *gépszerkezettani* Tanszéke

KÉE Kertészeti Karának Műszaki Tanszéke (tárgyai között: *Gépek szerkezettana I–III.*)
VE Mérnöki Karának Géptani Tanszéke (tárgyai között: *Gépszerkezettan*)

Műszaki főiskolák:

BDMF *Gépszerkezettani* Intézete (tárgyai között: *Gépszerkezettan I–III.*)
ME Dunaújvárosi Főiskolai Karának Géptani Tanszéke (tárgyai között: *Gépszerkezettan*)
PMMF *Gépszerkezettani* Tanszéke (tárgyai között: *Gépszerkezettan*)

Ismertek olyan *nem* gépelemes jellegű tanszékek, amelyek ugyancsak tanítják a *Gépszerkezettan* tárgyat.

Ezekből a tantárgyakból esetenként megjelentek azonos vagy hasonló című egyetemi ill. főiskolai jegyzetek. Ezek átnézésekor megállapítható a tárgykör tartalmának sokszínűsége, hol gyűjtő jellege, hol csak kiegészítő fejezetek összefoglalása.

De a hazai gépészet nagyjai könyveik, egyetemi jegyzeteik vagy cikkeik címében, alcímében ugyancsak használták a *gépszerkezettan* ill. valamilyen gép vagy berendezés *szerkezettana* kifejezést. [5–10.] Például:

Bánki Donát: Harmadik *gépszerkezettani* tanszék: a hydrogépek tanszéke. *Magyarország,* 1910. máj. 26. száma. 30–31.
Bánki Donát–Pattantyús-Á. Géza: Dugattyús szivattyúk és kompresszorok *gépszerkezettana*. Német J. kiadása, Bp. 1932. 163. p.
Herrmann Miksa: Gépelemek. (Bevezetés a *gépek szerkezettanába* ...). Németh J. kiadása, Bp. 1924. 703 p.
Pattantyús-Á. Géza: Emelő*gépek* üzemtana és *szerkezettana*... Németh J. kiadása, Bp. 1927. 495 p. – *Hidrogépek* üzemtana és *szerkezettana* I–III. (Egyetemi jegyzetek.) Saját kiadás. Bp. 1933. (III. 163 p.); 1935 (I. 132 p.); 1936 (II. 200 p.) – Szállító*berendezések* üzemtana és *szerkezettana*. (Egyetemi jegyzet.) Saját kiadás. Bp. 1934. 106 p.

A gépszerkezettan szó a műszaki tudományban

A hazai tudományban is használják a *gépszerkezettan* kifejezést. Az MTA tudománytagozódásában csak 1949-ben jelentek meg önálló osztályként *a műszaki tudományok*, amelyek természetesen tovább bontódtak szakbizottságokra, főbizottságokra, 1967 óta bizottságokra. 1951-ben alakult meg pl. néhány neves szakember közreműködésével az akadémiai fogaskerék-szakbizottság, amely

azonban néhány év után más gépelemekkel bővült, és átalakult *gépszerkezettani szakbizottsággá*, majd egy újabb átszervezést követően beolvadt a gépészeti főbizottságba. 1967-ben újabb reform folyományaként előbb kinetikai és kinematikai, majd 1970 óta *gépszerkezettani* bizottságként az MTA kb. 120 bizottsága egyikeként ma is, 25 év múltán is működik.

Ma egyébként az MTA Műszaki Tudományok Osztályán belül a Gépészeti-Kohászati Tudományok Szakcsoportjához a következő országos hatáskörű tudományos bizottságok és albizottságok tartoznak[11]:

Anyagtudományi és Technológiai Bizottság
- Anyagtudományi és hőkezelési Albizottság
- Gyártási rendszerek Albizottság
- Hegesztési Albizottság
- Nagy energiasűrűséggel végzett megmunkálások Albizottság

Áramlás- és hőtechnikai Bizottság

Energetikai Bizottság

Gépszerkezettani Bizottság (GAB)
- Géprendszerek Albizottság
- Hajtástechnikai Albizottság
- Mechanizmusok Albizottság
- Méretezési Albizottság
- Tervezéselméleti Albizottság
- Tribológiai Albizottság

Ideillik még az MTA területi bizottságai közül: a *Miskolci Akadémiai Bizottság* (MAB) szervezeti felépítéséből a Miskolcon dolgozó viszonylag sok gépész és kohász szakember következtében kialakult észak-magyarországi hatáskörű 2 szakbizottságot megemlíteni a 13 közül munkabizottságaikkal[12]:

Gépészeti Szakbizottság
- Anyagmozgatási és logisztikai Munkabizottság
- Anyagtudományi és technológiai Munkabizottság
- Automatizálási és informatikai Munkabizottság
- *Gépszerkezettani Munkabizottság*
- Műszaki mechanikai Munkabizottság

Kohászati Szakbizottság
- Anyagtudományi Munkabizottság
- Képlékenyalakítási Munkabizottság
- Metallurgiai Munkabizottság

Érdekességként még az is megemlíthető, hogy az MTA-val mellérendelt viszonyban lévő Tudományos Minősítő Bizottságon (TMB-n) belül a Gépé-

szeti-Kohászati Szakbizottságban gyakran jelölték ki a *gépszerkezettan* tárgyat kandidátusi szakmai vizsgához 1952–1995 között.

Másfél évtizeden át ennek a tanulmánynak a szerzője látta el a *Gépszerkezettani Akadémiai Bizottság* (GAB) elnöki tisztét. Az 1970-es években kellett minden akadémiai bizottságnak – így a GAB-nak is – megalkotnia saját alapokmányát és helyzetelemzését. A GAB akkori tagjai sok időt szántak arra, hogy a feladatnak eleget tegyenek, hiszen – az eddigi adatokból láthatóan – hiába használták az elődök és a kortársak a *gépszerkezettan* szót mind a műszaki felsőoktatásban, mind a műszaki tudományban, a fogalom címszava nem volt megtalálható az utóbbi fél évszázad magyar általános és szaklexikonjaiban, sem a magyar értelmező szótárban, sem *A magyar nyelv történeti-etimológiai szótárá*ban. Utóbbiban pl. csak a gép és olyan származékszavai olvashatók, mint a gép, gépész, gépészet, gépies, gépel, gépesít, gépely, gépkocsi és géppuska (Akadémiai Kiadó, Bp. 1967. 1047.[13]) De nem jobb a helyzet a világnyelvek szótáraiban sem. Csak az egyik magyar–német műszaki szótárban (Terra, Bp. 1961. 342.) fordul elő a *gépszerkezettan* és a „Maschinenbaukunde", „Maschinenkonstruktionslehre" német megfelelője, amely azonban más magyar szóra (géptanra, géptervezéstanra) fordítható vissza. Hasonlóképpen nem volt használható pl. a Révai Nagy Lexikon 1910. évi 8. kötetének 472. oldalán található *gépszerkezettan* sem a maga didaktikai értelmezésével: „a gépek szerkezetét tanítja, azt, mit a mechanika, fizika, kémia, mennyiségtan stb. tanít, a gépszerkezettan, egyesítve a gyakorlat által nyújtott tapasztalatokkal, a gépek szerkesztésére felhasználni tanítja".

Végül is *A gépszerkezettan nemzetközi helyzete és fejlődési irányai a világon és hazánkban* című GAB-tanulmány – *1975. március 24-i* megjelenési keltezéssel – a következőképpen fogalmazta meg saját tudományágazatát[14]:

„A gépszerkezettan tudományterülete magába foglalja a gépek és gépészeti berendezések tervezésének, illetve fejlesztésének folyamatában felhasznált azon műszaki és természettudományi törvényszerűségeket, amelyek valamennyi gépészeti jellegű szerkezetre érvényesek, függetlenül a szerkezet rendeltetésétől. A tervezői tevékenység során felmerülő feladatok több, esetleg más-más tudományos diszciplinára épülnek, amelyek szintézise – és nem összessége – alkotja a gépszerkezettan tudományát. A gépszerkezetek tervezési, illetve fejlesztési folyamatának elemei: a szerkezet elvi felépítése, anyagának kiválasztása, rendszerek szintézise, a szükséges kísérleti módszerek kidolgozása és alkalmazása.

A felsorolt feladatok megoldásához szükséges ismeretanyagból az alábbiak művelése tartozik a gépszerkezettan tudományterületéhez: a gépszerkezetek szilárdságtana és dinamikája, a gépi mechanizmusok elmélete, a méretezéselmélet, a módszeres géptervezés, tribológiai és kenési kérdések a gépelemekben."

A GAB-nak egyébként jelenleg 22 rendes és az idősebb korosztálybeliekből 4 tiszteletbeli tagja van (2 akadémikus, 8 akadémiai doktor és 16 kandidátus). A TMB kimutatása[11] szerint a GAB-tagok kutatási területe a következő elosztású: forgácsoló szerszámgépek 1, gépek súrlódása és kopása 2, géptan és gépelemek 10, gépszerkezettan 1, hajtóműrendszerek 1, ipari szállítás 1, járműszerkezetek méretezése 1, műszaki mechanika 7, rugalmasság- és képlékenységtan 1, vasúti járművek és vontatás 1.

Minden ilyen rendszerezés vitatható, hiszen akár mind a 26 főre a gépszerkezettan művelése közvetlenül is jellemző.

Talán kifejezőbb áttekintés nyerhető, ha az idézett gépszerkezettanon belüli tudományterületek szerint történik a csoportosítás: gépi mechanizmusok elmélete 4, gépszerkezetek szilárdsága és dinamikája 6, méretezéselmélet 12, módszeres géptervezés 2, tribológiai és kenési kérdések a gépelemekben 2. De ez a csoportosítás sem 100%-os, hiszen többen egy helyett 2-3 tudományágazatra is besorolhatók.

Az eddig összefoglaltakból az állapítható meg, hogy a *gépszerkezettan* szó fogalma, tartalma hazánkban az alig másfél évszázad alatt folyton változott, hol szűkült, hol tágult. Kétségtelenül tágabb értelmű, mint a gépelemek, de szűkebb, mint pl. a géptan, ill. a rokon tudományokból annyit tartalmaz, amennyi a *gépszerkezet* kialakításához, megvalósításához okvetlenül szükséges.

A „Bevezetés"-beli megfogalmazás úgy hangozhat, hogy bármely gép mindig *funkciót* teljesít, *szerkezete* van, *anyagokból* áll, és anyagokat használ fel működés közben, végül *technológiai* eljárásokkal készül. Ilyen elemzéssel a GAB 1975. évi – előbb idézett – *gépszerkezettan-fogalma*[14] jó kompromisszumnak tekinthető.

A gépszerkezettan múltbeli magyar akadémikusai

Mivel *1949-ig* az MTA-n nem létezett a Műszaki Tudományok Osztálya, addig viszonylag kevés gépészmérnököt ismertek el az akadémikusi ranggal. Így a *gépszerkezettan* tudományágának művelői még kevesebben voltak. A következő felsorolásban látható, hogy az oktatásban, a kutatásban és a megvalósításban a múlt magyar gépészmérnök-akadémikusai közül kiket fogad el a mai tudományos közélet a gépszerkezettan jeleseinek[15–20]:

Oktatásban: *Horváth Ignác* (1843–1881), *Bánki Donát* (1859–1922)

Kutatásban: *Pattantyús-Á. Géza* (1885–1956)

Megvalósításban: *Kandó Kálmán* (1869–1931), *Jendrassik György* (1898–1954)

Talán meglepő *Kandó Kálmán* megemlítése a gépszerkezettanosok között, akit az elektrotechnikai tudományág tart magáénak kiválóságai között. Kandó azonban villamos mozdonyainak tervezése és megvalósítása során nemcsak saját villamos rendszerének gépeit tervezte meg, hanem annak gépészeti részeit (pl. a Kandó-háromszöget) is, ahogy kortárs életrajzírója írta: „az utolsó csavarig".

A felsoroltak közül bármelyikük életpályája példamutató a hazai *gépszerkezettan* mai művelői számára. *Jendrassik György* azért emelhető ki külön is, mert az ő első nagy találmánya, a Ganz–Jendrassik-motorcsalád hozta a magyar gazdaságnak 1927–1947 között a többiek megvalósított tanulmányaihoz képest a legnagyobb gépipari hasznot, a Ganz-gyárnak pedig olyan gépipari terméket, amely a gazdasági világválság éveiben is kedvező piacot és sok magyar mérnöknek, technikusnak, szakmunkásnak, kisegítő szellemi-fizikai személyzetnek biztos megélhetést jelentett.[20]

A gépszerkezettan egyik példamutató egyénisége: Jendrassik György

Jendrassik három találmánya és pályakezdése

Az 56 évet élt Jendrassik György nevéhez három jelentős találmány fűződik[21–22]:

– a már említett Ganz–Jendrassik-motorcsalád
– a Jendrassik-féle gázturbinamodell
– a Jendrassik-nyomáscserélő

Tekintsük át életpályája indulásának néhány meghatározó részletét:

1898. május 13-án született Budapesten. Apja, Jendrassik Kornél is gépészmérnök volt, neves szabadalmi bíró, a MMÉE főtitkára, a Gépészeti, Gyáripari, Elektrotechnikai Szakosztály elnöke. Anyja Kégl Aranka. Jendrassik Györgynek két fivére és egy húga volt.

A Jendrassik-családfa számos jeles orvost, mérnököt, festőművészt, filozófust tüntet fel. Jellemző, hogy a Magyar életrajzi lexikon köteteiben *hét* Jendrassik fordul elő ugyanabból a családból.

Jendrassik György a pesti Horánszky utcai reálgimnáziumban érettségizett 1916-ban. Utána behívták katonának, de akkor még meg nem határozható betegsége miatt leszerelték. 1916–1922 között a budai József Műegyetemet elvégezve szerzett kitűnő minősítésű gépészmérnöki oklevelet úgy, hogy az 1919/20-as tanévet a berlini műszaki egyetemen töltötte ösztöndíjasként. Berlinben is, Budapesten is kiváló tanárok tanították (például az előbb felsoroltak közül Bánki Donát és Pattantyús-Á. Géza is).

Friss oklevelével azonnal a Ganz-gyárban vállalt állást, és ott az ún. Tanulmányi Osztályra került, amely osztálynak a Trianon utáni Magyarország rossz gazdasági helyzetében az új gyártmányösszetétel kidolgozása volt a feladata. A fiatal Jendrassikot érdekelte a Ganz-gyár motorgyártási múltja és a MÁV korszerűsítési törekvése. A stabil Diesel-motorok helyére a közlekedésben (sínen, közúton, vízen) gazdaságosan felhasználható új Diesel-motorját (saját találmányát) javasolta a gyárnak is, a MÁV-nak is.

A Ganz–Jendrassik-motorok[23–27]

Az előtervek elkészülte és némi szabadalmi jogi vita békés rendezése után 1924-ben a Ganz-gyárral közösen nyújtotta be első szabadalmát *Belsőégésű hőerőgép és ehhez való üzemjárás*[19–20] címen. A cél: kis teljesítményű, gyors fordulatszámú belső égésű motorok készítése, de a gazdaságosabb, üzembiztosabb Diesel-elven. Ilyen próbálkozások folytak már külföldön is szigorú titkolózással. Így Jendrassiknak új úton kellett megoldania a problémát. Találmánya tulajdonképpen három részből áll:

– a befecskendező szerv kialakításából,
– az égési tér tökéletesítéséből,
– az indítás megoldásából.

Jendrassik motorja tervezésekor elsősorban a vasúti vontatás követelményeit tartotta szem előtt. Vagyis a motornak minden sebességnél megfelelő forgatónyomatékot kell biztosítani, és gyorsan kell alkalmazkodnia az üzemi viszonyokhoz. Ennek a követelménynek Jendrassik nagy élettartamú, új üzemanyag-befecskendező rendszerével és az égési tér különleges kialakításával tett eleget. A másik követelmény, hogy a vasúti fogalomban a motornak – hidegen is – azonnal meg kell indulnia. Jendrassik ezt is megoldotta egyrészt egy fizikai jelenség felismerésével, másrészt egy szellemes hajtómechanizmus beépítésével. Ez a Jendrassik-találmány hármas annyira bevált, hogy 1937-ben már „tananyag" lett. Bekerült ugyanis a *Pattantyús-Á. Géza* szerkesztette kétkötetes *Gépészeti zsebkönyv*be, amelynek II. kötetében *Weiner Emil* a következőket írta az 1261–1263. oldalakon:[25]

„A magyar konstrukciójú és gyártmányú *Ganz–Jendrassik*-féle négyütemű, kompresszor-nélküli, előkamrás *Diesel-motor* a következőkben tér el a többi előkamrás motortól. Az eldugulás veszélyének csökkentésére a porlasztó nyílása bő (kb. 1 mm átmérőjű), miáltal a tüzelőanyag-szivattyú terhelése is kisebb a szokottnál. A fősugárról levált olajcseppecskék az előkamrában felrobbannak és a keletkező égéstermék túlnyomása a körben elhelyezett kisebb nyílásokon áthatolva, előidézi a sűrítőtérben a jó elégéshez szükséges légörvénylést.

Másik különlegessége a *Ganz–Jendrassik*-motornak, hogy a hideg motor indításánál nem alkalmaz az előkamra felmelegítésére elektromos izzószálat, hanem ehelyett a szívószelepet nem a szívólöket elején, hanem csak a löket utolsó negyedrészében nyitja ki. A léghíjas hengerbe berohanó levegő szolgáltatja a hideg motorral történő induláshoz szükséges felmelegítést. A szívószelep ilyen működését a vezértengely eltolása idézi elő.

A motor *tüzelőanyag-szivattyújánál* a forgó bütykös-tárcsa rugót feszít meg, mely kioldódva, előidézi a nyomólöketet. Ezáltal a befecskendezés nyomása és időtartama függetlenné van téve a motor fordulatszámától."

Az első kísérletekhez egy IAmC típusú benzinmotort alakított át Jendrassik, amely típusnak négyhengeres változata működött a D. S. A. (Duna–Száva–Adria)-vasút sínautóiban. (A Ganz-gyáron belüli jelölésrendszerben az Am jel benzinmotort, a I a hengerszámot jelentette, a C pedig már az átalakított nyersolajmotorban a *ferde* elhelyezésű előkamrára utalt.) A kísérletek 1924–1926 között folytak, és ezek alapján készült el 1927-re a I Jm 130 jelű típus (a J Jendrassikra, a 130 pedig a mm-ben kifejezett hengerátmérőre utalt). Három motorra való alkatrész készült, de csak kettőt szereltek össze; ezek se sínautóba kerültek, hanem az egyik egy dunai sétahajóba, a másik – stabil motorként – egy szegedi mechanikai műhelybe, mert időközben elkészült a VI Jm 130 típus, amelyet a már említett D. S. A.-sínautóban próbáltak ki a benzinmotor helyett.

A MÁV-nak azonban nagyobb teljesítményű motorokra volt szüksége a mellékvonalú, kéttengelyű motorkocsikba, amely célra gyorsan elkészült a VI AmC helyett a VI Jk 150 típusból kettő (a k betű a D. S. A.-ra utalt), a harmadikat pedig első exportpéldányként a felső-olaszországi S. A. F. (Santerno Anonima Jerroviaria) Imola-vasút motorkocsijába építették 1929-ben. Ezzel megindult a Ganz–Jendrassik-motorok hazai (MÁV-on belüli) és külföldi alkalmazása. A Ganz-gyár 1939-ig 700 Ganz–Jendrassik-motorváltozatot gyártott és további 100 db külföldön készült a Ganz–Jendrassik-szabadalom alapján. A motorcsalád *egyik előnye* az volt, hogy a kívánt teljesítmény elérésére a hengerszámot meg lehetett növelni akár 16-ra (pl. a HÉV számára készült a XVI Jv 170/240 típus, amelyben v a V-elrendezést, a 240 a mm-ben kifejezett lökethosszat jelentette). A *másik előny*, hogy a motorok nemcsak a vasúti járművekben váltak be. A *harmadik előnyt* a megbízhatóságuk jelentette.

Jendrassik György már 1930-ban egy *Technika*beli cikkében ezt írhatta:[23]

„A Ganz–Jendrassik-motorokkal elért üzemi eredmények igen jók. Stabil üzemben világító aggregátumok, transzmissziók, szivattyúk és egyéb segédgépek hajtására, úgyszintén kotrókban, hajókban igen jól beváltak és egyes gépek már több ezer órás zavartalan üzemre tekinthetnek vissza. Járművekben a Duna–Száva–Adria Vasúttársaságnak három motorkocsijában egy-egy kb. 50

kW-os egység közel két éve teljesít szolgálatot, és az összes teljesítményük meghaladta a 170 ezer km-t. A Magyar Királyi Államvasutaknál egy hathengeres motor 1929. október 1. óta van üzemben, és ez idő alatt már több mint 20 ezer km-t futott be üzemzavar és javítás nélkül."

