

Magyar Tudomány

**A NAPENERGIA HASZNOSÍTÁSÁNAK
HELYZETE ÉS PROBLÉMÁI**
vendégszerkesztő: Ádám József

Az impaktfaktor után

Hazai oktatói-kutatói karrierállomások

150 éve született Benedetto Croce

A nők tudományos előmenetele

2017. 5

Főszerkesztő:
FALUS ANDRÁS

Felelős szerkesztő:
ELEK LÁSZLÓ

Olvasószerkesztő:
MAJOROS KLÁRA, SELEANU MAGDALÉNA

Lapterv, tipográfia:
MAKOVECZ BENJAMIN

Szerkesztőbizottság:
BENCZE GYULA, BOZÓ LÁSZLÓ, CSÁSZÁR ÁKOS, HAMZA GÁBOR,
LUDASSY MÁRIA, SOLYMOSSI FRIGYES, SPÄT ANDRÁS, VÁMOS TIBOR

A lapot készítették:
GIMES JÚLIA, HALMOS TAMÁS, HOLLÓ VIRÁG, MATSKÁSI ISTVÁN, PERECZ LÁSZLÓ,
SIPOS JÚLIA, SZABADOS LÁSZLÓ, F. TÓTH TIBOR, ZIMMERMANN JUDIT

Szerkesztőség:
1051 Budapest, Nádor utca 7. • Telefon/fax: (+36-1)3179-524, telefon: (+36-1)4116-253
matud@helka.iif.hu • www.matud.iif.hu

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Zrt. Postacím: 1900 Budapest.
Előfizetésben megrendelhető az ország bármely postáján, a hírlapot kézbesítőknél,
www.posta.hu WEBSHOP-ban (<https://eshop.posta.hu/storefront/>),
e-mailen a hirlapelofizetes@posta.hu címen, telefonon 06-1-767-8262 számon,
levélben a MP Zrt. 1900 Budapest címen.
Külföldre és külföldön előfizethető a Magyar Posta Zrt.-nél: www.posta.hu WEBSHOP-ban
(<https://eshop.posta.hu/storefront/>), 1900 Budapest, 06-1-767-8262, hirlapelofizetes@posta.hu
Belföldi előfizetési díj egy évre: 11 040 Ft.

Nyomdai munkák: Inferno Reklám Kft.
Felelős vezető: Farkas Dóra
Megjelenik: 11,4 (A/5) ív terjedelemben
HU ISSN 0025 0325

TARTALOM

A napenergia hasznosításának helyzete és problémái

Vendégszerkesztő: Ádám József

Ádám József – Farkas István: Bevezető	514
Farkas István: Napenergia-hasznosítás – hazai és nemzetközi helyzetkép	517
Varga Pál: A napenergia aktív hőhasznosítása – hazai és nemzetközi helyzetkép	524
Pálfy Miklós: A napenergia fotovillamos hasznosítása	532
Gali Ádám: Harmadik generációs napelemek	540
Zöld András – Kerekes Attila: A napenergia passzív hasznosítása épületekben	545
Vass Imre: Napenergia-hasznosítás fotoszintetikus rendszerek segítségével	552
Szeredi István: A napenergia várható hatása a villamosenergia-rendszerre	558
Kapros Zoltán: A napenergia hasznosításának környezeti és társadalmi hatásai	566
Gács Iván – Mayer Martin János: Naphőerőművek	574

Tanulmány

Soós Sándor: Az impaktfaktor után – mi történik a hazai tudományos kibocsátással a <i>Scimago Journal Rank</i> bevezetésével? Hatások az „impaktfaktoros” publikációk körében	583
Bazsa György: Felfelé a pályán. Hazai oktatói-kutatói karrierállomások	594
Vámos Tibor: Van-e számlára a tudomány mennyországába?	607
Kelemen János: Történelem és szabadság – A 150 éve született Benedetto Croce-ra emlékezve	610
Breznaynszky Károly: Adalék a hazai földrendés-megfigyelés korai történetéhez	622

Tudós fórum

A nők tudományos előmenetele mint felülről korlátozódó hálózatos jelenség (<i>Csermely Péter</i>)	624
A számok beszélnek • Válasz az <i>Alkalmasak-e a magyar nők az MTA tagságára</i> c. cikkemre érkezett hozzászólásokra (<i>Somogyi Péter</i>)	627

Kitekintés (Gimes Júlia)

631

Könyvszemle (Sipos Júlia)

Tehetséggonдозás – határtalanul (<i>Nagy Melinda – Szarka László</i>)	633
Az Óperenciás tengeren túl: magyar identitás a diaszpórában (<i>Kontra Miklós</i>)	636

A napenergia hasznosításának helyzete és problémái

BEVEZETŐ

Ádám József Farkas István

az MTA rendes tagja, egyetemi tanár, BME,
az MTA Környezettudományi Elnöki Bizottság
Energetika és Környezet Albizottsága elnöke
jadam@epito.bme.hu

a műszaki tudomány doktora, egyetemi tanár,
Szent István Egyetem
Környezetipari Rendszerek Intézet
Farkas.Istvan@gek.szie.hu

A megújuló energiaforrások között a napsugárzás energetikai célú hasznosítása gyors ütemben növekszik idehaza is, noha évekkal ezelőtt még óvatosabb becslésekről lehetett olvasni ebben a tekintetben. A napenergetikai ágazat bővülő hazai térnyerése figyelemre méltó, hiszen jelenleg már három nagy teljesítményű naperőmű is működik Magyarországon. Az elsőt 2015 októberében helyezték üzembe a Mátrai Erőmű Zrt. telephelyének Őzse-völgyi rekultivált depónia 30 hektáros területén (Orosz, 2015). Az ún. fotovillamos (PV) modulokból (napelemből) álló naperőmű mintegy 18 MW teljesítményű. Ezzel a Mátrai Erőmű jelentősen hozzájárult hazánk megújuló energiából megtermelt villamosenergia-részaránya növelésére tett vállalásainak teljesítéséhez. Másodikként 2016. február 27-én adták át az állam pécsi naperőművét. A 10 MW teljesítményű PV-generátor a pécsi hőerőmű helyreállított zagyerületén épült, ahol mintegy 10 hektáron 40 ezer napelemmodul termeli a villamos energiát. A harmadik naperőművet 2016. július 6-án adták át a Borsod megyei Sajóhábon-

ban, amely csaknem kétszáz családi házat képes ellátni tiszta energiával. Az 500 kW kapacitású naperőmű 1,2 hektár területen 1930, egyenként 265 W teljesítményű napelemmodulból áll.

A napenergia hasznosításának területén korábban döntően napkollektoros hőtermelő berendezések valósultak meg, jelenleg viszont napelemes villamosenergia-termelő rendszerek terjedésének lehetünk tanúi (Varga, 2016). Ez részben köszönhető annak, hogy a fotovillamos energiaátalakítás károsanyag-kibocsátás nélkül üzemeltethető. További előnyük, hogy a napelemes rendszereket változatos kialakítással, sokféle környezetben lehet telepíteni (Véghely, 2016). Ezek eszközei eléggé látványosak, így bővülő terjedésüket magunk is személyesen tapasztalhatjuk. Értékes és hasznos szolgálatot tesznek például a szigetüzemű napelemes rendszerek az alföldi tanyák villamos energiával történő ellátásában (URL1).

A napelemes energiatermelésben rejlő potenciál lényegében kimeríthetetlen, ugyanis ezt bárhol elő lehet állítani, a Föld felszínén és a külső térben, sőt a Naprendszer elég tág térsé-

gében. Ezért az űrkutatás területén kiterjedten alkalmazzák az aktív mesterséges holdak (például GPS-navigációs műholdak esetében is) és a bolygóközi térben űrszondák fedélzeti eszközei energiaellátásának biztosításában. Két példát említünk csak. 2016. július elején érkezett a Naprendszer legnagyobb bolygójához, a Jupiterhez az amerikai űrkutatási hivatal (NASA) 2011-ben indított, Juno elnevezésű űrszondája, amelynek különlegessége, hogy szintén napelemekkel termel energiát, amire a Naptól ilyen nagy távolságban (779 millió km-re) eddig még nem volt példa. Az űrszondának három hatalmas napelemmodulja van, összteljesítményük 435 W. Egy-egy kinyitható napelemszárny 8,9 m × 2,7 m méretű (Szabados, 2016). India regionális navigációs műholdrendszerének mesterséges holdjain lévő napelemek műholdanként 1600 W teljesítményt biztosítanak a fedélzeti űreszközök folyamatos működtetéséhez.

A napelemek használatán alapuló kiemelkedő fejlesztésekből még két további érdekes példát említünk meg. Egy 2002-ben indult projekt keretében napelemes repülőgépet készítettek, amellyel 2015/2016 folyamán körberepülték a Földet. A Solar Impulse 2 elnevezésű repülőgépet több mint 17 ezer napelem hajtja, amelyek négy elektromotort működtetnek és töltik a gép fedélzeti akkumulátorait is. Ezek segítségével a gép éjszaka is képes repülni. A napelemes repülőgép szárnyfeszítávolsága 72 m (URL2). A másik figyelemre méltó fejlesztést a Műegyetem gépészmérnök hallgatóiból alakult BME Solar Boat Team (URL3) csoport valósította meg. Kizárólag napenergiával (napelemes villamosenergia-termeléssel) működő hajót terveztek és építettek meg, bizonyítva a megújuló energiák fontosságát és a fiatal mérnökök fejlesztés iránt mutatkozó igényességét.

A témakör átfogó bemutatása és alapos megvitatása céljából az MTA Környezettudo-

mányi Elnöki Bizottság (KÖTEB) „Energetika és Környezet” Albizottsága az MTA Energetikai Tudományos Bizottságával közösen az MTA Agrártudományok Osztályával, a Műszaki Tudományok Osztályával, a Kémiai Tudományok Osztályával, a Földtudományok Osztályával és a Fizikai Tudományok Osztályával tudományos előadóülést szervezett az MTA Székházában. A 2016. június 16-án tartott rendezvény célja a napenergia-hasznosítás hazai és nemzetközi helyzetének, továbbá távlati kilátásainak áttekintése, a teljes témakör mélyebb megismerése és megvitatása, valamint a lehetséges fejlesztési irányzatok bemutatása. Ehhez a témakör hozzáértő és művelő szakembereit, szakértőit kértük fel, akik készséggel és örömmel vállalták a szükséges munkát. Az előadóülés programját gondos előkészítő munkával alakítottuk ki, amelyben a szervező bizottságok vezetői és a felkért előadóink voltak segítségünkre. Az egyeztető megbeszélés keretében azt is elhatároztuk, hogy a témakör fontossága és az iránta mutatkozó növekvő érdeklődés miatt az elhangzott előadások írásos változatát cikkgyűjtemény keretében jelentetjük meg, amelyeket (az elhangzásuk sorrendjében) az alábbiakban adjuk közre: 1. Napenergia-hasznosítás – hazai és nemzetközi helyzetkép (Farkas István, Szent István Egyetem Környezetipari Rendszerek Intézet); 2. A napenergia aktív hőhasznosítása – hazai és nemzetközi helyzetkép (Varga Pál, Magyar Épületgépészek Napenergia Egyesülete); 3. A napenergia fotovillamos hasznosítása (Pálfi Miklós, Solart-System Kft.); 4. Harmadik generációs napelemek (Gali Ádám, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont és a BME Atomfizikai Tanszéke); 5. A napenergia passzív hasznosítása épületekben (Zöld András és Kerekes Attila, Debreceni Egyetem Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék); 6. Napenergia-hasznosítás fotoszintetikus rendszerek

segítségével (Vass Imre, MTA Szegedi Biológiai Központ Növénybiológiai Intézete); 7. A napenergia várható hatása a villamosenergia-rendszerre (Szeredi István, Magyar Villamos Művek); 8. A napenergia hasznosításának környezeti és társadalmi hatásai (Kapros Zoltán, Szent István Egyetem Környezetipari Rendszerek Intézet) és 9. Naphőerőművek (Gács Iván és Mayer Martin János, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék).

Megjegyezzük, hogy a napenergetika hasznosítása területén dolgozó szakemberek szakmai érdekeinek képviselője céljából civil szakmai szervezetként működik a *Magyar Napenergia Társaság* (MNT, URL4), amelyet 1990-ben alapítottak. Korábban a *Nemzetközi Napenergia Társaság* (International Solar Energy Society, ISES, URL5) Magyar Tagozata (ISES-Hungary) alakult meg 1983-ban, amely jelenleg az MNT keretén belül fejt ki tevékenységét. A Magyar Napenergia Társaság önkéntesen létrehozott, nemzetközi kapcsolatokra törekvő tudományos egyesület. Tagja lehet minden szakember, aki a társaság céljaival egyetért, a célok érdekében aktívan tevékenykedni kíván. A társaság működési rendjét részleteiben az

IRODALOM

- Büki Gergely – Lovas Rezső (szerk.) (2010): *Megújuló energiák hasznosítása. Köztestületi Stratégiai Programok*. MTA, Budapest • <http://tinyurl.com/ldpqyoy>
- Farkas István (2010): A napenergia hasznosításának hazai lehetőségei. *Magyar Tudomány*. 171, 8, 937–946. • <http://www.matud.iif.hu/2010/08/05.htm>
- Láng István (2008): Megújuló energiaforrások: pro és kontra. Nap-, szél-, geotermikus, bioenergia – környezet és gazdaságosság. In: Szentgyörgyi Zsuzsa (szerk.): *Tanulmányok a magyarországi energetikáról*. MTA, Budapest, 191–198.
- Lovas Rezső (szerk.) (2012): Áttekintés Magyarország energiastatégijáról. (MTA Köztestületi Stratégiai Programok) MTA, Budapest • <http://tinyurl.com/ktake3>

Alapszabály rögzíti. Az MNT elsődlegesen a környezetbarát és megújuló energiaforrások – közöttük elsősorban a napenergia – hazai hasznosításának elősegítése érdekében tevékenykedik. Ennek megfelelően a legfontosabb céljai a következők:

- a legújabb hazai és külföldi szakmai és tudományos információk terjesztése;
- a műszaki-tudományos tapasztalatok átadásának elősegítése;
- szakemberek együttműködésének segítése;
- a szakismereti, a szakmai képzés és továbbképzés támogatása;
- a műszaki fejlesztés céljait szolgáló feladatok megoldásában való közreműködés;
- a hazai és nemzetközi munkaülések és konferenciák szervezése, és
- a hazai és nemzetközi szakmai és tudományos szervezetekkel való együttműködés elősegítése.

Kulcsszavak: *KÖTEB „Energetika és Környezet” Albizottsága, Magyar Napenergia Társaság, megújuló energiaforrások, napelemes villamosenergia-termelés, naperőmű, napkollektoros hőtermelő berendezés, Nemzetközi Napenergia Társaság, szigetüzemű napelemes rendszer*

- Orosz Zoltán (2015): Biomassza és naperőmű – A Mátrai Erőmű Zrt. megújulóenergiaforrás-felhasználása a villamosenergia-termelésben. *Mérműk Újság*. XXII, 6, 18–19.
- Szabados László (2016): A Juno űrszonda megkezdte az adatgyűjtést a Jupiternél. • <http://tinyurl.com/n2qxp8>
- Varga Pál (2016): Napkollektoros hőtermelés és napelemes áramtermelés. *Mérműk Újság*. XXIII, 3–4, 36–38.
- Véghely Tamás (2016): Napenergia-hasznosító rendszerek vagyónvédelme. *Megújuló Épületenergetika*. III, 3, 34–38.
URL1: <http://tinyurl.com/l59rgvz>
URL2: https://hu.wikipedia.org/wiki/Solar_Impulse
URL3: <http://solarboateam.hu/index.php>
URL4: <http://fft.szie.hu/mnt>
URL5: <https://www.ises.org>

NAPENERGIA-HASZNOSÍTÁS – HAZAI ÉS NEMZETKÖZI HELYZETKÉP

Farkas István

DSc, Szent István Egyetem Környezetipari Rendszerek Intézet
Farkas.Istvan@gek.szie.hu

Bevezetés

Korunk egyik nagy kihívása a környezetszennyezés, ezen belül az üvegház típusú gázok kibocsátásának mérséklése. Ennek megfelelően számos nagy politikai és szakmai-tudományos tanácskozás tárgya e problémakör pontos feltérképezése és a tennivalók megfogalmazása.

Ismert tény, hogy az energia-előállítás és -fogyasztás módjaival kapcsolatosan keletkezik az üvegházgázok (ÜHG) jelentős hányada. Így nem véletlen, hogy a megújuló energiaforrások és ezek között is a napenergia hasznosítása az elmúlt évtizedekben jelentősen megnőtt. Ezt magyarázza a napenergiás technológiák fejlődése, a hasznosító eszközök árának csökkenése, de ide sorolható a társadalmi elfogadottság szintjének növekedése is.

A rendelkezésre álló napenergia-potenciál meglehetősen magas érték. A Nap sugárzásából a Földünket érő sugárzási energia a jelenlegi primer energiafelhasználásunk mintegy nyolcezerszerese. Ez természetesen nem azt jelenti, hogy a mai technológiai ismereteink birtokában a teljes energiaszükségletünket tudnánk ily módon fedezni, de egyfajta biztosíték arra nézve, hogy a jövőben egyre fokozottabban számíthatunk a napenergia-hasznosítás részarányának növekedésére.

Ugyanakkor nem szabad elfelejteni azt sem, hogy a napenergia-hasznosítás vizsgálatakor fontos szempont a földrajzi helyzet, a beérkező napsugárzás jellemzői, a meteorológiai tényezők, a hasznosítás módja, a technikai feltételek, a társadalmi tényezők, valamint a gazdaságosság is.

Jelen dolgozat a napenergia-hasznosítás jelenlegi helyzetének és a jövőbeli trendjeinek legfontosabb mutatóit tekinti át mind hazai, mind pedig nemzetközi vonatkozásban.

Szakmai szervezeti háttér

A Magyar Tudományos Akadémia Megújuló Energetikai Albizottsága együttműködve a Magyar Napenergia Társaság (MNT) szakembereivel felmérést készített a hazai napenergia-potenciálról. A napenergia közvetlen hasznosításának fő területei a következők voltak (Farkas, 2010; Imre – Bohoczky, 2006):

- az aktív szoláris termikus rendszerek,
- a mezőgazdasági szoláris termikus alkalmazások,
- a szoláris fotovillamos (PV) energetikai célú hasznosítás,
- a passzív szoláris termikus rendszerek.

A napkollektorokkal történő aktív napenergia-hasznosításra alkalmas felület a következő évtizedben 32,25 millió m². Hazánk teljes aktív szoláris termikus potenciálja 48,815 PJ/év.

A mezőgazdasági termelés hőigényeit kielégítő szoláris termikus potenciál összesen 15,91 PJ/év értéket tesz ki.

A PV-rendszerek szabad területeken telepítve erőművi alkalmazásokat szolgálnak, épületek tetőfelületére szerelve vagy épületek homlokzatába integrálva helyi energiaellátásra alkalmazhatók. Hazánkban a technikailag kedvezően beépíthető felület: 4051,48 km². Figyelembe véve a felületek dőlésszögének megoszlását, valamint a napelemek jelenlegi hatásfokát, a teljes PV energetikai potenciál 1749 PJ/év.

A passzív szolár termikus potenciál a napenergia építészeti hőhasznosítására felhasználható energia. Új épületek létrehozására és a meglévő épületállomány rekonstrukciójára alapozva, hazánk teljes passzív szoláris termikus potenciálja 37,8 PJ/év.

A napenergia-hasznosítás a műszaki potenciál mellett gazdasági és társadalmi oldalról csak komplex tanulmánnyal becsülhető, amely figyelembe veszi a klímapolitikai, foglalkoztatottsági célkitűzéseket és a környezeti hatásokat, ugyanakkor magában foglalja az energiatermelés költségeit és hozadékát is.

Az MNT szakcsoportjai a napenergia-hasznosítás következő területeit ölelik fel:

- a napenergia építészeti hasznosítása,
- a napenergia fotovillamos hasznosítása,
- a napenergia mezőgazdasági hasznosítása,
- a napenergia hőhasznosítása,
- energiapolitika,
- szoláris hőszivattyúk.

Az MNT a Nemzetközi Napenergia Társaság (International Solar Energy Society, ISES) keretén belül működik, amely két évente rendez meg Napenergiás Világkongresszusát, ahol a napenergia-hasznosítás összes szakmai kérdéseit megvitatják. A 2015-ben Daeguban (Koreában) megrendezett kong-

resszus legfontosabb szakmai területei a következők voltak:

- passzív szoláris építészeti,
- energiaforrások vizsgálata,
- PV-technológiák és alkalmazásai,
- naphőerőművek és egyéb megújuló energiaforrások,
- napenergiás fűtés és hűtés,
- a napenergia-hasznosítás társadalmi hatásai,
- energiatárolás,
- hálózatra kapcsolt PV-rendszerek,
- hálózattól távoli, autonóm energetikai rendszerek,
- tiszta energetikai technológiák és stratégiák a közlekedésben.

Az ISES Európai Tagozata a Világkongresszust követő években szervezi meg a saját konferenciáját, amely 2016-ban Palma de Mallorcán (Spanyolország) volt hasonló témakörökkel. Néhány további kiemelt kérdéskör a következő volt:

- napkollektorok és fototermikus rendszerek,
- teszt és minősítés,
- napenergiás oktatás,
- napenergiás stratégia és energiapolitika.

Mindezek mellett számos hazai és nemzetközi szakmai és társadalmi szervezet készít rövid és hosszú távú prognózisokat a napenergia és más megújuló energiaforrások várható elterjedéséről. A legfrissebb nemzetközi riportok a következők: *Renewables 2016 – Global Status Report*, *REthinking Energy* (2015); *Solar Heat Worldwide* (Mauthner et al., 2016).

A napenergia-hasznosítás fő területei

A napenergia-hasznosítás területén a prioritási trendek az utóbbi tíz évben jelentősen megváltoztak. A jelenlegi helyzet a következőképpen összegezhető:

- fototermikus napenergia-hasznosítás – *ki-sebb prioritású,*

- villamos energia előállítás koncentrált termikus rendszerrel – *támogatott,*
- PV-napenergia-hasznosítás – *magasabb prioritású,*
- passzív hasznosítás – *flyamatos ütemű.*

A legjelentősebb változás a PV- (napelemes) rendszerek előretörésében látható, a fototermikus (napkollektoros) rendszerekkel szemben. Az elmúlt tíz évben az EU támogatási rendszerében is mintegy 20–80%-os változás történt a PV-rendszerek javára.

Ennek fő oka az, hogy a napkollektoros rendszerek meglehetősen magas technológiai szintet értek el, és esetükben az elterjesztés jelenti a fő feladatot.

A PV-rendszerek esetében, bár az árak jelentősen csökkentek, a piacra kerülő napelemek hatásfokának várt növekedési üteme nem érte el a korábbi becsléseket. Ily módon ezen a területen még számos innovációs feladat megoldása áll előttünk.

Fototermikus napenergia-hasznosítás

Az 1. ábrán látható módon az üvegezett és lefedés nélküli kollektorokat is magában foglaló fototermikus napenergia-kapacitás

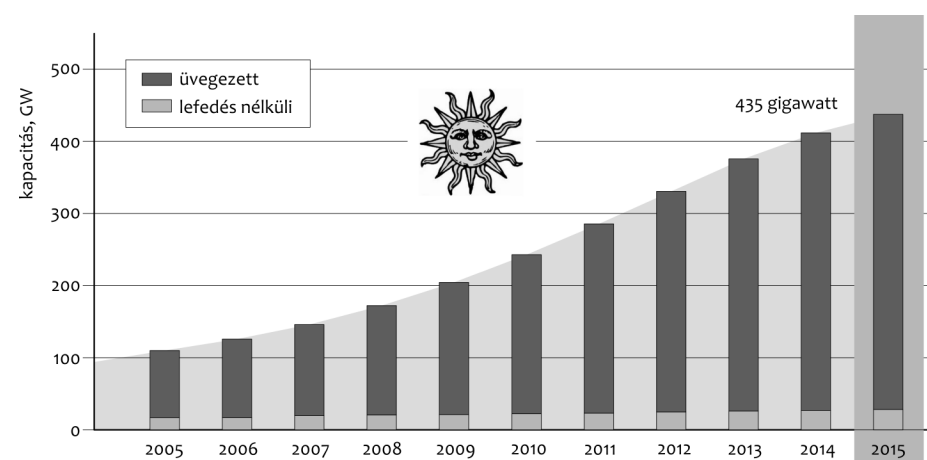
növekedési üteme az utóbbi években némileg lassul, de abszolút értékben fokozatosan nő. 2015-re a fűtési és hűtési célú fototermikus kapacitás elérte a 435 GW értéket (Mauthner et al., 2016; Renewables, 2016).

A területi megoszlást illetően a telepített napkollektorok mintegy 70%-a Kínában, közel 20%-a Európában, 5%-a pedig Kínában és az USA-ban található. Az erőteljes kormányzati támogatási politikának köszönhetően a kínai részarány további növekedése várható. Európában Németország és Ausztria a meghatározó térség a napkollektoros telepítéseket illetően.

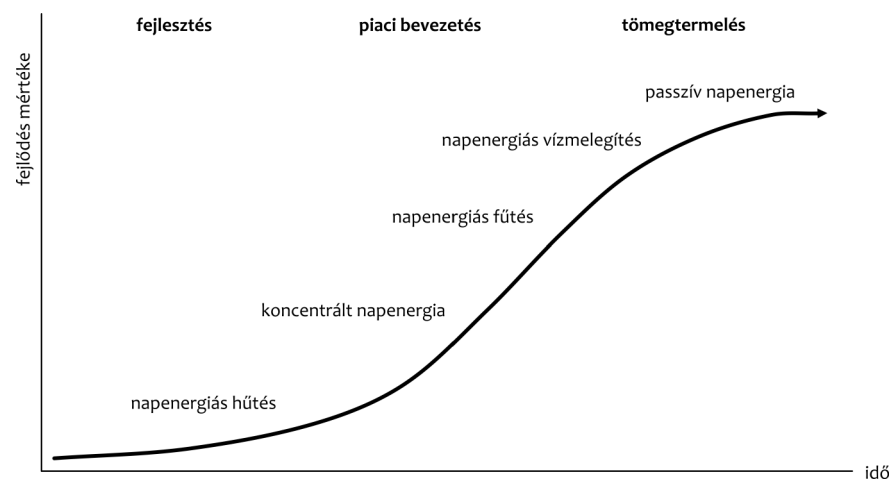
A fototermikus napenergia-hasznosítás jellemző területeinek fejlődését – a legkorábban alkalmazott passzív hasznosításhoz viszonyítva – a 2. ábra szemlélteti.

Az egyes területek jelenlegi helyzetével kapcsolatosan a következő megállapítások tehetők:

- A napenergiás használati melegvíz készítésének (HMV) és lényegében a fűtési célú alkalmazásoknak a technológiai fejlettségi szintje és ennek megfelelően a piaci bevezettségük is meglehetősen magas.



1. ábra • A világ fototermikus kapacitása



2. ábra • A fototermikus napenergia-hasznosítás fejlődése

Ez az oka annak, hogy e rendszerek további fejlesztési támogatását az EU alacsonyabb prioritással támogatja.

- Az energiatermelési célú koncentrált napenergiás (Concentrated Solar Power, CSP) rendszerek alkalmazása elsősorban a kedvező sugárzási adottságú országokban releváns. A napsugárzási intenzitások és energiahozamok területi számbavételével könnyen igazolható, hogy a CSP-rendszerek telepítése céljából Európában a Róma–Madrid-vonaltól délre eső területek jöhetnek szóba.
- A napenergiás hűtés, klimatizálás feljövőben levő terület. Ésszerűségét mutatja, hogy akkor van legnagyobb szükség ilyen célú energiára, amikor a napenergiából a legnagyobb mennyiség áll rendelkezésre. Ez okból a tárolási problémák is mérsékelhetők. Ennek megfelelően a legutóbbi EU-s projektfelhívások is támogatják e terület további gyors fejlődését.

A részterületeket tételesen felsorolva a jelenleg kiemelhető fototermikus alkalmazások a következők:

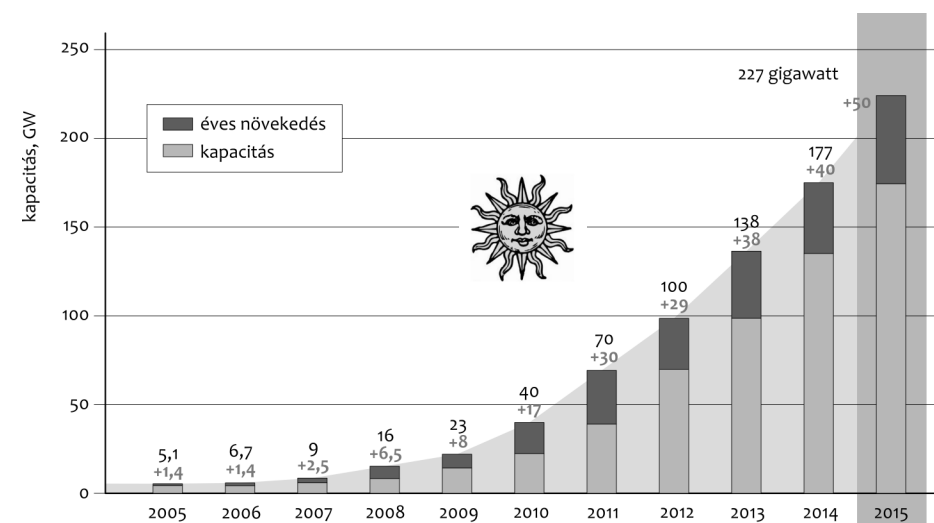
- használati melegvíz készítése,
- kombinált rendszerek (HMV és fűtés),
- nagy rendszerek,
- uszodai vízmelegítés,
- távfűtés,
- egyéb technológiai célú melegvízkészítés,
- napenergiás hűtés.

A fototermikus területre vonatkozó EU-s célkitűzések a napkollektorok további telepítését szorgalmazzák. A cél, hogy 2020-ra az EU országaira vonatkozóan elérjük az 1 m² napkollektor/fő irányszámot (Mauthner et al., 2016).

Fotovillamos napenergia-hasznosítás

Kétségtelen tény, hogy a napenergia-hasznosítás területén napjainkban a PV-(napelemes) hasznosítás játszik döntő szerepet. Felfutásának alapvető oka elsősorban a piacon elérhető termékek árának drasztikus csökkenése, így módon a kereslet növekedése.

A 3. ábra a világ PV-kapacitását mutatja, ami 2015-re elérte a 227 GW értéket. A fejlődés üteme töretlen, csupán 2015-ben 50 GW teljesítményű telepítés történt. (Renewables, 2016).



3. ábra • A világ fotovillamos kapacitása és annak éves növekedési üteme.

A PV-kapacitás növekedésével együtt rendkívüli mértékben fokozódott a szóba jöhető újabb technológiák kutatása, amelyek elsősorban a hatásfok növelését célozzák (lásd Gali Ádám tanulmányát e cikkgyűjtemény 540–544. oldalán).

A jelenlegi PV-napenergia-hasznosítás fontosabb jellemzői a következők:

- a PV-cellák és modulok 30–40%-os éves árcsökkenése,
- a piaci termékek hatásfoka még mindig nem nő az elvárt mértékben,
- piaci verseny a kristályos és vékonyrétegű technológiák között,
- több GW teljesítményű kulcsrakész rendszerek elérhetősége,
- a PV-kapacitás öt év múlva vélhetően meg fog duplázódni,
- a kínai termékek jelentős mértékű jelenléte a világpiacra,
- a villamos hálózati stabilitás megoldott kérdés lesz; példaként említhető, hogy Németországban, ahol az elmúlt tíz évben a hálózatra dolgozó PV-generátorok ka-

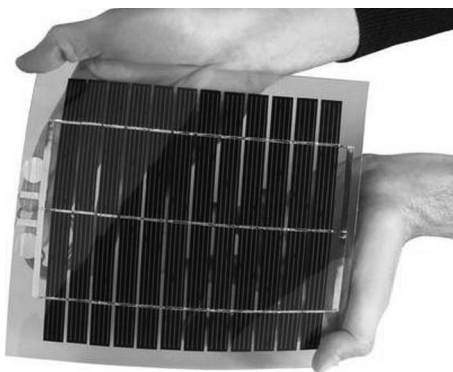
pacitása rendkívüli módon megnőtt, a hálózat jelenlegi stabilitása jobb, mint 2006-ban volt.

A felsorolt fontos jellemzőknek megfelelően a PV-napenergia-hasznosítás fejlesztésének kiemelt területei a következők:

- új technológiák megjelenése,
- harmadik generációs modulok fejlesztése (például szerves PV),
- cellák/modulok színeztése,
- átlátszó modulok,
- extra méretű modulok,
- új típusú rögzítési rendszerek.

Az egyes fejlesztések eredményeinek bemutatására a 4. ábrán példaként egy átlátszó PV modul látható, amely egyszerre szolgál energiatermelésre, ugyanakkor átriumos terek lefedésére használva természetes fény átérésztésére is alkalmas.

Az 5. ábrán a lapos tetőre utólag szerelhető, roncsolás nélküli rögzítési rendszer látható. Ez a megoldás nagyon gyors szerelést biztosít. Alkalmazhatóságát a viszonylag alacsony dőlésszög korlátozza csupán.



4. ábra • Átlátszó napelem

Passzív napenergia-hasznosítás

A napenergia passzív hasznosítását megvalósító épületekben a napenergia begyűjtését, annak tárolását és felhasználását az épület, illetve annak szerkezeti elemei végzik el.

A napenergia hazai építészeti hasznosításának mértékére nem állnak rendelkezésre pontos adatok, mivel a meglévő épületállomány építészeti, épületszerkezeti és hőtechnikai szempontból egyaránt igen heterogén. Ugyanakkor a hatóságilag bevezetett energiahatékonysági tanúsítvány (energia passzus) felértékeli az energetikailag kedvező épületeket, ami erősíti a passzív napenergia-hasznosítás értékét is.



5. ábra • Új típusú napelemrögzítési rendszer

A meglévő épületeink felújítása során a passzív szoláris rendszerek alkalmazásának lehetőségei adódtak, közülük néhány példa a következő (Zöld, 1999):

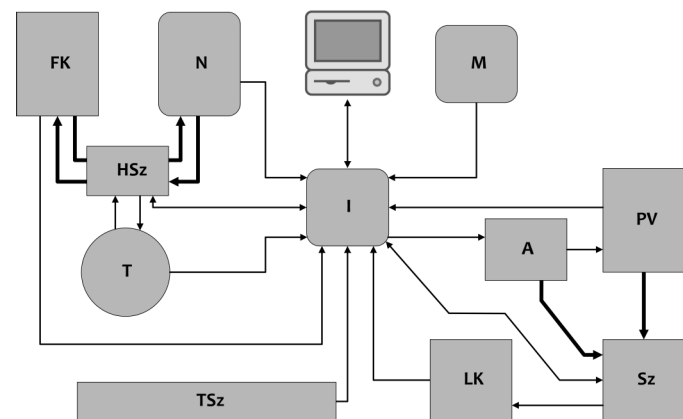
- a külső falszerkezetek átalakítása;
- a külső falszerkezetek transzparens hőszigetelése;
- csatlakozó napterek építése, illetve meglévő loggiák, erkélyek beüvegezése;
- mozgatható hőszigetelő-árnyékoló szerkezetek alkalmazása.

Valós cél lehet az épületeink fajlagos összes energiafogyasztását 50 kWh/m²/év értéket megközelítő szintre csökkenteni, ami az alacsony energiaigényű házak kategóriájának felel meg, ehhez pedig a hatékony passzív szoláris rendszerek felhasználása nélkülözhetetlen. Az ún. passzív szolár épületekben a napsugárzásból származó részarány az 50%-ot is elérheti. Ezek a házak az alacsony energiafelhasználású épületek azon csoportjába tartoznak, amelyeknél a fajlagos fűtési energiaigény nem haladja meg a 15 kWh/m² éves értéket.

Integrált energetikai-technológiai rendszer koncepció

E koncepció alapelve, hogy – az autonóm üzemű településen, gazdaságban – gyűjtsük össze a rendelkezésre álló összes energiafajtát, természetesen elsősorban a megújuló energiaforrásokat, majd a rendelkezésre álló forrásokat egy optimális stratégia szerint osszuk szét az egyes helyi felhasználók között. Ily módon elkerülhetők vagy csökkenthetők a megtermelt energia szállításával, tárolásával kapcsolatos költségek, nem is beszélve a környezetszennyezés csökkenéséről.

Egy napenergiára alapozott integrált energetikai/technológiai rendszer lehetséges koncepcióját mutatja a 6. ábra, amelynek demonstrációs változata meg is épült a Szent



6. ábra • Integrált szoláris energetikai/technológiai rendszer

István Egyetem Fizika és Folyamatirányítási Tanszékén (Farkas, 2003). Az ábrán bemutatott napenergia-hasznosító eszközök a következők: folyadékos napkollektor (FK), napenergiával fűtött növényház (N), átkapcsoló egység (Á), tároló tartály (T), transzparens szigetelésű fal (TSz), fotovillamos berendezés (PV), akkumulátor (A), napenergiás szárító (Sz), levegős napkollektor (LK), meteorológiai állomás (M) és mindezen eszközök központi monitorozására és szabályozására alkalmas irányító egység (I).

Összefoglalás

A napenergia-hasznosítás a műszaki potenciál mellett gazdasági és társadalmi oldalról csak

komplex módon becsülhető, amely figyelembe veszi a klímapolitikai célkitűzéseket, a környezeti hatásokat, ugyanakkor magában foglalja az energiatermelés externális költségeit és hozadékát is.

A napenergiás hasznosítások közül a jelenlegi trendek alapján – a fototermikus és passzív alkalmazások mellett – egyértelműen a PV- (napelemes) hasznosításoknak jósolható a legnagyobb felfutás. A fotovillamos energiatermelés hamarosan a legolcsóbb lesz a világ néhány régiójában.

Kulcsszavak: napkollektor, napelem, passzív hasznosítás, napenergiás kapacitás, alkalmazási területek, integrált rendszer.

IRODALOM

- Farkas István (2003): *Napenergia a mezőgazdaságban*. Budapest: Mezőgazda Kiadó
- Farkas István (2010): A napenergia hasznosításának hazai lehetőségei. *Magyar Tudomány*. 171, 8, 937–946. • <http://www.matud.iif.hu/2010/08/05.htm>
- Imre László – Bohoczky Ferenc (szerk.) (2006): *Magyarország megújuló energetikai potenciálja*. Budapest: MTA MEA
- Mauthner, Franz – Weiss, Werner – Spörk-Dür, Monika (2016): *Solar Heat Worldwide, Markets and Contri-*

- bution to the Energy Supply – 2014*. SHC - Solar Heating and Cooling Programme, International Energy Agency • <http://tinyurl.com/m6lrxl>
- Renewables (2016): Global Status Report. (REN 21) Renewable Energy Policy Network for the 21st Century • <http://tinyurl.com/p2uz9mk>
- REthinking Energy (2015): *Renewable Energy and Climate Change*. IRENA chrome • <http://tinyurl.com/z6ozens>
- Zöld András (1999): *Energiatudatos építézet*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó

A NAPENERGIA AKTÍV HŐHASZNOSÍTÁSA – HAZAI ÉS NEMZETKÖZI HELYZETKÉP

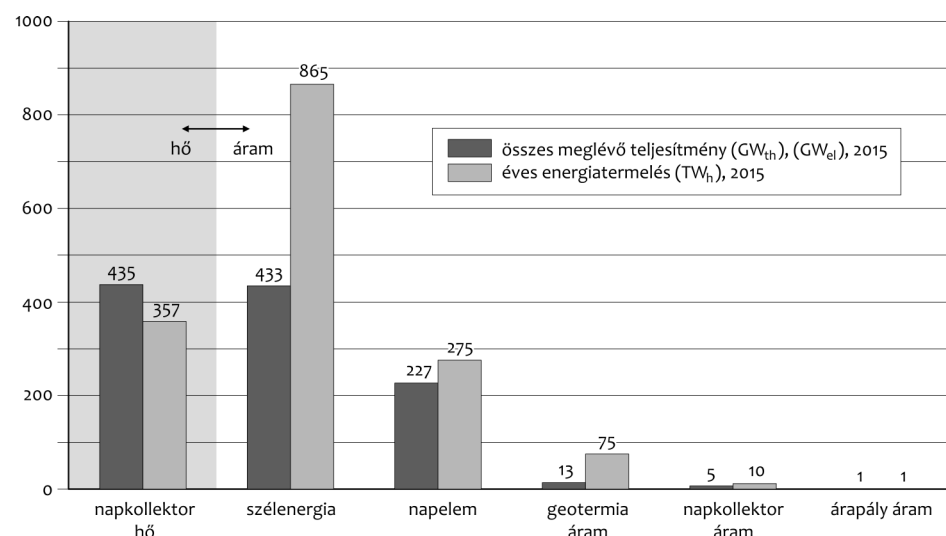
Varga Pál

elnök, Magyar Épületgépészek Napenergia Egyesülete (MÉGNAP)
varga.pal@naplopo.hu

Globális helyzetkép

A napenergia aktív hőhasznosításának elve és lehetősége már nagyon régóta ismert. A napkollektoros hőtermelő berendezések tömeges méretű elterjedése és ipari szintű alkalmazása azonban világviszonylatban csak huszonöt-harminc évvel ezelőtt indult meg. A 2000-es évek elejére a technológia kiforrott,

a napkollektoros rendszerek rohamosan kezdtek elterjedni. 2015-ben a napkollektoros hőtermelés a többi megújulóenergia-hasznosítási móddal összehasonlítva éves energiatermelés tekintetében a szélenergia mögött a második helyen állt. Beépített teljesítmény tekintetében pedig a szélenergia és a termikus napenergia közel megegyező mértékű volt (*1. ábra*).



1. ábra • Megújulóenergia-termelési módok összes meglévő teljesítménye és éves energiatermelése 2015-ben • Adatok forrása: AEE INTEC, Global Wind Energy Council (GEWC), European PV Industry Association (EPIA), REN21 – Global Status Reports 2015

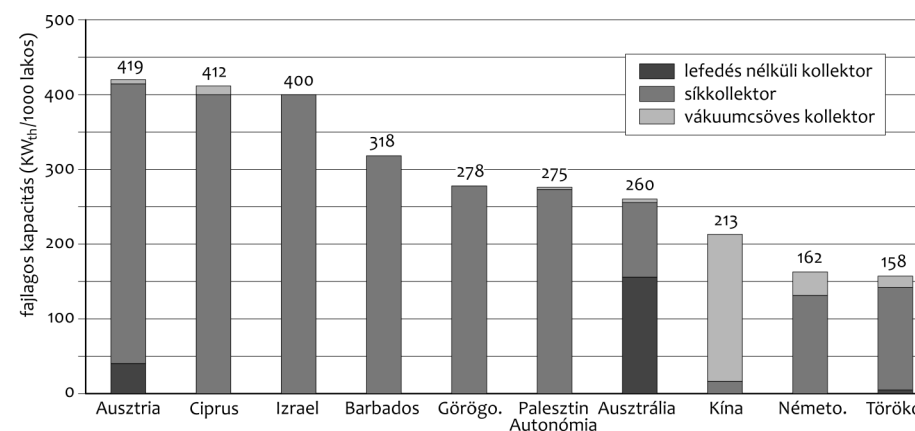
A folyadék munkaközegű napkollektoros rendszerek beépített összes teljesítménye a 2000-es év 62 GW (89 millió m²) értékéről 2015-re 435 GW-ra (622 millió m²) növekedett. A megvalósult napkollektoros rendszerek 2015-ben 357 TWh hőenergiát adtak, viszonyítási alapként ez majdnem kétszerese Magyarország éves bruttó végső energiafelhasználásának.

A napkollektoros rendszerek megvalósulásának éves növekedési üteme 2010-ben volt a legmagasabb, kb. 20%. 2011-től kezdve a növekedés üteme fokozatosan lassult, és 2015-ben már „csak” kb. 6%-kal több új rendszer valósult meg, mint 2014-ben. A növekedési ütem lassulása jelenleg is tart. Ennek egyik oka, hogy a termikus hasznosítás helyett a világ számos országában a napenergia fotovillamos hasznosítása került inkább előtérbe. A napelemes áramtermelő technológia az utóbi tíz évben rohamos fejlődésen ment keresztül, ami kb. 75%-os árcsökkenést is eredményezett. Jelenleg a napelemes rendszerek megvalósulásának növekedési üteme lényegesen magasabb, és várható, hogy néhány éven belül a napelemes rendszerek mind beépített teljesítményben, mind hasznosított energia tekintetében megelőzik a napkollektoros rendszereket.

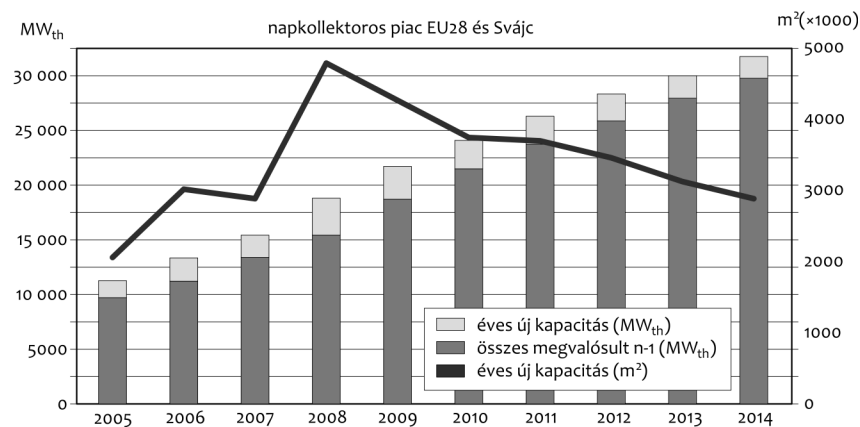
Világviszonylatban a megvalósult napkollektoros rendszerek döntő többsége, a beépített teljesítmény 70,6%-a Kínában található. Meghatározó azonban Európa szerepe is, ahol a beépített teljesítmény szempontjából a napkollektoros rendszerek 11,6%-a valósult meg. Kínában elsősorban az egyszerű, kompakt napkollektoros rendszereket alkalmazzák nagy számban, míg Európában a bonyolultabb, épületgépészeti rendszerekbe integrált berendezések elterjedése a jellemző.

A napkollektortípusok közül globális szinten a vákuumcsöves kollektorok részesedése a döntő, főképp a piacvezető Kínában játszott meghatározó szerepük miatt. Ezt követik a síkkollektorok 22,1%-kal, majd a lefedés nélküli napkollektorok 6,3%-kal. A légkollektorok részaránya elenyésző. Európában egyértelműen a síkkollektorokat alkalmazzák a leggyakrabban (83,8%) 2013-as adatok szerint.

Kína nagy fölényrel világelső a működő napkollektorok abszolút számát tekintve, de ha a sorrendet lakosságárányosan vizsgáljuk, akkor az 1000 főre jutó napkollektor-kapacitást tekintve már Ausztria a világelső, Kína csak a nyolcadik, és az első tíz helyezett között öt európai ország is található (*2. ábra*).



2. ábra • Az első tíz ország az 1000 főre jutó megvalósult napkollektor-kapacitás tekintetében



3. ábra • Összes megvalósult és éves új napkollektor-kapacitás (üvegezett napkollektorok)

Európai helyzetkép

Európában a megépült napkollektoros rendszerek beépített teljesítménye 2014 végén 31,8 GW_{th} volt (a_{th} index a hőenergiára utal), ez 45,4 millió m² napkollektor-felületnek felel meg. Az újonnan megvalósult rendszerek nagysága 2008-ig folyamatosan növekedett, a 2008-as csúcst követően viszont a növekedés üteme csökken, de még így is évente közel 3 millió m² felületű új napkollektoros rendszer valósul meg Európában (3. ábra).

Európán belül a napkollektoros piac legnagyobb, meghatározó szereplője egyértelműen Németország – annak ellenére, hogy nap-sugárzási adottságai lényegesen kedvezőtlenebbek, mint a dél-európai országokéi. A következő hat, a napkollektoros hőtermelésben élen járó ország: Ausztria, Spanyolország, Franciaország, Görögország, Olaszország és Lengyelország (4. ábra).

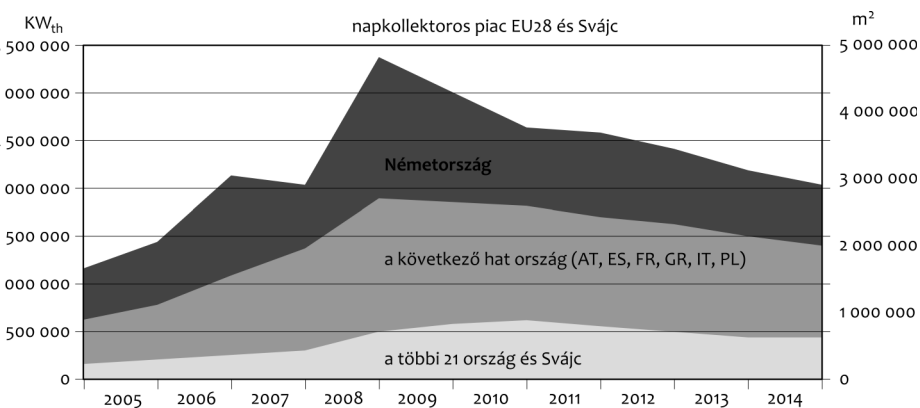
Magyarország napsugárzási adottságai a napkollektoros hőtermelés szempontjából

Magyarország a 45,8°–48,6° északi szélesség között található. A napfénytartam hazánkban megközelítőleg évi 2100 óra. A vízszintes fe-

lületre érkező napsugárzás éves átlagos hőmennyisége 1280 kWh/m². Országunk napsugárzási adottságai jobbakként, mint a napkollektoros rendszerek megvalósításában élen járó Németorszáé, Ausztriáé vagy Lengyelorszáé (5. ábra).

A legnaposabb az ország déli része, a legkevesebb a napsütés az északi országrészekben. Az átlagosnak tekinthető értékhez képest a legkedvezőbb és a legkedvezőtlenebb országrészek között az eltérés csak kb. ±3%. Ezért megállapítható, hogy Magyarország egész területe lényeges eltérés nélkül alkalmas a napkollektoros hőtermelésre.

Adott felületre érkező napsugárzás mennyisége függ a felület irányultságától, azaz dőlésszögétől és tájolásától. Magyarországon a legtöbb napsugárzás déli tájolású és 40–45°-os dőlésszögű felületre érkezik, ennek értéke megközelítőleg: 1370 kWh/m²/év. Az optimális irányultságtól való eltéréssel az érkező napsugárzás mennyisége csökken. A csökkenés mértéke azonban az optimális irány tág környezetében nem jelentős. Ebből következik, hogy a napkollektorok elhelyezésekor nem kell szigorúan ragaszkodni a déli tájoláshoz, vagy az optimális dőlésszöghöz, attól tág ha-

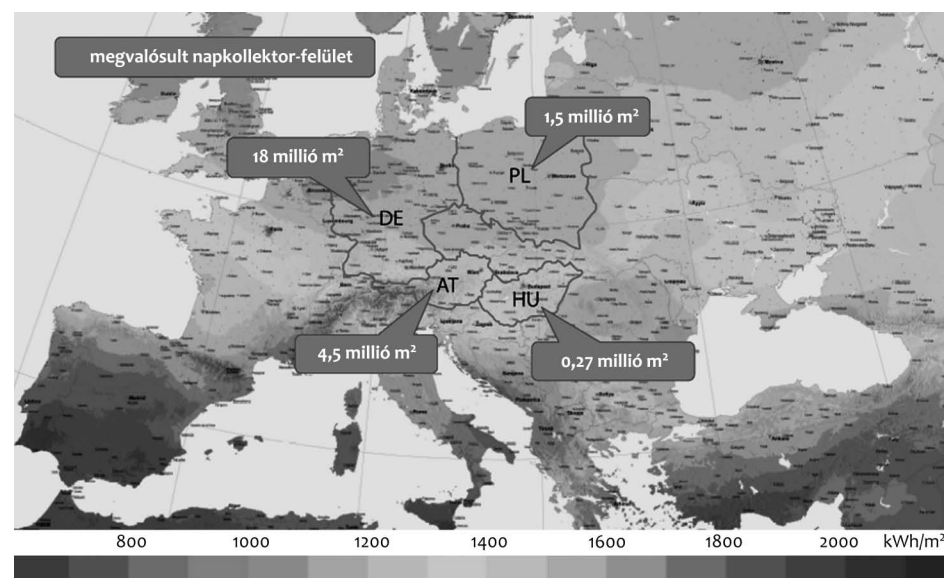


4. ábra • Évente megvalósult új napkollektoros rendszerek (üvegezett kollektorokkal)

tárok között el lehet térni. Általában nem érdemes a napkollektorokat forgatható, napkövető módon sem felszerelni, mert az energiahozam így elérhető növekedése nem áll arányban a beruházási és üzemeltetési-
karbantartási költség növekedésével.

Magyarország meteorológiai adottságai mellett átlagosnak nevezhető használatime-

legvíz-készítő napkollektoros rendszert alapul véve reálisan elérhető éves 55–65%-os szoláris részarány. Ekkor a kollektoros rendszer éves hatásfoka 35–40%, vagyis a napkollektorok az érkező napsugárzás 35–40%-át hasznosítani tudják. A hazánkban 1 m² déli tájolású és 45° körüli dőlésszögű felületre érkező évi 1370 kWh napsugárzásból az éves hatásfok figye-

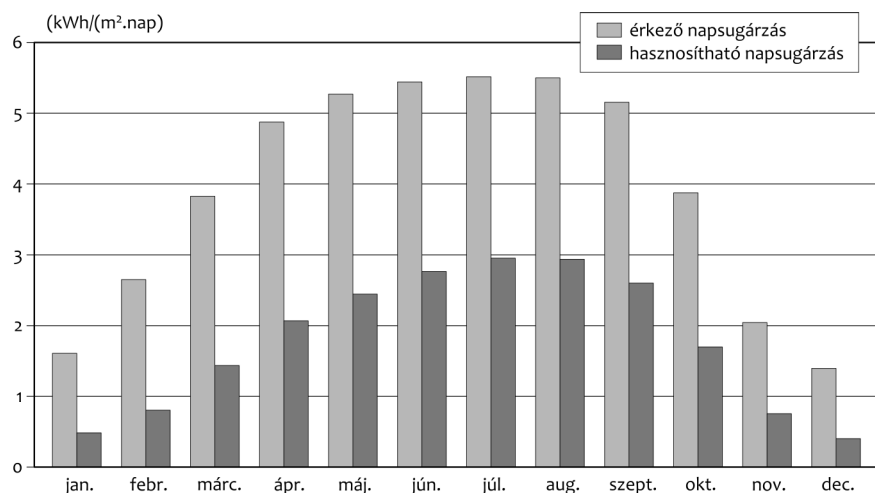


5. ábra • Európa napsugárzási térképe, vízszintes felületre érkező éves globális napsugárzás nagysága

lembevételével napkollektorokkal átlagos esetben 550 kWh/m², jobb kihasználtság esetén pedig akár 600–650 kWh/m² is előállítható (6. ábra).

A hazai napkollektorpiac

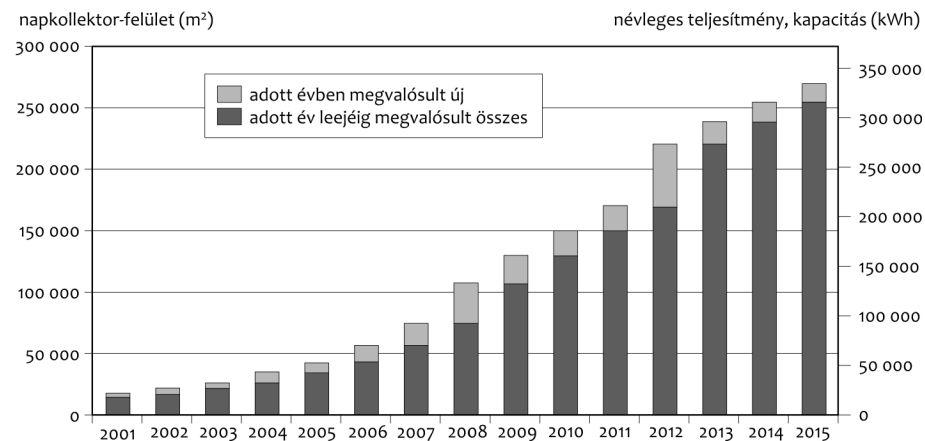
Magyarországon a megvalósult napkollektoros rendszerek beépített teljesítménye 2015 végén 215 MW_{th} volt. A megvalósult napkollektoros rendszerek tekintetében hazánk európai összehasonlításban a leggyengébben teljesítő országok közé tartozik. Érdeemes Magyarország adatait összevetni a nagyságban, lakosságszámban és napsugárzási adottságokban is hasonló Ausztria adataival. Osztrák szomszédunknál több mint 4,5 millió m² napkollektoros rendszer üzemel, míg Magyarországon 269 ezer m². De figyelemre méltó, hogy a lényegesen gyengébb napsugárzási adottságú (bár területileg és lakosságszámban nagyobb) Lengyelországban is közel másfél millió m² napkollektoros rendszer valósult meg, ami a hazai napkollektor-állomány 5,5-szerese.