A cikk további része szerint egy ipari üzemben felállított Ganz-Jendrassik-motorban a nyersolaj költsége a benzinmotorénak 43,5%-a volt, miközben a karbantartási költségek közel egyformák maradtak. További előny: a teljes tűzveszélytelenség.

A sikerek hatására 1927 nyarán a gyáron belül megalakult a Jendrassik Motorszerkesztési Osztály, amely érdekes módon Jendrassik 1947. évi külföldre távozása, majd 1954-ben bekövetkezett halála után is működött 1958-ig, a Ganz- és MÁVAG-gyár egyesüléséig.

A Jendrassik-életrajzírók azt is kiemelik,[19,20,27] hogy Jendrassiknak nagyszerű munkatársai voltak. Ráhangolódtak vezetőjük munkastílusára, munkairamára, munkaszeretetére. Az is gazdaságosnak bizonyult, hogy a kísérleteket mindig üzem közben végezték és a tapasztalatokat azonnal hasznosították a következő típus tervezésekor.

Ezek után érthető, hogy Jendrassik György Ganz-gyáron belüli rangja az 1922. évi kutató mérnöki indulástól viszonylag gyorsan emelkedett: 1927-ben a róla elnevezett osztály vezető főmérnöke, 1930-tól felügyelő, 1931-től főfelügyelő, 1936-tól igazgató, 1939. december 29-től vezérigazgató-helyettes. 1942. július 30-tól vezérigazgató.

Jendrassik 1933-ban elkészítette a VI JaR 135 típusú motorját (az a betű a járműmotorra, az R az egyenes előkamrás átdolgozásra utal), amely 1250/min fordulatszámnál kb. 90 kW teljesítményt adott (1500/min-nál pedig 117 kW csúcsot).

A későbbi értékelésekből kiderült, hogy ez bizonyult Jendrassik legsikerültebb motorkonstrukciójának. Ezért is érdemes kissé többet írni róla. Öntöttvas vagy alumínium volt a forgattyúház anyaga. A főcsapágyak a felsőrészbe kerültek (minden henger közé). A csapágyszám növelésével csökkent azok szélessége és így az egész motor hossza is. A kenőanyag-szivattyú eleinte lapátos, később fogaskerekes volt. A dugattyú anyaga kezdetben öntöttvas, majd alumínium volt. Az előkamrát a hengerfurat középvonalához képest ferdén helyezték el.

Ugyancsak prototípus nélkül készült 54 db, amelyeket bejáratás után építettek be a MÁV BCy sorozatú motorkocsijaiba. Így a Ganz-gyár és a MÁV szerencsés együttműködésének eredményeként rövidesen a MÁV rendelkezett ezekben az években az első mintaszerű motorkocsiüzemmel, amelyet sűrűn látogattak a külföld szakemberei. Ezzel általánosan indult meg a vasutak dízelesítése, bővültek a gyár külföldi kapcsolatai és nőtt a licencvevők száma is.

Belga és holland megbízások újabb motorcsaládtagokat (VI JaR 170/240, VIII JaR 170/240) kívántak.

A gyár vezetői felismerték, hogy további üzleti siker csak megfelelő négytengelyes, *gyors* motorkocsitól remélhető. Mivel a MÁV kezdetben nem érdeklődött, a gyár saját kockázattal állított elő 1934-ben 2 db próbakocsit, amely a nevezetessé váló *Árpád* nevet kapta. Hajtómotorja a VI JaR 170/220 típus lett, amely 1450/min fordulatszámnál kb. 130 kW teljesítményt adott. A motornak kisebb volt a fajlagos tömege, nagyobb az üzembiztonsága. Az állandó nyomatékkal a nagyobb emelkedést is könnyen legyőzte, teljesítménytartaléka ehhez elegendő volt. Az Árpád-sínautó sikere alapozta meg a gyár motorkocsi-, ill. motorvonatexportját, majd világhírét. Az első motorkocsi-rendelést pl. a gyár 1934-ben kapta az egyiptomi vasúttársaságtól, amelyet követett az argentínai, romániai, bulgáriai, csehszlovákiai, angliai, indiai, uruguayi, lengyelországi stb. megrendelés.

1934 más szempontból is fontos volt Jendrassik György életében. Ekkorra teljesen meggyógyult, megnősült. Felesége *Schmahl Johanna* (1915–1963), *Schmahl Reinhold* építészmérnök idősebbik leánya, akinek *Jendrassik Ernő* (1858–1921) orvosprofesszor, Jendrassik György nagybátyja volt a mostohaapja.

Ugyancsak 1934-re esett, hogy rövid időre megszakította kapcsolatát a Ganz-gyárral. Egyrészt a barcelonai La Hispano Suiza gyárban kapott kedvező ajánlatot, hogy évenként fél évet Spanyolországban dolgozzék, másrészt itthon mérnöki magánirodát nyitott: a Találmánykifejlesztő és Értékesítő Kft.-t, amelyet az ipari minisztérium támogatott. Mivel a spanyolországi állást az ottani politikai változások gyakorlatilag meghiúsították, a vállalt spanyol gyári motortervet is meg a Jendrassik-gázturbinamodell számára szükséges termodinamikai számításokat is a kft. vállalta el.

A Jendrassik-gázturbinák[28–39]

Még öt termékeny békeév következett Jendrassik György számára. A kitört második világháború, abban Magyarország tönkremenetele, az újjáépítés, az államosítás, piacváltozás egészen Jendrassik 1947. évi külföldre távozásáig olyan nyolc esztendő volt, amely alatt a Ganz–Jendrassik-motorok lényegesen már nem fejlődtek.

Ezzel szemben Jendrassik egy másik nagy találmánya – részben gyári segítséggel is – éppen 1939 és 1943 között érte el a világhírt. A feltaláló 1954-ben Londonban bekövetkezett halála után angol szaklapokban megjelent nekrológok[34–36] ezt az alkotását jobban kiemelték, mint a Ganz–Jendrassik-motorokkal elért sikerét.

1929. március 12-e áll az első gázturbina-szabadalmán, és 1939. március 8-án hangzott el a Magyar Mérnök- és Építész-Egyletben (MMÉE-ben) az első sikeres mérési eredményekről beszámoló nevezetes előadása. Ez is „tananyag" lett később, 1962-ben Pattantyús: *Gépész- és villamosmérnökök kézikönyve* 4. kötetében a volt Jendrassik-munkatárs, *Brodszky Dezső* professzor tömör megfogalmazásában:[39]

„*Jendrassik György* 1938-ban elkészült 100 LE teljesítményű gépe volt a legelső gyakorlatilag megvalósított gázturbinák egyike. Eredményei méltó feltűnést keltettek. A gép 16400/min fordulatszámon és 98,5 LE (72,5 kW) teljesítménynél 21,2% effektív hatásfokot ért el, a turbina előtt mért legnagyobb közeghőmérséklet 475 °C volt. Ilyen kis közeghőrmésékleten ilyen kis gépegységgel a mai napig sem értek el ennyire jó hatásfokot.

A gép hővisszanyerős egyszerű nyílt munkafolyamattal működött, 2,2 nyomásviszonnyal. Újszerű volt mind az axiális kompresszor, mind a turbina: mindkettő kevéssé görbített szárnylapátokkal, feles forgással (50% reakciófok) és a potenciális örvény sebességi eloszlása szerint elcsavarva. A kompresszor fokozati hatásfoka 85%, a turbináé 88%. Újszerű volt a lamináris áramlású lemezes hővisszanyerő is. A gép Diesel-olajjal több mint 200 órát futott próbateremben, rövid ideig széntüzeléssel is üzemzavar nélkül. A háború folyamán elpusztult."

Jendrassik nemcsak előadáson számolt be eredményeiről, hanem azokról beszámolt írásban magyarul is, világnyelveken is. Közben helyt kellett állnia hazai és külföldi bírálók előtt.[20] Itthon *Schimanek Emil* (1872–1955) nagyhírű professzor vonta kétségbe a gázturbina jövőjét. Külföldön a svájci Brown Boveri Művek neves mérnökei inkább a tapasztalatokra voltak kíváncsiak, és ezért hívták meg Jendrassikot a svájci Badenba. A Schimanek-féle szóbeli polémia – szerencsére – megjelent a *Technika* hasábjain,[29–31] s így ma is élvezhető a magas szintű vita, amelyet azután az élet döntött el véglegesen Jendrassik György javára.

Brodszky Dezső 1955-ben, a *Járművek, Mezőgazdasági gépek* című folyóiratban *A gázturbina magyar úttörői* címmel megírta[37], hogy Jendrassik György a gázturbinával a repülőgépek benzinmotorjait akarta kiváltani, mert bízott a gázturbina kisebb fajlagos tömegében. A Berlin-Charlottenburgban szerzett hőtani és aerodinamikai ismereteivel megvalósította először a gázturbinakomplexum viszonylag jó hatásfokú *axiálkompresszorát*, majd az ugyancsak jó hatásfokú *hőkicserélőt*.

Az 1939 eleji sikerek után Jendrassik hozzákezdett egy légcsavaros repülőgép-gázturbina (Cs1) megtervezéséhez, majd kivitelezéséhez, 1940-ben pedig már az indulási kísérletekhez. 1942-ben – többszöri szerkezeti módosítás után – sikerült kb. 220 kW teljesítményt elérni. A további kísérletek azonban a háború miatt abbamaradtak.

A repülőgép-gázturbinával csaknem párhuzamosan, 1940–1941-ben elkészült a JR 300 jelű járműgázturbina, ugyancsak Jendrassik tervei alapján. Teljesen csak egy stabil gépet állítottak össze, amely annyiban tért el elődeitől, hogy különválasztott, szabályozható munkaturbinát is beépített. Ezzel is végeztek kísérleteket és cseréltek ki egyes belső részeket a jobb hatásfok elérésére. Végül is ezek a mérések is abbamaradtak 1943 végén.

Külföldön a második világháború befejezése utáni években elterjedtek a gázturbinák. Ugyanakkor hazánkban a háború utáni évtizedben nem folytatódtak kísérletek a gazdag hagyományok ellenére sem.

A Jendrassik-nyomáscserélő és az emigrációs évek

Jendrassik György harmadik nagy találmánya a nyomáscserélő. 1944. október 3. a szabadalmi bejelentés időpontja, a találmány azonban az emigrációs évek nagy erőfeszítései ellenére sem valósult meg, hanem megmaradt egy szellemes ötletnek angliai elismeréssel.[40]

Jendrassik György sokat tett a budapesti ostrom, a háború befejezése után a gyár újjáépítéséért, az üzem beindításáért, a régi nemzetközi üzleti kapcsolatok felelevenítéséért, ezért szinte természetesnek látszott, hogy ő maradt a vezérigazgató az államosítás után is. A túlzott központi irányítás, a személyét ért méltánytalanságok miatt választotta az emigrációt. 1947. május 4-én egy svájci, majd argentínai hivatalos tárgyalás után nem tért vissza. Emigrációjának elejét Argentínában élte át, véglegesen azonban Angliában telepedett le, és ott dolgozott szabadalmai további megvalósításán. Valószínű, hogy a honvágy is siettette korai halálát.

Jendrassik György 1954. február 7-én (és nem 8-án!) bekövetkezett londoni haláláról a hazai gépészszakma – valószínűleg – csak az *Engineering* angol szakfolyóirat nekrológjából értesült.[34] Az itthoni szaklapok az akkori légkörben nem emlékeztek meg egy nagy magyar diszidensről. Ugyanakkor a Ganz-gyár változatlanul Ganz–Jendrassik-motorokat gyártott és adott el, és – amint már szó volt róla – akkor még működött a gyáron belül a Jendrassik Motorszerkesztési Osztály.

Jendrassik elismerései[22] *életében, majd halála után*

Életében:

– A Ganz-gyáron belül Jendrassik Motorszerkesztési Osztály (1927–1958) működött.

– Az MMÉE Cserháti-plakettje (1936) a Ganz–Jendrassik-motorokról tartott előadásáért.

– A Verein Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen pályadíjjutalma a jól bevált VI JaR 170/240 típusért (1937).

– Az MMÉE Hollán-díja (1940) a Jendrassik-gázturbináról írt tanulmányáért.

– Az MTA levelező tagja (1943) addig elért tudományos teljesítményeiért.

Halála után:

– Életrajzát megírták: *Engineering* és más angol szaklapok (1954), Brodszky Dezső (1955), Vajda Pál (1958), Gombás Pál (1967), Pásztor Endre (1986), Suba Gábor (1987).

– Széchenyi-díj (posztumusz, 1990).

– Nevét felvette a szolnoki és a veszprémi ipari szakközépiskola (1990).

– Nevét utca viseli Budapesten és Miskolcon (1990).

– Sírja a London S. W. Streatham Cemetery, Rowan Rv. Grave No. 57560, Square 36, Roman Chatolic Section helyén található.

Jendrassik György akadémikus méltatása

Valaki nemrégen eljátszadozott azzal a gondolattal: vajon a mai szigorú feltételeknek megfelelne-e Jendrassik György az akadémiai levelező tagsághoz?

Ennek a tanulmánynak az írója szerint a válasz: feltétlenül *igen*. Alátámasztásul kiemelhető, hogy 77 magyar találmánya (közülük 20 külföldön is)[19,20] jelent meg. A 3-ból 2 találmányáról 26 szakcikke jelent meg magyar, angol, francia és német nyelven. Ezek közül kettő

– Egy új rendszerű, gyors forgású Diesel-motor. *Technika,* 11 (1930) 2–3. 59–64.[23]

– Egy új gázturbina és gyakorlati eredményeinek ismertetése. *Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közl.,* 73 (1939) 19–20. 149–157.[28]

megfelel egy-egy magas színvonalú tudományos értekezés tartalmi követelményeinek. Nemzetközi elismertsége elsősorban az angol nyelvű nekrológokból és az azokat követő, találmányait méltató cikkekből egyértelmű.

Jendrassik György cikkeit, tanulmányait, szabadalmait áttekintve, valóban a *gépszerkezettan művelésének példaképe,* hiszen a Ganz–Jendrassik-motorok, a Jendrassik-turbinák, a Jendrassik-nyomáscserélő funkciója, funkcióelvárása ismert volt, de a tárgyi megvalósítás (*a szerkezet*) igényelt Jendrassik György részéről számos ötletet, invenciót, elméleti és gyakorlati meggondolást, számításokat, méretezést, módszeres géptervezést, anyagválasztási változatokat, technológiai megfontolásokat, kísérleteket, ellenőrző méréseket.

Akadémikusi megválasztása tehát méltó elismerése „addig elért tudományos teljesítményeinek". Nagy kár, hogy a háborús, majd az azt követő évek nagy elfoglaltságai miatt 1947-ig elmaradt székfoglalója. Ezért 1949-ben törölték a tagok sorából, 1989-ben viszont az MTA Közgyűlése rehabilitálta.

Zárszó

Amint Jendrassik György esetében is kiemelték a kortárs életrajzírók, hogy eredményt jó munkatársakkal, összehangolt csapatmunkával tudott elérni, az volt a jellemző és ma is ez írható le, mondható a miskolci egyetem Gépelemek Tanszékének oktatóiról-kutatóiról, műhelydolgozóiról, hogy a természetes személyi változások ellenére jól együttműködő nagy családot alkottak, és értek el jelentős tudományos eredményeket ennek a tanulmánynak szerzője 1949–1988 közötti vezetése idején is, majd utódjának irányításával is.

Irodalom

1. Terplán Zénó: A gépszerkezettan mai problémái. *Nehézipari Műszaki Egyetem Közleményei*, 11 (1965) 179–187.
2. Zelovich Kornél: *A M. Kir. József Műegyetem és a hazai technikai felsőoktatás története.* Pátria Rt., Bp. 1922. 371.
3. *A Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karának centenáriumi emlékkönyve, 1871–1971.* BME, Bp. 1971. 214.
4. *Gépelemes évkönyv.* 2. kiad. GATE, Gödöllő, 1992. 85.
5. Bánki Donát: Harmadik gépszerkezettani tanszék, a hydrogépek tanszéke. *Magyarország,* (1910) máj. 26. 30–31.
6. Herrmann Miksa: *Gépelemek. Bevezetés a gépek szerkezettanába, a mechanikai jelenségek különös figyelembevételével.* Németh J. kiadása, Bp. 1924. 703.
7. Pattantyús-Á. Géza: *Emelőgépek üzemtana és szerkezettana a villamos üzem különös méltatásával.* Németh J. kiadása, Bp. 1927. 495.
8. Bánki Donát–Pattantyús-Á. Géza: *Dugattyús szivattyúk és kompresszorok gépszerkezettana.* Németh J. kiadása, Bp. 1932. 163.
9. Pattantyús-Á. Géza: *Hidrogépek üzemtana és szerkezettana.* I–III. (Egyetemi jegyzet.) Saját kiadás, Bp. 1933. (III. 163); 1935 (I. 132); 1936 (II. 200)
10. Pattantyús-Á. Géza: *Szállítóberendezések üzemtana és szerkezettana.* (Egyetemi jegyzet.) Saját kiadás, Bp. 1934. 106.
11. *A Magyar Tudományos Akadémia almanachja, 1991.* Akadémiai Kiadó, Bp. 1992. 847.
12. Terplán Zénó: Az MTA Miskolci Akadémiai Bizottságának (MAB-nak) szakbizottságai a műszaki és kémiai tudományokban. *Borsodi Műszaki-Gazdasági Élet,* 37 (1992) 5–6. 213–218.
13. *A magyar nyelv történeti-etimológiai szótára.* 1. kötet. Akadémiai Kiadó, Bp. 1967.1142.
14. Terplán Zénó–Makhult Mihály–Magyar József: *A gépszerkezettan nemzetközi helyzete és fejlődési irányai a világon és hazánkban.* (Kézirat.) Gépszerkezettani Akadémiai Bizottság, Bp. 1974. 18.
15. Drahos István: Száz éve jelent meg az első Kinematika-tárgyú könyv – Emlékezés Horváth Ignác professzorra. *Nehézipari Műszaki Egyetem Gépelemek Tanszékének Közleményei.* 324. sz Miskolc, 1975. 5.
16. Terplán Zénó (szerk.): *Bánki Donát emlékkönyve születésének 125. évfordulójára.* MTESZ, Bp. 1984. 128.

17. Terplán Zénó: Pattantyús-Ábrahám Géza. In: *A múlt magyara tudósai*. Akadémiai Kiadó, Bp. 1984. 243.
18. Terplán Zénó: Magyar neves gépészmérnökök itthon és külföldön. *Miskolci Egyetem Gépelemek Tanszékének Közleményei*, 681. sz. Miskolc, 1992. Bánki Donát 3.; Jendrassik György 7.; Kandó Kálmán 8.; Pattantyús-Ábrahám Géza 11.
19. Gombás Tibor: Jendrassik György. In: *Műszaki nagyjaink*. 1. kötet. Gépipari Tudományos Egyesület, Bp. 1967. 141–209.
20. Terplán Zénó: Jendrassik György. In: *A múlt magyar tudósai*. Akadémiai Kiadó, Bp. 1996. 221.
21. Vajda, P.: Creative Hungarians... (a Selected Bio-Bibliography). Jendrassik György. *Technikatörténeti Szemle*, 11 (1979). 61.
22. Terplán Zénó: Megemlékezés Jendrassik Györgyről. *Gép*, 46 (1994) 7. 3–4.
23. Jendrassik György: Egy újrendszerű, gyorsforgású Diesel-motor. *Technika*, 11 (1930) 2–3. 59–64.
24. Hedley, R.: Ganz-Jendrassik High Speed Diesel Engine. *Gas and Oil Power*, (1933.) Sept. 2.
25. Weiner Emil: Gépjárművek (automobilok). IV. rész. Motor... 39a pont: Ganz–Jendrassik-motor. 1261/1263. In: Pattantyús-Á. Géza (főszerk.) *Gépészeti zsebkönyv*. 2. kötet. Egyetemi Nyomda, Bp. 1937. 1560.
26. Brodszky Dezső: A Ganz-Jendrassik-motor 30 éve. *Közlekedési Szemle*, (1958) 291–296; 420–431; (1959) 103–112.
27. Suba Gábor: 60 éves a Ganz-Jendrassik-motor. In: *Vasúthistória-évkönyv*. Bp. 1988. 84–106.
28. Jendrassik György: Egy új gázturbina és gyakorlati eredményeinek ismertetése. *MMÉE Közlönye,1* 73 (1939) 199–20. 149–157.
29. Schimanek Emil: Mit várhatunk a gázturbinától? *Technika*, 20 (1939) 5. 161–181.
30. Jendrassik György: Hozzászólás Schimanek Emil „Mit várhatunk a gázturbinától?" című tanulmányához. *Technika*, 20 (1939) 6. 246–247.
31. Schimanek Emil: Ellenválasz Jendrassik György hozzászólásához. *Technika*, 20 (1939) 6. 248–249.
32. The Jendrassik Combustion Turbine. *Engineering*, 147 (1939) 3814. 186–188.
33. Waller, G.: The Gas-Turbine of Mr. G. Jendrassik. *The Oil Engine and Gas Turbine*, 21 (1954) 249. 434–436.
34. Mr. Georg Jendrassik Pioneer Designer of Gas Turbines. *Engineering*, 177 (1954) 4596. 260.
35. Death of Mr. G. Jendrassik. *The Oil Engine and Gas Turbine*. 21 (1954) 249. 407.
36. The Late Mr. George Jendrassik ... (kezdetű nekrológ). *The Railway Gazette*, 1954. 245.
37. Brodszky Dezső: A gázturbina magyar úttörői. *Járművek, Mezőgazdasági gépek*, 2 (1955) 6. 161–170.
38. Brodszky D.: Hungarian Pioneers of the Gas Turbines. *Acta Technica Hung.*, 25 (1959) 1–2. 85.
39. Brodszky Dezső: Gázturbinák (ismertebb gázturbinák). In: Pattantyús: *Gépész- és villamosmérnökök kézikönyve*. 4. kötet. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1962. 366–367.
40. Power Jets Pressure Exchanges. *The Oil Engine and Gas Turbine*. 24 (1957) 320.