6. ábra • Déli tájolású és 45°-os dőlésszögű felületre érkező és abból átlagos kialakítású és kihasználtságú napkollektoros rendszerrel hasznosítható napsugárzás éves eloszlása

A hazai napkollektoros piac a 2000-es évek elejétől 2008-ig viszonylag egyenletes növekedést mutat, 2009-ben azonban jelentős visszaesés következett be. Újabb, kiemelkedő növekedés 2012-ben volt, utána azonban ismét visszaesés történt, és ez a mai napig tart (7. ábra). A hazai napkollektoros piac alakulását leginkább a lakossági szektor számára elérhető pályázatok, állami támogatások határozzák meg. 2009-től a lakossági pályázatok kiszámíthatósága és éves rendszeressége megszűnt, a pályázati kiírásokat kaotikus rendszertelenség, a folyamatos kormányzati ígéretés és – a 2012-es év kivételével – érdemi pályázat kiírása nélküli évek jellemzik.

Mivel Magyarországon nem tudott stabil napkollektoros piac kialakulni, ezért a hazai napkollektoros iparág sem tudott létrejönni. Magyarországon nincs európai mércével is jelentős napkollektorgyártás. Megközelítőleg ezer hazai vállalkozás tevékenységi körében szerepel a napkollektoros rendszerek kivitelezése, de ezek jellemzően kis méretű, tőkehiányos, több lábbon álló, napkollektorokkal csak



7. ábra • Összes megvalósult és éves új napkollektor-kapacitás Magyarországon

mellékesen foglalkozó vállalkozások. Egyetlenegy tőkeerős, napkollektorokra szakosodott vállalkozás sem tudott hazánkban létrejönni, de nincs a napkollektoros rendszerek tervezésére szakosodott tervezőiroda sem Magyarországon. A hazai gyenge napkollektoros iparág ma kb. kétszáz főnek ad munkahelyet, de a hasonló európai országokkal összemérve a reális napkollektoros munkahelyszám négy-ötezer lehetne.

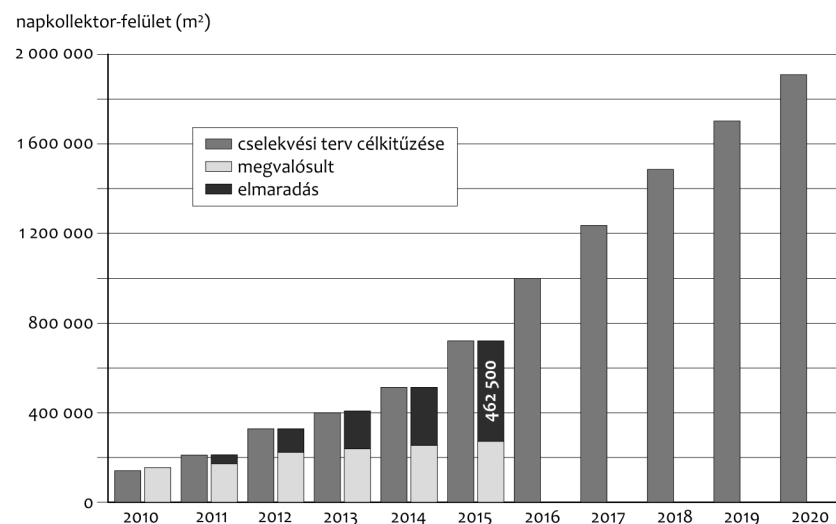
A hazai napkollektoros iparág helyzetén nem segített a magyar kormány által 2010. december 22-én elfogadott, a megújuló energia hasznosításának 2020-ig szóló cselekvési terve sem. Ebben Magyarország vállalta, hogy 2020-ra 14,65%-ra növeli a megújuló energiák részarányát az ország bruttó végső energiafogyasztásán belül. A cselekvési terv a napkollektoros berendezések által megtermelt éves hőmennyiség értékét 2020-ig 6-ról 82 ktoe-re (kb. 2 millió m² napkollektor-felülettel elérhető hőmennyiség) tervezte növelni. Ez ambiciózus, de reálisan megvalósítható célnak tűnt 2010-ben. Az elmúlt öt év során azonban messze nem teljesültek a cselekvési terv éves célkitűzései, és a lemaradásunk mára akkora,

hogy a 2020-ra kitűzött célt a napkollektoros rendszerek terén Magyarország egészen biztosan nem fogja teljesíteni (8. ábra).

Javaslat a napkollektoros rendszerek megtermelt hőenergia alapú támogatására

Az utóbbi években a hazai napkollektoros piacot jelentős visszaesés, majd alacsony szintű stagnálás jellemezte. Főleg a lakossági szektorból érkező megrendelések estek vissza drasztikus mértékben, elsősorban a támogatások hiánya miatt. Az utóbbi öt évben egyedül 2012-ben adott az állam beruházási támogatást a családi házakon megvalósuló napkollektoros rendszerekhez. A piaci adatok bizonyítják, hogy a kiszámíthatatlanul, rendszertelen időközönként kiírt, csak rövid ideig elérhető beruházási támogatások hosszú távon több kárt okoznak, mint amennyi a rövid távú előnyük.

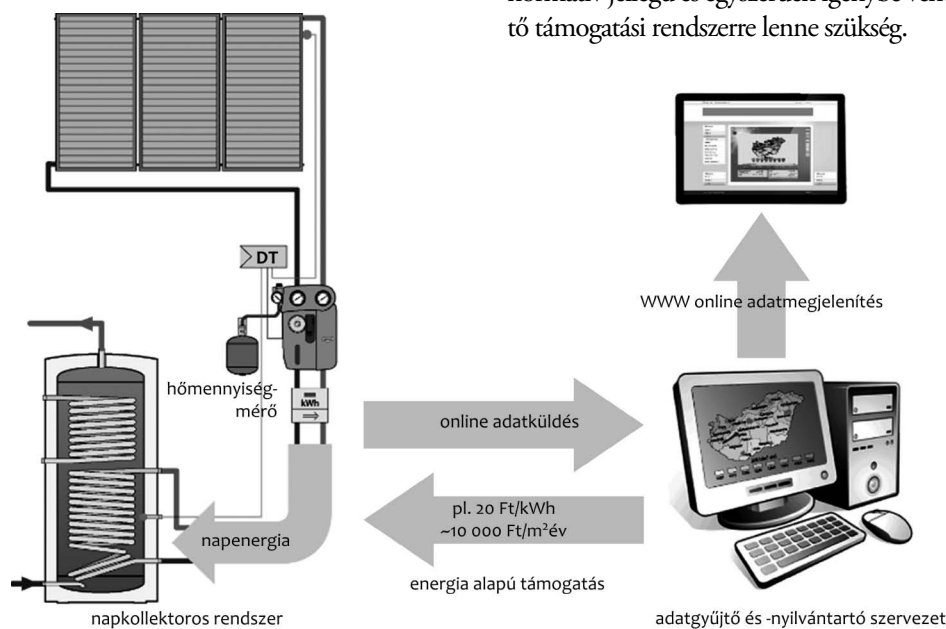
A jelenlegi gazdasági környezetben a napkollektoros rendszerek tisztán piaci alapon nem tudják felvenni a versenyt a földgázból hőenergiát előállító hagyományos rendszerekkel. Ez azonban nem hazai specialitás. A napenergia-hasznosítás területén élen járó



8. ábra • Magyarország megújuló energia cselekvési tervének célkitűzései és a megvalósult napkollektoros rendszerek nagysága

európai országokban mindenhol állami támogatásra volt szükség a napkollektoros iparág felvirágoztatásához. A hazai napkol-

lektoros piac régen várt fellendülését is csak az állam aktív, ösztönző szerepvállalásával lehetne elérni. Hosszú távon kiszámítható, normatív jellegű és egyszerűen igénybe vehető támogatási rendszerre lenne szükség.



9. ábra • Napkollektoros rendszerek megtermelt hőenergia alapú támogatása

A napkollektoros piac támogatási formájaként nem feltétlenül csak a korábbi években alkalmazott vissza nem térítendő beruházási támogatás jöhetne szóba. A napkollektoros rendszerek hőenergiát állítanak elő, így kézenfekvő lehetne a napenergiából előállított hőenergia támogatása. Ehhez nem kellene más, mint egy hitelesített hőmennyiségmérő, amit a napkollektoros rendszerbe építenek be. Ma már az is megoldható, hogy a hőmennyiségmérők interneten, vagy GSM alapon *online* küldjék be a mért adatokat az ezzel megbízott közreműködő szervezetnek. A támogatás ki-fizetése a hőmennyiségmérők által mért és beküldött energiameennyiség alapján történne éves rendszerességgel. A közreműködő szervezet a mért adatokat interneten is megjelenítené, így a szükséges adatvédelmi előírások betartása mellett online lehetne megtekinteni a rendszerhez csatlakoztatott hazai napkol-

lektoros rendszerek pillanatnyi teljesítményét és halmozott hőmennyiségét (9. ábra).

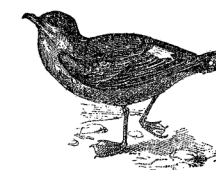
A megtermelt energia alapú támogatás megvalósításához el kellene dönteniük a hazai energiapolitika irányítóinak, hogy a napkollektorral megtermelt 1 kWh (vagy egy MJ) hőmennyiség mekkora támogatást ér meg országunknak. Ha a támogatási rendszer révén a napkollektorokkal megtakarított hőenergia ugyanannyit érne, mint például a napelemekkel megtermelt villamos energia, akkor bizonyos, hogy a hazai napkollektoros piac is hasonlóan dinamikus növekedési pályára tudna állni, mint amelyet a hazai napelemes piac produkált az utóbbi években.

Kulcsszavak: *napenergia aktív hőhasznosítása, napkollektoros hőtermelés, hazai napkollektoros piac, globális napkollektorpiac, hőenergia alapú támogatás*

IRODALOM

- European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF) (2015): *Solar Thermal Market in Europe - Trends and Market Statistics 2014*. Brussels: ESTIF • <http://tinyurl.com/m9pgq94>
- Mauthner, Franz – Weiss, Werner – Spörk-Dür, Monika (2016): *Solar Heat Worldwide, Markets and Contribution to the Energy Supply 2014*. Gleisdorf: AEE INTEC • <http://tinyurl.com/L4jhtmv>

- Nemzeti Fejlesztési Minisztérium: *Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve 2010–2020*. • <http://tinyurl.com/kxfv49w>
- Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) • <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- Varga Pál (2015): *Javaslat a napkollektoros rendszerek megtermelt hőenergia alapú támogatására. Épületgépész. 2*



A NAPENERGIA FOTOVILLAMOS HASZNOSÍTÁSA

Pálffy Miklós

okleveles villamosmérnök, címzetes egyetemi docens
a Solart-System alapítója
palfymiklos@solart-system.hu

A napenergia hasznosításának egyik módja a fotovillamos energiaátalakítás. A tömeggyártású napelemes berendezések készítéséhez szükséges energia Magyarországon is 0,96–2,64 év alatt térül meg. 2015-ben a globális napelemes berendezésállomány 233 GWp (a gigawatt csúcs angol rövidítése) volt, Magyarországon 162 MWp. A hazai potenciállal termelhető éves villamos energia mennyisége több mint 12-szerese jelenlegi igényünknek. A napelem-technológiák és -berendezések hazai fejlesztése az 1970-es évek közepén indult. Több napelemgyártó és számos tervező, kivitelező, forgalmazó tevékenykedik Magyarországon. Hazánkban 2020-ra a napelemes berendezések 500 MWp teljesítményű állománya prognosztizálható, bár újabb 1–2 GWp értéket is prognosztizálnak. Európában a napelemekkel termelt villamos energia ára már ma több helyen olcsóbb a helyi hálózati villamos energia áránál, vagy megegyezik azzal.

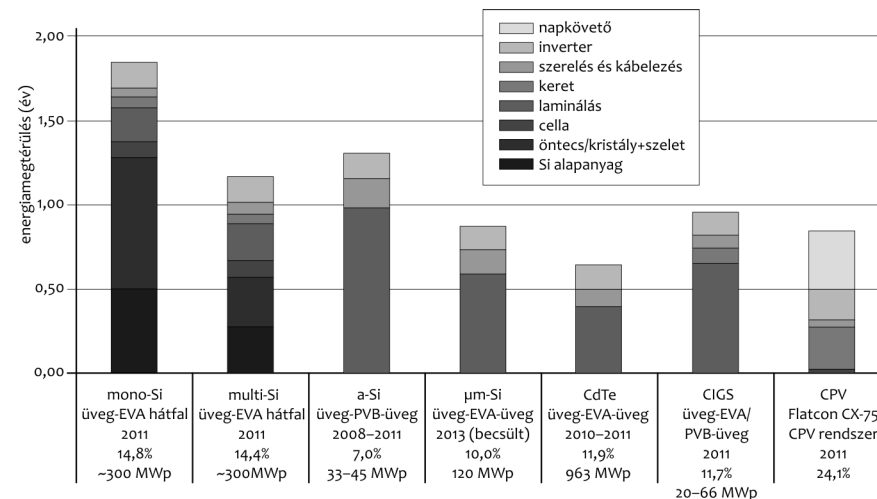
Globális kép és kitekintés Európára

A napelem vagy fotovillamos (angol rövidítése PV) elem olyan eszköz, amely a Nap sugárzási energiáját közvetlenül alakítja át villamos energiává. A napelemek alapanyaga általában félvezető. Az energiaátalakítás a félvezető alapanyagban játszódik le. A félvezető anya-

got érő sugárzás azon része, amelynek energiája nagyobb, mint a félvezető anyagban a tiltott sáv szélessége, a félvezető anyagokban villamos töltéshordozó lyuk-elektron párt generálhat, ha az anyagok felületéről nem verődik vissza, illetőleg az abszorpcióhoz elegendő anyagvastagság áll rendelkezésre.

Számos napelemstruktúra ismeretes. Alkalmazás szempontjából megkülönböztethetünk földi vagy űrtechnikában alkalmazott napelemeket, de normál vagy koncentrált napsugárzásra készült, egyrétegű vagy több-rétegű stb. napelemekről is beszélhetünk. Laboratóriumi körülmények között gyártott több-rétegű napelemstruktúrákkal 46% energiaátalakítási hatásfokot is elértek, és további növekedés is várható. Új technológiák alkalmazásával számos napelemstruktúra készült (például szerves anyagok, fényérzékeny festékek stb.). Ezek energiaátalakítási hatásfoka messze elmarad jelenleg a csúcserőtelktől, de az NREL folyamatos monitorálása szerint minden évben nő az elért hatásfok (URL1).

A ma földi alkalmazásban használt hosszú élettartamú, nagy hatásfokú napelemek többsége egykristályos, illetőleg polikristályos (multikristályos, kvázi-polikristályos) szilícium felhasználásával készül. Ezek tömeggyártásban elért energiaátalakítási hatásfoka 14–

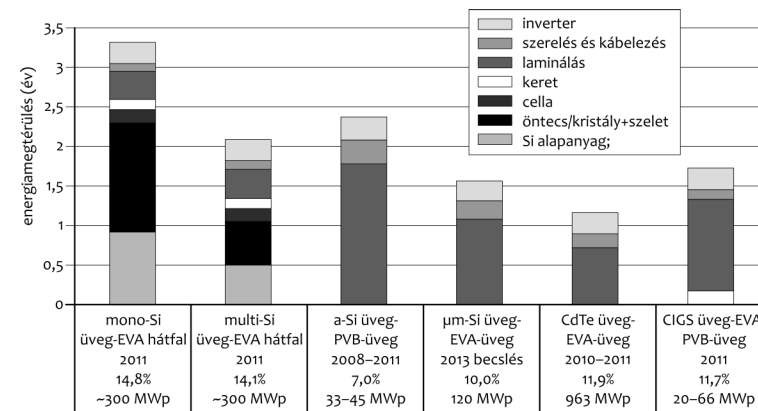


1. ábra • Napelemmodul-struktúrák energiamegtérülése Cataniában

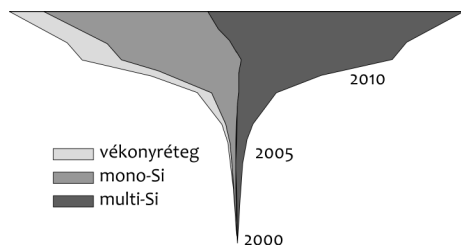
15% körüli, de összetettebb struktúrákkal 20% felett van. Garantált élettartamuk legalább huszonöt év. Számos más anyagból is készül napelem. Alkalmazásuk során gyakori kérdés, hogy mennyi idő alatt termelnek annyi energiát, amennyi az előállításukhoz szükséges. Az 1. ábrán néhány anyagból felépített napelemmodul és koncentrátoros rendszer (angol rövidítés: CPV) energiamegtérülése látható, amennyiben azokat Szicíliában, Cataniában alkalmazzák (URL2).

A 2. ábrán látható a németországi környezetben, azaz moderáltabb éves fajlagos globális sugárzás (1000 kWh/m²/év) mellett a különböző alapanyagot felhasználó, tetőre szerelt napelemes villamosenergia-termelő rendszerek energiamegtérülése (URL2).

Megállapítható, hogy az előállításához szükséges energia 1,2–3,3 év alatt térül meg. Figyelembe véve Magyarország átlagosan 1250 kWh/m²/év globál napsugárzási viszonyait, az energiamegtérülés 25%-kal kedvezőbb. A



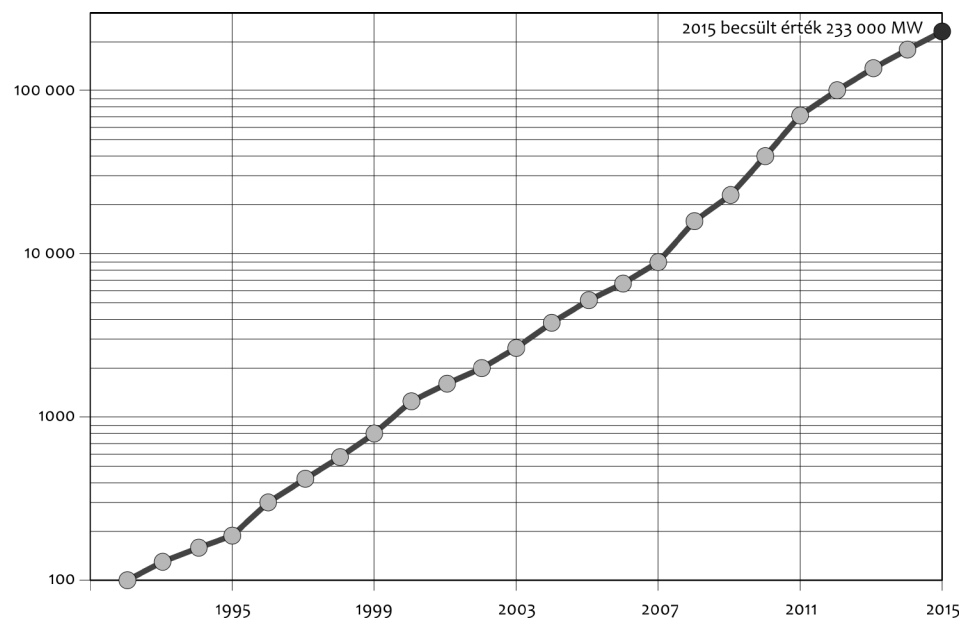
2. ábra • Napelemes rendszerek energiamegtérülése Németországban



3. ábra • A főbb napelemtípusok éves gyártási volumene

3. ábrán követhető a három fő gyártástechnológia: az egykristályos, a multi- vagy polikristályos szilícium és vékonyréteg-technológiák fejlődése és részesedése a teljes napelemgyártási volumenben, amely 2014-ben 47,5 GWp volt (URL₂).

A napelemes berendezések globális állományának jelentős növekedése a 4. ábrán követhető. 2015-ben a globális állomány kb. 233 GWp volt (URL₃).



4. ábra • A globális napelemállomány fejlődése

Az *EurObserv'ER* tagországoként követi az EU-ban létesített napelemes berendezések állományát. A huszonnyolc EU-tagország összes állománya 2013-ban közel 80 GWp (ezen belül Németország: 36,4 GWp), 2014-ben pedig közel 85 GWp (ezen belül Németország: 38,3 GWp) volt. A globális adatokkal összevetve látható Európa és benne Németország vezető szerepe, de az nem tart sokáig. Kína óriási napelemtermelő kapacitást hozott létre az utóbbi években, és az főként az ottani alkalmazásokat fogja ugrásszerűen megnövelni.

Hazai potenciál

Magyarországon a globál napsugárzás átlagértéke kb. 1250 kWh/m²/év. Ez azt jelenti, hogy hazánk 93 030 km² területére évente átlagosan kb. 1,163×10¹⁴ kWh energia érkezik a Napból. Ez az energiamennyiség mintegy 2900-szorosa a kb. 40 milliárd kWh éves

éves villamosenergia-termelés(10 ⁹ kWh)	0,0916996	3,26025	0,729	0,5239688	0,0391003	0,142002	0,0463618	0,1683738	246,93714	232,74	1,279476	0,0497539	486,00713
beépíthető napelem-teljesítmény (MWp)	76,416	2835	607,5	455,625	32,5836	123,48	38,63484	146,412	205780,95	193950	1066,23	45,23085	405 158,06
beépítési dőlésszög (°)	30	45	30	45	30	45	30	45	30	30	30	60	
valóságban kedvezően beépíthető napelemfelület (km ²)	0,764	28,350	6,075	4,556	0,326	1,235	0,386	1,464	2057,810	1939,500	10,662	0,452	4051,581
elvileg beépíthető napelemfelület (km ²)	1,698	63	13,5	10,125	0,724	2,744	0,859	3,254	4573	4310	47,388	1,005	9027,207
60°-os felület (km ²)												1,00513	1,00513
45°-os felület (km ²)		63		10,125		2,744		3,2536					79,1226
30°-os felület (km ²)											47,388		47,388
vízszintes felület (km ²)	3,94		13,5		1,68		1,992		10610	10000			20 631,112
nagypanel és alagútszalus házak													
egyéb lakóépületek													
mezőgazdasági épületek													
mezőgazdasági épületek													
oktatási épületek													
oktatási épületek													
önkormányzati épületek													
önkormányzati épületek													
gyep-legelő													
új, mezőgazdaságiilag felszabadult területek													
vasútvonalak mentén													
autópályák mentén													
összesen													

1. táblázat

villamosenergia-felhasználásunknak. Egy háztartás éves villamosenergia-igényének megfelelő energia átlagosan 2 m²-re érkezik a Naptól. Ez a legnagyobb energiakincsünk! Nem függ a gazdasági és politikai válságoktól, nem eshet embargó alá, nem korlátozhatják különféle gazdasági és politikai folyamatok. Ez az energiamennyiség folyamatosan érkezik a Naptól, és rendelkezésünkre áll. Csak okosan kell hasznosítanunk. A napelemek alkalmazásának hazánkban a villamos energia termelésében óriási lehetősége van, és meg vagyunk győződve arról, hogy az elkövetkező időszakban a hazai napelemes alkalmazások száma és névleges összteljesítménye jelentősen növekedni fog. Becslést és számítást készítettünk a hazai potenciálról (Pálffy, 2004). Megvizsgáltuk, hogy Magyarországon a különböző építmények tetején, szabad vagy felszabaduló földterületen, autópályák, vasútvonalak mentén mennyi napelem helyezhető el, és ezek várhatóan mennyi energiát tudnának termelni. (A szabad földterületeken történő telepítésnél lehetőség van egyéb, például legelőként történő hasznosításra, erre svájci példák is szolgálnak.) A számításoknál a KSH adataira támaszkodtunk, és számos csökkentő tényezővel (takarások, kedvezőtlen tájolások, optimálistól eltérő dőlésszögek stb.) számoltunk. A becslés során 10% energiaátalakítási hatásfokkal számoltunk, de ma már 20% feletti hatásfokú napelemmodulok is kaphatók a piacon. Ezekkel számolva a telepíthető napelem-teljesítmény és a megtermelhető villamos energia duplázódik. A számí-

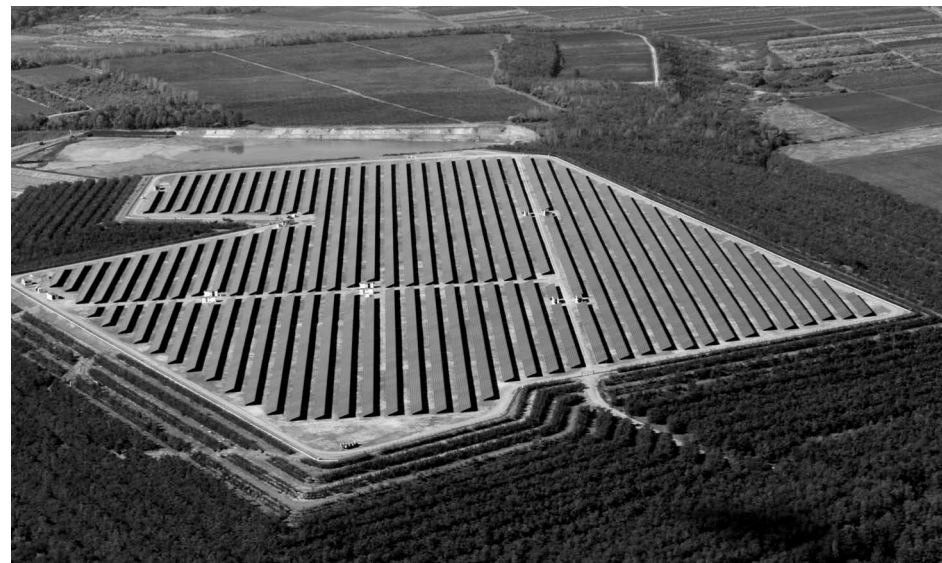
tásokat az 1. táblázatban foglaltuk össze. Nem vettük figyelembe az épületek homlokzatára telepíthető napelemeket. Ezek további potenciált jelentenek. Ugyanakkor meg kell jegyeznünk, hogy a termikus kollektorokkal osztozni kell a lakóépületek tetőfelületein.

A táblázatból látható, hogy a 10% hatásfokú napelemekkel kb. 405 GWp napelem-teljesítmény volna telepíthető, amelynek villamosenergia-termelése jobb esetben évi több mint 486 milliárd kWh. Ez a villamosenergiamennyiség a jelenlegi magyar fogyasztás kb. tizenkétszerese! A számítások tovább pontosíthatók, de világosan látszik, hogy a napelemek elhelyezésének és alkalmazásának hazánkban a villamos energia termelésében óriási lehetősége van.

Hazai helyzetkép

A napelem-technológiák és -berendezések magyarországi fejlesztése az 1970-es évek közepén indult a Villamosipari Kutató Intézetben (VKI), és az elmúlt 40 év első fele a VKI, majd Pannonglas és Solart-System szakembereinek tevékenységéhez köthető (Pálffy, 2016). 1979-re 15%-os hatásfokú napelemeket sikerült kifejlesztenünk a VKI-ban. A hazai napelemes berendezések összkapacitását néhány jellemző évre a 2. táblázatban foglaljuk össze.

Jelentős a fejlődés. Az utóbbi időkben volt, hogy egyik évről a másikra megháromszorozódott a magyarországi napelemes berendezések állománya, de nagy a lemaradásunk. 2015 végén kb. 16 000 napelemes berendezés volt Magyarországon, ami összehasonlítva



5. ábra • A 2015 októberében üzembe helyezett mátrai napelemes erőmű (URL4)

Németország több mint egymillió berendezésállományaival igencsak szerény mennyiség. A hazai állomány összteljesítményének alakulásában a nagy fellendülést a hálózatra dolgozó napelemes rendszerek (*grid connected*) hazai engedélyezése jelentette.

Hazánkban az eddig legnagyobb, (2015 októberében üzembe helyezett) mátrai napelemes erőműben a villamos energiát 72 480 db 255 Wp névleges teljesítményű polikristályos szilícium alapanyagú napelem termeli (névleges beépített teljesítmény 18,4824 MWp), és táplálja a villamos hálózatba (5. ábra).

A fotovillamos energiaátalakítás hazai helyzetképehez hozzátartozik, hogy 1982-ben a Magyar Elektrotechnikai Egyesületben megalakítottuk a Fotovillamos energiaátalakítók, napelemek munkabizottságot, 1983-ban pedig a Magyar Napenergia Társaságot, amelynek keretében a Fotovillamos energiaátalakítók szakosztály aktív tevékenységet folytat. A Nemzetközi Napenergia Társaság (ISES) tagjaként 1993-ban a Magyar Napener-

gia Társaság nagysikerű világkonferenciát és világkiállítást szervezett Budapesten. Az iparág összefogására és reprezentálására 2010-ben megalakítottuk a MANAP iparági egyesületet.

Végül, de nem utolsósorban említést érdemel, hogy fotovillamossággal kapcsolatos oktatási tevékenység többek között a gödöllői Szent István Egyetemen, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen és az Óbudai Egyetemen is folyik.

A PV várható alkalmazásának alakulása

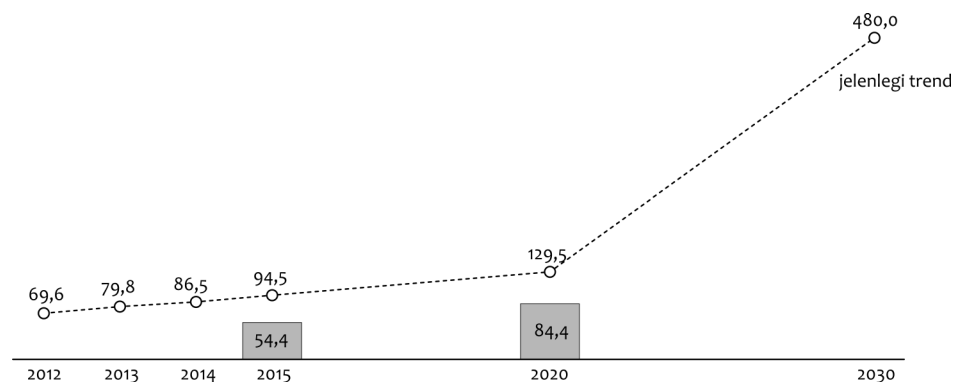
A napelemes berendezések elterjedésére az Európai Unió előrejelzést készített a tagországok vállalásai alapján 2020-ig, kitekintve 2030-ig (6. ábra).

A 6. ábrán látható, hogy a napelemes berendezések teljesítménye már 2014-ben meghaladta a tagországok által 2020-ra vállalt és becsült értéket. Ugyanez jellemző hazánkra is.

Az Európai Unió Napelemes Stratégiája (PV SRA) térképeken mutatja be 2010-re, 2015-re, 2020-ra és 2030-ra a napelemes

év	1975	1990	2003	2013	2014	2015
teljesítmény kb. (kWp)	0,3	10	100	36 500	77 500	162 000
berendezés kb. (db)	10	20	300	5000	9000	16 000

2. táblázat

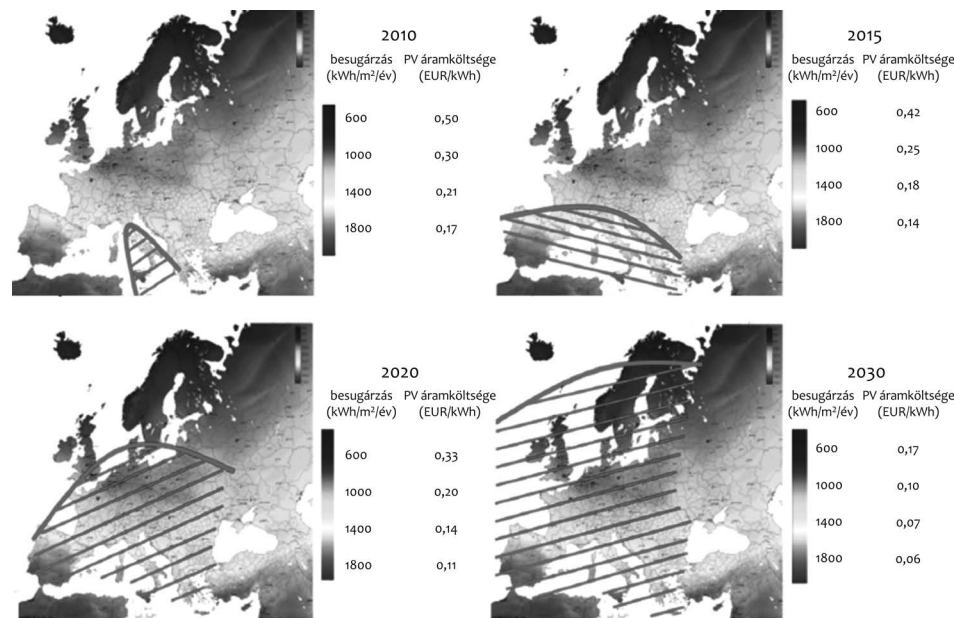


6. ábra • Napelemes berendezések összteljesítménye GWp-ben az Európai Unióban (*EurObserv'ER*, 2015). (NREAP: Nemzeti Megújuló Energia Cselekvési Terv)

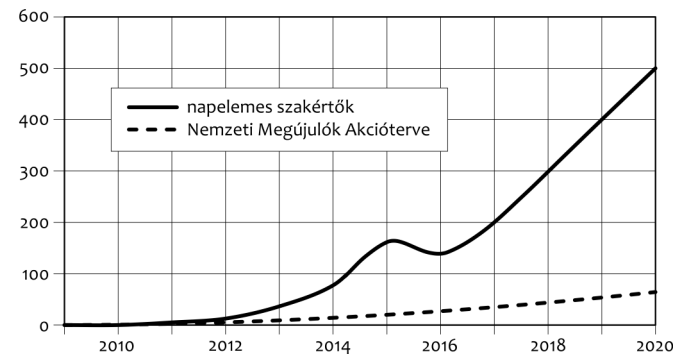
áramforrásokkal termelt villamos energia árának alakulását, mégpedig hogyan lesz olcsóbb, mint a tagországok helyi hálózati villamos energiájának ára (*grid parity*) (7. ábra):

A hazai fotovillamos ipar számos értetlenség és akadályozás ellenére negyven év kitaró munkájának és néhányunk eltökéltségé-

nek is eredményeképpen napjainkra megretmődött. Több napelemgyártó és számos tervező, kivitelező, forgalmazó tevékenykedik Magyarországon. A hazai felsőoktatásban több intézmény képez szakembereket. Egyesületek fogják össze a szakembereket, és adnak segítséget hétköznapi tevékenységükhöz.



7. ábra • A napelemekkel termelt villamos energia ára olcsóbb vagy megegyezik a helyi hálózati villamos energia áránál a vonalkázott területen különböző években.



8. ábra • A napelemes berendezésállomány 2015-ig és várható alakulása 2020-ig Magyarországon (URL5)

A napelemes berendezések 2015-re megvalósult állományának további jelentős bővülése várható. A Nemzeti Energia Stratégia Programjához 2010-ben előterjesztett becslésünk szerint 2020-ra egyenletes növekedés mellett 500 MWp teljesítményű új napelemes berendezést prognosztizáltunk. Ebből a Nemzeti Megújuló Energia Cselekvési Tervbe (NREAP) 63 MWp vállalása került be (8. ábra). Ez jóval kevesebb a becslésnél, mégis nagy eredménynek tartottuk a korábban vállalt 10 MWp-tal szemben. Próbáltunk becslést végezni a különböző években várható

berendezésállomány mértékére 2020-ig, amit azonban a tények eddig minden évben felülírtak (8. ábra). (Ezt is jelzi a törés 2015 után)

Reméljük, hogy a továbbiakban is így lesz. Az alkalmazások számszerű többsége jelenleg épületeken van, és a jövőben is ez prognosztizálható, így építészeinkkel, épületgépészeinkkel együtt nagy a felelősségünk, hogy optimális megoldások szülessenek.

Kulcsszavak: *napenergia, fotovillamos, napelem, sugárzás, hatásfok, megtérülés, egykristályos, polikristályos, szilícium, amorf, potenciál*

HIVATKOZÁSOK

EurObserv'ER (2015): augusztus • <https://www.eurobserv-er.org/photovoltaic-barometer-2015/>

Pálfy Miklós (1986): A VKI-ban folyó napelemfejlesztéssel kapcsolatosan elhangzott előadások, publikációk jegyzéke 1974–1986 között. *Elektrotechnika* 79, 10, 387–389. • <http://tinyurl.com/m4wmvp7>

Pálfy Miklós (2004): Magyarország szoláris fotovillamos energetikai potenciálja. *Energiagazdálkodás*. 45, 6, 7–10.

Pálfy Miklós (2016): A napenergia fotovillamos hasznosítása Magyarországon. In: Váradi F. Péter (szerk.): *Van új a nap alatt*. Budapest: Móra Könyvkiadó, 387–405.

URL1: <http://www.nrel.gov>

URL2: <http://www.ise.fraunhofer.de>

URL3: <https://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaics>

URL4: http://index.hu/tudomany/2015/10/01/nap-elem_napenergia_naperomu/

URL5: <http://www.solart-system.hu>

HARMADIK GENERÁCIÓS NAPELEMEK

Gali Ádám

az MTA doktora, tudományos tanácsadó, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont
egyetemi docens, BME Atomfizika Tanszék
gali.adam@wigner.mta.hu

A tanulmányban a napelemkutatásban és -fejlesztésben megismert trendeket, illetve fő eredményeket ismertetem, amelyek a szorosan vett napelemgyártás iparágra, illetve a globális energiatermelésre is hatással vannak. Előbb összefoglalom a napelemek alapanyagát jelentő félvezetők tulajdonságait és a napelemekben játszott szerepüket, majd kitérek a napelemek hatásfokának alapvető problematikájára, amelynek megoldása a napelemmel kapcsolatos kutatások egyik legfontosabb hajtóereje. Ez részben definiálja a napelemek röviden ismertetendő különböző generációit. Utána a legújabb kutatási eredményeket és gyártásban előforduló trendeket írom le, részletesebben kiragadva a sokat ígérő ún. töltéshordozó-többszörözés jelenségén alapuló kutatásokat.

A napelemekben az aktív részt a *félvezetők* képezik, amelyek elnyelik a napsugárzásból származó fényt, és azt árammá alakítják. A félvezetők olyan anyagok, amelyekben a vegyértéksáv energiaszintjeit töltik be az elektronok, míg a vezetési sávban az elektronok számára megengedett állapotok vannak, de alapállapotban ezeket nem töltik be elektronok. A vegyértéksáv és vezetési sáv között helyezkedik el a *tiltott sáv*; ezeken az energiaszinteken nem helyezkedhetnek el az elekt-

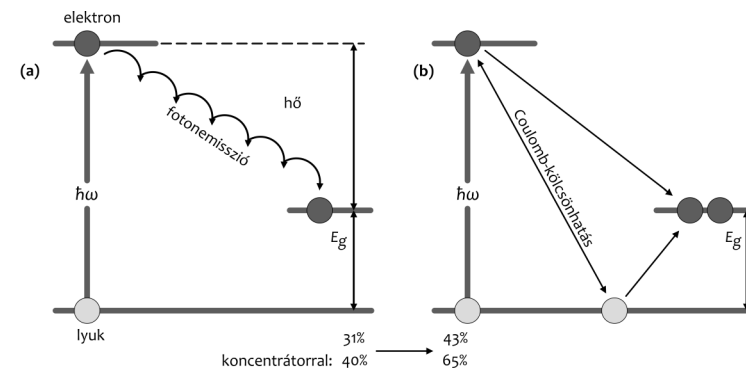
ronok. A tiltott sáv (gap) energiáját E_g -vel jelöljük (*1.a ábra*). Ha a félvezetőbe jutó fénysugár kvantumának, azaz a fotonnak az energiája meghaladja a tiltott sáv szélességét, akkor az elektront a vegyértéksávból a vezetési sávba tudja gerjeszteni. A vegyértéksávban elektronhiány jön létre, amelyet *lyuknak* nevezünk, míg a vezetési sávba egy ún. vezetési elektron kerül. Az a tipikus folyamat, hogy a vezetési elektronok a vezetési sáv aljára, míg a lyukak a vegyértéksáv tetejére jutnak a félvezető atomjainak kollektív rezgései, más néven *fononok* által. Ezeket a töltéshordozókat valamilyen beépített potenciálkülönbséggel szétválasztjuk, mielőtt azok egymást kioltják. Ezt nevezük töltéshordozó-szétválasztásnak, amelyet úgy tudunk tipikusan előidézni félvezetőikben, hogy diódastruktúrát alakítunk ki az elnyelő réteg köré.

A hagyományos napelemekben lejátszódó folyamatot az *1.(a) ábra* szemlélteti. A folyamat során egy foton egy elektron-lyuk párt kelt, amelyhez tartozó feszültség az E_g energiának felel meg. A leadott teljesítmény a fotoerjesztés által generált áram nagysága szorozva ezzel a feszültséggel. Láthatóan az E_g energiájánál nagyobb energiájú, azaz rövidebb hullámhosszú (például kék-, ibolyaszínű) fény energiáját nem tudjuk kinyerni, hanem

azt fononok nyelik el. Ezen kollektív rezgések melegítik fel a félvezető anyagot, így a beeső fény energiája ebben az esetben nagyrészt a napelemet fűti, és nem áramot termel. Az E_g -nél kisebb energiájú fényt szintén nem lehet hasznosítani. Itt figyelembe kell venni, hogy a Földre jutó napsugárzás intenzitásának van energia (vagy hullámhossz) szerinti eloszlása. Ezt az eloszlást, illetve a fenti folyamatot modellezve meg lehet találni azt az ideális félvezető anyagot, amelynek a tiltott sávja az optimális hatásfokot biztosítja. *William Shockley* és *Hans-Joachim Queisser* kiszámította, hogy a Földre jutó természetes napsugárzás esetén maximum 31% hatásfok érhető el a fenti veszteségek miatt, ha a félvezető anyag tiltott sávját optimalizáljuk, amely nagyjából 1,4 eV (elektronvolt). A fenti számításban szórt fényt feltételeztünk. Ha tükrök

vagy lencsék (*koncentrátorok*) segítségével ezerszeresére növeljük a napsugárzás természetes intenzitását, akkor is legfeljebb 40% hatásfokot lehet elérni. Ezek a számok lehangolóak. Ráadásul ezek *elméleti* értékek, amelyek nem számolnak bizonyos veszteséggel, amely például a töltéshordozók kinyerésekor léphet fel. Emiatt a piacon vásárolható hagyományos napelemek hatásfoka még ennél is lényegesen kisebb. A napelemkutatásokban a fő kihívást az jelenti, hogy a napelemcellában hogyan lehetne növelni a hatásfokot, azaz az egységnyi felületre beeső napenergiát mekkora arányban tudják elektromos árammá konvertálni.

A napelemek fejlesztéséhez szorosan kötődik a fenti fizikai határfeltétel mellett egy közgazdasági fogalom, a *hálózati árnyegnyelőség*, amely megpróbálja a különböző energiatermelési módszerek hálózati árát összehasonlí-



1. ábra • A napelemek elektromos teljesítménye a töltéshordozók (elektronok és ún. lyukak) áramától és a meghajtó feszültségtől függ. E feszültséget a napelemek félvezető alapanyagára jellemző, ún. tiltott sáv adja, amely E_g energiának felel meg. A töltéshordozókat a tiltott sávnál nagyobb energiájú fény kelti a félvezető anyagban. Felfelé álló függőlegesen nyílt: a napsugárzásból beeső magas energiájú ($h\nu$ energiával jelölve, ahol h a Planck-állandó osztva 2π -vel, és ω a beeső fény körfrekvenciája), például kék színű fény elnyelése. (a) Hagyományos félvezető anyagban az energia nagy része hőként távozik (fononok, azaz az atomok rezgései miatt). (b) Újfajta anyagokban az elektronok és lyukak erős vonzó kölcsönhatása miatt az elektronok és lyukak száma megöbbszöröződik, megnövelve az elektromos áramot és így a teljesítményt. Az elérhető *elméleti hatásfok* (%-ban megadva) növekedése koncentrátor nélkül és ezerszeres koncentrátor alkalmazásával együtt is jelentős.

tani, hogy meg lehessen nevezni, mely energiatermelési módszerek gazdaságosak. Egy évtizede azt gondolták az Egyesült Államokban, hogy a 72 cent/W ár-energia arány már versenyképessé teszi a fotovillamos energiatermelést, amelyet 2012-ben sikerült elérni. Néhány évvel ezelőtt azonban ún. *rétegrepesztés* bányászati technológiával újabb olaj- és gázmezőkhöz lehetett hozzáférni, így immár 30 cent/W-ra kell leszorítani ezt az arányt, hogy a napelemek által termelt energia nyereséges legyen. Ez a közgazdasági (és nem kifejezetten anyagtudományi) indoka annak, hogy a hatások növelése mellett cél, hogy minél olcsóbban lehessen előállítani, installálni és a villamos hálózatba integrálni a napelemcellákat és az általuk termelt villamos energiát. Az új, vagy szokatlan megoldásokkal operáló napelemcellák kutatására és fejlesztésére nagy a társadalmi igény a gazdaságosság reményében.

A napelemek fejlesztése nagyjából négy évtizede kezdődött, és a kezdetekben összeforrt a szilícium-félvezetők gyártásával. Az elmúlt négy évtizedben fejlesztett napelemeket három generációra szokás felosztani.

Az 1. generációs napelemek közé elsősorban a hagyományos napelemeket sorolhatjuk, amelyeket először a félvezetőgyártásban felgyülemelő hulladék egykristály szilíciumszeletek felhasználásával hoztak létre. A szilícium viszonylag gyengén nyeli el a Földre jutó napsugárzást, emiatt vastag réteget kell növesztetni, hogy a 20% körüli hatásfokot el tudják érni. A vastag, jó minőségű kristályréteg növesztése viszonylag nagy gyártási és installálási költséggel jár. Amorf szilíciumot használva az elnyelés hatékonynak bizonyult már vékonyrétegekben is, ami csökkentette ezeket a költségeket. Az amorfszilícium-retegekben elérhető hatásfokot viszont a mai napig nem sikerült 14% fölé növelni.

A 2. generációs napelemek közé azokat a vékonyréteg-napelemeket soroljuk, amelyek előállítási költségét leszorítják, még ha a drágább kristályos szilícium napelemekéhez képest kisebb lesz is a hatásfokuk. Ide soroljuk tipikusan az ún. CIGS (réz-indium-gallium-diszelenid) vagy CdTe (kadmium-tellurid) vegyület-félvezetőkkel készült napelemeket.

A 3. generációs napelemek közé szoktuk sorolni az újfajta anyagokkal kísérletező kutatások és fejlesztések eredményeként létrejövő napelemeket, amelyek ígéretesek abból a szempontból, hogy egyszerre olcsók, mégis nagy hatásfokúak. Ezek közül külön ismertetem a kvantumpötty vagy nanorészecske (*quantum dot*, *nanoparticle*; röviden QD és NP) szerkezeteken alapuló napelemeket, amelyek ideális esetben a Shockley–Queisser-féle elméleti határértéket meghaladó hatásfok elérésére is képesek lehetnek.

A fentiek alapján érdemes gyors összehasonlítást tenni a különböző napelemgyártók és kutató-fejlesztők által készített laboratóriumi napelemcellák hitelesített hatásfokai között. A hitelesítést a National Renewable Energy Laboratory (NREL) USA-beli megújulóenergia-kutatásokra alapított intézetben végzik, ahol az eredmények nyilvánosan elérhetőek. Hozzá kell tenni: a piacon megvásárolható napelemek hatásfoka általában 1–2%-kal kisebb, mint a laboratóriumi mintákéi. A hagyományos egyfajta félvezetőrétegből előállított maximális hatásfok szilícium esetén 25%, amelyet 2005 és 2015 között szinte semmivel sem sikerült feljebb vinni. Az Alta Device cég gallium-arszenidből (GaAs) készített olyan napelemet 2015-ben, amelynek hatásfoka csaknem meghaladta a 29%-ot. Ez hatalmas tudományos-mérnöki teljesítmény, hiszen ez a napelemcella csaknem elérte az elméleti 31%-os hatásfokot. A GaAs sokkal

hatékonyabban nyeli el a napfényt, mint a szilícium, és a tiltott sáv szélessége gyakorlatilag megegyezik a számításokban kapott optimális értékkel szemben a szilíciuméval, ezért lehetett ebből jobb hatásfokú napelemet készíteni, mint a szilíciumból. Ugyanakkor a GaAs-réteg növesztése drágább, mint a szilíciumé, és a réteg mérgező elemet tartalmaz, emiatt nagyfogyasztói energiatermelésre nem lesz alkalmazható. A nagy hatásfokú működés viszont lehetővé teszi, hogy például mobilkészülékek (tabletek, okostelefonok stb.) hátsó lapján töltőként funkcionáljon, ahol a természetes vagy mesterséges fény energiáját tudja hasznosítani. A második generációs napelemeket tekintve a First Solar cég jelentette be először 2013-ban, hogy CdTe-vekonyréteg napelemek hatásfoka meghaladta a 22%-ot, ami a piacon akkor egyedülállónak számított az olcsóbb napelemek között. A kutató-fejlesztők tovább dolgoztak a szilícium-alapú napelemcellákon, és a Panasonic cég nemrég jelentette be, hogy sikerült elérnie a 25,6%-os hatásfokot, mégpedig úgy, hogy a kristályos szilíciumot amorf szilícium réteggel zárták le, emiatt heterostrukturált szilícium napelemcellának is nevezik (angol betűszóval HIT). Ez nagyon ígéretes irány, mert egy évtized után sikerült áttörni a kristályos szilícium napelemek 25%-os hatásfokát úgy, hogy az előállítási költséget sikerült viszonylag alacsonyan tartani. A harmadik generációs napelemek közül a szerves félvezetőkkel és félvezető nanorészecskékből készült napelemek hatásfoka meghaladta a 11%-ot. Bár ez az érték jóval alacsonyabb a kristályos félvezetőkkel készült napelemek hatásfoka az elmúlt öt évben az ötszörösére ugrott. Az NP-alapú napelemek esetén a fő problémát a töltéshordozók hatékony szétválasztása és

a kontaktusokhoz vezetése jelenti, amelyek elvileg megoldható anyagtudományi és mérnöki problémák. A harmadik generációs napelemek közé sorolhatóak még a perovszkitot tartalmazó napelemek, amelyek hatásfokát először 2013-ban sikerült hitelesítve kimérni. A perovszkit napelemek laboratóriumi hatásfokát szédületes gyorsasággal néhány év alatt sikerült 22%-ra fejleszteni, de egyelőre ezen napelemstruktúrák vízgőz hatására degradálódnak, és működés közben fél órán belül töredékére esik a hatásfokuk.

A következőkben azt vizsgálom meg, milyen megoldások kecsegtetnek a Shockley–Queisser-féle 31%-os elméleti hatásfokhatár meghaladására. Az ő modelljükben három alapfeltevés volt: (1) egyfajta félvezetőréteget használunk, (2) a magasan gerjesztett elektronok gyorsan a legalacsonyabb gerjesztett energiájú állapotra csengenek le, (3) egy foton emiatt csak egy elektron-lyuk párt tud létrehozni. Az (1) feltételezést meg lehet haladni, ha több félvezetőréteget használunk, amelyek a napsugárzás spektrumából más-más energián tudják hatékonyan elnyelni a fényt. Ilyen típusú többrétegű tandem napelemcellákat állítottak már elő, amelyek hatásfoka koncentrátor nélkül elérte a 39%-ot. A tandem napelemcellák előállítása azonban drága, ezért csak költségekre kevésbé érzékeny területeken (hadipar, űrtechnika) használhatóak fel. Ezen elv egy speciális megvalósítási módosulata a köztes sávot (*intermediate band*, IB) tartalmazó napelemcellák kifejlesztése. Az IB-napelemcellákban az anyag megfelelő módosításával a tiltott sávon belül, nagyjából a sáv közepén egy félig betöltött sávot hozunk létre, amelyre a vegyértéksávból, illetve amelyről a vezetési sávba elektronokat lehet fénnel felgerjeszteni, de az elektronnak a vezetési sávról (vagy a lyuknak a vegyértéksávról) gátolt a lecsengé-

se az IB-re. Bár ezt a koncepciót több kutatócsoport próbálta megvalósítani, egyelőre nincs IB-alapú napelemcella, pedig elvileg olcsóbbak lehetnek a tandem napelemcelláknál.

A (2) és (3) feltételeket meghaladó lehetséges fizikai folyamatok egyike az ún. töltéshordozó-többszörözés magas energiájú foton gerjesztésénél, amelyet az *i. b ábra* magyaráz. Ennek az a lényege, hogy bizonyos anyagokban az elektronok közötti Coulomb-kölcsönhatás olyan erős lehet, hogy a magas energiájú elektron-lyuk pár nem fűti a napelemet, hanem helyette egy új, alacsonyabb energiájú elektron-lyuk párt hoz létre. Ez a jelenség elvileg felléphet hagyományos félvezetőkben, de ott elhanyagolhatóan kicsi a valószínűsége. *Arthur J. Nozik* jósolta meg 2001-ben, hogy félvezető NP-ben az elektronállapotok „bezáródnak”, és a bezárt elektronok között a Coulomb-kölcsönhatás annyira felerősödhet, hogy a töltéshordozó-többszörözés valószínűsége meghaladja a fononok által végigvitt lecsengés valószínűségét (hőként való disszipáció). Ez az elméleti jóslat felkeltette a kísérleti kutatók figyelmét, ennek köszönhetően az elmúlt évtized intenzív kutatásai megerősítették, hogy ez a jelenség valóban fellép bizonyos félvezető NP-kben (például ólom-szelenidben). 2011-ben publikálták a bizonyítékot arra, hogy egy adott gerjesztőenergia mellett egy fotonnal egynél több elektront lehet kinyerni egy félvezető NP-kből álló napelemcellában. Emellett *Zimányi Gergely* és munkatársai pontos kvantummechanikai számításokkal megjósolták, hogy kolloid kadmium-szelenid (CdSe) nanokristályok felületét megfelelően kezelve IB-t tartalmazó napelemcellát lehet létrehozni egyetlen félvezető anyagot, CdSe-t használva. Az IB-sáv az alacsony energiájú napfényt tudná jól hasznosítani, míg a magas energiájú napfényt a

töltéshordozó-többszörözés jelensége révén lehetne az energiatermelésbe hatékonyan bevonni. A megjósolt hatásfok eléri az 55%-ot, amelyet még egyetlen napelemtípussal sem sikerült megközelíteni, beleértve a koncentrátorok használatát. Hozzá kell tenni, hogy félvezető nanokristályok felület/térfogat aránya meglehetősen nagy, de a felületi struktúrákat egyelőre nem lehet olyan nagy pontossággal szabályozni, amekkora szükséges lenne a hatékony működéshez. Emellett a kolloid-alapú nanokristályos napelemek esetén a töltéshordozók hatékony szétválasztása és kivezetése komoly fejlesztési feladat. Emiatt érdemes alternatív anyagokat is figyelembe venni a töltéshordozó-többszörözés jelenség előidézésére. *Efstratios Manousakis* javasolta azt, hogy az ún. erősen korrelált elektronrendszerű anyagokat próbáljuk erre használni. Az ilyen anyagokban bizonyos elektronpályák között erős Coulomb-kölcsönhatás lép fel. A vanádium-doioxid egy releváns módosulata sikerült pontos számításokkal igazolni *Eric Coulter* és e tanulmány szerzőjének közreműködésével, hogy a napfény energiájának tartományában a töltéshordozó-többszörözés valószínűsége valóban meghaladja a fononok általi lecsengés valószínűségét. Az első kísérletek hasonló típusú anyagokkal már elindultak, és ez az egyik nagyon ígéretes irányzat lehet a teljesen új anyagok által segített nagy hatásfokú napelemek előállítására területén. E közlemény és a többi kutatás referenciáit a szerző kutatócsoportjának honlapján, http://wiki.kfki.hu/nano/Research:Solar_cell címen lehet megtalálni.

Kulcsszavak: *CIGS-napelem, tandem napelemcellák, perovszkit napelemek, félvezető nanorészecskék, kvantumpöttyök, töltéshordozó-többszörözés, VO₂, erősen korrelált elektronrendszer*

A NAPENERGIA PASSZÍV HASZNOSÍTÁSA ÉPÜLETEKBE

Zöld András Kerekes Attila

a műszaki tudomány doktora, ny. egyetemi tanár
profzold@yahoo.fr

Debreceni Egyetem Épületgépészeti és Létesítménymérnöki Tanszék

tanszéki mérnök, doktorandusz
kerekesa@eng.unideb.hu

Fogalmi meghatározás

A szoláris termikus rendszerek három alapvető funkciója: az energia begyűjtése, tárolása és célba juttatása. A rendszer passzív, ha mindhárom funkciót maguk az épületek, azok szerkezeti látható el.

Alapesetben az energiagyűjtő elem az ablak, az energia felvételére, tárolására, leadására az épület külső és belső szerkezeti szolgál. A működés lényege az *üvegházhatás*: az ablak üvegezése (típustól függően) a nap-sugárzással érkező látható fény és rövidhullámú infravörös sugárzás 50–85%-át átengedi. Ugyanakkor a belső felületek által kibocsátott hosszuhullámú infravörös sugárzás tartományában áteresztőképessége zéró. Ilyen értelemben minden épület, amelynek van ablaka, passzív rendszer – a kérdés „csak” az, hogy mennyire jó. A szó „klasszikus” értelmében vett szoláris épületekre jó példák a Krisztus előtti évezredekétől a mai napig találhatóak.

Vannak speciális megoldások is: üvegházak, energiagyűjtő falak - a működés lényege minden esetben az üvegházhatás.

A szoláris energia minél jobb passzív hasznosítást célzó, a szó klasszikus értelmében vett szoláris épületek nem keverendők össze

- az olykor szolárisnak nevezett olyan épületekkel, amelyeknél a hasznosítás aktív

(fotovillamos, termikus) gépészeti rendszerekkel történik;

- az ún. passzívházakkal: ezt az önként vállalható minősítést minden olyan épület megkaphatja, amely két energiafogyasztási és egy légtömörégi küszöbértéknek megfelel, a napenergia-hasznosítástól függetlenül.