Rényi Károly
az MTA rendes tagja

PARADOXONOK A TÜZELÉSTECHNIKÁBAN

Elhangzott 1998. június 9-én

Mielőtt a szakmai témára rátérnék, az első gondolattal azokra kell emlékezni, akik segítettek az eredményeim elérésében. Elsősorban a család, sajnos szüleim és testvérem már nem lehet közöttünk. Különösen fontosak voltak azok az iskolák és pedagógusok, akik még gyermekkorban a tudás átadása mellett a nevelésemhez is alapvetően hozzájárultak. Egy XIX. kerületi általános iskola (*1. kép*), a gimnázium alsó osztályai a X. kerületi Széchenyi István Gimnázium (*2. kép*) és a felsőbb gimnáziumi osztályok és az érettségi a IX. kerületi Fáy András Gimnáziumban (*3. kép*). Elsősorban emlékezetes tanáraim ezen iskolákban: I. Sz. Általános Iskola: Telkes Alfrédné (tanító), Széchenyi István Gimnázium: Vági Károly (matematika–fizika), dr. Klenner Aladár (magyar–német), Fáy András Gimnázium: Strobel Ernő (matematika), Schág Mária (fizika).



1. kép. A XIX. kerületi általános iskola



2. kép. A X. kerületi Széchenyi István Gimnázium



3. kép. A IX. kerületi Fáy András Gimnázium

A tűz az emberré válás legfontosabb tényezője volt. Amikor az ősünk rájött, hogy nemcsak a villámcsapás vagy a vulkán, vagy különleges esetben egy vízcsepp tud fennmaradó égési folyamatot előidézni, hanem például türelmes dörzsöléssel bizonyos anyagok lángra lobbanthatók, akkor kezdődhetett az emberi társadalom kialakulása. A tűz meleget és világosságot biztosított és csökkentette a természettel szembeni kiszolgáltatottságot.

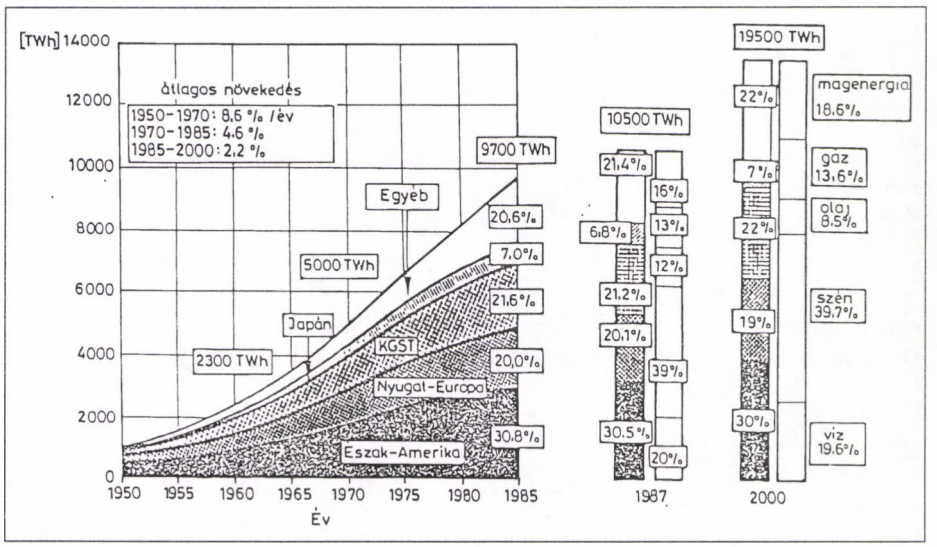
Az isteni tudásból lopott el az emberi ős, amiért az istenek meg is haragudtak rá. Szegény Prométheuszra szörnyűséges szenvedést bocsátottak. Zeusz azzal büntette, hogy egy sziklához láncoltatta és a máját egy saskeselyű szaggatta addig, amíg Héraklész le nem lőtte a madarat.

A mi májunkat a környezetvédők szaggatják, de mi nem azzal reagálunk, hogy lelőjük őket, hanem fejlesztjük a technológiánkat. A tűz isteni eredetét a szentlélek láng alakjában való ábrázolása is igazolja. A tűz feletti uralom megszerzésével a későbbi óriási változások, mint akár az atomkor, de az információ kora sem versenyezhet.

A lírai hang után térjünk rá a komor valóságra.

Fejlesztések az energiaiparban

A világ és Magyarország energiaigényének nagyobb részét jelenleg is a fosszilis energiahordozókból, nevezetten szénből, gázból és olajból fedezik (*1. ábra*). Ezen belül is jelentős részt képviselnek a konvencionális tüzelésű gőzkazánok



1. ábra. A világ energiatermelése és annak tüzelőanyagfajták szerinti megoszlása

és gőzturbinák alkotta energetikai blokkok. Az energetikai hatásfok növelését a Rankine-körfolyamat korlátozza, és egyre kisebb a lehetőség a hatékonyabb energiafejlesztésre. A rendelkezésre álló tüzelőanyag tekintetében is jelentős eltérések vannak, mivel míg a már ismert szénvagyon több száz évre elegendő, a szénhidrogének és a nukleáris energia jelenlegi alkalmazása mellett néhány évtizedet jósolnak. Természetesen a technika fejlődésével a kimerítési határok tapasztalat szerint kitolódnak, de ez minden energiahordozóra érvényes. Témánkat a fosszilis energiahordozókkal kapcsolatos problémák képezik, mivel az utóbbi évtizedek e területen alapvető változásokat hoztak, amely változások több ellentmondásos technikai igényt is támasztottak. Ezen paradoxonok nem elméleti jelleűgek, hanem az energiafejlesztéssel szemben támasztott igények kielégítésekor felmerülő ellentétes hatások. A fosszilis energiahordozók energetikai hasznosításában különösen markáns változást a környezetszennyezés-csökkentés igényének igen erőteljes megjelenése hozott. A kén-dioxid- (SO_2), a nitrogén-oxidok (N_xO_x), a szén-monoxid- (CO) és a

2. táblázat

Az erőművi társaságok légszennyezőanyag-kibocsátása 1996-ban

Erőmű (telephely)	Kén-dioxid	Szén-monoxid	Nitrogén-oxidok	Szilárd	Szén-dioxid
	t/a				kt/a
Ajka	13 109	11 803	2 450	361	1 187
Inota	5 063	80	454	166	300
Inota GT	20	1	26	–	3
Bakonyi Erőmű Rt. összesen	18 192	11 884	2 930	527	1 490
Angyalföld	47	42	227	8	81
Kőbánya	935	49	586	–	215
Kelenföld	900	116	1 188	4	703
Kispest	1 029	34	595	34	253
Révész	–	16	169	–	85
Kelenföld GT 1*	5	0	6	–	1
Újpest	2	67	527	0	187
Budapesti Erőmű Rt. összesen	2 917	325	3 298	46	1 524
Dunamenti I.	4 522	158	970	300	357
Dunamenti II.	30 078	1 330	7 807	1 624	2 805
Dunamenti G1	33	1 059	953	–	699
Dunamenti G2	11	32	29	–	21
Dunamenti Erőmű Rt. összesen	34 644	2 580	9 759	1 924	3 882
Mátrai Erőmű Rt.	151 787	5 086	4 698	5 327	6 217
Komló	720	7	88	–	57
Pécs	28 407	1 537	2 973	1 395	1 098
Pécsi Erőmű Rt. összesen	29 127	1 544	3 060	1 395	1 155
Borsod	29 046	236	1 990	1 466	1 000
Tisza II.	11 342	574	3 789	–	1 944
Tiszapalkonya	35 495	551	3 465	3 537	1 042
Tiszai Erőmű Rt. összesen	75 883	1 362	9 243	5 003	3 985
Bánhida	15 149	29	1 595	1 946	534
Dorog	3 304	164	324	43	112
Oroszlány	91 479	110	4 514	863	1 891
Tatabánya	6 021	678	334	2 955	259
Vértesi Erőmű Rt. összesen	115 953	981	6 767	5 806	2 795
Békéscsaba	–	18	16	–	19
Kecskemét**	–	–	–	–	–
Szeged	–	8	18	–	21
Győr	617	20	75	20	47
Sopron	3	281	46	0	47
Székesfehérvár	1 847	0	161	8	99
Debrecen	752	53	119	62	187
Nyíregyháza	565	122	244	94	146
Áramszolgáltatók erőművei	3 783	502	681	183	566
Erőművek összesen	432 286	24 263	40 437	20 211	21 615

* Az inotai csúcs-gázturbinákéval azonos fajlagos kibocsátások alapján számítva ** Nincs adat

szén-dioxid- (CO_2) kibocsátás csökkentése került leginkább előtérbe, mivel az utóbbi évtizedekben a szilárd szennyezők kibocsátásának problémáját gyakorlatilag megoldották, de újabb és újabb szennyezőanyagok (szerves komponensek, nyomelemek stb.) kibocsátásának korlátozását írják elő. Környezetünk megóvása tehát a konzervatív tüzeléstechnikában fejlesztésekre serkentett, de új technológiák megjelenését is előmozdította.

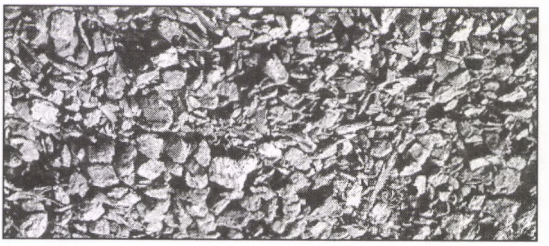
Magyarország környezetszennyezésében jelentős szerepet játszik az energiatermelés, különösen az erőművek (*2.* és *3. táblázat*). Különösen szénerőműveknél jelentős a környezetszennyezés problémája, mivel a nagy hamutartalom mellett jelentős kéntartalom is található (*4.* és *5. kép*). A magyar szenek között megtalálható a feketeszén, barnaszén és lignit. Az égési tulajdonságok összehasonlítását a *2. ábra* szemlélteti.

A legfontosabb fejlesztések tehát alapvetően a környezetszennyezés csökkentését, az energiahordozók hatékonyabb felhasználását célozták az energiafejlesztési folyamat egészének, illetve egyes legfontosabb részelemeinek a

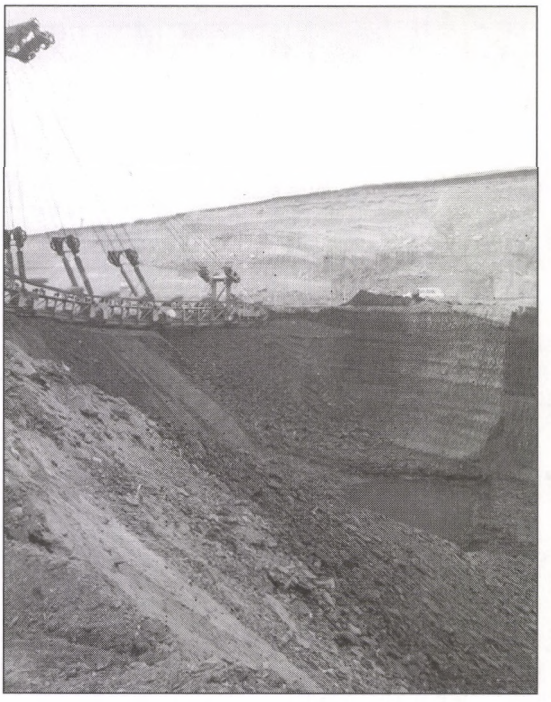
3. táblázat

Megnevezés	1995	1996
Villamosenergia-igény, TWh (VER)	36,1	36,9
Villamosenergia-term., TWh (MVM)	33,2	34,2
SO_2-kibocsátás, kt	435,0	432,3
NO_x-kibocsátás, kt	39,3	40,4
Szilárdanyag-kibocsátás, kt	20,6	20,2

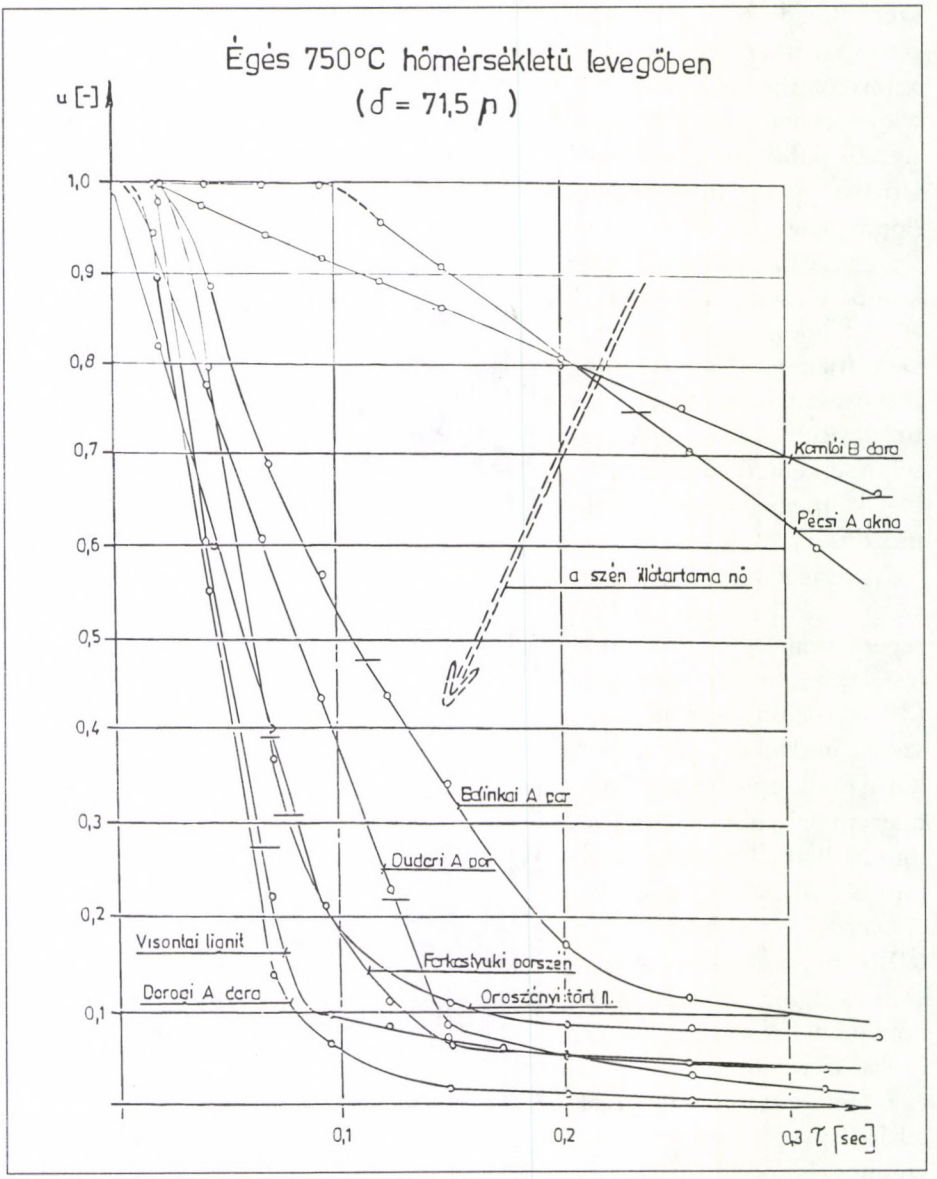
A Magyar Villamos Művek Közleményei, '97/3.



4. kép



5. kép



2. ábra

fejlesztésével. A szerteágazó fejlesztéseket a következő legfontosabb csoportokba lehet sorolni, figyelembe véve, hogy egyes eljárások különösen a szilárd energiahordozók hasznosítását érintik, míg mások általánosabban alkalmazha-

tók különböző tüzelőanyagokra. Az egyes eljárásoknál még különleges kombinációk is találhatók, pl. nukleáris energia vagy a tüzelőanyag-cella alkalmazásával. Az utóbbi évtizedek legfontosabb fejlesztései:

1. Nagy teljesítményű szénportüzelésű kazánok és égők fejlesztései.
2. Fluidizációs tüzelés, gőzturbina-generátor blokkban alkalmazva.
3. Fluidizációs tüzelés gázturbinával és hőhasznosító gőzfejlesztővel és gőzturbinával kombinálva.
4. Szénelgázosítás, úgynevezett kombinált gáz-gőz körfolyamatban alkalmazva.
5. Az előbbi technológiák kombinációja, úgynevezett „topping cycle process" folyamattal.
6. Integrált vegyi és energiafejlesztési folyamatok kombinációja.

A fejlesztések tehát elsősorban a környezetszennyezés csökkentését és a hatásfoknövelést szolgálták. A legfontosabb környezetszennyező anyagok a következők:

A szilárd szennyezők

Az utóbbi évtizedekben a szilárd szennyező kibocsájtás csökkentése gyakorlatilag tetszőleges mértékben elérhető a következő eljárásokkal:

- villamos leválasztás,
- szövetszűrős leválasztás,
- ciklonok,
- kerámia-anyagú leválasztók,
- nedves leválasztás.

A technológiák biztosítják az 50 mg/Nm^3 alatti előírt értékeket, és szigorúbb rendszabályok csak valamely különösen veszélyes összetevő esetén indokoltak.

Kén-oxidok

A tüzelőanyagokban a kén legfontosabb előfordulási formái az organikus és a piritkén. A kén-dioxid, mint elsősorban az erőművi tüzelőanyagokban jelen lévő kén égési terméke, ma talán a legtöbb gondot okozó energetikai környezetszennyező.

A kéményen át távozó füstgázok összetétele és így szennyező hatása természetesen az alkalmazott tüzelőanyag függvénye. Így elsősorban a széntüzelésű erőművek kerültek az érdeklődés középpontjába. Kézenfekvőnek mutatkozott

az alternatíva, hogy a szénerőművekben térjenek át alacsony kéntartalmú olaj- és gáztüzelésre.

Különösen az utóbbi két évtizedben a kén-dioxid-szennyezés problémájára világszerte egyre nagyobb figyelmet fordítanak, amiről a kísérleti és kutatómunkák terjedelme, valamint az egyre jelentősebb pénzügyi előirányzat is tanúskodik.

A kén-dioxid-emisszió környezetre gyakorolt kedvezőtlen hatásának csökkentését célzó eljárások négy főbb kategóriába sorolhatók:

- kis kéntartalmú vagy (időszakosan, esetleg állandóan) kénmentes tüzelőanyagok alkalmazása,
- új tüzelési technológiák alkalmazása, mint pl. a fluidágyas tüzelés vagy pedig gázosítás a kombinált gőz-gáz módszerrel együtt,
- magas kémények építése,
- a füstgázok kéntelenítése vagy semlegesítése (időszakosan vagy folyamatosan).