A passzív szoláris rendszerek értelemszerűen az épületek fűtési energiaigénye egy részének fedezésére alkalmasak. Nem mellékesen alkalmasak az épületek természetes szellőzésének serkentésére is, aminek a nyári komfortviszonyok javítása, a gépi hűtés mellőzhetősége vagy energiaigényének csökkentése szempontjából van nagy jelentősége. Természetesen a passzív rendszerek nem alkalmasak a melegvízellátás energiaigényének fedezésére vagy elektromos energia termelésére.

Minden szoláris rendszer jó működésének feltétele az energiagyűjtő felületek (ablak, kollektor, napelem) jó benapozása, árnyékmentessége, különösen a téli hónapokban.

A passzív és aktív szoláris rendszerek összehasonlítása

A passzív rendszerek talán legfontosabb sajátossága, hogy fizikai élettartamuk megegyezik az épület fizikai élettartamával, hiszen

maga az épület a rendszer. Így csak az egyéb-ként is szokásos épületfenntartási munkák igényével kell számolni. Az aktív rendszerek fizikai élettartama harmada-negyede az épületének; utóbbi fizikai élettartamán belül az aktív rendszerek többszöri cseréjére van szükség, ez természetesen a gyártás anyag- és energiaigényének, az ezzel járó kibocsátásnak többszörözését, valamint a bontás, újrahasznosítás, ártalmatlanítás környezeti gondjait is jelenti.

A passzív szoláris rendszerek nem igényelnek külső energiaforrást. Az aktív szoláris termikus rendszerek működéséhez (a szivattyúk hajtásához) elektromos energiára van szükség.

A passzív szoláris rendszerek külső hálózattól függetlenek. A fotovillamos rendszerek működése az országos hálózatra való csatlakozás műszaki, adminisztratív és pénzügyi feltételeitől függ.

A passzív hasznosítás potenciálja

Hazánkban a téli félévben egységnyi vízszintes felületre átlagosan 400 kWh/m² szoláris energia jut. Az épület egységnyi alapterületre jutó éves hőigénye meglévő régebbi épületekben 300–400 kWh/m², a jelenlegi követelményeknek megfelelő épületekben 50–100 kWh/m², azaz a „kínálat” eléri vagy meghaladja a „keresletet” – még akkor is, ha a nyereség nem hasznosul teljes egészében a hőtároló képesség korlátai miatt.

A magyarországi épületállomány energiaigénye az ország energiafogyasztásának közel 40%-át teszi ki. Mivel az épületek túlnyomó részének vannak ablakai, valamilyen szinten hasznosítják is a passzív szoláris nyereséget. Ennek mértéke adatok hiányában nem számítható, jelentőségének megítélése végett ezért egy egyszerű családi ház nyolc változa-

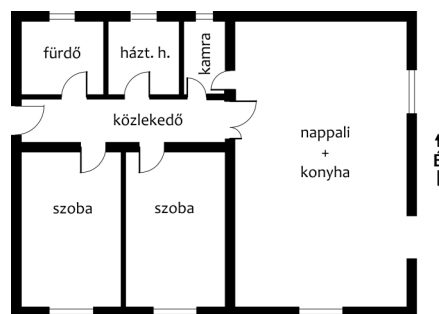
tára elvégzett részletes szimuláció eredményeit tekintjük át.

Egy példaépület

A példaépület alaprajzát az 1. ábra mutatja. Egyszerű családi házról van szó, amely nélkülöz minden építészeti különcködést, szerkezeti, anyagai a mindenkori piaci kínálatnak megfelelőek. Az épület egyetlen „szoláris” tulajdonsága, hogy ablakainak zöme a déli homlokzaton van – ha nincs egyéb kényszerítő körülmény, *szoláris tudatosság* nélkül is minden építész így tájolózná az épületet.

A változatok közül négy hagyományos, négy a mai követelményeknek megfelelően jól hőszigetelt. A hagyományos változat falai 40–50 évvel ezelőtti téglá és falazóblokk anyagúak, a jó hőszigetelésű változat falai gázbeton vagy porózus falazóblokkokból állnak, a külső oldalon elhelyezett hőszigetelő réteggel. A padló védő- és aljzatbeton közti hőszigetelésű, parketta és padlócsempe, illetve linóleumburkolattal. Az épület alapincézetlen. A földémszerkezet vasbeton, felül elhelyezett hőszigeteléssel. A padlás fűtetlen, a tető keletnyugati gerincű pikkelyfedésű nyeregterető. A belső falak válaszfalakokból készülnek, illetve szerelt kétrétegű gipszkarton szerkezetűek.

Mind a két kategóriában kis, illetve nagy üvegezési arányú (üvegfelület/homlokzatfel-



1. ábra • A példaépület alaprajza

lület) további változatokat elemeztünk. Az arányok nem extrémek. Az üvegezés a hagyományos változatokban kettős, a hőszigetelt változatban kétrétegű hőszigetelő üveg.

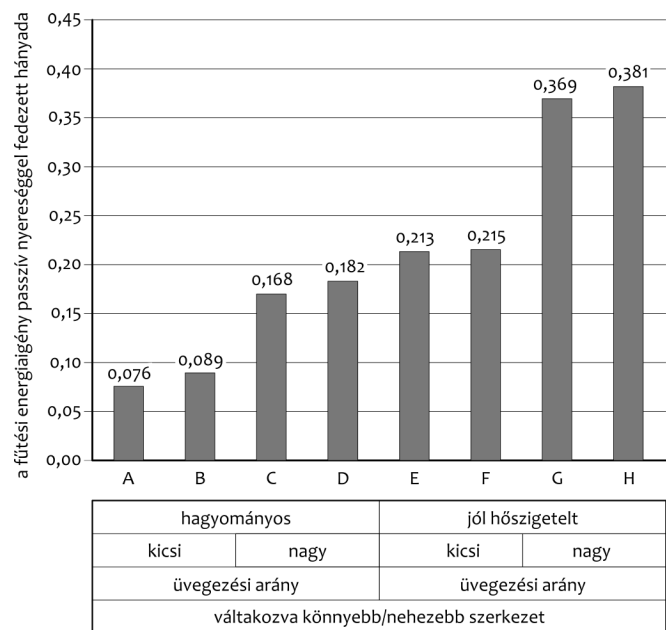
A hőtároló képesség befolyásolja a sugárzási nyereség hasznosulását. Minden eddig említett változathoz két-két további alváltozatot vizsgáltunk, kisebb és nagyobb tömegű szerkezetekkel. Itt elsősorban a válaszfalak és a padlóburkolatok különbözőségének van szerepe, továbbá a könnyű külső falaknak, amelyek vázszerkezetre rögzített felületképző rétegek közötti hőszigetelésből állnak. Az egyes változatok szerkezeteit és azok hőtechnikai adatait az 1. táblázatban foglaltuk össze.

A számítási eredményeket a 2. ábrán foglaltuk össze. Általánosságban megállapítható, hogy a hasznosított passzív szoláris nyereség a fűtési energiaigény jelentős hányadát fedezi. A hagyományos épületek esetében a száza-

lékos arány szerénynek tűnik, de a rossz hőszigetelés miatt abszolút értékét tekintve ez tetemes tétel: összemérhető a jól hőszigetelt változatra kapott hasznosított nyereség értékével, ami a kisebb hővesztés miatt százalékosan persze jelentősebb. Ez azért is hangsúlyozandó, mert a figyelem az egyre szigorúbb hőszigetelési követelményekre mint megoldásra összpontosult, annak „árnyékában” a passzív szoláris nyereség szerepe mintha mellékessé vált volna. Kétségtelen, hogy emögött szakmai érvek is voltak. Az egyik az, hogy a sugárzási energia kínálata többszörösen meghaladja a keresletet, vagyis az alacsony fűtési energiaigényt, a felesleg pedig nyilván nem hasznosul. A másik ok az, hogy a jó hőszigetelő képességű üvegezések sugárzásátbocsátási tényezője lényegesen kisebb, mint a hagyományos üvegezésé. E tényezők ellenére a hasznosított passzív sugárzási nyereség

		A	B	C	D	E	F	G	H
jellemzők	U _{fal} (W/m ² K)	1,47	1,47	1,47	1,47	0,18	0,18	0,18	0,18
	U _{padló} (W/m ² K)	1,35	1,35	1,35	1,35	0,58	0,58	0,58	0,58
	U _{födém} (W/m ² K)	1,02	1,02	1,02	1,02	0,14	0,14	0,14	0,14
	U _{üvegezés} (W/m ² K)	2,79	2,79	2,79	2,79	1,06	1,06	1,06	1,06
	g sugárzásátbocsátás	0,765	0,765	0,765	0,765	0,579	0,579	0,579	0,579
	üvegezési arány*	0,101	0,101	0,208	0,208	0,101	0,208	0,208	0,101
szerkezetek	külső fal	K	N	K	N	K	N	K	N
	válaszfal	K	N	K	N	K	N	K	N
	padló	LI	P	LI	P	LI	P	LI	P
	födém	K	B	K	B	K	B	K	B
	ablak	D	D	D	D	H	H	H	H
	bejárati ajtó	F	F	F	F	H	H	H	H

1. táblázat • *üvegfelület m²/homlokzatfelület m² • U: hőátbocsátási tényező, egységnyi felületen időegység alatt egységnyi hőmérséklet-különbség mellett kialakuló hőáram. • K – könnyű, N – nehéz, LI – linóleum, P – parketta és kerámiaburkolat, B – vasbeton, D – kapcsolt gerébtokos ablak, kettős üvegezés, H – hőszigetelő üvegezés, hőszigetelt ajtó, F – faszervezetű ajtó.



2. ábra • A fűtési energiaigény passzív nyereséggel fedezett hányada

szerpe – mind az abszolút értéket, mind a százalékos arányt tekintve – jelentős.

A jobb hőátviteli képesség a várakozásnak megfelelően a hasznosítást javítja. Meglepőnek tűnhet, hogy a nagyobb üvegezési arány – ami az épület egészének rosszabb hőszigetelő képességével jár – a fűtési energiafogyasztás csökkenését eredményezi.

Fogyasztás vagy teljesítmény?

Az üvegezés hőátbocsátási tényezője lényegesen magasabb, mint a falaké, első pillanatban tehát olybá tűnik, hogy az üvegezési arány növelése a fűtési energiaigényt növeli. Az érem másik oldala azonban az, hogy az üvegezésen át jelentős sugárzási nyereség jut az épületbe: ennek hatását a 2. ábra egyértelműen mutatja. A hatást vizsgálандó finomabb „felbontásban” is elemeztük az egyik, jó hőszigetelésű helyiség éves fűtési energiaigényét az

üvegezési arány függvényében. Az eredmények azt sugallják, hogy egy bizonyos határig (a vizsgált esetben ez 40% körül van, a határ a helyiség számos paraméterétől függ) az üvegezési arány növelése érdemben csökkenti az éves fűtési energiaigényt.

Ez a tapasztalat egy tervezési és szabályozási alapkérdést is felvet. A szabályozások (nemzeti és uniós szinten) az épület elemeire vonatkozóan olyan követelményeket tartalmaznak, amelyek a hővesztés (s ezzel a fűtési rendszer csúcsteljesítményének) minimalizálását célozzák. Ugyanakkor a követelményrendszer csúcán a fajlagos éves primer energiafogyasztás van – ami a klímavédelem, az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése szempontjából teljesen érthető. Ebből következően a kisebb fogyasztás „ára” a nagyobb teljesítmény, amelynek kihasználására viszont évente csak néhány napig van szükség.

A szoláris épület látható jegyei

Számos építészeti lehetőség kínálkozik a passzív sugárzási nyereség jó hasznosítására. A 3. ábrán bemutatott példa a déli homlokzat elé helyezett üvegházzal és az arra nagy ablakkal, franciaerkéllyel nyíló lakószobákkal hangsúlyosan hirdeti a „szolárház” jellegét.

A „szoláris” jelleg talán kevésbé kézenfekvő a 4. ábrán bemutatott példa esetében. A lakószobák ablakai és üvegezett loggiái a – törött vonal alaprajzú – déli homlokzaton vannak. Az északi homlokzaton csak az „alárendelt” helyiségek (konyha, fürdő, közlekedő) kisszámú és kisméretű ablakai vannak, a keleti és nyugati homlokzat ablaktalan. A törött vonalú alaprajz okán a déli homlokzat hosszabb (ezáltal nagyobb felületű), mint az északi.

Számos olyan részlet van, amelyek – noha első látásra nem tűnnek túl jelentősnek – lényegesen befolyásolják a passzív szoláris nyereséget. Ennek egyik példája a külső fal vastagsága és az abban elhelyezett ablak kávjának mérete.

A probléma lényegét az 5. ábra illusztrálja. A jelölt folt példaként azt mutatja, hogy a fal belső síkján mekkora felületen lép be a direkt sugárnyaláb a helyiségbe – a falvastagság 25, illetve 50 cm. Az előző csak könnyűszerkezetes épületek esetében reális méret, míg az 50–60 cm vastagság egy teherhordó réteg és a mai követelményeknek megfelelő hőszigetelés esetében jellemző.

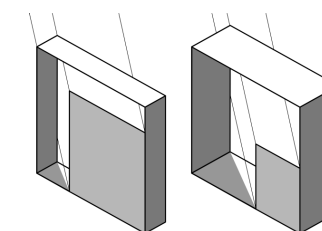
A belépő keresztmetszet természetesen változik a Nap magassági és azimutszögének függvényében. A belépő keresztmetszet és a külső síkon mért ablaknyílás aránya e szögek függvényében számítható. Az arányt ábrázoló görbesereget a hengeres nappálya-diagrammal fedésbe hozva a dátum és a helyi zónaidő



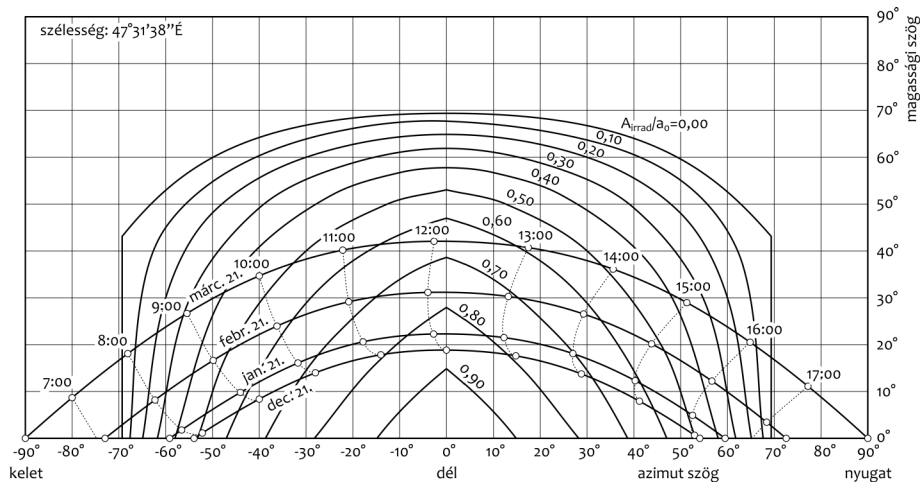
3. ábra • „Hangsúlyosan szoláris” családi ház (DOMUS-terv)



4. ábra • Ikerház Rottweilben: a szoláris tervezési filozófiáról a déli és az északi homlokzat üvegezési aránya árulkodik.



5. ábra • Az ablakkáva mélységétől függ, hogy mekkora felületen jut a direkt sugárnyaláb a helyiségbe. (A felületet a belső falsíkon mérjük, a falvastagságok 25 és 50 cm, az ablak mérete 150×150 cm.)



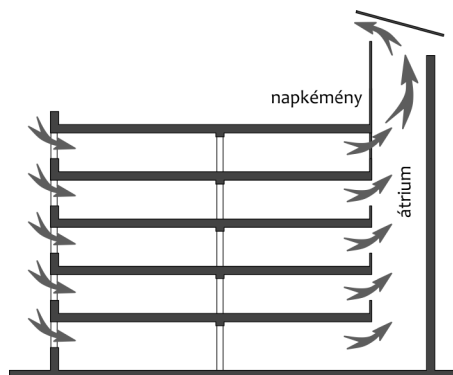
6. ábra • A nappálya-diagrammal fedésbe hozott vonalakról leolvasható, hogy az év mely napjának mely óráiban hányadára csökken a direkt sugárnyaláb „belépési felülete” az ablak névleges méretéhez viszonyítva (1,5×1,5 m méretű ablak 50 cm vastag falban, déli tájolás).

függvényében megállapítható, hogy mikor milyen arányban csökken a belépő keresztmetszet (6. ábra).

Hasonló kérdés merül fel a felső féltérből (az égboltról) érkező diffúz sugárzással kapcsolatban is. A nyílás belső falsíkon felvett középpontjából kitekintve az ablakkáva az égbolt bizonyos térszög tartományait kitarolja, ezekből nem jut diffúz sugárzás a helyiségbe.

A passzív szoláris nyereség hasznosítása nyáron

A passzív sugárzási nyereség nemcsak fedezi a fűtési energiaigény egy részét, de a nyári komfortfeltételek javítására is hasznosítható a természetes szellőzés serkentésével, elkerülhetővé téve a gépi hűtés alkalmazását vagy legalábbis jelentősen csökkentve energiaigényét.



7–8. ábra • A napkémény működési elve, és egy megvalósult példája (BRE épület)

A sugárzási energia elnyelése ebben az esetben az ún. napkéményben (*solar chimney*) történik. Ez egy kürtőszerű tér, az emberek tartózkodási zónáján kívül, amely a nyereség következtében felmelegszik. A magas hőmérséklet és a geodetikus magasságkülönbség jelentős felhajtóerőt eredményez, amelynek következtében az épületből a környezetbe jelentős légáram távozik – helyére az ablakon, szellőzőnyílásokon át friss levegő jut az épületbe (7–8. ábra). (Megjegyzendő, hogy solar chimney megnevezést használnak olyan nagyméretű, toronyszerű önálló építményekre is, amelyekben a felszálló meleg levegő függőleges tengelyű szélturbinát és azzal hajtott generátort forgat.)

Az uniós és a nemzeti szabályozás

A klímavédelem érdekében az Európai Bizottság célul tűzte ki, sőt 2020-tól kötelezővé tette a „közel nulla energiaigényű” épületek létesítését. A kérdést két uniós irányelv érinti. A követelményrendszerek koncepcióját megfogalmazó irányelv (EPDB Recast, 2010)

HIVATKOZÁSOK

EPBD recast (2010): Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (recast). *Official Journal of the European Union* • <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=celex%3A32010L0031>

egyik ellentmondását már említettük: noha a legfontosabb előírás az éves fajlagos primer energiaigény korlátozása, az egyes szerkezeti elemekre vonatkozó követelmények nem a fogyasztás, hanem a teljesítmény mérséklését célozzák. Egy másik komoly ellentmondás az, hogy – teljesen feleslegesen – a fajlagos éves primer energiaigény korlátozásának módját is előírja: az energiaigény „jelentős hányadát” megújuló energiával kell fedezni. Ezek között azonban a passzív sugárzási nyereség hasznosítása nem szerepel. Ez a helyzet a másik irányelv (Renewable Energy Directive, 2009) megfogalmazása miatt alakult ki, amely szerint a hasznosított sugárzási nyereség nem a fogyasztás egy részét fedező, hanem az igényeket csökkentő tétel, és mint ilyen, nem számolható el kétszer. Az uniós irányelvek ellentmondásai az alakulóban lévő és erősen vitatott nemzeti szabályozásokra is rányomják bélyegüket.

Kulcsszavak: *passzív szoláris nyereség, benapozás, üvegarány, épületenergetikai szabályozás*

Renewable Energy Directive (2009): *Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources and Amending and Subsequently Repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC*. • <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0028>

NAPENERGIA-HASZNOSÍTÁS FOTOSZINTETIKUS RENDSZEREK SEGÍTSÉGÉVEL

Vass Imre

a biológiai tudomány doktora, igazgató,
MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpont Növénybiológiai Intézet
vass.imre@brc.mta.hu

Bevezetés

Földünkön a legnagyobb potenciálú megújuló energiaforrás a Naptól származó fényenergia, ami a Föld egészére vonatkozóan éves átlagban 150 000 TW teljesítményt jelent. Így az emberiség jelenlegi éves igényeit potenciálisan kielégítő energiamennyiség kevesebb mint egy óra alatt érkezik a Naptól a Föld felszínére (Lewis – Nocera, 2006). A napenergia fontos tulajdonsága, hogy a Földön lényegében mindenütt, a sarkvidéki régióktól eltekintve, jórészt egyenletesen, mindeki számára rendelkezésre áll.

A legnagyobb napenergia-átalakító rendszert a természetes fotoszintézis képviseli. Ennek során a fotoszintetikus baktériumok, algák és zöld növények a Nap fényenergiáját a légköri CO₂ megkötésére és szerves anyagokba történő beépítésére használják fel a vízből vagy más szerves forrásból származó elektronok felhasználásával. A fotoszintetizált vegyületek kémiai kötéseiben tárolt napenergia globálisan 125 TWév-re becsülhető, ami csaknem tízszeresen haladja meg az emberiség jelenlegi energiaigényét (kb. 15 TWév). A fotoszintézis mint energiaátalakító és -tároló

folyamat sikere elsősorban abból fakad, hogy a hozzá szükséges nyersanyagok (víz és CO₂), valamint a hajtóerő (napfény) gyakorlatilag kimeríthetetlen mennyiségben állnak rendelkezésre, a szerves vegyületek kötéseiben pedig akár százmillió éveken keresztül tárolható energia.

A fotoszintetikus napenergia-átalakítás elvi alapjait és gyakorlati lehetőségeit egy korábbi cikkben összegeztem a *Magyar Tudomány* hasábjain (Vass, 2010). A jelenlegi rövid összefoglaló célja az azóta elért új eredmények áttekintése ezen a nagyon gyorsan fejlődő területen.

A fotoszintetikus fényenergia-átalakítási folyamat

A fotoszintézis elsődleges fényenergia-átalakítási folyamatai membránokba ágyazott fehérjékből, pigmentekből és redox-aktív komponensekből álló komplexekben játszódnak le. A növények és algák kloroplasztiszaiban, valamint a cianobaktériumokban található tilakoid membránok kétfajta fényenergia-átalakító komplexet (az első, PS_I és a második, PS_{II} fotokémiai rendszer), az ún. citokróm b₆f komplexet, valamint ATP-szintáz tartalom

maznak. A PS_{II} végzi a víz fényindukált elbontását, ami biztosítja a CO₂ szerves anyagokba történő beépítéséhez végső soron szükséges elektronokat és protonokat, meléktermekeként pedig a magasabb rendű életformák számára elengedhetetlen oxigént. A vízből kivont elektronok egy újabb fényindukált folyamat eredményeként a citb₆f és a PS_I komplexek közvetítésével nagy redukáló erejű molekulákba (NADPH), épülnek be, amelyek a CO₂ megkötéséhez szükségesek. Az ATP-szintáz pedig a szintén a CO₂ megkötéséhez és a sejtek egyéb energiaigényes folyamataihoz szükséges ATP szintézisét végzi. A folyamatot részletesebben áttekinti a korábbi cikkem (Vass, 2010).

Az elmúlt évek intenzív kutatásainak eredményeként mára ismertté vált a fotoszintetikus fényenergia-átalakításban részt vevő összes fehérjekomplex atomi felbontású térszerkezete, ami megnyitotta az utat a fotoszintetikus apparátus működésének szerkezetalapú megértéséhez.

Annak ellenére, hogy a fényelnyeléstől a CO₂ szerves anyagokba történő beépítéséig terjedő teljes fotoszintetikus folyamat elvi energetikai hatásfoka 30% körüli, a magasabb rendű növényekben természetes körülmények között a fényenergia fotoszintézis útján átlagosan 4,5%-os maximális elvi hatékonysággal alakítható át szerves vegyületek kötéseiben tárolt kémiai energiává (Thorndike, 1996). Az egyik legnagyobb energiaátalakítási hatékonyságú természetesen növény, a cukornád esetében azonban ez az érték a teljes tenyészidőre számolva csak 1%, míg bioreaktorban nevelt algák esetén 3% körüli (Blankenship et al., 2011).

A CO₂-megkötés, illetve a biomassa-képződés elméleti maximális hatékonysága és a természetes körülmények között elérhető ha-

tékonyág közötti különbség jórészt a növényi életfunkciók következménye. A növények növekedése, szaporodása, különösképpen pedig a környezeti körülményekhez és stresszhatásokhoz történő adaptációja jelentős energiafelhasználást igényel. Így, e tényezők optimalizálásával igen jelentős tartalékok nyílnak meg a fotoszintetikus energiaátalakítás hatékonyságának növelésére.

Fotoszintézis-alapú energiatermelés

A növények, algák és fotoszintetikus baktériumok által előállított szerves anyagok kémiai kötéseiben tárolt napenergia felhasználásának legfontosabb módszerei a szerves anyag (biomassa) elégetése vagy bioüzemanyaggá (bioetanol, biodízel stb.) alakítása, a szerves elektronodonorból felszabadított elektronok felhasználása a protonok hidrogénné történő redukciójához, valamint biológiai és szerves komponenseket tartalmazó biokompozit, illetve a természetes fotoszintetikus rendszerek működési elvi alapján előállított mesterséges fotoszintetikus rendszerek alkalmazása.

Biomassa-égetés. Az emberiség által napjainkban felhasznált fosszilis energiahordozók forrása az evolúció korábbi szakaszai során fotoszintetikus úton képződött biomassa. Jelenleg kb. egymillió év alatt felhalmozódott biomasszának megfelelő fosszilis energiahordozót használunk fel évente, ami a légköri CO₂-mennyiség növekedésének elsődleges forrása. Ezzel szemben a természetesen növényekből származó biomassa elégetése nem növeli tartósan a légköri CO₂ mennyiségét, feltéve, hogy az adott területről kivágott és elégetett növényeket folyamatosan pótolják. Ezért a rövid tenyészidejű növényekből származó biomassa közel zérus CO₂-emissziójú energiatermelést tesz lehetővé, amit természetesen ront a biomassa előállításához és fel-

dolgozásához szükséges fosszilis energiahordozókból származó CO₂-kibocsátás.

A nagy hatékonyságú biomassza-előállítás feltételezi élelmiszer-termelésre nem használt mezőgazdasági területek és erdészeti melléktermékek hasznosítását, valamint új, genetikailag optimalizált energianövények kifejlesztését. Ezen a területen jelentős hazai kutatási eredmény a fotoszintetikus és biomassza-hatékonyság növelése az energiafűz genomjának kémiai kezelés által indukált duplikálása révén (Dudits et al., 2016).

Bioüzemanyagok. A biomassza közvetlen elégetése helyett célravezetőbb a fotoszintézis során képződött szerves anyag egy részének átalakítása magas energiatartalmú bioüzemanyaggá. A cukor és keményítő típusú anyagok fermentációjából a széles körben használt bioetanol állítható elő, amelynek termelése túlnyomórészt Brazíliában (cukornád) és az USA-ban (kukorica) történik. A növények lipid-, illetve olajtartalma pedig biodízellé vagy biokerozinná alakítható.

A magasabb rendű növények biomasszájából kinyerhető első generációs bioetanol vagy biodízel azonban több szempontból sem jelent optimális megoldást. Egyrészt jelentős probléma a fennmaradó biomassza hasznosítása, mivel a jelenlegi technológiák csak a sejtek cukor-, keményítő- és lipidtartalmának átalakítására alkalmasak. Másrészt a hagyományos bioüzemanyagok előállításához elengedhetetlen az élelmiszer-termelésre alkalmas területek igénybevétele. Mindezen tényezők, valamint a nem művelt területek energiacélú növénytermelésbe történő bevonása miatt jelentkező ökológiai károsodás (a biodiverzitás csökkenése) miatt a növényi biomassza energiacélú előállítása és felhasználása nem jelenthet hosszú távú megoldást a globális energiaproblémára. Ennek ellenére

a biomassza-alapú megújulóenergia-termelésnek fontos szerepe lehet mezőgazdasági melléktermékek felhasználásában és a fejlett mezőgazdaságú országok kiegészítő energia-termelésében.