A nitrogén-oxidok

A nitrogén-oxidok a fosszilis tüzelőanyagok tüzelésekor a lángban és a magas hőmérsékletű égéstermékekben az égési levegő nitrogénmolekuláinak részleges oxidációjával és a tüzelőanyag nitrogéntartalmának vegyi átalakulásával keletkeznek. Általában NO és NO_2 keletkezik, éspedig az erőművekből emittált nitrogén-oxidokból kb. 95% NO és 5% NO_2.

A jelenlegi ismeretek szerint három különböző mechanizmus létezik:

- a „termikus NO",
- a „promt NO",
- a „tüzelőanyag-NO".

A termikus NO a nitrogénmolekulákból a Zeldovich-mechanizmus szerint képződik. Az átalakulás kb. 1300 °C-nál kezdődik, erősen hőmérsékletfüggő és arányos az oxigénkoncentrációval. A promt-NO-mechanizmusnál szénhidrogén jelenlétében a lángfront korai fázisában a nitrogénmolekulákból közbenső termékként jön létre NO.

A tüzelőanyag-NO a nitrogén részleges oxidációjaként organikus formában képződik a tüzelőanyagban. Mind az illóban, mind a kokszmaradékban megtalálható. A kokszmaradékban lévő nitrogén átalakulhat NO-dá és N_2-né. A szénportüzelésnél a tüzelőanyag NO 60–80%-a átalakul illó nitrogénné. Az átalakulás erősen hőmérsékletfüggő, jelentős az oxigénkoncentráció befolyása, azaz a tüzelőanyag–égési levegő keveredése. Elsősorban itt van jelentős szerepe az égő áramlási viszonyainak.

A legfontosabb reakciókra vonatkozó tájékoztató számításokra a különböző képletek alkalmazhatók, amelyek alapján azok a tényezők is értékelhetők, amelyekkel a NO_x mennyiségek csökkenthetők.

A dinitrogén-oxid

A N_2O gáz jelentős szerepet játszik az üvegházhatás kialakításában. A N_2O hosszú élettartamú gáz, az atmoszférában kb. 130 évig marad meg. Az atmoszférában lévő N_2O-növekedést különböző tényezők befolyásolják, kisebb mértékben a széntüzelés. A NO_x-csökkentő technológiák és a fluidágyas tüzelés kissé növelhetik a N_2O-emissziót szén esetében. A teljes szénfelhasználás az emberi tevékenység következtében keletkező összes N_2O 2-6 %-áért felelős, míg a világ összes N_2O-keletkezésének kevesebb mint 1-2%-áért. A füstgáz-kéntelenítési technológiák, az égés módosítása és a NO_x szelektív katalitikus csökkentése nem befolyásolja a N_2O-emissziót. A szelektív nem katalitikus redukció kissé növeli a N_2O-emisszót. A jelenlegi fluidizációs széntüzelés nagyobb N_2O-emissziót eredményez, mint a konvencionális széntüzelések. A hibrid fluidtüzelés e szempontból is kedvező technológia.

A szén-dioxid

A leginkább követhető gázösszetevő a légkörben a CO_2. Bár a CO_2-háztartásban az emberi tevékenység százalékosan kis értékben szerepel, de növekedése az iparosítás kezdete óta jelentős értékű, 280 ppm-ről 350 ppm-re változott. Az ipar és ezen belül az energetika szerepe alapvető. Ugyancsak jelentős szerepe van annak, hogy az energia-előállításhoz milyen enregiahordozót és milyen körfolyamatot választunk.

Az energetikában a fosszilis tüzelőanyagok felhasználása igen jelentős, ami jelentős CO_2-forrást is jelent. A népességnövekedés, a CO_2-növekedés és a világ enerigaigényének növekedése hasonló tendenciát mutat.

Az energiahordozók között, mint CO_2-források között is, jelentős különbségek vannak.

Nagy teljesítményű szénportüzelések

A szilárd, illómentes tüzelőanyagok égésmechanizmusa a heterogén kémiai reakciók törvényszerűségei szerint játszódik le. A szilárd fázisú tüzelőanyag és a gáz fázisú oxigéntartalmú levegő rendkívül bonyolult közbenső fázisokon keresztül, de alapvetően a szilárd tüzelőanyag felületén, esetenként belső és

külső felületen heterogén folyamatként játszódik le. A reakciósebesség nagyságrenddel alacsonyabb, mint a homogén gázreakciók esetén. Ennek folytán a tűzterekben a tüzelőanyagok a reakciók lassúbb lefutása miatt hosszabb időt töltenek el, mint a szénhidrogének eltüzelése esetén.

Mivel a természetben a szenek bonyolult szerves vegyületek halmazából és szervetlen ásványi anyagokból, esetleg különböző fázisú inert anyagokból állnak, ezért a természetes szenek elégetése bonyolultabb, mint a fenti általános kitétel. Az égés különböző fázisaiban mind a homogén, mind a heterogén reakciók esetenként megtalálhatók, sőt egyes fázisokban egyik vagy másik kizárólagosan döntő lehet. A szilárd tüzelőanyagok heterogén égési folyamatánál a reakciópartnerek egyike, jelen esetben az oxigén, konvekció és diffúzió útján kerül a szilárd felülethez, rendkívül bonyolult közbenső átalakulási folyamatok során.

Ha a szenek viselkedését tüzelés közben megvizsgáljuk, úgy jellemző fizikai és kémiai folyamatokat találunk. Ezek a részfolyamatok darabos vagy finom őrlemények elégetése esetén egyaránt megtalálhatók, csak a folyamatok sebességében vannak nagyságrendi különbségek. Ennek folytán a szenek égésénél az alábbi részfolyamatokat kell figyelembe vennünk:

- a szénszemcse felmelegedése, a felületi és hidroszkopikus nedvesség elpárologtatása,
- az illótartalom kigázosodása kokszképződés mellett,
- az illó égése a homogén kémiai reakciók szerint,
- a koksz gyulladása és égése a heterogén reakciók szerint,
- salak és hamuképződés, esetleg hőcserefolyamat mellett.

Gondot okoz a természetes szénfajták égés közbeni viselkedése, ahol számtalan tényezőnek lehet kedvező vagy kedvezőtlen befolyása. Az általános értékmérőként használt fűtőérték vagy égésmeleg legfeljebb az energetikai értékeléshez nyújt támpontot, valamint ideális körülmények között a reakcióhő megegyezik a primer füstgáz entalpiájával.

A szenek égésmechanizmusának vizsgálatát a reakciókinetikai módszerekkel általában az egyedi szénszemcsére vonatkoztatva végzik el. A laboratóriumi módszerek, valamint az elméleti megfontolások előnyösnek vélik ezeket a vizsgálati módszereket. A műszaki irodalom döntően ilyen megközelítésben tárgyalja a szilárd tüzelőanyagok égését.

A korai égésmodellek azzal a feltételezéssel élnek, hogy az oxidáció a külső felületen játszódik le. 1964–68 között azonban a részletesebb kísérleti vizsgálatok világosan rámutattak arra, hogy a kőszén kokszszemcséin belül nagy üregek vannak, és a pórusokon keresztül az oxigén be tud hatolni a széngömb belsejébe.

A kokszszemcsék belső struktúrájának összetettsége és változatossága érthetően nehezíti az általánosítható következtetések, egyértelmű matematikai modellek felállítását.

A különböző minőségű kőszenek kokszszemcséinek égését vizsgálva két fő típus különböztethető meg, a duzzadó és a nem duzzadó szenek kategóriája.

Nem duzzadó (gyengébb minőségű) szenek kokszszemcséinek átmérője és látszólagos tömegsűrűsége egyaránt csökken a kiégés előrehaladtával. Ez annak következménye, hogy a 23–72 μm kezdeti közepes átmérőjű szemcséknél a külső geometriai és a belső pórusfelületeken fellépő égés sebessége összemérhető.

Duzzadó szenek kokszszemcséinek közepes átmérője az égés során csökken, de a lászólagos sűrűség nő. Ez a növekedés azért is jelentkezhetett, mert a mintában lévő igen kis sűrűségű szemcsék igen gyorsan kiégtek. A belső és külső égés tekintetében következtetések nem vonhatók le.

Speciális optikai mérőeszközt fejlesztettek ki az égő szemcsék pillanatnyi hőmérsékletének meghatározására. A szemcsére felírható hőmérleget használták fel a fenti kérdés eldöntésére. Ha ugyanis a reakciótermék CO_2, úgy a reakcióhő 33 000 kJ/kg (7900 kcal/kg), míg CO esetén ez mindössze 9781 kJ/kg (2340 kcal/kg). E jelentős hőforráskülönbségek esetén jelentősek a hőmérlegből adódó egyensúlyi szemcsehőmérséklet-különbségek.

Az eredmények azt mutatják, hogy a mért hőmérsékletek a CO-produkció esetére számított hőmérsékletekhez állnak közelebb. A hőmérsékletszint emelésével a CO-produkció csaknem biztossá válik. Ha viszont ez a helyzet, akkor a CO úgy ég el a szemcse határrétegében, azaz a homogén fázisban, hogy nem hat vissza a szemcsehőmérséklet alakulására.

A kísérletek során a gázmintában CO jelenlétét nem tudták kimutatni (0,01%). Ennek oka valószínűleg a CO csaknem tökéletes elégése a kokszszemcse-felület közelében.

A reakciók sebessége az oxigén parciális nyomásával arányosnak adódott feketekőszénre és antracitra. A barnakőszén-koksz égését vizsgálva a mérési pontok szórása lecsökken, ha feltételezik azt, hogy a reakció sebessége az oxigén parciális nyomásának négyzetgyökével arányos.

A konstrukciós megoldások mind a régebbi, üzemelő kazánoknál, mind az új berendezéseknél számos lehetőséget biztosítanak a környezetszennyezés csökkentésére.

A korábbi saroktüzeléseket úgy alakították ki, hogy az égők tengelyei egy a tűztér közepére képzelt, kb. 1 m átmérőjű kör érintőjeként helyezkedtek el. Így üzem közben a tűztérben egy örvény képződött, a tüzelőanyag és az égési levegő mielőbbi, jó keveredése mellett. E tüzelési módnál is van lehetőség a

NO_x-emisszió csökkentésére. A levegősugarak egy részét nem az eredeti 1 m-es kör érintőjeként irányítják, hanem ennél nagyobb átmérőjű, ezzel koncentrikus kör érintőjeként. Ezzel az égés első fokozatában léghiányos zónát létrehozva ennek ismert hatásaként az NO_x csökkenését lehet elérni.

A tűztéri tűzvezetéssel a különböző paraméterek közül a következők befolyásolhatók:

- az átlagos oxigénmennyiség csökkentése,
- a helyi oxigénfelhasználás dinamikája,
- fokozatos oxigénadagolás,
- az átlagos hőmérséklet csökkentése,
- a hőmérsékletcsúcsok csökkentése,
- az NO_x-képződést csökkentő kémiai elemek keletkezése,
- az NO_x-képződést csökkentő gázkörnyezet létrehozása.

E feltételek megteremtését biztosítja a megfelelő tüzelési elrendezés. E rendszerekben az égés főbb szakaszai: gyulladás, pirolízis (az illó nitrogénvegyületek felszabadulásával). Az oxigénszegény környezetben alacsony NO_x-képződés mellett folyik a pirolízist követő égés. Ezt azonban még a megfelelő kiégést biztosító szakasz kell kövesse. Az égési levegő adagolása megválasztásának azonban a szénfajta égési tulajdonsága is korlátot szab.

Az égőknek a következő legfontosabb feltételeket kell kielégíteni:

- a tüzelőanyag gyulladását és a lángstabilitást,
- széles terhelési tartományban biztonságos működést,
- minimális éghetőveszteséget,
- alacsony szennyezőanyag-kibocsátást.

A fosszilis tüzelőanyagokra különböző módszerekkel érik el az előző feltételeket. Az égők a következő legfontosabb nagyobb csoportokba sorolhatók:

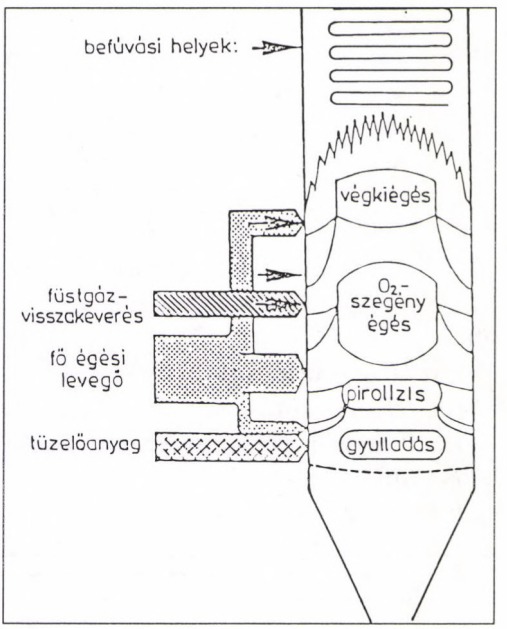
- többfokozatú levegőadagolás,
- többfokozatú tüzelőanyag-adagolás,
- füstgáz-recirkuláció.

Az égési levegőnek több fokozatra, primer, szekunder és tercier levegőre való osztásával a tüzelőanyag égésének feltételeit és ezzel a nitrogén-oxidok keletkezését tudjuk befolyásolni.

A tüzelési vázlatot a *3. ábra* mutatja. A láng belső zónájában tüzelőanyagban igen gazdag (30–50% az elméleti levegőmennyiségre vonatkoztatva) keverék erős redukáló környezetet hoz létre. A második szakaszban a további égéshez szükséges levegőt táplálják a lángba, majd a tercier levegővel szén esetében a sztöchiometrikus arány kb. 120%-ának megfelelő levegőmennyiséggel a teljes kiégést biztosítják.

Ezeknél az égőknél a levegőadagolás több fokozatra történő osztása mellett a tüzelőanyagot is több fokozatban táplálják a tűztérbe. Ezzel a megoldással az égési zónában a környezeti viszonyok jelentősen változtathatók, és jól megteremthetők az alacsony NO_x-képződés feltételei.

Az égési zónában a redukáló környezet kialakításának egyik eszköze közvetlen az égőn keresztül betáplált füstgáz-recirkuláció is lehet. A központi nyíláson a primer levegő és tüzelőanyag kerül betáplálásra. A visszakevert füstgáz a szekunder és tercier levegővel kerül a tűztérbe.



3. ábra. Többfokozatú égés az égésilevegő-adagolás megosztásával

Fluidizációs tüzelés

Ha szilárd szemcsés halmazon gáz áramlik át, a sebesség növelésével a nyomásesés változását a *4. ábra* mutatja (logaritmikus léptékekben).

Az áramlás különböző szakaszán a nyomásesés változását leíró összefüggések:

Első szakasz (rostélytüzelés):

$$\Delta p \sim \frac{u^2}{2g}, \log \Delta p \sim 2 \log u.$$

A jelleggörbe ferde egyenes.

Második szakasz (fluidizáció állandó nyomásesés mellett):

Az áramlás során, a sebesség egy bizonyos u_L értéket elérve, a réteg lazulni és terjedni kezd, a szemcsés halmaz kezd folyadékként viselkedni, mint ahonnan az elnevezés is származik. A nyomásváltozást az határozza meg, hogy lényegében a rétegben lévő állandó értékű anyagmennyiséget egyensúlyban kell tartani, azaz

$$\Delta p = p_s (1-\varepsilon) h,$$

$$m = áll. = p_s (1-\varepsilon) V = p_s (1-\varepsilon) h F,$$

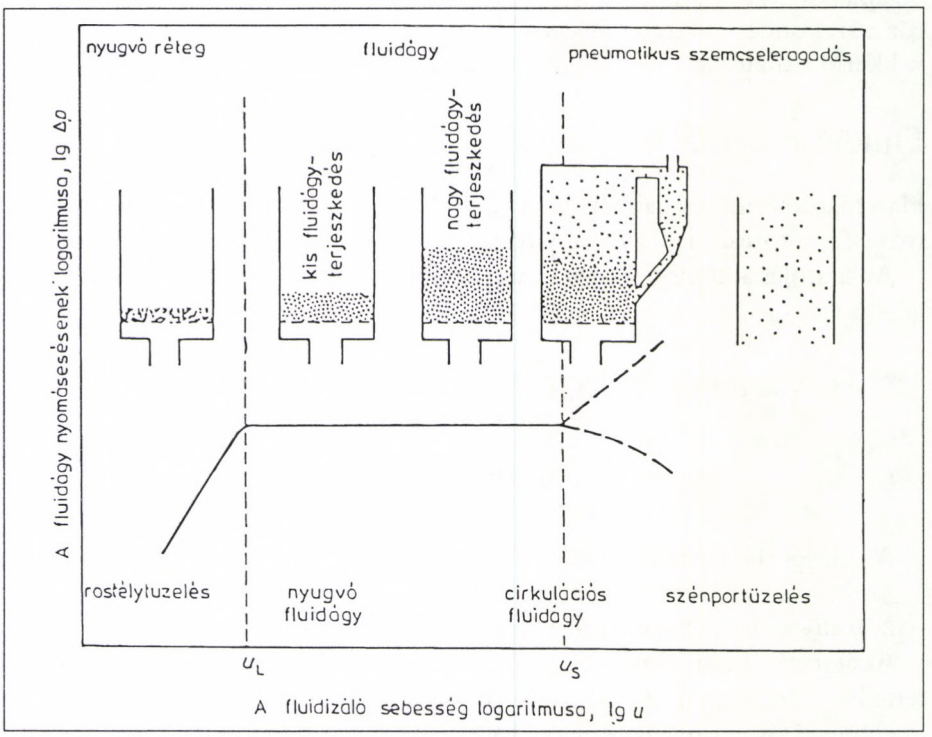
$$p_s (1-\varepsilon) = \frac{m1}{Fh},$$

$$\Delta p = \frac{mh}{Fh} = \frac{m}{F} = áll.$$

$$\log \Delta p = \log áll. = áll.$$

ahol

ε az átlagos űrtérfogat
p_s a szemcse sűrűsége,
V a fluidizált réteg térfogata,
F a fluidizált réteg keresztmetszete,
h a fluidizált réteg magassága.



4. ábra. Szemcsés halmaz állapotváltozása gázáramlás esetén; u_L a fluidizációs kezdősebesség, u_s a lebegési sebesség

A rétegben a nyomásesés állandó, tehát a sebesség függvényében a jelleggörbén vízszintes szakasz található.

Harmadik szakasz, cirkulációs fluidizáció (pneumatikus szállítás, szénportüzelés, átáramlás, szénpor gázosítása):

A sebesség növekedésével elérve egy értéket, az u_s lebegési sebesség értékét, amely felett a szemcsehalmazból a gáz szemcséket ragad magával. Ha megfelelő utánpótlása van a szemcséknek, akkor a jelleggörbe az áramlási ellenálásra érvényes törvényszerűséget követi, azaz

$$\Delta p \sim \frac{u^2}{2g}, \log \Delta p \sim m \log u.$$

A jelleggörbe a logaritmikus koordináta-rendszerben megfelelő m hajlásszögű emelkedő egyenes. Ha nincs szemcseutánpótlás, akkor a sebesség növekedése ellenére egy bizonyos értékig csökkenő jelleget mutat, mivel a tiszta gázáramlás értéke felé tart.

Nyomás alatti fluidtüzelés

A nyomás növelése a fluidizációs tüzeléseknél is régóta igény a tüzeléstechnikában. Különösen előtérbe került ez a törekvés a gőz-gáz körfolyamatok mind szélesebb elterjedésével. A nyomás alatti tüzelés (Pressurized Fluidized Bed Combustion PFBC) alkalmazásánál alapvetően két irányban indult erőteljes fejlesztés, úgymint:

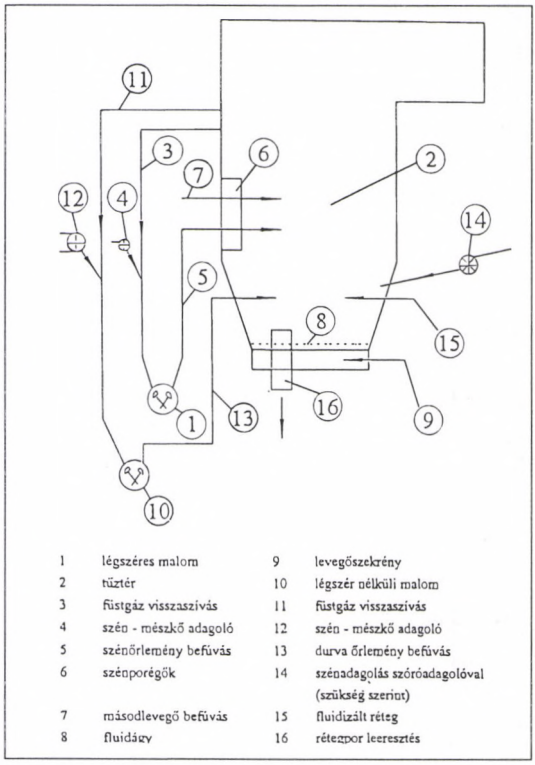
- a tüzelőanyag teljes égése utáni füstgáznak gázturbinára való vezetése,
- a fluidkazánban a tüzelőanyag elgázosítása és a gáznak a gázturbina-égőtestben történő eltüzelése.