A bioüzemanyag termelésében nagy előrelépést jelenthet a mikroalga-alapú módszerek széles körű elterjedése (Wijffels – Barbosa, 2010; Larkum et al., 2012). Egyrészt az algák fényenergia-átalakítási hatékonysága meghaladja a magasabb rendű növényekét. Másrészt nevelésük megoldható mezőgazdaságilag nem hasznosítható területeken (tengeri algák esetén az egyelőre korlátlanul rendelkezésre álló tengervízben). Szintén jelentős előny az, hogy a mikroalgákkal előállítható üzemanyagok választéka sokkal nagyobb, mint a magasabb rendű növények esetén, hiszen a bioetanol és biodízel mellett lehetőség van reptülőgép-üzemanyag (biokerozin), butanol, izoprén és hidrogén előállítására is (Prince – Ksheshgi, 2005; Liu et al., 2011; Dexter et al., 2015). Közülük kiemelt jelentősége lehet az illékony bioüzemanyagok (például izoprén és H₂) termelésének, mivel ez esetben a mikroalga-rendszerek folyamatos bioreaktor-üzemmódban működhetnek, ami csökkenti az alacsonyabb energiatartalmú maradék biomassza felhasználásából adódó problémákat. Igen fontos szempont az is, hogy a becslések szerint több mint 350 000 mikroalgafaj lehet a Földön (Larkum et al., 2012), amelyeknek még csak elenyésző töredéke van jellemezve, így ez a biodiverzitás hatalmas potenciált jelenthet nagy bioüzemanyag-hatékonyságú törzsek jövőbeli azonosítására. A mikroalgák, különösen a cianobaktériumok további fontos előnye, hogy e rendszerekben sokkal jobban kidolgozottak a szintetikus biológia módszerei, amelyek révén az energiaátalakítás hatékonysága a metabolikus útvo-

nalak (újra)tervezésével molekuláris szinten optimalizálható, mint a magasabb rendű növényekben.

A mikroalga-alapú bioüzemanyag ipari skálájú termelését egyelőre az limitálja, hogy a szárazföldi növények termesztésének évezredes hagyományaival és az utóbbi száz év folyamán végbement agrártechnológiai fejlődéssel szemben az alganevelés nagyüzemi módszereit csak most fejlesztik ki.

Biokompozit fotoszintetikus rendszerek. A természetes fotoszintetikus rendszerekben végbemenő életfolyamatok által az energiaátalakítási hatékonyságban okozott csökkenés kiküszöbölésének egyik lehetséges módja a közvetlen fényenergia-átalakítást végző fotokémiai komplexek kivonása és különböző hordozófelületeken történő immobilizálása. Az alkalmazott hordozófelületek lehetnek például aranyelektród, mezopórusos szilícium, In-Sn-oxid, szén nanocső, az immobilizált fotokémiai komplexek pedig PS1, PS2, bakteriális reakciócentrum, valamint hidrogenáz (Kato et al., 2011; Toporik et al., 2012; Yehezkei et al., 2014; Nagy et al., 2014). Az így létrehozott biokompozit-rendszerek nagy elvi energiaátalakítási hatékonyságot biztosítanak, elvesztik azonban az élő rendszerek folytonos megújuló képességét. Ezért fontos megoldandó probléma e rendszerek stabilitásának jelentős növelése.

A közelmúlt egyik jelentős eredménye volt ezen a területen egy olyan hibrid napenergia-átalakító rendszer kidolgozása, amelyben egy a Földön nagy mennyiségben található elemekből (Co, P) álló szervesetlen katalizátor, szilíciumalapú napelem által szolgáltatott áram felhasználásával képes a vizet molekuláris oxigénné és hidrogénné bontani. A keletkezett hidrogént egy fotoszintetikus baktérium hasznosítja elektronforrásként, amely-

nek felhasználásával szén-dioxidot köt meg, nagy hatékonysággal. A keletkezett biomassza jelentős része pedig megfelelően módosított metabolizmusú baktériumtörzsek alkalmazásával folyékony üzemanyaggá (izopropanol, izobutanol, 3-metil-1-butanol) alakítható. A teljes rendszer energetikai hatékonysága kb. 7% a tárolható folyékony üzemanyag szintjén (Torella et al., 2015), ami jóval meghaladja a természetes fotoszintetikus rendszerek hatékonyságát. Ez az érték elmarad ugyan a fotovoltaiikus rendszerek elektromosáram-termelő hatékonyságától (18–20%), illetve a napelem által termelt árammal hajtott elektrolízis hatékonyságától (kb. 10%, Blankenship, 2011), cserében viszont kiküszöböli a napenergia közvetlenül elektromos árammá konverálásából adódó tárolási problémát, illetve a H₂-felhasználás jelenleg még fennálló technológiai nehézségeit.

Bioinspirált, mesterséges fotoszintetikus rendszerek. A fotoszintézis-alapú energia- és üzemanyag-termelés talán legperspektivikusabb, egyben a legnagyobb tudományos kihívást is jelentő megközelítése a természetes rendszerek működésének megértésén alapuló bioinspirált mesterséges rendszerek kifejlesztése, amelyek képesek a Nap fényenergiáját vízbontásra és hidrogénfejlesztésre hasznosítani. Ez lehetővé tenné nemcsak az élő rendszerekre jellemző energiaátalakítási hatékonyság csökkenésének és a fotoszintetikus komplexek fél mesterséges rendszerekben tapasztalható limitált stabilitásának kiküszöbölését, de az elektrontranszport reakcióutak optimális tervezése révén növelheti az elsődleges folyamatok hatékonyságát is. Az ilyen irányú kutatások eredményeként már sikerült létrehozni hidrogenáz aktivitású – azaz hidrogéntermelésre alkalmas – szintetikus komplexeket (Tard et al., 2005; Krassen et al., 2011).

A PS2-ben lejátszó fényindukált elektrontranszport elsődleges lépéseit utánzó szintetikus komplexeket is sikerült már kifejleszteni (Xu et al., 2005; Andreiadis et al., 2011), noha ezen rendszerek vízbontási hatékonyságának növelése még további kutatásokat igényel. A közelmúlt lényeges eredménye volt egy megvilágítás hatására külső elektromos feszültség jelenlétében a vizet hatékonyan bontó, ezért energiatárolásra alkalmazható, szintetikus foto-elektro-katalizátor létrehozása (Kanan – Nocera, 2008; Reece et al., 2011). Kifejlesztés alatt vannak továbbá olyan, a fotoszintetikus rendszerek elvei által inspirált szilárdalapú eszközök is, amelyek vízbontásra és H₂-fejlesztésre is képesek (Sanderson, 2008).

Következtetések

Az emberiség energiaproblémáinak hosszú távú megoldása elképzelhetetlen a fosszilis energiahordozókat kiváltó alternatív energiaforrások nagymértékű felhasználása nélkül. A napenergia hatalmas mennyiségben rendelkezésre álló energiaforrás, amelynek a természetes fotoszintézis által történő hasznosítását Földünkön az evolúció évmilliárdok során optimalizálta. Jelenleg a fotoszintetikus rendszerek által átalakított és tárolt napenergia felhasználásának a légköri szén-dioxid mennyiségét tartósan nem növelő módszerei a növényekből származó biomassza elégetése vagy bioüzemanyaggá (bioetanol, biodízel)

való alakítása. Mivel az energiacélú és élelmisszercélú növénytermelés ugyanazokért a mezőgazdaságra alkalmas földterületekért verseng, e módszerek alkalmazása globális szinten csak átmeneti megoldást jelenthet. Ezért a fotoszintetikus napenergia-hasznosításra irányuló kutatások elsődleges célja tárolható üzemanyagok (folyékony vagy illékony szénhidrogének, hidrogén) előállítására mezőgazdasági tevékenységre nem alkalmas területeken energiatermelésre optimalizált természetes vagy mesterséges rendszerekkel. A fotoszintetikus fényenergia-átalakítás mechanizmusának megértésében az utóbbi években elért szerkezet-funkció alapú áttörés, a szintetikus kémia, szintetikus biológia, anyagtudományok és nanotechnológia területein bekövetkezett rohamos fejlődéssel együtt jó alapot szolgáltat arra, hogy a biológiai rendszerek által évmilliárdok óta sikerrel használt fényenergia-átalakítási mechanizmusok alkalmazhatók legyenek az emberiség energiaigényeinek kielégítésére. Az ebben a témában korábban írt áttekintés (Vass, 2010) óta történt tudományos és technológiai fejlődés jó alapot szolgáltat arra, hogy a fotoszintetikus rendszerek felhasználásával történő ipari mértékű napenergia-hasznosítás elvi lehetőségéből gyakorlati realitássá váljon.

Kulcsszavak: *megújuló energia, napenergia-hasznosítás, fotoszintézis, hidrogéntermelés*

IRODALOM

- Andreiadis, Eugen S. – Chavarot-Kerlidou, Murielle – Fontecave, Marc – Artero, Vincent (2011): Artificial Photosynthesis: From Molecular Catalysts for Light-driven Water Splitting to Photoelectrochemical Cells. *Photochemistry and Photobiology*. 87, 946–964. DOI: 10.1111/j.1751-1097.2011.00966.x • <http://tinyurl.com/mn62rn8>
- Blankenship, Robert E. – Tiede, David M. – Barber, James et al. (2011): Comparing Photosynthetic and Photovoltaic Efficiencies and Recognizing the Potential for Improvement. *Science*. 332, 805–809. DOI: 10.1126/science.1200165 • <http://tinyurl.com/kn9sngo>
- Dexter, Jason – Armslaw, Patricia – Sheahan, Con – Pembroke, J. Tony (2015): The State of Autotrophic Ethanol Production in Cyanobacteria. *Journal of Applied Microbiology*. 119, 11–24. DOI: 10.1111/jam.12821 • <http://tinyurl.com/m9x2feh>

- Dudits Dénes – Török Katalin – Cseri András et al. (2016): Response of Organ Structure and Physiology to Autotetraploidization in Early Development of Energy Willow *Salix viminalis*. *Plant Physiology*. 170, 1504–1523. DOI: 10.1104/pp.15.01679 • <http://www.plantphysiol.org/content/170/3/1504.full.pdf+html>
- Kanan, Matthew – Nocera, Daniel G. (2008): In Situ Formation of an Oxygen-Evolving Catalyst In Neutral Water Containing Phosphate and CO₂. *Science*. 321, 1072–1075. DOI: 10.1126/science.1162018 • <http://tinyurl.com/mzdn438>
- Kato, Masaru – Cardona, Tanai – Rutherford, Alfred William – Reisner, Erwin (2012): Photoelectrochemical Water Oxidation with Photosystem II Integrated in a Mesoporous Indium-Tin Oxide Electrode. *Journal of the American Chemical Society*. 134, 8332–8335. DOI: 10.1021/ja301488d • <http://tinyurl.com/kqjnjum3>
- Krassen, Henning – Ott, Sascha – Heberle, Joachim (2011): In Vitro Hydrogen Production—Using Energy from the Sun. *Physical Chemistry Chemical Physics*. 13, 47–57. DOI: 10.1039/C0CP01163K • <http://tinyurl.com/n7totuy>
- Larkum, Anthony W. D. – Ross, Ian L. – Kruse, Olaf – Hankamer, Ben (2012): Selection, Breeding and Engineering of Microalgae for Bioenergy and Biofuel Production. *Trends in Biotechnology*. 30, 199–205. DOI: 10.1016/j.tibtech.2011.11.003 • <http://tinyurl.com/kyplbcl>
- Lewis, Nathan S. – Nocera, Daniel G. (2006): Powering The Planet: Chemical Challenges In Solar Energy Utilization. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 103, 15729–15735. • <http://tinyurl.com/l5d92p4>
- Liu, Xinyao – Sheng, Jie – Curtiss, Roy (2011): Fatty Acid Production in Genetically Modified Cyanobacteria. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 108, 6899–6904. doi: 10.1073/pnas.1103014108 • <http://tinyurl.com/lvfdwsq>
- Nagy László – Magyar Melinda – Szabó Tibor et al. (2014): Photosynthetic Machineries in Nano-systems. *Current Protein and Peptide Science*. 15, 363–373. DOI: 10.2174/1389203715666140327102757 • <http://tinyurl.com/lwgoxjv>
- Prince, Roger C. – Khesghi, Haroon S. (2005): The Photobiological Production of Hydrogen: Potential Efficiency and Effectiveness as a Renewable Fuel. *Critical Reviews in Microbiology*. 31, 19–31. DOI: 10.1080/10408410590912961 • <http://tinyurl.com/m7dh695>
- Reece, Steven Y. – Hamel, Jonathan A. – Sung, Kimberly et al. (2011): Wireless Solar Water Splitting Using Silicon-based Semiconductors and Earth-abundant Catalysts. *Science*. 334, 645–648. DOI: 10.1126/science.1209816 • <http://science.sciencemag.org/content/334/6056/645.full>
- Sanderson, Katherine (2008): The Photon Trap. *Nature*. 452, 400–402. doi:10.1038/452400a • <http://www.nature.com/news/2008/080326/full/452400a.html>
- Tard, Cédric – Liu, Xiaoming M. – Ibrahim, Saad K. et al. (2005): Synthesis of the H-cluster Framework of Iron-Only Hydrogenase. *Nature*. 433, 610–613. doi:10.1038/nature03298 • <http://www.nature.com/nature/journal/v433/n7026/abs/nature03298.html>
- Thorndike, Edward H. (1996): *Energy and the Environment. A Primer for Scientists and Engineers*. Reading, MA: Addison-Wesley
- Toporik, Hila – Carmeli, Itai – Volotsenko, Irina et al. (2012): Large Photovoltage Generated by Plant Photosystem I Crystals. *Advanced Materials*. 24, 2988–2991. DOI: 10.1002/adma.201200039
- Torella, Joseph P. – Gagliardi, Christopher J. – Chen, Janice S. et al. (2015): Efficient Solar-to-fuels Production from a Hybrid Microbial–water-splitting Catalyst System. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 112, 2337–2342. • <http://tinyurl.com/kv556wc>
- Vass Imre (2010): Megújuló fotoszintetikus energiatermelés napfényből és vízből – Elvi lehetőség vagy gyakorlati realitás? *Magyar Tudomány*. 171, 11, 1344–1353. • <http://www.matud.iif.hu/2010/11/08.htm>
- Wijffels, René – Barbosa, Maria J. (2010): An Outlook on Microalgal Biofuels. *Science*. 329, 796–799. doi: 10.1126/science.1189003 • <http://tinyurl.com/mbpl7m3>
- Xu, Yunhua – Eilers, Gerriet – Borgström, Magnus et al. (2005): Synthesis and Characterization of Dinuclear Ruthenium Complexes Covalently Linked to Ru-II Tris-bipyridine: An Approach to Mimics of the Donor Side of Photosystem II. *Chemistry A European Journal*. 11, 7305–7314. DOI: 10.1002/chem.200500592 • <http://tinyurl.com/k6p3gx9>
- Yehezkeili, Omer – Tel-Vered, Ran – Michaeli, Dorit et al. (2014): Photosynthetic Reaction Center-functionalized Electrodes for Photo-bioelectrochemical Cells. *Photosynthesis Research*. 120, 71–85. DOI: 10.1007/s11120-013-9796-3 • <http://tinyurl.com/ldlllptd>

A NAPENERGIA VÁRHATÓ HATÁSA A VILLAMOSENERGIA-RENDSZERRE

Szeredi István

a műszaki tudomány kandidátusa, ny. stratégiai tervezési főmunkatárs,
Magyar Villamos Művek Zrt.
szeredi.i@t-online.hu

A napenergia hasznosítása gyors növekedésre képes, nagy területen megoszoló energiaforrássá vált. A hasznosítás mértéke bizonyosan túllépi azt a határt, hogy a villamosenergia-rendszer működésére gyakorolt hatása elhanyagolható legyen. A megújuló energiaforrások rendszerbe illesztését szolgáló fejlesztések – a rendszer rugalmasságának és tartalékainak növelése – mellett jelentős arányú napenergia-hasznosítás esetén a naperőművek nem maradhatnak passzív működésűek.

A növekvő napenergia-termelés változásokat tesz szükségessé a rendszerben

A bővülő kapacitású napenergia-termelés strukturális átalakítást igényel a villamos rendszerben. A korábbi egyirányú (a magasabbtól az alacsonyabb feszültség irányába történő) energiaáramlást biztosító rendszer helyett a kétirányú áramlást biztosító struktúra szükséges. Az átalakítást indokolja, hogy a decentralizált napenergia-termelés egységei főként az elosztóhálózathoz csatlakoznak. A kétirányú és változó teljesítményű áramlások mellett a rendszerben más változások és követelmények várhatók. Közülük kiemelhető:

- A napenergia belépése jelentősen átalakítja a rendszer napi, és főként csúcsidősze-ki terheléseit.

- A nagy területen megoszoló napenergia-termelés összesítése kiegyenlítő hatást gyakorol a rendszer üzemére.
- Német tapasztalatok szerint a napenergia képes lehet a villamos rendszer teljes terhelésének több mint felét szolgáltatni a rendszer stabilitásának megőrzése mellett.
- A stabil hálózati üzem biztosításához kizárólag a tervezett üzem feltételeinek megfelelő átalakítók alkalmazhatók.

A magyar villamosenergia-rendszerben nincsenek előírások a beépített naperőmű-teljesítményre. A beépítés ütemét az engedélyezés, a hálózati csatlakozás és a kötelező átvétel szabályaival szabják meg. A helyzetet bonyolítja, hogy a megújuló energiaforrásból származó villamosenergia-termelés támogatási rendszerének átalakítása folyamatban van.

A napenergia-termelés sajátosságai

Németországi tapasztalatok szerint a napenergia-termelés változékony, de összesítve kiszámítható és szabályozható. A megbízható időjárás-előrejelzés eredményeként a napenergia-termelés viszonylag pontosan tervezhető. Mivel a napenergia-termelés decentralizált, az időjárás-változás, a felhősödés nem okoz súlyos ingadozást a német áramtermelésben. A nagy földrajzi területen megoszló

napenergia-termelés összesítése kiegyenlíti a gyors változásokat, és az összesített termelés változásai lassúbbak.

A megújuló energiaforrások hasznosítására vonatkozó német törvény módosította a korábbi szabályok jelentős részét. A módosítás alapján a rendszerirányító jogosult a napenergia-kapacitás távműködtetéssel való szabályozására vagy 70%-ának lekapcsolására akkor is, ha a fotovoltaikus (PV) erőmű a kifizetésű hálózatra csatlakozik.

Az alkalmazható átalakítók működési feltételeinek előírása szabályozza a napenergia-termelést. A kifizetésű hálózatokra kötelezővé tették a villamos hálózat támogatására alkalmas átalakítók alkalmazását. Mivel a német előírások gyakran váltak a nemzetközi előírások meghatározó elemévé, ezért hasonló követelmények megjelenése az EU és a magyar előírásokban is feltételezhető.

A túlnyomó részben decentralizált napenergia-termelés és a napenergia-egységek termelésüket az elosztóhálózatra táplálják be. Ez csökkenti az elosztóhálózat és különösen az átviteli hálózat működési költségeit. A decentralizált betáplálás további előnye, hogy a PV-erőművek elvileg versenyképes feltételekkel képesek extra hálózati szolgáltatásokra (pl. feszültség szabályozás). A rendszerirányító alá rendelve alkalmasak távműködtetésre, és így hozzájárulhatnak a hálózat stabilitásának és a szolgáltatás minőségének növeléséhez.

Minél kisebb a befogadó rendszer, minél nagyobb a beépített napenergia-kapacitás aránya, minél kevésbé decentralizált a napenergia-termelés, minél kedvezőtlenebbek a befogadó rendszer szabályozási képességei (pl. a vízerőmű alacsony aránya), annál súlyosabban a többlettartalék-igények és -költségek.

A változékony és nagy területen megoszló termelés hatásaira korábban nemzetközi

összefogással próbáltak követelményeket meghatározni. Az erőfeszítések ellenére nem született kötelező érvényű előírás.

A napenergia növekvő arányának hatása a rendszer üzemére

A változékony megújuló energia növekedésének a rendszerre gyakorolt hatása függ az energiamixtől és az integrációt biztosító intézkedésektől. A napenergia-termelés alapvetően hat vissza a menetrendes termelők üzemére. A menetrendes erőművek viselik a megújuló energia változékonyságának és előjelzési hibáinak következményeit mellett az igényváltozás következményeit is. A szélsőségesen magas napenergia-arány korlátozhatja egyes állandó terhelésű termelők (például atomerőmű) üzemét.

A napenergia-termelés az elosztóhálózaton kapcsolódik a rendszerre, többségében a fogyasztók környezetében. Ez csökkenti a hálózati veszteségeket. A brit Imperial College London tanulmánya szerint az áramlási veszteségek a napenergia 8–12%-os részaránya mellett minimálisak. A tárolás kiegyenlítő hatása miatt a veszteségminimumok a napenergia nagyobb részaránya esetén jelentkeznek. Brit adatok szerint a közelítő járulékos elosztó hálózati költségek a napenergia 10–12%-os részaránya mellett minimálisak.

Fentiek alapján a magyar rendszerre vonatkozóan a költségminimum 2020-ra a napenergia 700–800 MW beépített teljesítménye mellett lenne elérhető, 2030-ra pedig a napenergia 800–900 MW beépített teljesítménye mellett. Összehasonlításként álljanak itt néhány európai ország napenergia-kapacitásának adatai (1. táblázat).

Magyarország nagysága és villamosenergia-fogyasztása alapján a naperőművek távlati beépített teljesítménye max. kb. 1000 MW-

Ausztria	766 MW	1000 óra/év
Csehország	2061 MW	1029 óra/év
Franciaország	660 MW	972 óra/év
Németország	39 832 MW	884 óra/év
Olaszország	18 460 MW	1262 óra/év
Spanyolország	4516 MW	1809 óra/év

1. táblázat

ra becsülhető (kivéve, ha a politika más prioritásokat szab meg). Nagyobb napenergia-teljesítmény esetén a rendszer többi termelőjére háruló szabályozási igények és költségek erősen növekednek. Magyarországhoz hasonló égövi adottságok mellett 1000–1050 óra/év kapacitáskihasználás lehet irányadó, ami a hálózatra adható energiamennyiséget a beépített teljesítményből 11–11,5%-os kihasználási tényezővel teszi számíthatóvá.

Az év során a napenergia-termelés jelentősen változik

Az EU villamosenergia-rendszerének forrás-szerkezetében télen és nyáron jelentősen különbözik a rendelkezésre álló PV-napenergia mennyisége. A különbség a nagy terület termelésének összegzéséből eredő kiegyenlítő hatás ellenére is számottevő. A szezonális változások nagyságrendjének közelítő vizsgálata a német rendszer alapján végezhető el.

A németországi naperóművek összes beépített teljesítménye kb. 39 700 MW. A PV-eróművek átlagos napi csúcsteljesítménye a beépített teljesítmény 34,39%-a. A villamosenergia-termelés szempontjából az év hideg és meleg félévre osztható. A meleg félévben a naperóművek napi üzeme hosszabb, és a kiadott teljesítménye nagyobb, így a hálózatra kiadott napenergia mennyisége lényegesen nagyobb. A német napenergia-kapacitás napi

egy helyett két terhelési csúcstól hárít a rendszer többi termelőjére, a déli helyett a reggeli és esti csúcsterhelés válik dominánssá. A napenergia sem a reggeli terhelésnövekedés intenzitásának mérséklésében, sem az esti csúcsmagyságának csökkentésében nem tud részt venni. Kritikus a terhelésnövekedés gyorsasága, intenzitása, ami a hagyományos termelő berendezések terhelésváltoztatási lehetőségeit meghaladja. Reggel a PV-termelés még jelentéktelen, ezért a reggeli terhelésnövekedés intenzitását nem módosítja. Hasonló a helyzet este, amikor a PV-termelés megszűnik. A napközi csúcsidejében, és ezen belül a déli csúcspanelben termelt napenergiát a német rendszerek nem tudják teljes mértékben felvenni, ezért hatásait exportjukban a környező országokra hárítják. Az esti csúcsterhelés biztosítására viszont a jelentősen visszaszorult hagyományos termelők nem elegendők, ezért importforrás igénybevétele válik szükségessé.

A naperóművek, különösen a nyári időszakban helyettesítik a hagyományos csúcseróművek termelését, csökkentik azt, illetve teljesen ki is szoríthatják azokat. Jelentősen csökkentik a más eróművekben termelt csúcserő iránti igényt.

A napenergia terheléscsökkentő hatása a magyar villamosenergia-rendszerben

A maximum 1000 MW naperómű-kapacitás az egyes hónapok kiválasztott munkanapjain az 1. ábrán látható terheléscsökkentést eredményezheti.

A magyar villamosenergia-rendszer működése és szabályozása szempontjából a következő lehetőségek várhatók:

- A napenergia nem vesz részt az esti csúcsterhelésben;
- A napenergia nem vesz részt a reggeli csúcsterhelésben;

- A napenergia nem vesz részt a reggeli terhelésnövekedés mérséklésében;
- A napenergia csak esetenként vesz részt a napi csúcsterhelések mérséklésében;
- A tárolás bevezetése mentesítheti a napenergiát a kötöttségeitől.

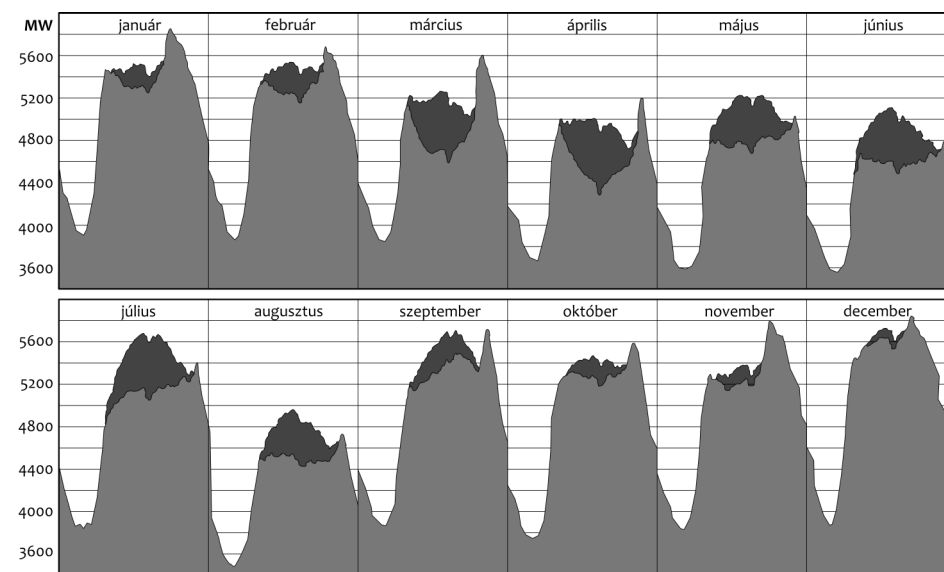
A magyar villamosenergia-rendszerben közelítő számítások alapján a napenergia teljes beépített kapacitásának várható átlagos kihasználása munkanapokon a meleg félévben 8–9 óra/nap, a hideg félévben 4,5–6 óra/nap.

A hazai naperómű-teljesítmény korlátai

A magyar villamosenergia-rendszer napi terheléseinek várható alakulása alapján a naperómű-teljesítmény korlátai szempontjából megállapítható: a téli hónapokban a naperóművek üzeme egyik vizsgált naperómű-kapacitás mellett sem okoz számottevő eltérést a hagyományos villamosenergia-források igénybevételeiben, illetve a szükséges termelőkapacitás üzemi feltételeinek biztosításában.

Nyáron a Csehországban megvalósulthoz hasonló (kb. 2000 MW) naperómű-kapacitás üzeme ütközne a meglévő és tervezett közel állandó terhelésű termelők és a kényszerüzemű termelők üzemével. Korlátozná a tervezett fejlesztések költséghatékony működését. Ekkora naperómű-kapacitás nem lenne illeszthető a magyar villamosenergia-rendszerhez. Más változókéony, megoszoló termelők figyelembevétele nélkül max. kb. 1000 MW névleges naperómű-kapacitás vizsgálható.

Nyáron a naperóművek működése által okozott igény változása miatt a rendszer többi eróművére háruló terhelési menetrend biztosítására a meglévő eróművek nem feltétlenül alkalmasak. Ha a rendszer csúcsidejében a villamosenergia-biztosítása hazai forrásokat igényel, többlet beruházási igény jelentkezésével kell számolni. Ha a csúcsidejében a villamosenergia-ellátás továbbra is kereskedelmi alapon, import források igénybevételeivel



1. ábra • A naperóművek várható terheléscsökkentő hatása a magyar villamosenergia-rendszerben

történik, a terhelési menetrend nagy naperőmű-teljesítmény miatti átalakulása várhatóan magasabb importárakat eredményez.

A villamosenergia-rendszer üzeme szempontjából megengedhető maximális naperőmű-kapacitás meghatározása részletesebb vizsgálatokat tenne szükségessé. Ennek hiányában, nagyságrendi becsléssel kb. 1000 MW maximális beépített naperőmű-teljesítmény körül vonható meg a felső határ.

A tárolás alkalmazása lehetővé tenné a napenergia illesztését a menetrendes üzemhez.

Az EU villamosenergia-piacának integrációja várhatóan tovább növeli az importnyomást. A hazai villamosenergia-szolgáltatás forrásai a hazai termelők és a növekvő mértékű import között oszlanak meg. Az importban érdekelt kereskedelmi szervezetek nem feltétlenül tekintik érdekeikkel egyezőnek a napenergia hasznosításának növelését.