Fluidkazán–gázturbina közvetlen kapcsolat

A PFBC-ben a tüzelőanyag teljes elégése után fejlődő füstgázok energiatartalmának közvetlen gázturbinában való hasznosítására közel párhuzamosan három terv született: az USA-ban a TIDD, Spanyolországban az ESCATRON és Svédországban a VARTAN. A tervek széles körű nemzetközi szakmai együttműködésében valósultak meg.

Magyarországi fejlesztések a fluidizációs technikában

A gyenge minőségű szenek környezetbarát technológiával történő energetikai hasznosítására született eljárások közül a fluidizációs tüzelés emelhető ki. Elterjedése az utóbbi évtizedekben mégsem volt olyan mértékű, mint az előzetes



5. ábra. Hibrid fluid tüzelési rendszer

feltételezésben prognosztizálták. Ennek oka az energiaigények várakozás alatti növekedése mellett az árkérdésben és a meglévő berendezésekre való alkalmazásban jelentkező korlátozásokban határozható meg.

Magyarországon a Villamosenergia-ipari Kutató Intézetben a legkorszerűbb tüzeléstechnikai és égéselméleti ismeretek alapján egy többfokozatú tüzelőanyag adagolású egytűzterű örvényes fluidtüzelés került kifejlesztésre, amely mind új berendezéseknél, mind régebbi berendezéseknél mérsékelt anyagi és pénzügyi ráfordítással alkalmazható (*5. ábra*).

Az eljárás lényege, hogy a tűztér alsó részét fluidizációs tüzelésre alkalmas ágyként képezik ki, majd felette a tűztérfalon kiképzett megfelelő nyílásokon további tüzelőanyag-beadagolásra van lehetőség. Új berendezésnél a kialakításban a tervezőnek szabad keze van, míg régi berendezéseknél a tűztér alsó részét és a korábbi szénőrlő malmok egy részét alakítják át.

A megoldás legfontosabb újdonságai:

- a szén kiégéséhez szükséges tartózkodási időt a tűztéri cirkulációval oldja meg, nincs szükség ciklonra,
- gyakorlatilag pulzációmentes üzemet biztosít (az Ajkai Erőműben BME-mérés),
- a konstrukció gyakorlatilag megegyezik a korábbi szénportüzelésű kazánokéval, ezzel tehát olyan egységteljesítmény érhető el, mint szénportüzeléseknél,
- a kazánszintben több magasságban elhelyezett szénadagolással a N_2O képződési mechanizmusába úgy avatkozik be, hogy annak elbomlása a normál cirkulációs tüzeléshez képest lényegesen nagyobb mértékben történjen.

A szén elgázosítása

A szén cseppfolyósításánál lényegesen kiforrottabb és szélesebb körben alkalmazott eljárás a szén elgázosítása, ill. az erre kidolgozott technológiák felhasználása. Szénelgázosításon a szilárd tüzelőanyagok levegővel, levegő + vízgőzzel, oxigén + vízgőzzel történő átalakítását értjük.

Erőművi alkalmazás esetén elsősorban a levegő + vízgőzzel történő gázosítás jöhet szóba, mely esetben a szén kéntartalma kénhidrogénné alakul. Ez lényegesen egyszerűbben választható le a gázból, mint a szén közvetlen elégetése során keletkező füstgázban megjelenő kén-dioxid. A kénhidrogén-leválasztás azért egyszerűbb és hatékonyabb, mert a kéntelenítő gáz térfogata és az eltávolítandó kénhidrogén parciális nyomása közel két nagyságrenddel kisebb, mint a közvetlen széntüzelés esetén adódó füstgáz térfogata, és abban az SO_2 parciális nyomása.

A fejlett ipari államokban az utóbbi években egyre inkább előtérbe került a szénelgázosítás, amit elsősorban az a felismerés indokolt, hogy a rendelkezésre álló földgáz- és nyersolajkészletek nem kimeríthetetlenek.

Kombinált erőművek – a „topping ciklus" és a IGCC

A „topping ciklus" lényegében a „gőz-gáz" körfolyamat és a konvencionális gőz körfolyamat összekapcsolása. A technikai megoldás igen változatos a konvencionális erőművi berendezésektől kezdve a nyomás alatti fluidizációs elgázosításig, minden változatra alkalmazható.

A rendszerben fluidizációs elgázosítóban részben elgázosított szénből fejlesztett gáz és a gázturbina égőkamrájában, magas hőmérsékleten, innen a név, ez a „ciklus teteje". Továbbá az elgázosítóból kikerülő koksz cirkulációs fluidkazánban a gőzfolyamat számára gőzfejlesztésre szolgál. Ezzel az eljárással adalékanyaggal (mészkő) jó kéntelenítés is elérhető.

A „topping ciklus" fő előnye, hogy az energiafejlesztési költségek a konvencionális szénportüzeléshez képest 20%-kal csökkennek. Az integrált elgázosításos kombinált ciklus az elérhető jó hatásfok és a fejlesztett gáz összetétele révén járul hozzá a CO_2-csökkentéshez. A CO_2 csökkentésére lényegesen bonyolultabb, az energiafejlesztés körfolyamatába iktatott eljárások is születtek.

Az energiafejlesztést és a metanolgyártást összekapcsoló rendszer is létezik. A rendszer rendkívül bonyolult, és gyakorlatilag minden probléma megoldását tűzi ki célul a legkorszerűbb technikai elemek alkalmazásával.

A tüzelőanyag-cellák szerepe az energetikában

A tüzelőanyagcella-típusok jövőben várható szerepét meghatározó legfontosabb szempontok:

- a távlati jelentőségét a hidrogénfejlesztési technológia, a cellák gyártástechnológiája és annak költségei döntően befolyásolják,
- a különböző típusok előnyeinek és hátrányainak kihasználása befolyásolja elterjedésüket,
- a kisebb teljesítmények (25–500 kW) várhatóan szélesebb körben gyorsan terjednek, a nagyobbakhoz lényeges gazdaságossági javulás szükséges,
- a kisebb rendszerek egyszerűbbek, a nagyobb rendszereknél a bonyolultabb kapcsolással jobb hatékonyság érhető el,
- a tüzelőanyagok, különösen a gáz árának növekedése előnyös helyzetbe hozza a hatékonyabb rendszereket,
- rendkívül alacsony NO_x-emisszió érhető el, 10 ppm alatti a PAFC-rendszernél, 1 ppm alatti a MCFC-rendszernél.

Gázturbinás kombinált erőművek magas hőmérsékletű tüzelőanyag-cellával

Az oxidkerámiás tüzelőanyag-cellák különösen alkalmasak lehetnek a jövő erőművi folyamataiban való felhasználásra. A magas hőmérsékletű oxidkerámiás tüzelőanyag-cella cellahűtését a levegő-, ill. tüzelőanyag-előmelegítési folyamatba bekapcsolva a körfolyamati hatásfok jelentősen növelhető az egyébként is magas cellahatásfok fölé. A gázturbinával kombinált erőmű megvalósítására a legalkalmasabb az oxidkerámiás tüzelőanyag-cella.

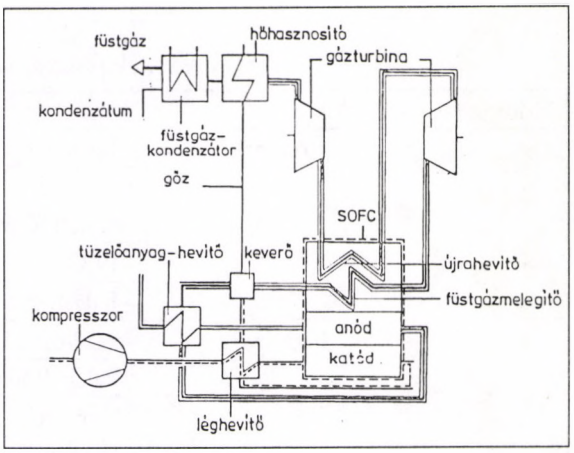
A jelenleg rendelkezésre álló cellatípusok:

- az alacsony hőmérsékletű cella (pl. kálilúgos) 80 °C-on üzemel,
- a közepes hőmérsékletű cella (pl. foszforsavas) 200 °C tartományban,
- a magas hőmérsékletű cellák (megolvasztott karbonátos) 650 °C és
- az oxidkerámiás cellák (szilárd oxidkerámia, Solid Oxid Fuel Cell SOFC) 1000 °C tartományban.

A cellák villamos hatásfoka 55–65%. A SOFC-cellahűtést levegő, ill. tüzelőanyag-felmelegítési folyamatba iktatva lehet biztosítani. A legkedvezőbb hatásfok n = 1 légfeleslegnél, azaz sztöchiometrikus viszonyoknál érhető el. A fellépő hőfeszültségek uralása céljából a levegőt és a tüzelőanyagot kb. 850 °C-ra kell melegíteni, 1000 °C cellahőmérsékletnél.

Egy lehetséges erőművi kapcsolást mutat a *6. ábra*, amelynél levegő- és tüzelőanyag-előmelegítést, gőzbefúvással gázturbinát és elgőzölögtető előmelegí-

tőt is alkalmaznak. Az égési levegőt egy kompresszor sűríti, majd egy levegő-előmelegítőn keresztül vezetik a katódoldalra. A tüzelőanyag így tüzelőanyag-előmelegítőn keresztül jut a SOFC anódoldalára. Az anódból távozó gáz és a katódból távozó levegő a tüzelőanyag-, ill. a levegő-előmelegítőn keresztüláramolva lehűl. A tüzelőanyag és a levegő felmelegedve a hőhasznosító kazánban fejlesztett gőzzel keveredik.



6. ábra. Gázturbinás, tüzelőanyag-cellás erőmű kapcsolása

Ezt a füstgázt ismét a SOFC-rendszerbe vezetik, és ott az integrált füstgáz-előmelegítőben felhevül. Ez a forró gáz expandál a gázturbinában. A gázturbina után helyeznek el egy hőhasznosító kazánt és egy füstgázkondenzátort, a szükséges tápvízmennyiség egy részének fedezésére.

Az elérhető hatásfokot a nyomásviszony, a légfelesleg-tényező és a cellahőmérséklet jelentősen befolyásolja. Magas hőmérsékletű celláknál a cellákra és a hőhasznosítókra számos kapcsolás elképzelhető.

Fejlesztések, paradoxonok

A tüzeléstechnikával szemben támasztott követelmények kielégítése során ellentmondások keletkeznek. E paradoxonok fontosabb részelemei találhatók a *4. táblázat*ban. A tüzelés rendkívül bonyolult fizikai-kémiai folyamatában nem lehet különválasztani az egyes paramétereknek az égési folyamatra és az égéstermékek egyes alkotóinak mennyiségére gyakorolt hatását. Ennek ellenére a paradoxonok néhány részelemét elemezzük a következőkben.

Az égési folyamat paradoxona

A szénportüzeléskor biztosítanunk kell a stabil gyulladást, majd az égést, úgy, hogy minél kevesebb környezetszennyező anyag keletkezzék. A gyulladási és az égési folyamat szempontjából kedvező, ha minél magasabb hőmérsékleti szinten történik.

4. táblázat

Paradoxonok (összefoglalás)

Hőmérséklet-paradoxon	
előnyös:	– hőátadás
	– gyulladás
	– reakciósebesség
	– N_2O-bomlás
	– hatásfok-növekedés
hátrányos:	– salakosodás
	– kalcinálódás
	– termikus NO_x
	– kéntelenítés csökken
Adalékolás paradoxon ($CaCO_3$)	
előnyös:	– SO_2-csökkentés
hátrányos:	– gyulladás
	– reakciósebesség (mészkő CO_2)
	– veszteség
	– többlet CO_2
	– hatásfokcsökkenés
	– kalcinálódás romlás (szén égés CO_2)
Jó keveredési paradoxon	
előnyös:	– gyulladás
	– reakciósebesség
	– alacsony CO
hátrányos:	– tüzelőanyag NO_x-képződés
Globális szennyezés paradoxon	
előnyös:	– SO_2-csökkenés
	– NO_x-csökkentés
hátrányos:	– CO_2-növekedés
	– NO_2-növekedés

A tüzelési folyamat legkritikusabb szakasza a tűztérbe belépő tüzelőanyag gyulladása. A gyulladási feltételek kialakulásában a tüzelőanyag fizikai-kémiai tulajdonságainak és a környezeti viszonyoknak lényeges szerepük van. A tüzelőanyagok gyulladása adott körülmények között az általuk meghatározott hőmérsékleten megy végbe.

A tüzelőanyag a gyulladáshoz szükségesnél általában alacsonyabb hőmérsékleten jut a tűztérbe, így felmelegítéséhez hőközlés szükséges. A hőközlés módjai:

- sugárzás,
- forró égéstermékek visszaáramlása.

A különböző hőközlési módok szerepe még nem egyértelműen tisztázott, de alapvetően szükséges, hogy a tüzelőberendezésben a forró égéstermékek visszaáramolhassanak. A visszaáramlás történhet a láng külső felületén is, de a korszerű égőknél – különösen szénhidrogén tüzelés esetén – a lángban a belső recirkulációs mag létrehozásához ún. lángstabilizátor szükséges.

A recirkuláció által kialakított áramlás több ellentétes hatáson keresztül változtatja a tűztérbe áramló tüzelőanyag gyulladási és égési viszonyait. Ezek közül a legfontosabbak:

- a turbulens gyulladási sebesség változása,
- a visszaáramló égéstermékek.

N_2, CO_2, H_2 stb. befolyása a hőközlés és a gyulladás szempontjából:

- a recirkulációs zóna méretének változása,
- az égési gázok visszaáramlása.

A recirkuláció mértékének növekedésével a még gyulladás előtti éghető gáz és égési levegő keverékéhez magas hőmérsékletű égéstermékek keverednek. A gyulladási hő biztosítására kedvező, ha egyrészt a visszaáramló égéstermékek mennyisége nagyobb, másrészt azok hőmérséklete is minél magasabb. Ezek szerint a viszonyok a recirkulációs zóna hosszának a gyulladás szempontjából kedvezően változnak, mivel az égés előrehaladottabb állapotában (egy maximális értékig) a láng hőmérséklete magasabb.

A recirkulációs zóna hosszának növekedésével azonban a visszaáramló gázok inert gáztartalma (N_2, CO_2, H_2O) is növekszik, ami viszont a gyulladási viszonyokat rontja, és egy határértéken túl esetleg a gyulladás teljes megszűnéséhez vezet.

A recirkulációval az égési folyamat kezdeti szakaszából származó, már égő alkotóknak a tűztérbe belépő tüzelőanyagokhoz való visszaáramlása és keveredése is bekövetkezik. Ezek az égő lángelemek a gyulladás előtt álló keverékben gyulladási gócokat képezve a láng tovaterjedése szempontjából kiindulási pontokat jelentenek.

A gyulladási elmélet lényege, hogy a V térfogatú, T_0 hőmérsékletű edényben levő éghető keverékben kémiai reakció folyik, amelynek sebessége:

$$\frac{dc}{d\tau} = f(p) \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)$$

A reakció lefolyásának eredményeképpen a V térfogatban egységnyi idő alatt felszabadult hőmennyiség:

$$\frac{dq_1}{d\tau} = F\frac{dc}{d\tau}V = FV\ f(p)\exp\left(-\frac{E}{RT}\right).$$

A reakció következtében felszabadult hőmennyiség hatására a T_0 hőmérséklet T-re növekszik. A hőelvonást a következő egyenlet fejezi ki:

$$\frac{dq_2}{d\tau} = A(T - T_0).$$

A tüzelőanyag gyulladása abban a pillanatban következik be, amikor a hőfelszabadulás és a hőelvonás egyensúlyba kerül. Ezért a gyulladási hőmérsékletet nem lehet fizikai vagy kémiai állandóként kezelni, hanem függ a körülményektől is.

A stabil égés akkor jöhet létre, ha a keverék gyulladása után a hőfejlődés meghaladja a hőelvonást az egyensúlyi állapot beálltáig. Ezen állapotban az ábrán a T_1 pont felel meg. E határesetben:

$$\left(\frac{dq_1}{d\tau}\right)_{T=T^1} = \left(\frac{dq_1}{d\tau}\right)_{T=T^1}$$

A hőfelszabadulás és hőelvonás egyenlőségét és a deriváltak egyenlőségét felírva:

$$FVf(p)\exp\left(-\frac{E}{RT}\right) = A(T - T_0)$$

és

$$\frac{E}{RT^2}FVf(p)\exp\left(-\frac{E}{RT}\right) = A,$$

az egyenletrendszert megoldva másodfokú egyenlet lesz:

$$\frac{RT^2}{E} = T - T_0$$

A $T=T_1-T$ a gyulladási hőmérséklet értékére

$$T_{gy} = \frac{1 - \sqrt{1 - \frac{4RT_0}{E}}}{2\frac{R}{E}}$$

összefüggés adódik.

Szénportüzeléskor a gyulladási stabilitás döntően függ a szénfajtától. A legnagyobb hatása a szén illótartalmának van. Általános tapasztalat, hogy azonos egyéb körülmények mellett az illótartalom növekedése kedvezően befolyásolja a gyulladási sebességet. Azonos illótartalom mellett is azonban a keverékben levő oxigén mennyisége az oxigénnel bejuttatott nagy mennyiségű nitrogén miatt nem a szén teljes elégéséhez szükséges értéken adja a legkedvezőbb viszonyokat, hanem ennél kisebben. A tiszta oxigénben való tüzeléshez képest, a tökéletes égéshez szükséges oxigénmennyiség tartós monoton növekedés helyett – az illótartalomtól függően – az elméleti levegőmennyiségnél kisebb értéken maximum lép fel.

Régebbi szakkönyvekben található olyan megállapítás, hogy a szénportüzeléskor bevezetett primer levegő mennyisége az illó égéshez szükséges levegőmennyiséggel egyezik meg. Más könyvekben az általában ennél nagyobb értéket adó illószázalékkal azonos százalékos arányban jelölik meg a primer levegő mennyiséget.

A teljes égésfolyamatot tekintve ezek a javaslatok mindenképpen felülvizsgálatra szorulnak. Ha a tüzelőanyag teljes elégésétől függetlenül vizsgáljuk a szénpor gyulladását, akkor a lángterjedési sebességeket figyelembe véve a primer levegőre vonatkozó korábbi következtetések adódnak.

A teljes égésfolyamatot vizsgálva a primer levegőadagolási viszonyt alapvetően más szemléletben kell meghatározni. Olaj és gáz együttes tüzelése esetén megállapíthtó, hogy a gáz az oxigént a jobb keveredési viszonyok miatt nagy intenzitással felhasználja, majd az olajcseppek égésekor már lényegesen kisebb koncentráció áll oxigénből rendelkezésre, esetleg oxigénhiány lép fel. Ugyanez fokozottabb mértékben vonatkoztatható a szénpor égésére is. Az égési levegővel jól keveredő illó alkatrészek nagy sebességű égése játszódik le, az oxigént elfogyasztják és nem kielégítő mennyiségű primer levegő esetén a visszamaradt szilárd alkotók nem gyulladnak meg. A szénpor égésének kezdeti fázisában tehát az ún. kettős gyulladás elmélete vezet helyesebb eredményre. Ennek bevezetésével tehát a szénporsugár égésében alapvetően két indulási folyamat is fellép. Ha a primer levegő mennyiségét úgy állítják be, hogy az az illó égéséhez legyen elegendő, úgy a kedvező keveredési viszonyok miatt a gyorsan elégő illó azt gyakorlatilag teljes egészében el is fogyasztja, és az egyébként nehezebben gyulladó és égő szilárd maradék kedvezőtlen körülmények közé kerül. A láng viszonylagos folyamatossága ezen a szakaszon oxigén hiányában szükségképpen megszakad, és esetleg csak az égéstermékek és a szén közötti gázosodási folyamatok léteznek. Ezek szerepe természetesen szintén jelentős az égésfolyamat további szakaszában. Mindenesetre ilyen körülmények között a szilárd maradék újragyulladásának szükségességével számolni kell. Itt jut

szerephez a szekunder levegő bejuttatásának hatásossága. Ismeretesek azok a nehézségek, amelyek a már magas hőmérsékletet elért égéstermékek és hidegebb közegek keverésekor fellépnek a nagymértékű viszkozitáskülönbségek miatt.