Egyértelműen megállapítható: a napenergia belépése kiszorítja az energiainportot, tehát az energiafüggettség mértékét csökkenti.

A napenergia hatása a villamos energia nagykereskedelmi árára

A nemzetközi tapasztalatok és kiemelten a németországi vizsgálatok alapján egyértelműen megállapítható, hogy a naperőművek csökkentik a hagyományos csúcserőművek üzemét, és jelentősen csökkentik a csúcserőművek üzemét. A naperőművek csúcsidei energiát szolgáltatnak.

A napenergia hatása a villamosenergia-piac nagykereskedelmi áaira két lényeges formában jelenik meg. Egyrészt a hálózatra adott nagy mennyiségű napenergia következtében a napközbeni csúcsidei energiaárak az állandó terhelésű árak környékére csökkennek. A korábbi csúcsidei árak eltűnnek. A csúcs-terhelés és az állandó terhelés árai fokozatosan

kiegyenlítődnek. A napon belüli árkiegyenlítés fokozatosan kizárja az energiakereskedelmen alapuló tárolás életképességét. Rendelkezésre állási díj bevezetése nélkül csekély valószínűsége van a tőkebevonásnak energiátárolási projektek megvalósításához – függetlenül a tárolás technológiájától. Másrészt a napi árcsúcsok a napenergia naponkénti belépésénél és megszűnésekor jelentkeznek, alapvetően a hagyományos termelők teljesítményének mobilizálásából.

Németországi tapasztalatok szerint a 2008-ban kiobbant válságot követően a villamos energia nagykereskedelmi ára csökkent, és visszatért az EU CO₂-kereskedelmének bevezetése előtti szintre. Ma a villamos energia ára túl alacsony új termelőkapacitások beléptetéséhez. A továbblépéshez beavatkozás szükséges. A prognózis a maihoz hasonló alacsony árszint tartós fennmaradását feltételezi.

A nagy napenergia-kapacitás belépése következtében a napközbeni terhelési csúcs helyett két intenzíven növekvő csúcs jelentkezik reggel és este. Mindkettőnél a terhelés követe-se a korábbinál rugalmasabb (és költségesebb) források igénybevételét teszi szükségessé.

A naperőművek belépése az elmúlt években fokozatosan letörte a csúcsidei energia árszintjét. Fokozatosan kiegyenlítődik az állandó terhelés és a csúcsidei termelés árszintje.

A nagy mennyiségű megújuló energia egyidejű megjelenése miatt az átmenetileg szükségtelen hagyományos termelők dönthetnek a kapacitásleállítás és a rövid időn belüli újraindítás költségei vagy a negatív árak vállalása között.

Nemzetközi szervezetek ajánlásai a megújulókat csatlakozására

Nemzetközi szervezetek (IEA, IRENA) szerint a jelentős volumenű és változékony tel-

jesítményű, nem menetrendkövető megújuló energia (szél- és napenergia – amelyek villamosenergia-termelése függ a meteorológiai állapotoktól és időtől) integrálása a villamos hálózatba a rugalmasság növelését biztosító átalakításokat tesz szükségessé.

A megújuló energia alkalmas a megoszló energiatermelésre azokban a rendszerekben, ahol számos kis erőmű csatlakozhat az elosztóhálózatra és a villamos energia előállítására a fogyasztói oldalon. A jelentős mennyiségű változékony megújuló energia integrációja átalakításokat tesz szükségessé a villamosenergia-rendszerben a rugalmasság növelésére:

- Lehetővé kell tenni a villamos energia kétirányú áramlását, a nagy erőművektől a fogyasztók felé és a kis termelőktől a hálózatba, biztosítva a stabilitást.
- Az intelligens hálózat létrehozása és a fogyasztóoldali szabályozás szükségessé teszi a rugalmasság növelését a csökkenő csúcs-terhelés és a termelés fokozott változékonyságának kezelésére.
- Erősíteni kell a hálózati összeköttetéseket regionális és nemzetközi szinten a kiegyenlítőképeség, a rugalmasság, a stabilitás és az ellátásbiztonság növelése érdekében.
- Energiatárolók beléptetése szükséges a változékony megújulóenergia-többlet tárolására.

Az integrált uniós energiapiac létrehozása érdekében az Európai Bizottság összeállította és elfogadta a kulcsfontosságú és közös érdekű energetikai projektek listáját. A várakozások szerint a közös érdekű energetikai projektek (PCI) segíteni fogják az európai energia- és éghajlati célok megvalósulását, továbbá kulcsfontosságú építőelemei az EU Energia Uniónak. A közös érdekű projektek lehetővé teszik az európai energiapiacok integrálását, az energiaforrások és a szállítási útvonalak

diverzifikációját, továbbá segítik az energia-ellátási elszigeteltség megszüntetését egyes tagállamokban. A megújuló energia hálózatra adása csökkenti a szén-dioxid-kibocsátást.

A közös érdekű projektek jogosultak gyorsított engedélyezési eljárásra és pénzügyi támogatásra 2014-2020 között a Connecting Europe Facility által kezelt forrásokból. A támogatás célja a projektek felgyorsítása és magánbefektetők részére vonzóvá tétele. A projektek több mint fele villamoshálózati fejlesztést tartalmaz. Az EU közösségi érdekű és közösségi finanszírozásra jogosult villamoshálózati projektjei elsődlegesen a nagyfeszültségű hálózati összeköttetések, másodlagosan az energiátárolás fejlesztésére irányulnak. Az EU és szervezetei (például EURELECTRIC) a szivattyús energiátárolók létesítését preferálják. Közös érdekű szivattyús energiátároló EU-projekt jelenleg Ausztriában (4 helyen), Bulgáriában, Csehországban, Észtországban, Görögországban, Írországban (3), Lengyelországban, Litvániában, és Olaszországban (4) van folyamatban.

Az EU DG ENER dokumentuma szerint az energiátárolók kulcsszerepet fognak játszani az EU alacsony szén-dioxid-kibocsátású villamosenergia-rendszerében. Az energiátárolók a nagyobb rugalmasság és kiegyenlítés mellett háttérrel biztosítanak a változó megújuló energiához. Javítják a rendszer irányítását, csökkentik a költségeit, és növelik a hatásfokot. Ezzel megkönnyítik a megújuló energia piaci bevezetését, felgyorsítva a villamosenergia-rendszer szén-dioxid-mentesítését, növelik az energiabiztonságot és a villamosenergia-átvitel/elosztás hatásfokát, stabilizálják a villamos energia piaci árát, az energiaellátás magasabb biztonsága mellett.

A jelenlegi tárolást az EU villamosenergia-rendszerében szinte kizárólag a szivattyús

energiatárolás (vízenergia) biztosítja. Az energiatárolás más formái vagy minimálisak, vagy kezdeti fejlődési szakaszban vannak.

Az energiatárolás három szintje: az átviteli hálózati központi tárolás, az elosztóhálózati tárolás és a végfelhasználói tárolás. Ezek a szintek egyben feszültségintek is. Az energiatárolás három fő funkciója a termelés és fogyasztás egyensúlyának biztosítása, a rendszer szabályozás és a hatásfok növelése. A két alsó feszültségintű tárolás főként akkumulátor lehet. A legfelső szint a szükséges nagyság alapján lényegében szivattyús energiatároló lehet.

Tekintettel arra, hogy az új termelőket egyik szinten sem kötelezik a szükséges tárolás megvalósítására, a szükséges tárolókapacitás biztosítása a legfelső szintre toódik. Azon a szinten a felgyűlő tárolási, szabályozási és hatásfoknövelési igények biztosítása központi, rendszerirányítói feladattá válik.

Az üzemi tartalékok segítik a napenergia magas részaránya melletti integrációt

A napenergia-hasznosítás növelésénél a következő hatásokkal kell számolni:

- A többlet napenergia jelentős átmeneti teljesítményáramlásokat okoz a csatlakozó rendszerben, csökkentve a rendszerstabilitást és növekvő hatást gyakorolva a kereskedelmi feltételekre.
- A szűk keresztmetszetek új, kiegészítő hálózati és határkeresztelő kapacitások létesítését teszik szükségessé.
- Növekszik a villamosenergia-rendszer biztonságos üzeméhez szükséges kiegyenlítő energia és tartalék kapacitás iránti igény.
- A magas napi termelés időszakában megnőnek a hálózati veszteségek és a meddő kompenzációs igény.

A napenergia integrálásához szükséges rendszer fejlesztése mellett a német gyakorlat

a napenergia-termelő egységek passzív szerepét szüntette meg. A hálózat stabilitásának biztosítására kötelező előírásokat vezettek be a napenergia-termelő egységek átalakítóinak működési feltételeire, és megvalósították az egységek központi vezérlését és lekapcsolását.

Egyensúlyi zavarok a villamosenergia-rendszerben több okból léphetnek fel, többek között a nagy termelőegység hirtelen kiesése, változások a villamosenergia-igényben és a napenergia-termelésben (például a felhőtakaró miatt). Ha a villamosenergia-termelés eltér a kereslettől, akkor az üzemi tartalékok állítják helyre az energiaegyensúlyt. Az üzemi tartalékok részvétele különböző lehet a teljesítmény növelése vagy csökkentése felé, a válasz gyorsasága és jellege szerint (helyi vagy központi, automatikus vagy kézi stb).

Az üzemi tartalékok függnek a villamosenergia-rendszer jellemzőitől és a biztonsági kritériumoktól. Bár a rendszerek üzemeltetői és a kutatók többnyire egyetértenek abban, hogy a megnövekedett napenergia valószínűleg növeli a szükséges üzemi tartalékokat, azok mennyiségét és fajtáját nehéz felmérni.

A szükséges tartalékok nagysága és költsége a napenergia változékonysága mellett sok tényezőtől függ, ezek közé tartozik a napenergia aránya a rendszerterhelésben, a rendszer nagyság rugalmassága, a befogadó erőműrendszer forrásösszetétele. Ezek üzembiztonsági és szabályozási szempontból alapvetően befolyásolják a tartalékok mennyiségét és költségeit. E téren kutatások folytak, de a napenergia mennyiségének növekedése miatt szükséges tartalékokra nincsenek általános vagy kötelező előírások.

A villamosenergia-rendszer képes kell, hogy legyen integritásának megőrzésére különféle esetekben akár nagyon rövid időszakokban: például zárlat a vezetékek valamelyik

kén, termelőegység kiesése. A villamosenergia-rendszer stabilitása az a képesség, amellyel a rendszer üzemét egyensúlyba hozza a különböző eseményeket követően.

A PV-naperőművek működési jellemzői lényegesen különböznek a hőerőművekéktől, ahol nagy nyomású gőz forgatja a turbinát és a vele egy tengelyen lévő szinkrongenerátort. A frekvenciaszabályozás a hagyományos turbinák sebességszabályzóival történik. A PV-erőművekben nincs forgó mozgás. Annak hiányában a PV-naperőmű-egységek nem vesznek részt a rendszerinerciában.

A nagy naperőműtelepek elvileg képesek a leadott teljesítmény $\pm 70\%$ -os változtatására 2–10 perc alatt (tehát nem túl gyorsan), és naponta sokszor (az átalakító termodinamikai adottságaitól függően). Ezért a naperőműtelepek együttműködhetnek a terhelés változtatási sebességének szabályozásában és a termelés korlátozásában. Fontos, hogy az alkalmazott átalakító lehetővé tegye a feszültség és a meddő teljesítmény szabályozását.

A tárolási típusok közül a lassú forgású, rendkívül nagy inerciájú szivattyús energiatároló preferálható a PV inerciamentességének kompenzálására.

A napenergia hatásainak összegzése

A napenergia változó, de nagyobb területen összesítve kiszámítható és szabályozható. A nagy területen megoszló termelés kiegyenlíti a gyors változásokat. A beépített napenergia-kapacitás növekvő aránya kedvezőtlenebb a rendszerszabályozási képesség szempontjából, és növeli a többlettartalék igényét, költségét.

A német villamosenergia-rendszerben a nagy napenergia-kapacitás következtében a napi egy helyett két terhelési csúcs hárul a többi termelőre, és a napenergia az esti és

reggeli csúcs csökkentésében nem tud hatósan részt venni. A csúcsideben termelt napenergiát a német rendszerek nem mindig tudják az országon belül felhasználni, ezért az exportjukban a környező országokra hárítják annak hatásait. A naperőművek csúcsidei energiát adnak a hálózatra, és a belépésük az elmúlt években letörte a csúcsidei energia árszintjét.

Várhatóan a napenergia a magyar villamosenergia-rendszerben sem tud részt venni az esti és a reggeli csúcsban, sem pedig a reggeli terhelésnövekedés intenzitásának mérséklésében. Csak tárolás bevezetése mentesíthetné a napenergiát a kötöttségeitől. A hazai villamosenergia-rendszer üzemé szempontjából megengedhető maximális naperőmű-kapacitás részletesebb vizsgálatokat tesz szükségessé.

A változókegyen megújuló energia integrációja a rugalmasság növelése érdekében átalakításokat tesz szükségessé a villamosenergia-rendszerben. Biztosítani kell a villamosenergia kétirányú áramlását, a rugalmasság növelése érdekében erősíteni kell a hálózati összekötéseket, és energiatárolók beléptetése szükséges.

A napelemeknek nincs inerciájuk, ezért a PV-kapacitás növekedése jelentős mérséklődést eredményez a stabilitásban. A termelő PV-egységek nem maradhatnak passzív működésűek.

A napenergia miatt megnő a szükséges üzemi tartalék igénye, de a napenergia mennyiségének növekedése miatt szükséges tartalékokra nincsenek általános vagy kötelező előírások.

Kulcsszavak: *napenergia, megújuló energia, rendszerbe illesztés, megoszló termelés, rendszer-rugalmasság, energiatárolás, üzemi tartalékok, rendszerstabilitás*

A NAPENERGIA HASZNOSÍTÁSÁNAK KÖRNYEZETI ÉS TÁRSADALMI HATÁSAI

Kapros Zoltán

energetikai szakértő, doktorjelölt,
Szent István Egyetem
zkapros@t-online.hu

A Földre érkező napenergia intenzitása alapvetően a Nap és a Föld aktuális távolságától függ. Ez az ún. naptávolság 152 millió km (aphélium) és 147 millió km (perihélium) között változik. A Földet elérő napsugárzás így 1325 W/m² és 1412 W/m² közötti fajlagos teljesítményt jelent. A napenergia átlagos értéke a légkör tetején a napállandó: 1376 W/m². A földfelszínre elérő napsugárzás ennél jóval kevesebb a visszaverődés, az elnyelődés és a szóródás miatt. A felszínre érő évi energiamennyiséget az ún. éves globálsugárzással jellemzik. Az egyenlítő környékén nagyságrendileg 2300 kWh/m², Dél-Európában 1700 kWh/m², míg Németországban átlagosan 1040 kWh/m² az átlagos éves globálsugárzás értéke. Magyarországon az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) adatai szerint 1244 kWh/m² sugárzási átlagérték adódik, de jellemzően 1200–1300 kWh/m² közötti (Bella et al., 2006; Farkas, 2003).

A Földön a napsugárzás energetikai viszonyai eltérőek. Így a Nap nettó fűtő hatása, amely a napsugárzás formájában beérkező napenergia és a Föld által az űrbe visszasugárzott energia különbsége, a különböző területeken eltérő előjelű. Az OMSZ megállapításai szerint a Föld 47. szélességi fokának mentén az energiadeficit a jellemző -37 MJ/m²/nap

energiavesztés átlagban. Magyarország esetében viszont ez a deficit jelentősen kisebb, -2,76 MJ/m²/nap. A napenergia elnyelődésének mértéke (elsősorban talajban, talajvizekben) így Magyarország területén jellemzően nagyobb, mint amekkora a földrajzi fekvés alapján várható, így a természetesen vagy mesterségesen tárolt napenergia hasznosításának is viszonylag nagyok a lehetőségei. Az ország felszíne által elnyelt sugárzási teljesítmény az OMSZ felmérése alapján átlagosan 142 W/m².

Ha ebből az eltárolt energiamennyiségből csak 1%-ot tekintünk olyan napenergia-potenciálnak, amely környezeti kockázatok nélkül fenntarthatóan átalakítható, akkor ez a 93 000 km² területű Magyarország számára akár 132 GW_e napelemekkel biztosítható átlagos éves villamosenergia-teljesítményt jelentene. Magyarország teljes villamosenergia-felhasználásának többszöröse előállítható a felszíni tárolt napenergiából. Tehát rendelkezésre áll a fenntartható energetikai potenciál a napenergia jelentős aktív és passzív hasznosítására. A hatékony és integrálható technológiák kialakítása és elterjesztése a gazdaság rövid és hosszú távú versenyképességi szempontjainak figyelembevétele mellett a napenergia-hasznosítás hazai fejlődése szempont-

jából meghatározó. Ugyanakkor a napenergia szerepének növelése az emberiség energiaigényének biztosításában ma környezetvédelmi és fenntarthatósági szempontból alapvető.

„Csak magunknak tehetünk szemrehányást, ha a környezet védelmében cselekvők erőfeszítéseit romantikus álmodozók által okozott kellemetlenségnek vagy leküzdendő akadállyal tekintjük” (Áder, 2015). A köztársasági elnöki beszéd is rávilágított arra, hogy a klímavédelem területén Magyarországnak is komoly teendői vannak. A 2015-ben eredményt hozó COP 21 (ami úgy is ismert, mint a 2015-ös párizsi Klímakonferencia) klímamegállapodás célja a még kezelhető és akár visszafordítható mértékű klímaváltozásnál nagyobb globális hőmérséklet-emelkedés megelőzése (450 ppm-nél kisebb CO₂-koncentráció tartása). Az IPCC (Éghajlatváltozási Kormányközi Testület) klímaforgatókönyvei és a Nemzetközi Energia Ügynökség modellszámításai alapján így az épülő új erőművek legalább 60%-ának megújuló energián kellene alapulnia. Az energiaintenzitás javulásának ütemét háromszorosára lenne szükséges növelni. A földgáz aránya átmenetileg növekedhet az energiafelhasználásban, de minden más fosszilis energia felhasználásának radikális csökkentése szükséges. A fejlett világ szénfelhasználását így 2030-ig 45%-kal szükséges csökkenteni (International Energy Agency, 2014, 2015).

2030-ig az energiahatékonyság a főszerep (49%) (különösen Európában), de a megújuló energia (17%) használatának növelése is meghatározó. Az energiaigény 2030-ig tartó erőteljes csökkentése megteremti az alapot ahhoz, hogy egy a döntően megújuló energiák használatára történő energetikai átállás infrastrukturális költségei csökkenthetők legyenek. A klímaváltozás emissziócsökkentéssel

történő lényegi befolyásolhatóságával kapcsolatos tudományos vitákra így nagyjából még egy évtized áll rendelkezésre, mert ezt követően, ha ez a lehetőség egyértelműen nem cáfolódik meg, az energetikai rendszerek és struktúrák alapvető átalakításának neki kell kezdeni.

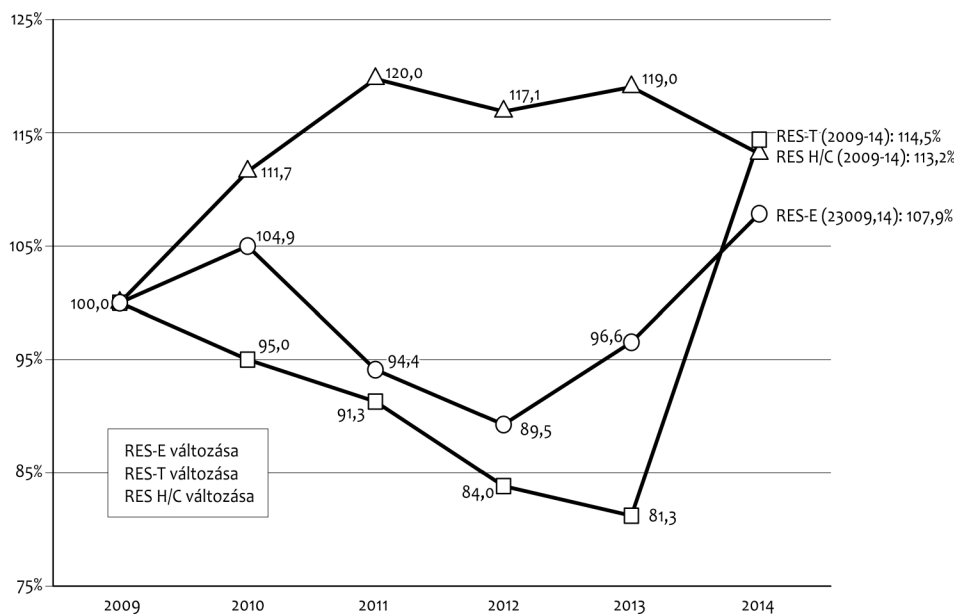
Magyarországnak vállalásai és céljai is vannak az energetika klímavédelmi szempontú átalakítását érintően. A Nemzeti Energia Stratégia célkitűzése, hogy 2030-ig az ország végső energiafogyasztása a 2012-es 677 PJ/év mennyiségéről 692 PJ/évnél jobban ne növekedjék. A Nemzeti Reform Program (1261/2015. (IV. 30.) Korm. határozat) szerint 2020-ig 92 PJ/év csökkenést akarunk elérni a primer energiafelhasználásban, míg 73 PJ/évet a végső energiafogyasztásban. A Nemzeti Környezetvédelmi Program (27/2015. [VI. 17.] Országgyűlési határozat) szerint a megújuló energiaforrások területén Magyarországon jelentősebb hangsúlyt kell fektetni a decentralizált, lokális alkalmazásokra, különösen a napenergia vonatkozásában. Továbbá itt rögzített nemzeti cél 2020-ig a megújuló energiaforrások részarányának 14,65%-ra növelése és 10%-os teljes energiamegtakarítás elérése a környezeti szempontok figyelembevételével.

A megújuló energiaforrásból előállított energia támogatásáról szóló 2009/28/EK irányelv Magyarország számára 2020-ra 13%-os arányt ír elő a megújuló energiára a teljes bruttó energiafogyasztásban. Az Országgyűlés a Nemzeti Energiastratégiáról szóló 77/2011. (X. 14.) határozatában fogadta el és erősítette meg először a Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Tervében kitűzött 14,65%-os célt, és 2015-ben a környezetvédelmi célok között ezt erősítette meg. Magyarországon 2014-ben a megújuló energia részaránya már elérte a 9,51%-ot (Szabó, 2016). Ezek

szerint a 13%-os kötelezettség teljesítéséhez 2014-2020 között 37%-kal kell növelni a megújuló energia jelenlegi felhasználását, míg az NKP-ben rögzített cél eléréséhez 49%-kal, feltéve, hogy az ország bruttó energiafogyasztása nem nő 2020-ig.

Az EUROSTAT nyilvános adatbázisaiból nyomon követhető az egyes tagországok megújulóenergia-felhasználása. Az 1. ábrán a 2009-es felhasználási adatokhoz viszonyítva szemléltetem a Magyarországon elért változásokat. (A cikk a 2016-os készítése idején érvényes és akkor hivatalos EUROSTAT-adatokra építve készült a 2017-ben bekövetkezett hivatalos energiastatisztikai módszertani változtatás visszamenőleges hatásának figyelembevétele nélkül, mely szerint a hazai megújuló energia részaránya 2015-re már csaknem el is érte a 2020-as nemzeti célkitűzést.) Látha-

tó, hogy 2009-2011 között a hűtés/fűtés hasznosítási területen (RES H/C) 20%-os növekedést sikerült elérni, azóta viszont már jelentősebb csökkenés is megfigyelhető. A villamosenergia-hasznosítási területen (RES E) látszik, hogy 2010-ben a megújuló villamos energia termelésére akkorra előírt EU-kötelezettségünket fenntarthatatlan módon teljesítettük. A 2010-es teljesítést követően így intenzíven csökkent a RES-E energiatermelés, míg a 2012-es mélypontot követően jelentős részben a fotovillamos napenergia-rendszerek terjedésének köszönhetően már intenzív a növekedés. A közlekedés területén (RES T) 2014-ben feltehetően egy statisztikai értékelési módszertani javítás hatása jelentkezik, ugyanis a villamos energia üzemanyagként is szerepet játszik, amiért a megújuló energia ebben lévő hányada itt is figyelembe vehető.



1. ábra • Megújuló energia alapú fűtési-hűtési (RES H/C), elektromosáram-termelési (RES-E), illetve transzport célú (RES-T) bruttó energiafelhasználások változásai Magyarországon, 2016-ban, hivatalos EUROSTAT adatok alapján.

Össességében öt év alatt a 10%-ot kissé meghaladta a felhasználás bővülése, most hat év alatt közel 40%-os bővülésre volna szükség. Ehhez évente közel háromszor annyi beruházásra volna szükség 2015-2020 között, mint ami 2009-2014 között jellemző volt. (A nemzeti energiastatisztikai módszertan 2017-es módosítását követően viszont a korábbiakkal szemben most úgy tűnik, hogy 2020-ig elegendő, ha „csak” az energiafelhasználás várható növekedésével tart lépést a megújulóenergia-szektor bővülése.) Ha tekintettel vagyunk az innovációs lehetőségek kiaknázására, az integrációt elősegítő fejlesztésekre és a szakképzésre, oktatásra, szemléletformálásra is, valójában a háromszoros tőkebefektetésnél is nagyobb fejlesztési, beruházási kedvre volna szükség úgy, hogy ebből a költségvetésnek vagy EU-támogatási kereteknek minél kisebb részt legyen szükséges finanszíroznia. Ez jelentős kihívás bármely szakpolitikai kormányzás számára. A szakpolitikai stratégia céljainak megfogalmazásában azonban a megújuló energia hasznosításának komplex társadalmi és gazdasági előnyei miatt van lehetőség súlypontok kijelölésére. A társadalmi és környezeti hatások közül a következőket érdemes átgondolni.

Az energiafüggettség csökkentése nemzeti stratégiai cél. Napenergia-hasznosítással erre lehetőség van. A rendelkezésre álló potenciál sokszorosan meghaladja az import energiahordozók nagyságát. Energiafüggettségünk azonban jelentős, és ez gazdasági és ellátásbiztonsági kockázatokat egyaránt okoz. Az EUROSTAT 2013-as adatai szerint például Magyarországon az 1544 ktoe (kilotonna-egyenérték) földgáztermelés értékéhez 7705 ktoe földgázfogyasztás társult.

A települések jövedelemfelhasználásának egy részét az energiaköltség teszi ki, amelynek

kifizetése nem a régióban, sőt gyakran nem is az adott országban teremt tőkét. A jövedelmek megőrzésére és az erőforrások hatékony felhasználására szükséges figyelemmel lenni. Jelenleg a Terület- és Településfejlesztési Operatív Program (TOP) III. és IV. prioritása 187 Mrd Ft támogatást biztosít önkormányzatok energetikai célú beavatkozásainak ösztönzésére. A rendelkezésre álló forrás összege racionális és a végrehajtható fejlesztésekkel arányosnak tekinthető, amire a szektor 70 milliárd Ft nagyságrendű éves energetikai költségéből következtetni lehet. Remélhetőleg tizenöt év alatti átlagos megtérüléssel számoló projektek megvalósításával ez a költség 55–60 milliárd Ft körüli összegre lesz csökkenthető 2020-ig. Így 10–15 milliárd Ft/év új forrás teremthető 2020-ig az önkormányzatoknál.

Innováció és kutatásfejlesztés esetén sokan a dicső múltat és a küzdelmes jelent látják. A múltbeli értékeink mellett a jelenben a kutatói aktivitás és a kutatói forrasszerzés ezen a területen is elmarad mind a rövid, mind a hosszú távú lehetőségektől. Lenne mire, és kellene is építkezni. A napenergia hasznosításához kapcsolódó kutatási-fejlesztési terület számos kutatói és fejlesztési kihívással szembeül. Ez lehetővé teszi a hazai K+F+I megerősítését és a nemzeti hozzáadott érték arányának növekedését a megvalósulásokban.

A napenergia, illetve a megújuló energia hasznosításának járulékos hatása az egyre kisebb fogyasztói igények mellett a fosszilis energiahordozók árcsökkenésében jelentkező rezicsökkenés. Ugyanakkor az energiaköltségek csökkenésével az ellátó rendszerek fenntartásának és fejlesztésének igénye is nagyobb súllyal jelentkezik. Egyre kevésbé az energiát, és egyre inkább az ellátásbiztonságot, a garantált kapacitásokat kell valójában meg-

fizetni. A nem fejlesztők átmenetileg így kedvezőbb helyzetbe kerülhetnek, de az ellátásbiztonságuk szintjének megőrzése egyre nagyobb kihívás.

A napenergia-hasznosítás környezetvédelmi szempontból nagyon kedvező, például az esetleges tisztításon kívül nem igényel vízhasználatot, de városi környezetben sokkal fontosabb, hogy nem tartozik hozzá helyi károsanyag-kibocsátás. Az elektromobilitás és a kémény nélküli települések léte ma már műszaki realitás.