A bevezetett kettős vagy többszörös gyulladás új szemlélete tehát elsősorban a levegő adagolásának oldaláról jelent változást. A teljes égésfolyamaton belül szemlélve a gyulladást, a jelenlegi gyakorlatban szokásos levegőmennyiségnél többet szükséges a primer keverékkel bevinni. E javasolt irányzat megvalósításakor azonban lényegesen nagyobb a szerepe a levegő-előmelegítés véghőmérsékletének. Alacsony levegő-előmelegítési hőmérsékleteken az illóégés szakaszának jelentősége elsősorban a keverék felmelegítése szempontjából jelentős. Ekkor természetesen a teljes égéshez szükséges mennyiségnél kevesebb primer levegő adagolása indokolt lehet, mert az illóégéskor felszabadult hőmennyiség tudja csak a tűztérben a keverék kellő hőmérsékletét biztosítani. A levegő hőmérsékletét növelve a maximális gyulladási sebességérték is a nagyobb levegőmennyiségek felé tolódik el, tehát a primer levegőmennyiség függ a levegő-előmelegítés véghőmérsékletétől.

Tehát mind a gyulladási, mind az égési és hőátadási szempontok minél magasabb tűztéri hőmérsékletet igényelnek.

A tűztér méretének a szempontjából is kedvező a magas tűztér-hőmérséklet. A tüzelőanyagból felszabadított hő átadása a körfolyamat külön munkaközegének a tűztérben nagyrészt sugárzással történik, ami az abszolút hőmérséklet negyedik hatványával arányos. Ennek megfelelően magasabb tűztérhőmérsékletnél a tűztér nagy hamutartalmú szeneknél nehezen uralható ellentmondás az, hogy a tűztér elpiszkolódása lényeges lehet, ami a hőátadást rontja, továbbá azonos teljesítmény eléréséhez nagyobb méretű tűzteret kell biztosítani. E probléma sok évtizedes múltra tekint vissza, számos tisztítási lehetőséget kidolgoztak.

$$\frac{T_L^4 - F_F^4}{T_{L0}^4 - T_G^4} = \frac{T_L^4 - (T_G + \Delta T_{cső} + \Delta T_{piszk})^4}{T_{L0}^4 - T_G^4},$$

ahol T_L a láng, T_F a fal, T_G a víz vagy a gőz hőmérséklete, $\Delta T_{cső}$ a cső falán, ΔT_{piszk} a lerakódott rétegen bekövetkező hőmérséklet-változás, és a 0 index a tiszta felületre vonatkozik.

A hővezetés egyenlete alapján a tűztéri lerakódásának vastagsága:

$$\delta_{piszk} = \frac{\lambda_{piszk}\, \Delta T_{piszk}}{q}$$

$$Q_T = \varepsilon\, c_s\, F[(T_L/100)^4 - (T_F/100)^4] \approx Q_E \approx m_g r,$$

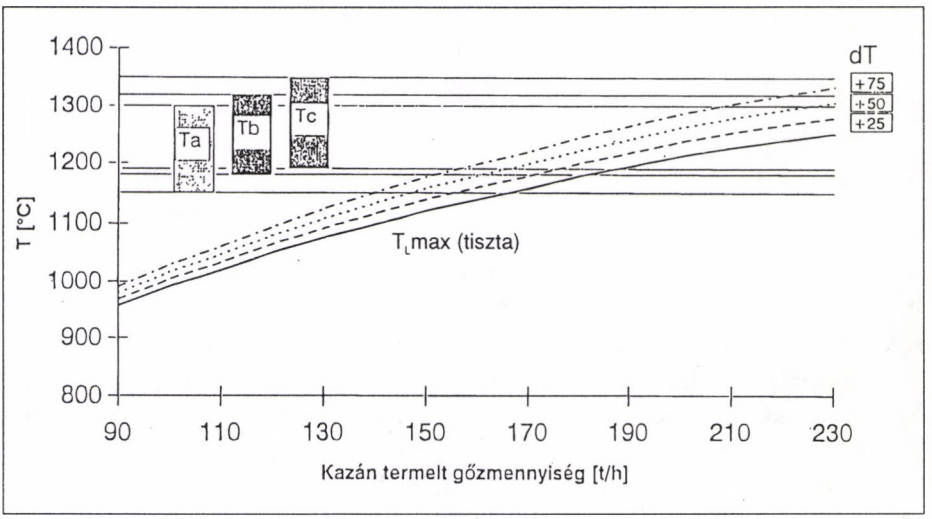
ahol ε a feketeségi fok, c_s a sugárzási tényező, F a felüleg, Q_T a tűztéroldali leadott, Q_E a kazán vízoldali (elgőzölögtető) felvett hőteljesítmény, amelyek ideális esetben megegyeznek egymással, m_g az elgőzölögtetőből kilépő gőz tömegárama, r a víz párolgáshője az elgőzölögtető nyomásán.

A gyakorlatban elterjedten használják az elpiszkolódási tényezőt

$$\xi = \frac{T_L^4 - T_f^4}{T_L^4 - T_G^4} = \frac{T_L^4 - (T_G + \Delta T_{cső} + \Delta T_{piszk})^4}{T_L^4 - T_G^4}.$$

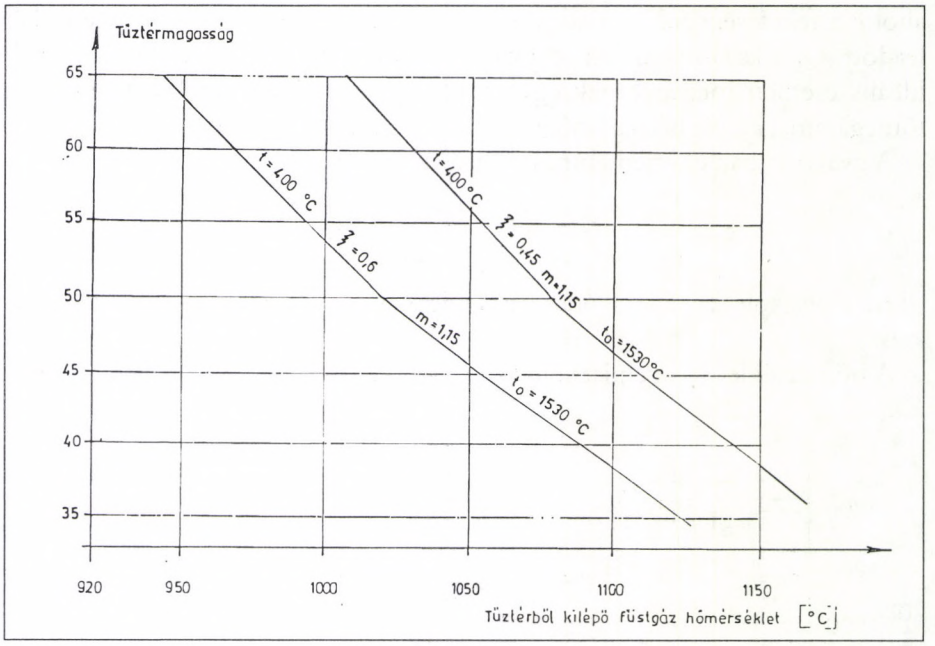
Az elpiszkolódás, a lerakódás vastagságának növekedésével ξ értéke csökken.

A hőmérséklet és az elpiszkolódás hatását szemlélteti a 7. és *8. ábra*.



7. ábra. A maximális lánghőmérséklet a terhelés függvényében és a salak karakterisztikus hőmérsékletei; zsugorodási hőmérséklet (T_a): 850–1100 °C – lágyuláspont (T_a): 1150–1300 °C – olvadáspont (T_b): 1180–1320 °C – folyáspont (T_c): 1190–1350 °C

Az utóbbi évtizedek környezetvédelmi szempontjainak előtérbe kerülése, azonban a minél magasabb hőmérsékleten jó tüzelőanyag–levegő keveredést biztosító tüzelés képletét jelentősen bonyolította, nyugodtan mondhatjuk, gyökeresen megváltoztatta, a tüzeléstechnikát komoly ellentmondások elé állította. A hatékony tüzelőanyag-hasznosítás mellett a környezetet szennyező anyagok kibocsátásának minimalizálása is feltétel lett. Ez értendő a szilárd és gáznemű szennyezőkre egyaránt. A szilárd szennyezők leválasztása alapvetően megoldott, tüzeléssel csak néhány különleges technológiával lehet a szennye-



8. ábra

zők csökkentését befolyásolni. Alapvetően módosítja azonban a tüzelés korábbi szempontjait a gáznemű szennyezők (nevezetten a kén-oxidok és nitrogén-oxidok) csökkentésének, ill. behatárolásának igénye. A tüzelőanyag kéntartalma régi problémája az energetikának. A tüzelőanyagból a füstgázba kerülő kén-oxidok leválasztására igen nagyszámú eljárást dolgoztak ki. Széles körben azonban a mészkő adalékanyaggal történő leválasztás nyert alkalmazást.

Az adalékanyagokkal történő kéntelenítési módszerek lényege az, hogy porított, bázikus hatású anyagokat fúvatnak ki, amelyek az égés során képződött savanyú kén-oxidokat többé-kevésbé megkötik.

Kezdetben, miután a mészkő adalékok nagyobb mértékben kötik meg a SO_3-ot, mint a SO_2-ot, és a SO_2–SO_3-konvenzió aránya az olajtüzeléseknél lényegesen nagyobb, mint a széntüzeléseknél, érthető, hogy ezeket a módszereket elsősorban olajtüzelésű kazánoknál alkalmazták.

A későbbiekben kiderült, hogy ezek a megoldások más tüzelőanyagoknál is alkalmazhatók.

Az eljárás elve igen egyszerű. Ismeretes, hogy a természetes mészkő alkalmazása esetén két fő reakció zajlik le. A befúvott kálcium-karbonát kb. 700–900 °C hőmérsékleten gyorsan kálcium-oxidra és szén-dioxidra bomlik:

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2.$$

Ez az ún. kalcinálás a legfontosabb alapfeltétel mészkőadagolás esetén, mert a kéntelenítés gyakorlatilag csak ebben az aktivált állapotban lehetséges.

A kéntelenítési reakció, amely 800–1000 °C hőmérsékleti tartományban igen gyorsan zajlik le, az alábbi egyenlettel fejezhető ki:

$$SO_2 + CaO + \tfrac{1}{2} O_2 \rightarrow CaSO_4.$$

Magas hőmérsékleten, redukáló környezetben

$$CaSO_4 + CO = CaO + CO_2 + SO_2$$

A fenti egyenletből kitűnik, hogy ha a sztöchiometrikus arány 1, akkor 1 kg kén lekötéséhez 1,75 kg CaO szükséges.

A nedves eljárásoknál a mészkövet vagy „oltott" meszett a kazán második huzamában elhelyezett reaktorba vezetik. Az aktiváló reaktor a villamos pernyeleválasztó előtt van elhelyezve, a füstgázhőmérséklet ezen a helyen 200 °C alatt van. A végtermék kálcium-szulfit, kálcium-szulfát és egy kevés kálciumhidroxid száraz keveréke.

A kénleválasztást a relatív nedvességtartalom és a Ca/S mólarány befolyásolja.

A teljes folyamatot befolyásoló legfontosabb tényezők:
- a mészkő fajtája,
- a mészkőőrlemény finomsága,
- a befúvásnál lévő hőmérséklet,
- a tűztéri hőmérséklet-eloszlás,
- a tüzelőanyag kéntartalma.

Az adalékanyagos kéntelenítés szempontjából korszerű módszernek tekinthető a fluidizációs tüzelés. Ennek alapja az, hogy a megfelelő szemnagyságra aprított szén fluidizált állapotba hozható, ha alája egyenletes elosztásban megfelelő nyomású levegőt vezetünk.

A fluidizáció fenntartása érdekében a fluidréteg hőmérsékletét nem szabad 700–850 °C fölé emelni, mert ekkor a szén hamuja összesülhet. A fluidréteg hűtését elpárologtató csőrendszerekkel, a füstgáz további lehűtését pedig konventív fűtőfelületekkel lehet elérni.

A fluidizációnak előnye a kénmegkötési lehetőség. A megfelelő fluidágymagasság tartása érdekében esetleg inert, nem éghető anyagokat is elhelyeznek. Ez az inert anyag lehet pl. mészkő vagy dolomit, amikor is a szén éghető-kén-tartalma felszabadulva mindjárt meg is kötődik az adalékanyagban.

A fluidizációs tüzelésnél tehát a tüzelőanyagból felszabaduló SO_2, ill. SO_3 szulfátok formájában kötődik meg (túlnyomó részben $CaSO_4$, továbbá

$MgSO_4$, Na_2SO_4 stb.). Primeren keletkeznek szulfitok is (pl. $CaSO_3$, $MgSO_3$ stb.), ezek azonban az izzítási hőmérsékletek során szintén szulfátokká alakulnak.

A fluidizációs tüzelésnél a kén lekötésére közvetlenül a tűztérben nyílik lehetőség. E technológiánál különösen jól hasznosítható a szénhamu kénlekötő képessége és az adalékanyag.

A kénlekötéshez elsősorban a szénhamu mészkőtartalma járul hozzá, és adalékanyagként is leggyakrabban mészkövet használnak. A mészkő adagolási módjára többféle megoldás létezik. A legegyszerűbb a tüzelőanyaggal történő előzetes összekeverés, de létezik külön mészkőbevitel is.

A kémiai reakciók és a fizikai folyamatok itt is viszonylag egyszerűen leírhatók:

$$CaCO_3 \xrightarrow{\text{hevítés}} CaO + CO_2 \qquad +169 \text{ BTU / mol} \sim \text{kJ / mol},$$

$$CaO + SO_2 + \tfrac{1}{2}O_2 = CaSO_4 \qquad -474 \text{ BTU / mol} \sim \text{kJ / mol}.$$

A fluidágyban a kéntelenítéshez ideális hőmérséklet 800–900 °C között van. A fluidizációs tüzelésnél a kéntelenítés magában a fluidágyban történik, de jelentős szerepe van különösen a finom szemcsék által történő kénlekötésben a „freeboard"-nak.

A fluidizációs rendszerben a kénmegkötést számos paraméter, de a konstrukció is befolyásolja. A legfontosabbak:

- a tüzelőanyag típusa és szemcsézete,
- a mészkő reaktivitása és szemcsézete,
- az ágyhőmérséklet,
- a tüzelőanyag-adagolás kialakítása,
- a leválasztóciklon hatékonysága,
- a pernye-visszavezetés,
- a légfelesleg,
- a primer és szekunder levegő megoszlása,
- a gáz tartózkodási ideje.

Az adalékanyaggal, nevezetesen a mészkővel történő kénlekötése azonban a kedvező hatás mellett ellentmondásokat is tartalmaz.

Az adalékolás paradoxona:

- rontja a tüzelőanyag gyulladását,
- az égési reakciót hátráltatja (több meddő),
- növekszik a szilárd szennyező mennyisége,
- magas tűztér-hőmérsékleten a kalcinálódási folyamat eredményeként túlégetett mész keletkezik,
- magas tűztérhőmérsékleten a $CaSO_4$ visszaalakulása lép fel,

- a keletkezett CO_2 rontja az égést,
- a hőveszteség nő,
- a salakosodási veszély nő,
- nedves eljárásnál a távozó füstgázveszteség növekedése, hatásfokcsökkenés.

A megfelelő mértékű kénlekötés eléréséhez a kénmennyiségnek megfelelő sztöchiometrikus aránynál nagyobb mértékben kell adalékanyagot betáplálni. A füstgáz-kéntelenítés nedves eljárásainál a Ca/S arány közel esik az 1-hez, míg fluidizációs tüzelésnél 1,5–2.

A szükséges adalékanyag-mennyiség függvényében az adalékolási paradoxon egyes elemei különböző súllyal esnek latba.

Az adalékanyag a tüzelőanyag hamutartalmához hasonlóan fejti ki kedvezőtlen hatását mind a gyulladásra, mind pedig az égésre. A nagyobb kéntartalmú szeneknél a mészkőigény jelentős, a hamu mennyiségével összemérhető értékű elhet. Példaként az oroszlányi erőműben eltüzelt szén paramétereit figyelembe véve:

A szén fűtőértéke	10,4 MJ/kg
A szén kéntartalma	3,5%
A szén hamutartalma	43,0%
A hamu CaO-tartalma	14,0%
A Ca/S arány	3,0
A mészkő $CaCO_3$-tartalma	95,0%
Adagolandó $CaCO_3$	0,23 kg/szén

A hamutartalom növekedése meghaladja az eredeti 50%-át.

A kénlekötés kémiai reakciója endoterm és exoterm reakciókból áll. A felmelegítés és hőbomlás hőigénye

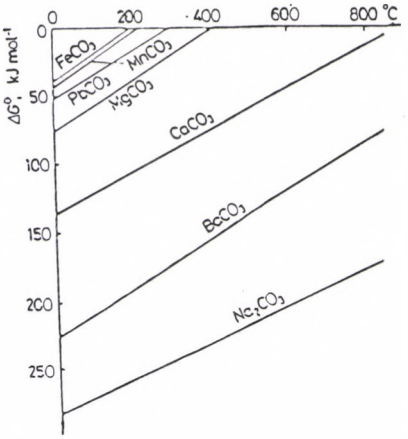
$$1\ \text{kg}\ CaCo_3 \xrightarrow{20-950\ ^\circ C} 0{,}5603\ \text{kg}\ CaO + CO_2 \qquad -2774\ \text{kJ}$$

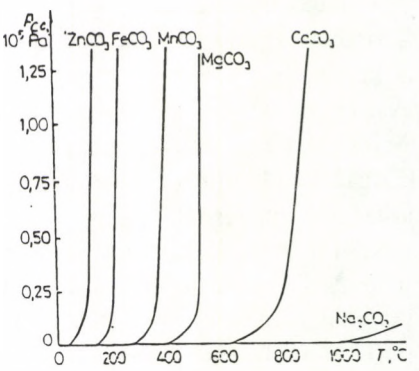
$$0{,}5603\ \text{kg}\ CaO + SO_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \rightarrow CaSO_4 \qquad +5862\ \text{kJ}$$

$$+3088\ \text{kJ}$$

Egységnyi súlyú mészkő a felmelegedés, kalcinálódás és kénmegkötés során tehát 3088 kJ hőt fejleszt. A valóságban azonban a kalcinálással működő kénlekötéseknél a mészkőfelesleg miatt, míg a nedves eljárásoknál a füstgázveszteség növekedése miatt általában hőveszteség lép fel.

Mind a tüzeléssel összekapcsolt kéntelenítési eljárások, mind a fluidizációs tüzelés kedvező abból a szempontból, hogy a kazán konventív huzamába kerülő füstgáz már nem tartalmazza a kénoxidokat. Ezzel a füstgáz harmatpontja





Néhány fém-karbonát képződésének $\Delta G^{\ominus} = \varphi(T)$ és bomlásának $p_{CO_2} = \varphi(T)$ görbéi

Fém-karbonátok termikus bomlása

Az alapreakció egyenlete

$$M_xCO_3(sz) \rightleftharpoons M_xO(sz) + CO_2(g),$$

$$\Delta G^{\ominus} = -RT \ln K_a = -RT \ln K_p = -RT \ln p_{CO_2} \cdot 10^{-5},$$

ill.

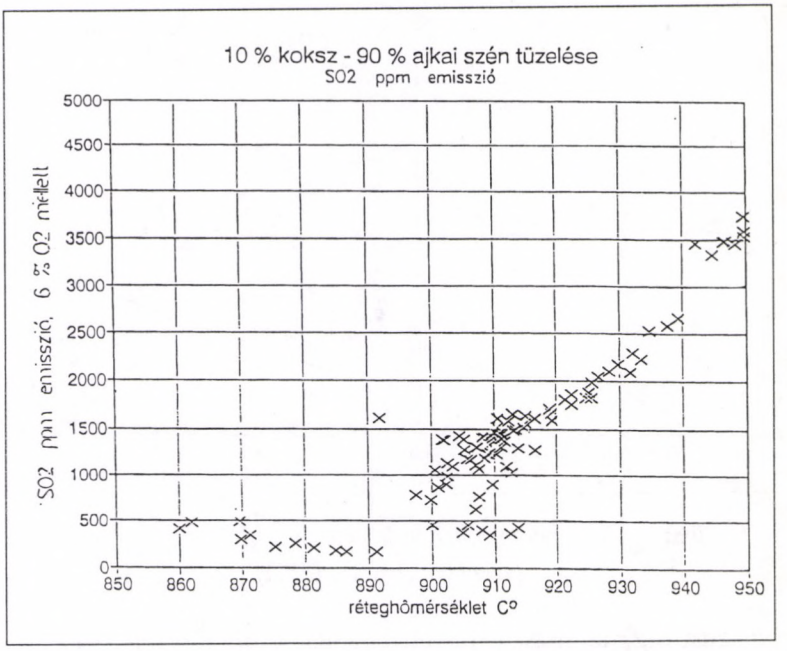
$$10^{-5} p_{CO_2} = \exp\left(-\frac{\Delta G^{\ominus}}{RT}\right).$$

9. ábra

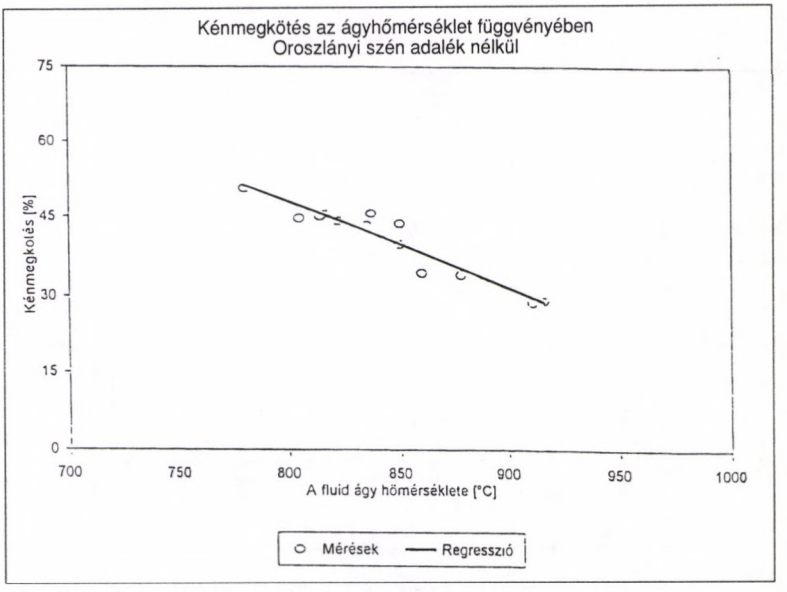
lecsökken, közel a vízharmatponthoz, így lényegesen csökkenthető a távozó füstgáz-hőmérséklet és ezzel a füstgázveszteség is. Ez elérhető különleges, korrózióálló fűtőfelületek beépítése nélkül.

Problémát jelent azonban az, hogy a hatásos kénleválasztáshoz a kalcinálódás hőmérsékletét nagyon gondosan kell megválasztani. A 700–850 °C közötti hőmérséklet a legkedvezőbb a folyamat hatékonysága szempontjából. Ezt a fizika-kémiai hőbomlási függvények igazolják (*9., 10., 11. ábra*). Ugyancsak káros a magas tűztéri hőmérséklet a $CaSO_4$ stabilitására. A lekötött kén-dioxid a gipszből Ca keletkezése mellett ismét felszabadulhat.

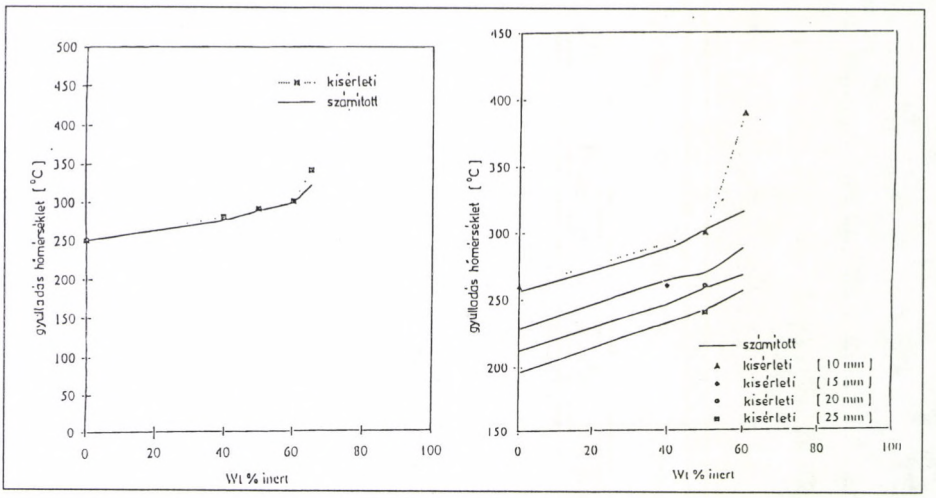
$$Ca\,SO_4 + CO = CaO + CO_2 + SO_2$$



10. ábra



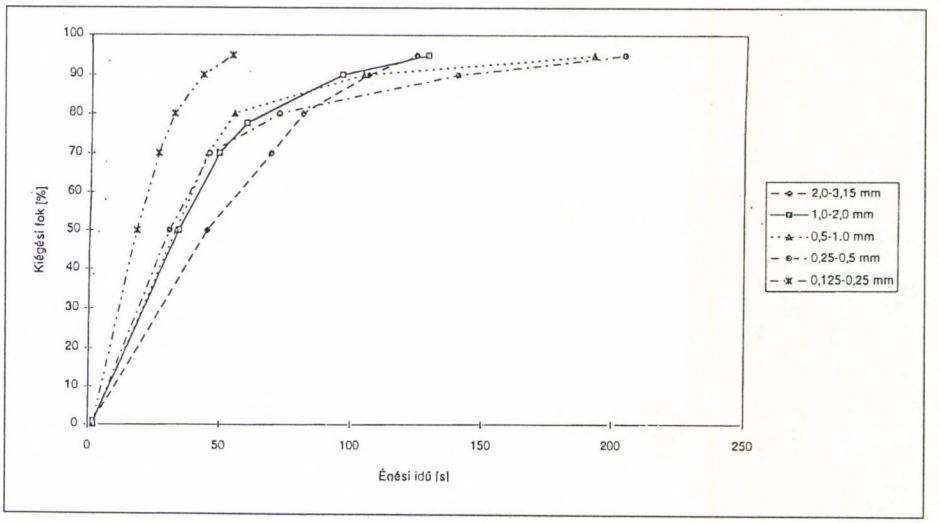
11. ábra



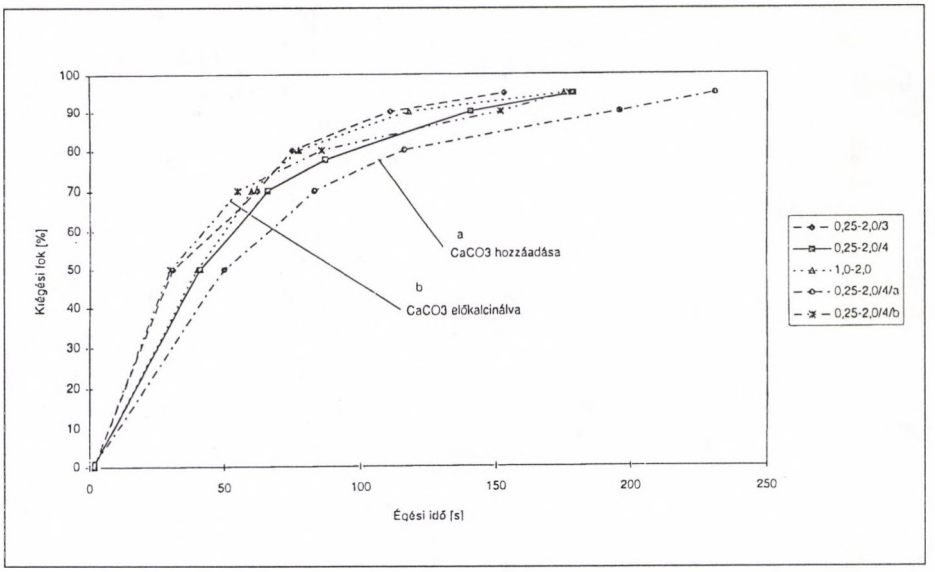
12. ábra. Szénporréteg gyulladási hőmérséklete dolomit-hozzáadással (szénfajta: Prince, USA)

Az adalékanyag mennyisége növeli a gyulladás hőmérsékletét (*12. ábra*).

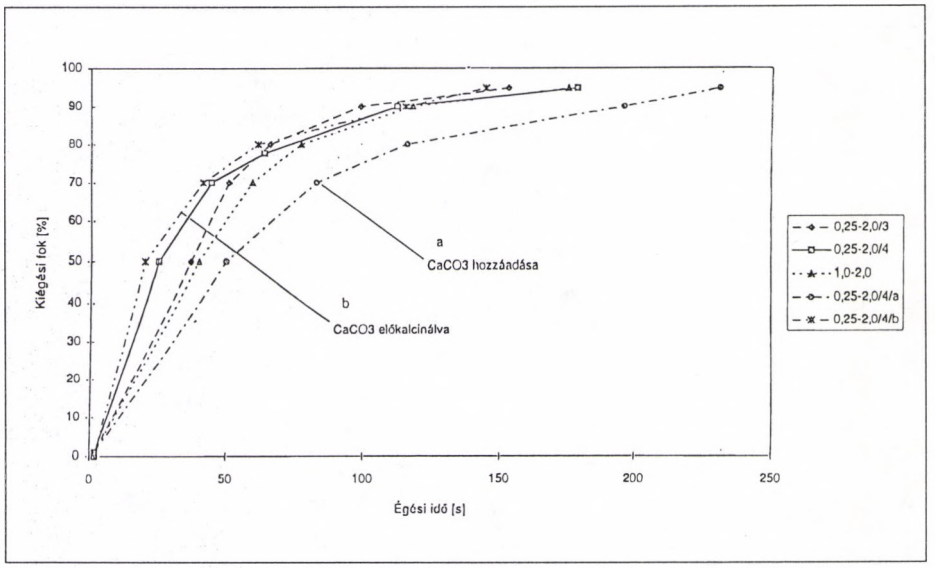
Érdekes új eleme az adalékolási paradoxonnak a szénből, ill. a mészkő kalcinálásból keletkezett CO_2 kölcsönhatása. A szénből keletkezett CO_2 rontja a



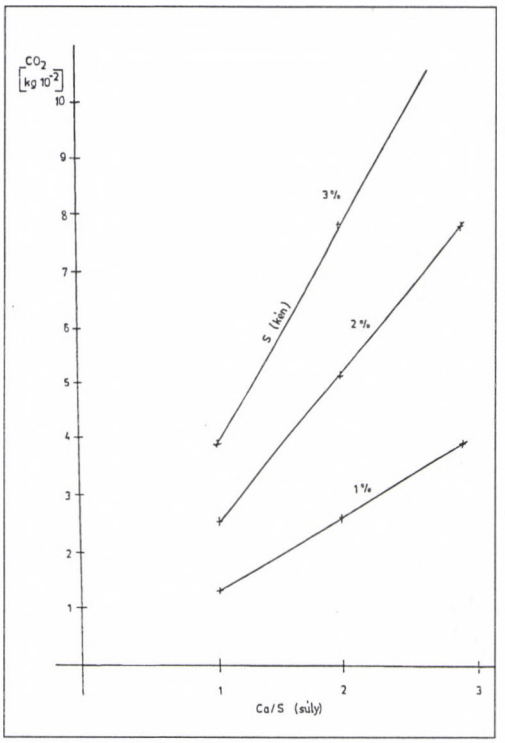
13. ábra. Az égési időtől függő kiégés (CO_2-keletkezésből) monodiszperz szénhalmazoknál (oroszlányi szén)



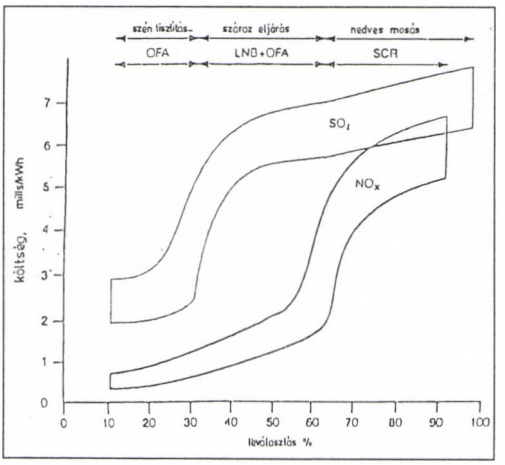
14. ábra. Az égési időtől függő kiégés (O_2-fogyásból) mono- és polidiszperz szénhalmazoknál (oroszlányi szén)



15. ábra. Az égési időtől függő kiégés (CO_2-keletkezésből) mono- és polidiszperz szénhalmazoknál (oroszlányi szén)



16. ábra



17. ábra. *Az SO_2- és NO_x-leválasztás hatása a villamosenergia-költségekre*

kalcinálódási folyamatot, míg a kalcinálódás során keletkezett CO_2 rontja az égési folyamatot. E kölcsönhatás jelentős tüzeléstechnikai hátránya a tüzelés során végzett kénlekötésnek (*13., 14., 15. ábra*).

A kalcinálódásból keletkezett CO_2 többlet CO_2-t okoz (*16. ábra*).

A szennyezések csökkentése növeli a villamosenergia-költségeket (*17. ábra*).

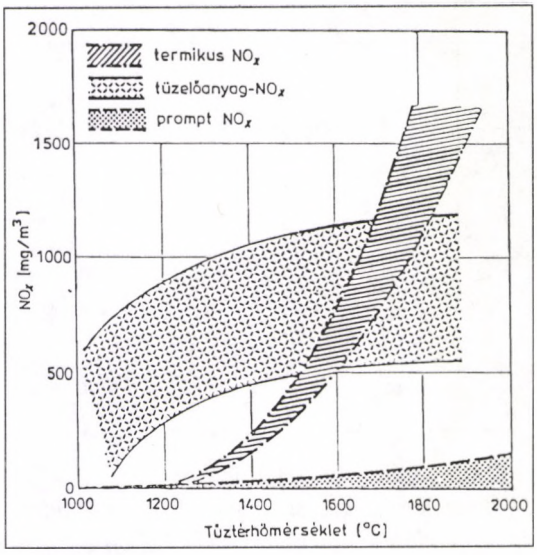
A keveredési folyamat paradoxona

Az égésnél a tüzelőanyag oxidációjához az oxigén és a tüzelőanyag minél jobb keveredését lenne jó biztosítani. A gyakorlati tüzeléstechnikában azonban ezt nem lehet egyetlen szempontként kezelni, mivel ez esetben a káros szennyezőanyagok keletkezésére is tekintettel kell lenni. Az oxigén intenzív keveredése a tüzelőanyaggal a különböző paramétereken keresztül (hőmérséklet, gáz és szilárd anyag koncentrációk stb.) leginkább a nitrogén-oxidok mennyiségét befolyásolja. E hatás is azonban több ellentmondást tartalmaz.

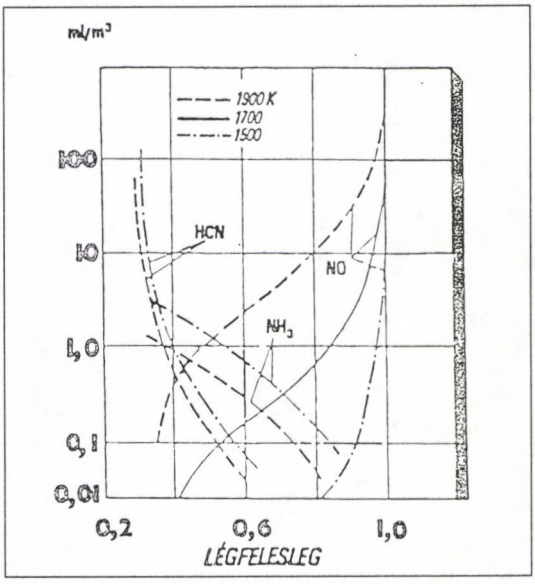
A konvencionális szénportüzelésnél megfigyelték, hogy a szénporőrlemény finomodásával a keletkezett nitrogén-oxidok mennyisége csökken.

A tüzelésnél keletkező nitrogén-oxidok mennyiségét a füstgázban és a tüzelőanyagban lévő alkotók között létrejövő reakciók befolyásolják. A hőmérséklet a termikus NO_x, a füstgázösszetétel a tüzelőanyagban lévő nitrogénből keletkező NO_x mennyiségét befolyásolja (*18., 19., 20., 21. ábra*).

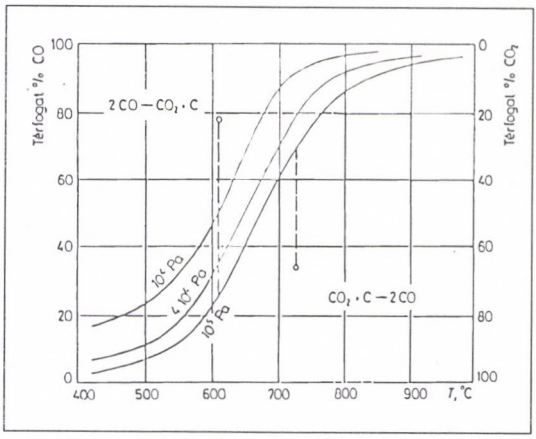
A finomabb szénporőrleménynél magasabb tűztérhőmérséklet keletkezik, de mégis alacsonyabb az NO_x mennyisége (*22. ábra*). Ezen ellentmondás magyarázatát a heterogén reakció folytán a tüzelőanyag-szemcse környezetében kialakult viszonyokban kell keresni. A léghiányos tüzelés a tüzelőanyag nitrogénből keletkező NO_x mennyiségét csökkenti. A szemcse és az égési levegő keveredése feltehetően a finomabb szénszemcse relatív nagy felülete következtében fellépő gyors reakció elfogyasztja az oxigént és léghiányos környezet alakul ki. Ez a hatás, bár érdeklődésre tart számot, nem elegendő az NO_x-kibocsátás csökkentéséhez. Az NO_x csökkentését a teljes tüzelőtérre kiterjedő égési levegő- és tüzelőanyag-adagolás több fokozatra osztásával biztosíthatjuk. A tüzelés egyes szakaszaiban léghiányos tüzelést valósítunk meg, amely



18. ábra. A termikus, a tüzelőanyag- és prompt nitrogén-oxidok mennyiségének függése a hőmérséklettől



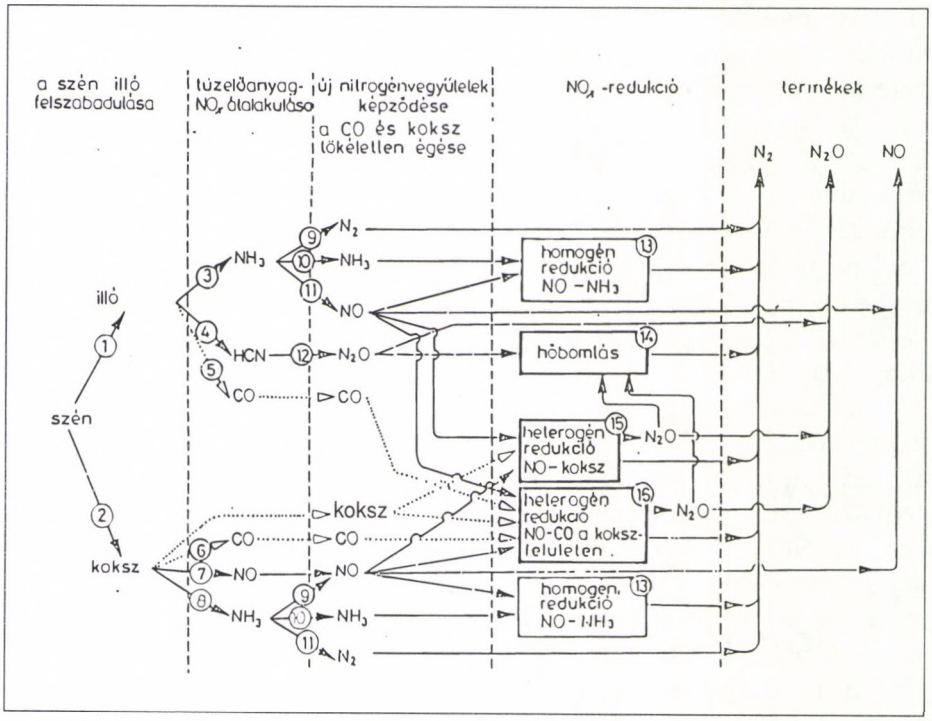
19.ábra. A légfelesleg-tényező változásakor keletkező fontosabb vegyületek



20. ábra. A generátorgáz (Boudouard)-egyensúly összetétel–hőmérséklet görbéje különböző nyomásokon

eljárással elsősorban a tüzelőanyag NO_x keletkezését tudjuk megakadályozni. E keveredésirányítás azonban több ellentmondást is okoz, eltekintve a hőmérséklet-csökkenés miatt reakció sebességcsökkenéstől és a tűztéri hőleadás fajlagos csökkenésétől.

A sztöhiometrikus oxigén–tüzelőanyag arány alatti érték mellett tökéletlen égés megy végbe és jelentős CO keletkezik, amelynek későbbi eltüzeléséről gondoskodni kell, mivel ez egyrészt hővesz-



21. ábra. A nitrogén-oxid keletkezésének folyamatábrája

teséget, másrészt egy másik kellemetlen környezetszennyezést okozna (*23. ábra*). Ezért mind a szénpor-, szénhidrogén-, mind pedig a fluidizációs tüzelésnél további levegőadagolási fokozatokat iktatnak be. A léghiányos tüzelés visszahat még a kénleválasztásra is. A CO jelenléte a $CaSO_4$ formában lekötött SO_2 visszaalakulását is okozhatja.

Az NO_x csökkentésével tehát a tüzelés más paramétereinek romlása léphet fel.

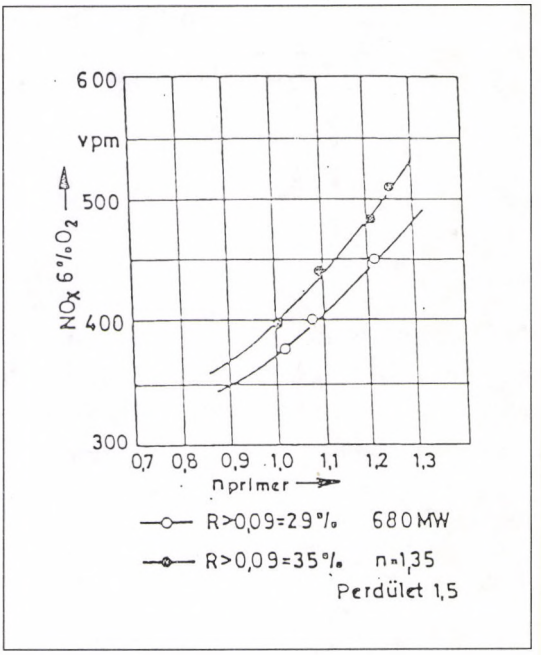
Globális paradoxon

A tüzeléstechnika fejlesztése bizonyos mértékben okozhat problémát a környezet globális szennyezésének területén is.

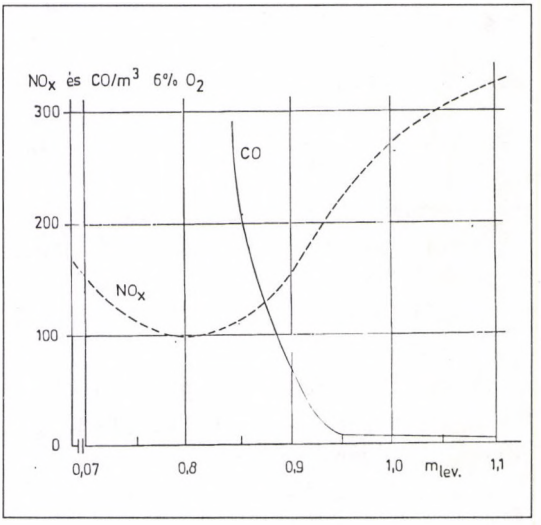
A légkör összetételének alakulásában jelentős szerepe van az emberi tevékenységnek, így az energetikának is. Különösen néhány gáz befolyásolja jelentősen az energiaáramlást (*24. ábra*), és ezeket gyűjtőnévvel üvegházhatású gázoknak nevezték el.

Az üvegházhatású gázok közül a legfontosabbak:

- a szén-dioxid (CO_2),
- a metán (CH_4),
- a nitrogén-oxidok közül elsősorban a N_2O,
- az ózon (O_3),
- a freonok (CFCS).



22. ábra. A kiőrlési finomság hatása szénportüzeléskor az NO_x-képződésre



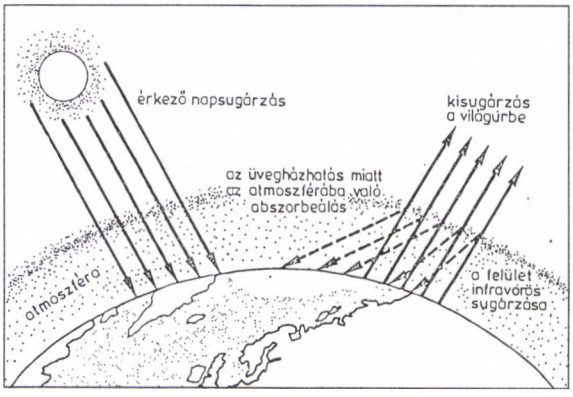
23. ábra

Ha a hatásukat egymással összevetjük, akkor a következő értékeket találjuk.

Üvegházhatású gáz	Tényező
Szén-dioxid	1
Metán	27
Nitrogén-oxid(N2O)	165
Freon-12	17 700

A CO_2-ra az energetikával legszorosabb kapcsolatban lévő gáztermék, de a N_2O szerepe is növekszik.

Az új technológia önmagában is hozhat ellentmondást. Míg a szénportüzelésnél N_2O-képződéssel nem kellett számolni, az új szennyezőanyag a cirkulációs fluidizációs tüzelésnél a tüzelőanyag nitrogénjéből a viszonylag alacsony hőmérsékleten és redukáló körülmények között képződni képes. E gáz üvegházhatását jellemző indexe a CO_2-nek kb. 165-szerese. E fejlesztési ellentmondást a technológia megválasztásával (másodlagos hőfelszabadítás) részben fel lehet oldani.



24. ábra. A Föld és a világűr sugárzási viszonyai

A keletkezett CO_2 mennyiségének csökkentésére a következő legfontosabb lehetőséget állnak rendelkezésre:

– energiahordozó megválasztása,
– az energiatermelés és -fogyasztás hatékonyságának növelése,
– a CO_2 lekötése,
– a CO_2 letárolása.

Az energiahordozó megválasztása technikailag és gazdaságilag jelentősen korlátozott lehetőség (*25. ábra*). E korlátok mellett egyéb szempontok is jelentős szerepet játszanak, mint pl. vízenergiánál az ökológiai hatás, nukleáris energiánál a biztonság stb.

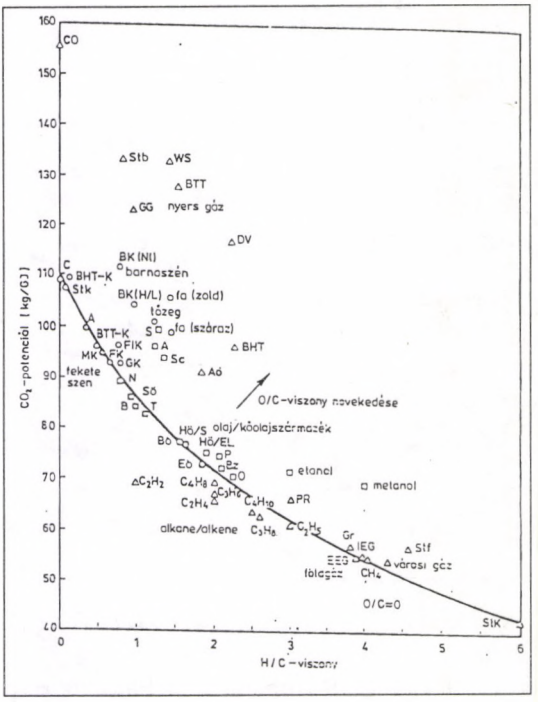
A további lehetőségek a jelenlegi technikai szinten a következők:

a) Az energiafejlesztés folyamatában:
– szénportüzelés + füstgáz-kéntelenítés,

– IGCC + CO, integrált elgázosító kombinált ciklus,
– O_2/CO_2-tüzelés (szénpor, cirkulációs fluid, nyomás alatti fluid)
– „topping ciklus",
– tüzelőanyag-cella (fuel cells)
– magnetohidrodinamikus folyamat.

b) A CO_2-leválasztásban:
– kémiai eljárás,
– fizikai eljárás,
– nyomásos adszorpció,
– membrános eljárás,
– kriogéntechnika.

c) A CO_2-tárolásban:
– geológiai: felhagyott bányák, víztároló,
– mélyóceáni elhelyezés,
– biokémiai konverzió.

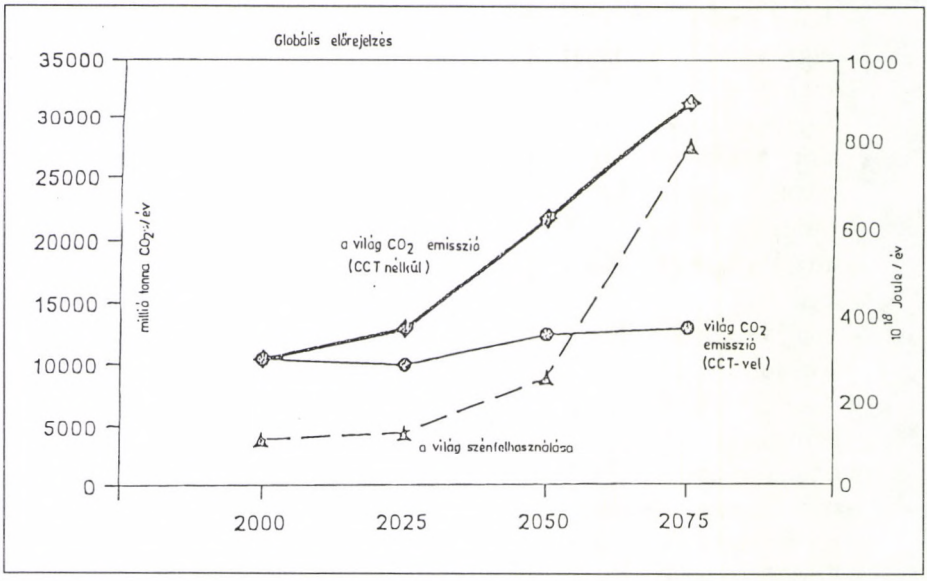


25. ábra. Az energiahordozók mint potenciális CO_2-források

A szénnek gazdaságosabb és környezetbarát hasznosítása szükségessé tette, hogy keressék a lehetőséget a jó hatásfokú körfolyamatokban történő felhasználására. A gázturbinák fejlődésével ilyen lehetőséget a gáz-gőz körfolyamatok nyújtanak, így igen lényegessé vált az elgázosítási eljárások fejlesztése is. A konvencionális erőmű szokásos gőzfejlesztővel és gőzturbinával, nyomás alatti fluidizációs tüzeléssel megvalósított gáz-gőz körfolyamat.

A kombinált gáz-gőz ciklussal a következő előnyök érhető el:
– magas hatásfok és a tüzelőanyag lehető legjobb kihasználása,
– széles tartományban változó szénminőséget lehet hasznosítani,
– a környezetszennyezés mértékét lényegesen csökkenteni lehet,
– a vízigény és vízveszteség csökken,
– a hőszolgáltatás kedvezően megoldható,
– a költségek csökkennek.

A szénfelhasználással létesített kombinált ciklusok szénelgázosítással és enélkül is megoldhatók. A szénelgázosítás nélküli kombinált ciklusnál a tüzelőanyagot olyan nyomáson és hőmérsékleten tüzelik el, amely a tisztítás után



26. ábra. Az üvegházhatás csökkenését segítő „tiszta szén" technológiai hatása

közvetlen a gázturbinára vezethető. A tiszta szén technológiákkal elérhető hatást mutatja a *26. ábra*.

A szénelgázosítás legfontosabb reakciói:

Reakció:	Reakcióhő/DH [kJ/mol]
$C+H_2O = CO+H_2$ (vízgáz)	+135,1
$C+2\,H_2O = CO_2+2\,H_2$	+96,2
$C+CO_2 = 2\,CO$ (Boudouard)	+173,2
Égési reakciók:	
$C+½\,O_2 = CO$	–110,5
$C+O_2 = CO_2$	–393,7
CO-konverzió:	
$CO+H_2O = CO_2+H_2$	–38,5
Metánképződés:	
$CO+3\,H_2 = CH_4+H_2O$	–217,6
$C+2\,H_2 = CH_4$	–87,4

Az elgázosításkor keletkező gáz főbb éghető elemei a CO, H_2 és CH_x. A mennyiségük a felhasznált tüzelőanyagon kívül erősen függ az elgázosítási eljárástól és a fizikai-kémiai paraméterektől. Jelentős szerepe van a beadagolt oxigén és gőz mennyiségének. A szén illótartalmának növekedése általában növeli a gáz fűtőértékét.

Bár a szénelgázosítással megvalósított kombinált ciklus az energetikai hatékonyság növelésével összességében csökkenti a környezetszennyezést, de az NO_x- és a CO_2-kibocsátás növekedés csökkentése csak különleges intézkedésekkel valósítható meg. A gázturbina belépőhőmérséklet növekedése jelenlegi anyagtechnológia mellett 1400–1500 °C értékre, a termikus NO_x-képződés veszélyét rejti magában.

A szénelgázosítás során, különösen fluidizádiós technika esetén a kémiai kéntisztítás előtt adalékanyagos, leginkább mészkő adalékos kénlekötést alkalmaznak. Ez a CO_2-fejlődéssel hozzájárul a globális környezetszennyezéshez.

A fejlett technológiák alkalmazása azonban jelentős költséggel jár. Ezek összevetését mutatja az *5. táblázat.*

5. táblázat

Fejlett energiafejlesztő technológiák költségei és hatékonysága

Technológia	Fajlagos beruházási költség $/kW	Lehetséges emissziócsökkentés			Hatásfok %
		SO_2	NO_x	CO_2	
Szénportüzelés emissziócsökkentés nélkül	1025	–	–	–	37,5
Szénportüzelés emissziócsökkentéssel	900–1100	90–98	60	–	35–38 (36,3)
Atmoszférikus fluidtüzelés	900–1100	90	60	5	38–40
Nyomás alatti fluidtüzelés	1200–1500	90–95	80	30	40–42
IGCC (zöldmezős)	1000–1400	95–99	90	20–40	39–49
IGCC (retrofit)	850–1250	95–99	90	20–28	38–42
Kombinált – ciklus földgázra	725				47,5

Irodalom

Reményi K.: *Új technológiák az energetikában.* Bp., Akadémiai Kiadó, 1995.

Berecz E.: *Fizikai Kémia.* Bp., Tankönyvkiadó, 1991.

Coal in Asia. *Pacific*, 1998. Feb. 1998. Mar.

Prabprakar, D. et al.: Effect of Inerts On Layer Ignition Temperatures of Coal Dust. *Comb. and Flame*, 1998. 53.

Balogh L.-né–Reményi K.: *A fluidizációs tüzelés és a magyar HibridFluid tüzelés továbbfejlesztése.* Budapest, OMFB, 1996–1998.

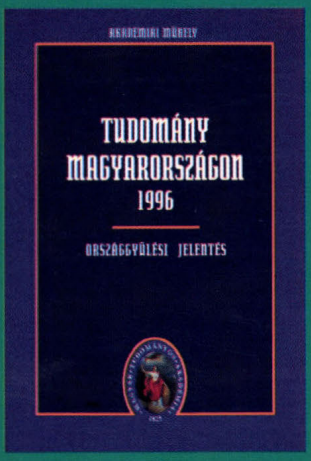
Bérczi P.-né, et al.: *Környezetkímélő széntüzelés az Ajkai Hőerőműben.* Budapest, VEIKI Közlemények, 1992.

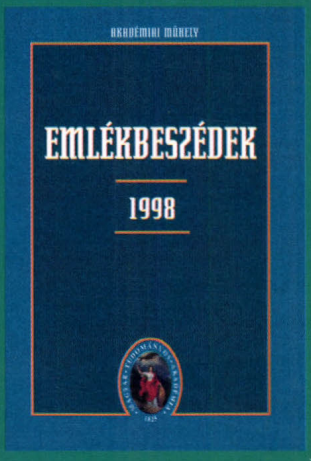
Magyar Villamos Művek Közleményei, 1997/3.

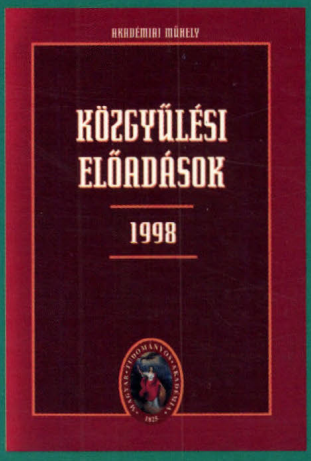
Vörös F.–Kertész V.–Reményi K.: *Coal-Particle Burning.* 11th Conf. on I. C. engines and Combustion. India, Madras,1998.

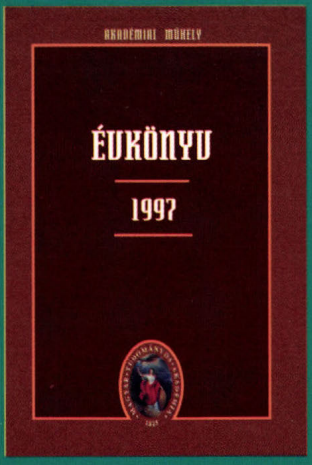
AKADÉMIAI MŰHELY

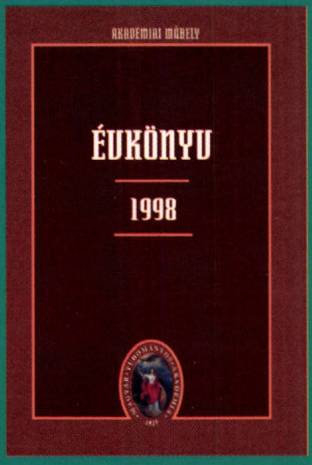
1997-ben az Akadémia vezetése úgy döntött, hogy könyvsorozatot indít „Akadémiai Műhely" címmel, amelynek feladata, hogy segítse Akadémiánk *működésének rendszerességét*, és egyben szervezze is az akadémiai fórumokat. El akarjuk érni, hogy az akadémiai székfoglalókat írásban is készítsék el tagtársaink, ezért jelentetjük meg azokat 1998-tól rendszeresen *(Székfoglalók a Magyar Tudományos Akadémián)*. Erősíteni akarjuk a tudóstestület tradícióit mint bennünket összetartó erőt és a tudományban a folyamatosság fontosságára figyelmeztető tényezőt. Ezért újítottuk fel az 1949-ben megszakadt emlékbeszédek hagyományát az Akadémia elhunyt tagjairól. Gondoskodni kívánunk ezek kiadásáról *(Emlékbeszédek az MTA elhunyt tagjai felett)*. Közreadjuk ezután a közgyűlések alkalmából elhangzott tudományos előadások szövegét *(Közgyűlési előadások)*. És ezek mellett megindítjuk az Akadémia történelmében valahogy mindig elmaradt évkönyvsorozatot *(Az MTA Évkönyve)*, és rendszeresen megjelentetjük az 1991-ben megszakadt, majd 1997-ben újraindított akadémiai almanachsorozatot *(Az MTA Almanachja)*.

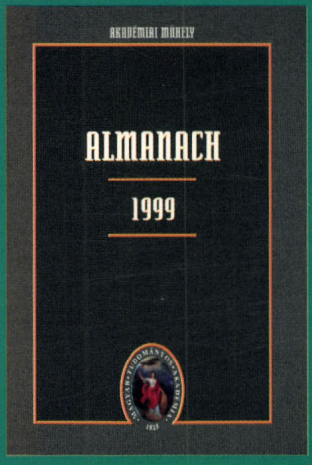












9 789635 081462

I–II. kötet: 1600 Ft