Az energiatermelés és -fogyasztás, valamint az egészségmegőrzés közötti szoros kapcsolatra érdemes volna jobban koncentrálni az energiapolitika stratégiai tervezésénél. Nemcsak a megtérülő költségvetési források, hanem az emberi életminőség és biztonság védelme érdekében is.

A decentralizált, helyi szintű kis energiatermelés egyben lehetőség a közösségi élményre, erősíti a társadalmi kohéziót, és együttműködésre ösztönözhet. A napenergiás rendszerek fejlesztése és fenntartása, legyen szó akár népi „sörkollektorról” vagy akár csak kis részben napelemmel táplált elektromos kerékpárról, alkalmas a közösségi élményteremtésre.

Összességében tehát a klímaváltozás elleni vállalások teljesítése közben egyéb pozitív hatásokkal és integrációs kihívásokkal lehet és kell számolni. Ezek a hatások modellezhetők és optimalizálhatók.

A 2010-ben készített NEHCST (Nemzeti Megújuló Energiahasznosítás Cselekvési Terv) analitikus elemzéseken és numerikus optimalizációs módszertanon alapult. A HUNRES-módszertan a doktori munkám részeként és a PYLON Kft. megbízásából közös munkával született, amelynek során lehetőségem volt a technológiai szintekre lebontott célok környezetvédelmi, társadalmi

és gazdasági optimalizálási eljárását kidolgozni és a gyakorlatban tesztelni. A módszer az eredeti alkalmazáson túl alkalmas lehet akár nemzetközi szinten, akár helyi szintű lehetőségek közötti célportfóliók rögzítésére. A következőkben a módszer alapjait szemléltetem.

Az értékelés alapja a piacképes megújulóenergia-technológiák főbb energetikai, gazdasági és társadalmi jellemzőinek feltérképezése és sorba rendezése. A kiindulást alapvetően három különböző szempont szerinti rangsor felállítása jelenti:

Az előállított megújulóenergia-alapú végző energia teljes fajlagos költsége alapján képzett rangsorolás. A technológiák költségeinek értékelése a Bécsi Egyetem által vezetett és az Európai Bizottság Kutatási Főigazgatósága (DG Research) által támogatott konzorcium által kifejlesztett GREEN-X módszer szerint történt. A módszer leírása és kapcsolódó tanulmányai a GREEN-X honlapján érhetők el (URL).

A kedvező társadalmi hatások (főként helyi munkahelyteremtés, a jövedelem régióban tartása, nemzeti hozzáadott érték) eltérések, így a technológiák társadalmi szempontból is rangsorolhatók.

Az eltérő mértékű környezetvédelmi hatások (üvegházgáz [ÜHG]-emisszió, vízhasználat stb.) értékelése alapján újabb egy szempontú rangsor készíthető.

A célértékek ismeretében a három rangsorból három extrém technológiai portfólió-változat állítható elő, amelyek a legkisebb költséggel előállított energia, a legkedvezőbb társadalmi hatások, illetve a legjobb környezetvédelmi hatások alapján az analitikusan meghatározott legjobb technológiák halmaza tartalmazzák.

Az NEHCST kialakítása során 2010-ben harmincnégyféle megújuló energiát hasz-

nosító technológia részletes szakértői értékelésére került sor (Unk, 2010). Napelem-hasznosítással kapcsolatosan három-három kategóriát alakítottak ki a hálózathoz integrált rendszerek esetében (20 kW_p alatti, jellemzően épületeken létrehozott rendszerek, 20 kW_p-1 MW_p közötti rendszerek és az 1 MW_p fölötti rendszerek), illetve az autonóm rendszerek (kis teljesítményű igény, önálló háztartások, illetve gazdálkodási igényeket is kielégítő szél-PV hibrid rendszer).

A technológiákra lebontott javasolt optimumok meghatározásához a három extrém változat numerikus kombinációjával generált cselekvési tervek kerültek kidolgozásra és eredményindikátorok szerinti súlyozott értékelésre. A változatok kombinálásához öt bemeneti paraméter változtatására volt szükség.

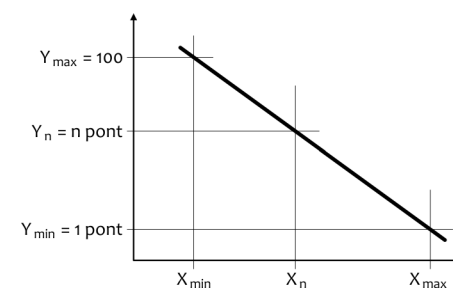
A kombinációk eredménye olyan mátrix formában írható fel, amelynek minden egyes eleme egy-egy technológiához rendelt célértéket jelöl. A kidolgozott módszer előnye, hogy a kombinációt meghatározó paraméterek mint inputindikátorok szabad változtatásával numerikus módszerrel nagyszámú optimalizált eredménymátrix képezhető. A célszerűen megválasztott eredményindikátorok alapján a változatok értékelhetők és rangsorolhatók. Az NEHCST megalapozásához a bemutatott numerikus kombinációval a célérték teljesítésére alkalmas különböző cselekvési tervek nyolcvannégy változata készült el. A változatok értékelésénél az eredményindikátorok a következők voltak:

- Összes támogatás igény 2011 és 2020 között;
- Üzemeltetési támogatást biztosító éves pénzügyi költségvetési keret várható állománya 2020-ban;
- Munkahelyteremtés 2011 és 2020 között;
- ÜHG-megtakarítás 2011 és 2020 között.

Az értékelésükhöz minden változat esetében így rendelkezésre állt az egyes technológiákra lebontott célérték (teljesítmény, energiatermelés, illetve darabszám mennyiségekben), valamint a megvalósításuk esetére modellezett eredményindikátorok. Az optimális javasolható változások kiválasztására így hasonló matematikai módszert követtem, mint amely egy közbeszerzési pályázat ajánlatainak értékelése esetén elfogadott:

- Kizáró, nem megfelelési kritériumok rögzítése az eredményindikátorok esetében;
- Az eredményindikátorok súlyozásával a minimumfeltételeket teljesítő változatok rangsorolása.

A minimumfeltételeket az NEHCST megalapozásánál a modellezett beruházási költség-igény legmagasabb elfogadható értéke és a várhatóan teremthető munkahelyek legalacsonyabb száma jelentette, valamint a megújuló alapú villamosenergia-termelés esetén az elért legalacsonyabb és a megengedett legmagasabb értékre is előírásra került kizáró kritérium. A 84 változathoz 38 teljesítette a feltételeket. Ez utóbbiakra a pontozás módszertanát a 2. ábra szemlélteti. Az ábrának megfelelően a legalacsonyabb érték 100 pont, a legmagasabb 1 pont. Köztes értékek esetén a pontszám az ábra szerint kijelölt egyenesre illeszkedik:



2. ábra • Pontozás szemléltetése, ha a legalacsonyabb érték a legkedvezőbb

$$Y_n = \frac{(X_{max} - X_n)(Y_{max} - Y_{min})}{(X_{max} - X_{min})} + Y_{min}$$

A munkahelyteremtés és az ÜHG-kibocsátás-csökkentési indikátorok esetében a 100 pont viszont a legmagasabb érték eléréséért járt, míg a legalacsonyabb értékért 1 pont járt. A köztes érték ebben az esetben is a kijelölt egyenesre illeszkedik:

$$Y_n = \frac{(X_n - X_{min})(Y_{max} - Y_{min})}{(X_{max} - X_{min})} + Y_{min}$$

A pontozás eredményeként a kizáró feltételeknek megfelelő cselekvési tervekhez mind a négy eredményindikátorhoz értékelési pontszám rendelhető. Az optimum megállapításához az egyes eredményindikátorok fontosságának mérlegelésével a döntési súlyszámok megadásával lehet meghatározni a peremfeltételeket. A kutatás eredményeképpen kidolgozott módszertan szerint az optimumkeresés paraméterei a következők:

- A keresés célértéke, azaz annak eldöntése, hogy milyen mértékű energiatermelésre szükséges az optimális technológiai mixet előállítani.
- Döntés arról, milyen támogatástípusok vállalhatók az egyes technológiasoportok esetén.
- Kizáró minimumfeltételek meghatározása.
- Az értékelendő eredményindikátorok meghatározása és ezek döntésben meghozott fontossága (súlyozás).

IRODALOM

Áder János köztársasági elnök beszéde a *Közös otthonunk a teremtett világ* című konferencián az Országházban, 2015. 09. 29. • <http://tinyurl.com/mey865n>
 Bella Szabolcs - Németh Ákos - Nagy Zoltán - Major György (2006): Napenergia, mint megújuló energiaforrás - magyarországi lehetőségek. In: Dobi Ildikó (szerk.): *Magyarországi szél és napenergia kutatás*

Fenti döntések mellett szükséges az egyes megújulóenergia-technológiák azonosítása, majd a potenciálok és a műszaki, gazdasági, társadalmi, környezetvédelmi jellemzők szakértői feltérképezése. Fentiek megléte esetén a kidolgozott numerikus optimumkeresési eljárás jól alkalmazható. Az NEHCST esetében így 2010-ben a döntési javaslatként felterjesztett legjobb öt változattól egyet fogadtak el.

Össességében a prioritások meghatározása a döntéshozók feladata. A prioritásokhoz illeszkedő és választási lehetőségeket is felkínáló javaslatok kidolgozása viszont a szakértőké, ami objektív módon is biztosítható.

A társadalmi és a környezetvédelmi hatások figyelembevétele a költségvetési hatások mellett természetesen csak lehetőség. Azonban ha nem számolunk, és célzottan nem fókuszálunk a kapcsolódó lehetőségekre, akkor a klímavédelmi vállalások teljesítése öncélúvá válhat. Öncélú fejlődés esetén pedig arra a kérdésre, hogy miért is szükséges motiválni, segíteni a napenergia hasznosítását, hamis válaszok, részgazságok szülehetnek. Például megszokásból? Mert ezt várja az EU, erre ad pénzt? EU-kötelezettségeket kell teljesíteni? Etikus? Valójában az energiapiaci árakban el nem ismert komplex hatásait tekintve létező és akár matematikailag is igazolható nemzeti érdekek miatt.

Kulcsszavak: *napenergia, cselekvési terv, fenntarthatóság, optimalizálás, externáliák*

eredményei. Budapest: Országos Meteorológiai Szolgálat, 127-134. • www.levegokornyezet.hu/U/K/kutatas.pdf

Farkas István (2003): Napenergia a mezőgazdaságban. Budapest: Mezőgazda Kiadó

International Energy Agency (2014): *World Energy Outlook 2014*. Paris: OECD/IEA • <http://www.worldenergyoutlook.org/weo2014/>

International Energy Agency (2015): *Energy and Climate Change 2015*. Paris: OECD/IEA • <http://tinyurl.com/z2xooopg>

Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési terve 2010–2020. • <http://tinyurl.com/lcnjv8t>

Szabó Zsolt (2016): *A megújuló energia termelés Magyarországon*. A megújuló villamosenergia-támogatási rendszer (METÁR) jövőbeni keretei Magyarországon konferencia, Budapest, 2016. június 9.

Unk Jánosné (szerk.) (2010): *Magyarország 2020-as megújuló energiahasznosítási kötelezettségvállalásának teljesítési ütemterv javaslata*. C kötet. Műszaki-gazdaságossági megújuló energiaforrás potenciál vizsgálata. A Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Tervvel (NCST) kapcsolatos MEKH háttér tanulmányok. • <http://tinyurl.com/lzk44qz>
 URL: <http://www.green-x.at>



NAPHŐERŐMŰVEK

Gács Iván Mayer Martin János

a műszaki tudomány kandidátusa,
BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék
gacsivan@upcm.hu

PhD-hallgató,
BME Gépészmérnöki Kar
mayer.martinj@gmail.com

Bevezetés

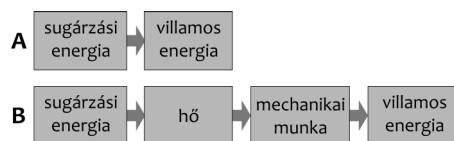
A Naptól érkező sugárzás energiájának villamosenergia-termelésre használatára jelenleg két módot ismerünk: az egyik – napjainkban inkább elterjedt – mód a közvetlen villamos energiává alakítás a fotovillamos (PV) effektus révén, a másik egy többlépcsős energiaátalakítás (1. ábra). Ez utóbbi első lépcsője a sugárzás befogásával valamilyen közeg felmelegítése, majd ezt követi a hő mechanikai munkává, azután villamos energiává alakítása. Az ilyen többlépcsős átalakítással működő berendezések a *naphőerőművek*.

Mi lehet vonzó a sokkal több elemet tartalmazó, ezért drágább naphőerőművekben? Egyértelműen a hőtárolás lehetősége. A PV-átalakítás legnagyobb hátránya, hogy semmilyen tárolási lehetőséget nem tartalmaz, ezért a hasznos teljesítmény késleltetés és tompítás nélkül követi a besugárzás változásait. Ezzel szemben a hő másodperces-perces skálán a hőtehetetlenség következtében automatikusan kiegyenlíti az ingadozásokat, órás skálán pedig hőtároló beépítésével oldható meg az energia tárolása és igény szerinti felhasználása. Ez lehetővé teszi a kihasználási tényező növelését és a villamosenergia-igény alakulásához jobban alkalmazkodó üzemmenet megvalósítását. A naphőerőmű így a villamosenergia-rendszer sokkal értékesebb elemévé válik.

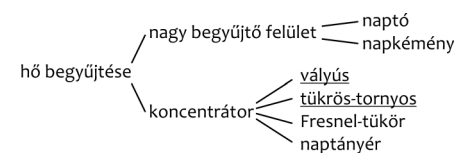
A naphőerőművek típusai

Mind a hő begyűjtése, mind a hő mechanikai munkává alakítása különböző eljárásokkal valósítható meg. Ebből adódóan többféle eljárást dolgoztak és próbáltak ki (2. ábra). Ezek egy része csak a kis teljesítményű demonstrációs projektekig jutott, míg az ábrában aláhúzással jelölt típusok lényegében bevált konstrukciók, ezekkel foglalkozunk részletesebben.

A koncentrátoros hőbegyűjtés lényege, hogy nagy felületre beérkező direkt sugárzást tükrökkel egy nagyságrendekkel kisebb felületű hőfelfogó ernyőre koncentrálják, ahol a



1. ábra • A sugárzási energia villamos energiává alakításának két lehetősége A.) fotovillamos átalakítás B.) naphőerőmű



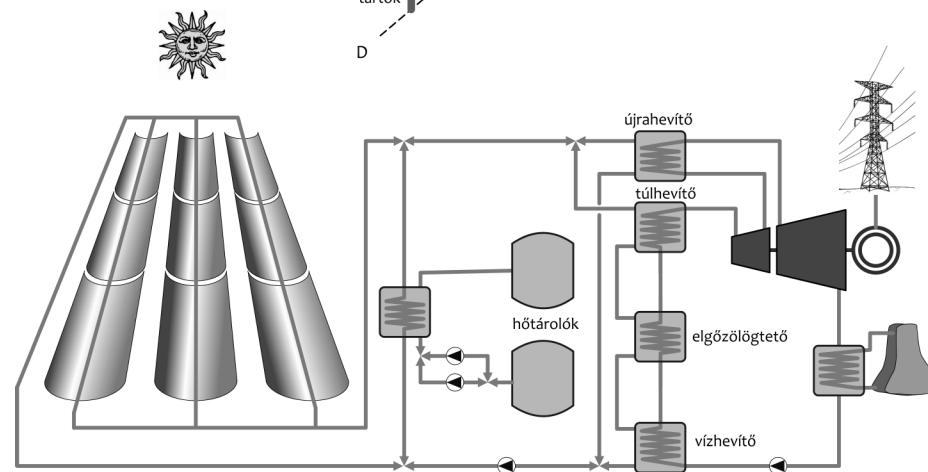
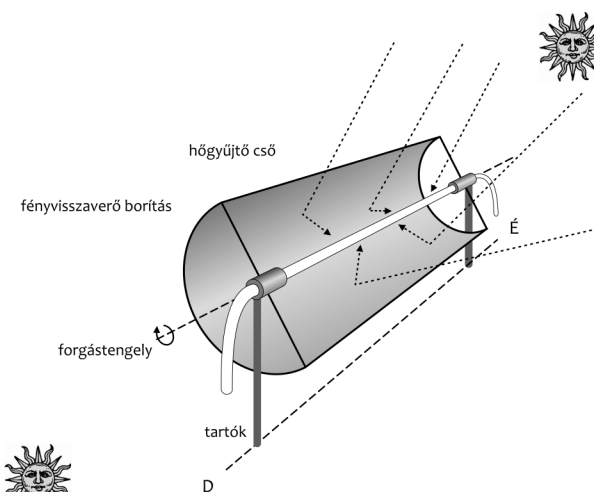
2. ábra • Naphőerőművek konstrukciós megoldásai

kis hőleadó felületen fellépő kisebb hővesztés magasabb hőmérséklet elérését teszi lehetővé. Az így létrehozott magas hőmérsékletű munkaközeg vagy közvetítőközeg hőtartalma hagyományos gőzkörnyezetben hasznosítható. A szórt sugárzást a koncentrátoros hőbegyűjtés nem tudja hasznosítani.

Parabolavályús naphőerőművek

A parabolavályú a fókuszában futó hőgyűjtő csőre tükrözi a beeső fényt, amelyben felmelegszik a közvetítő közeg, az pedig a vízgőz munkaközegnek adja át a hőt, amely egy

hagyományos körfolyamatban állít elő hasznos munkát (3. ábra). A közvetítő közeg körében helyezik el a hőtároló(ka)t. Az ábrán egy kéttartályos, párhuzamos kapcsolású hőtároló látható, de a tárolás történhet soros kapcsolású tartályokban is, és létezik egy tartályos, Marguerre-rendszerű megoldás is. A parabolavályú egydimenziós koncentrációt valósít meg. Az elérhető koncentrációfok (a tükrőfelület és a hőgyűjtő felületének aránya) 50 és 100 közötti értéket érhet el, ezzel gazdaságosan a közvetítő közeg (általában termoolaj) 350–400 °C hőmérséklete érhető el.



3. ábra • A parabolavályú és a parabolavályús erőmű hőtárolóval

A hőmérséklet-tartománynak megfelelően mérsékelt gőzparaméterek alkalmazhatók, általában 40–100 bar nyomás és 320–380 °C gőzhőmérséklet. Ez körülbelül a XX. század második negyedére jellemző erőművi paramétereknek felel meg.

A parabolavályúik a Nap járásának követésére elforgathatók. A legkedvezőbb elrendezés, ha a vályúik tengelye észak-dél irányú.

A párhuzamosan elhelyezett vályúik távolságának növelése nagyobb területigénnyel jár, és több csővezeték teszt szükségessé, míg kis távolság esetén a reggeli és esti időszakban nagyobb árnyékot vetnek egymásra.

Ebbe a típusba tartozik a világ első jelentős naphőerőműve, a kaliforniai Solar Energy Generating System (SEGS), amelynek kilenc egysége, egyenként 30–80 MW teljesítőképességgel 1984 és 1990 között került üzembe. A parabolacsatornák teljes hossza 369 km, az elfoglalt terület kb. 6,5 km². Az összességében 394 MW bruttó és 354 MW nettó teljesítőképességű erőmű évente átlagosan 600 GWh villamos energiát termel napenergiából, de földgázzal is képes működni. Több mint két évtizedig a világ legnagyobb naperőműve volt.

Arizonában 2013–2014-ben helyezték üzembe a szintén parabolavályús Solana naperőművet két 140 MW-os (nettó 125 MW) egységgel és hatóránnyi tárolásra alkalmas sóolvadékossal. A tervezett évi termelése 944 GWh, de az első teljes üzemében, 2015-ben csak 720 GWh-t termelt.

Hasonló, kétszer 140 MW-os erőmű épült Kaliforniában is a SEGS szomszédságában, a Mojave Solar Project. A tervek szerint 28%-os kihasználási tényezőt fog elérni, így 617 GWh évi termelést várnak el tőle. Mindkét új erőműnél csak napenergiából terveznek villamosenergia-termelést, a beépített gázkazánok csak fagyvédelmi célokat szolgálnak.

Dél-Spanyolországban sorozatban épülnek az 50 MW-os egységekből összeállított 100 és 150 MW-os naphőerőmű-telepek. Jelenlegi összes kapacitásuk 550 MW. A 7,5 órányi üzemre elegendő hőtároló kapacitással épülő erőművek tervezett kihasználási tényezője 37–38%. A fejlődés az utóbbi években a támogatási rendszer drasztikus átalakulása miatt jelentősen lelassult.

Tornyos naphőerőművek

A hőgyűjtő felületet egy tükrözmező közepén vagy szélén álló magas (általában 100 méternél magasabb) toronyban helyezik el. A több tengely mentén mozgatható tükrök verik vissza a beeső sugárzást a hőfelfogóra (4. ábra). A kétdimenziós koncentrálnak megfelelően a koncentrációfok ennél a megoldásnál már jóval meghaladhatja a százat, ebből adódóan 500–800 °C is elérhető. Emiatt itt már nem alkalmazható termoolaj hőközvetítő közegként, mert annak hőmérséklettűrése ennél alacsonyabb. Általában sóolvadékokat hasz-



4. ábra • Tornyos naphőerőmű

nálnak, leggyakrabban kálium- vagy nátrium-nitrátot, vagy a kettő keverékét.

A hőtárolókat, a gőzfejlesztőt, turbinát és villamos berendezéseket a torony mellett a talajszinten helyezik el. A gőzkörfolyamati paraméterek közelítik a korszerű, de szubkritikus hagyományos erőművekéit, többnyire 100–160 bar körüli frissgőznyomást és 500–565 °C gőzhőmérsékletet alkalmaznak újrahevítéssel körfolyamatban.

A tükrök legnagyobb ellensége a szél. Erős szélben a tükröket vízszintesbe kell állítani a szélnyomás csökkentése érdekében, mégpedig a tükröfelülettel lefelé, hogy a szél által hordott homok kevésbé károsítsa a tükröző felületet, annak elmatulása ugyanis lényegesen csökkenti a hőbegyűjtés hatékonyságát.

Az első, kísérleti tornyos naphőerőműveket 10 és 20 MW-os méretben építették. Az USA-ban a *Solar One* és *Solar Two* Kaliforniában (1982 és 1995), ill. Spanyolországban a PS10 és PS20 Sevilla közelében (2007, 2009).

A 19,9 MW teljesítményű Gemasolar naphőerőmű 2011-ben létesült Spanyolországban. Nagyméretű, 15 órás sóolvadékossal, két-tartályos hőtárolója van, ami éves átlagban 110 GWh villamos energia megtermelését teszi lehetővé. Ez 63%-os kihasználási ténye-

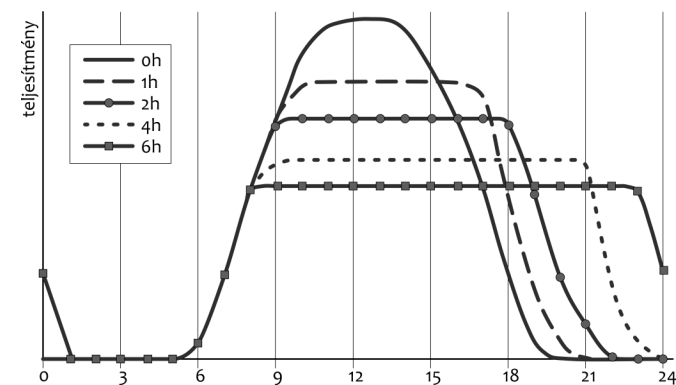
zőnek felel meg, ami kiemelkedően magas érték egy naperőmű esetén.

A jelenlegi legnagyobb teljesítményű naphőerőmű, az Ivanpah (Kalifornia) is naptornyos. Érdekessége, hogy a tornyokban sóolvadék használata nélkül direkt gőzfejlesztést valósítanak meg. A három egysége összesen 392 MW bruttó és 377 MW nettó teljesítményt képvisel. A 2014. évi energiatermelési eredmények jóval a várakozások alatt maradtak, de 2015-ben számos kezdeti hiba kijavításának hatására sikerült megközelíteni a tervezett 28,5%-os kihasználási tényezőt.

A hőtárolás szerepe

A hőtárolás szerepe az, hogy az erőmű ne csak addig tudjon villamos energiát szolgáltatni, amíg süt a nap, hanem azután is. A tároló méretét avval az időtartammal jellemzik, amennyi maximális teljesítményű üzemidőhöz elegendő a tárolt hő. A felhasználható hőmennyiség és a termelhető villamos energia lehetséges időbeli átcsoportosítását az 5. ábra mutatja különböző tárolóméretekre.

Látható, hogy minél nagyobb a tároló mérete (a tárolási idő), annál egyenletesebbé tehető a termelés, de az elérhető maximális teljesítmény annál alacsonyabbra csökken. 6



5. ábra • A teljesítmény napi alakulása különböző tárolási idők esetén

óra tárolási idő esetén a maximális teljesítmény a felére csökken a tároló nélküli esethez képest.

Az akkumulátoros vagy akár a szivattyús tározós energiatárolásra is jellemző, hogy a tárolás veszteségei miatt csökken az erőmű által értékesített villamos energia mennyisége. Hasonló veszteség hőtárolás esetén is jelentkezik, a nagyméretű tárolótartályból adódó kis fajlagos felület miatt azonban a környezetbe távozó hő mennyisége szinte elhanyagolható. A tárolás hatására az erőmű teljesítménye az év nagyobb részében állandó, így lecsökken az indítások és leállítások száma, valamint a rosszabb hatásfokú részterhelésű állapotban töltött idő, ezáltal nő az erőmű éves átlagos hatásfoka. Emiatt még a veszteségek ellenére is több energia értékesítését teszi lehetővé a hőtároló kiépítése, ami egyedülálló más tárolási módokhoz képest.

A tárolt hőmennyiséget az erőművi körfolyamat hatásfoka is befolyásolja. Tornyos erőműben a kedvezőbb gőzparaméterekből fakadó jobb hatásfok miatt kisebb hőteljesítmény kell az erőmű névleges teljesítményű működtetéséhez a parabolavályús erőműhöz képest, így azonos tárolási idő eléréséhez kevesebb hő tárolása is elegendő.

A hőtároló általában két tartályból áll, az egyikben magasabb, a másikban alacsonyabb hőmérsékletű közeggel. A hő eltárolása esetén a hideg tartályban található közeget felmelegítve a meleg tartályba juttatják, kitérítés esetén pedig a meleg tartályból a közeg hőtartalmának egy részét leadva a hideg tartályba jut.

A tárolt közeg szükséges tömegét a tárolt hőmennyiség, a fajhő, valamint a tartályok közti hőmérséklet-különbség határozza meg. Naptornyos erőművek esetén a meleg tartály jellemző hőmérséklete $565\text{ }^\circ\text{C}$, a hideg pedig $300\text{ }^\circ\text{C}$, parabolavályús erőmű esetén ezek az értékek rendre $390\text{ }^\circ\text{C}$ és $300\text{ }^\circ\text{C}$. Tornyos erő-

művekben a háromszoros hőmérséklet-különbség miatt azonos hőmennyiséget harmadakkora hőkapacitású, így megközelítőleg harmadakkora tömegű közeg tárolására és harmadakkora térfogatú tartályokra van szükség, ami alacsonyabb költségeket eredményez.

Naptornyos erőművekben általában a tároló és a közvetítő közeg egyaránt sóoldadék, így a tartályok soros kapcsolása is kialakítható. Parabolavályús naphőerőműben a közvetítő közeg termoolaj, ami azonban drága, így tárolásra ebben az esetben is a jóval olcsóbb sóoldadékot használják. Az eltérő közegek miatt csak a 3. ábrán is látható párhuzamos kapcsolású tárolóra van lehetőség egy hőcserélő közbeiktatásával. A hőátadáshoz szükséges hőfokrés miatt ilyenkor csak alacsonyabb hőmérsékleten van lehetőség a hő kitérítésére, mint amilyen hőmérsékleten a betárolás történt, ami minőségi veszteséget jelent.

A hőtárolás tornyos erőművekben tehát sok szempontból előnyösebb és olcsóbb a parabolavályús erőműhöz képest, nem véletlen tehát, hogy a leghosszabb tárolási idővel bíró Gemasolar erőmű is naptornyos. A tárolásból származó előnyök azonban még a parabolavályús erőművek esetében jelentkező magasabb költségek mellett is gazdaságossá teszik a tároló kialakítását.

Direkt gőzfejlesztéssel működő erőművekben közvetítő közeg hiányában Marguerre-gőztároló segítségével történhet a tárolás, amelyben a hőt nagy nyomáson tartott telített víz formájában tárolják. Magas költségei miatt ilyen módszerrel ritka a 15–30 percnél hosszabb tárolási idő, de gyakran teljesen kihagyják a tárolót az ilyen erőművekből. Erre példa az Ivanpah naphőerőmű. A direkt gőzfejlesztés tehát hiába jár alacsonyabb fajlagos beruházási költséggel, a tárolás nehézsége miatt jövőbeli elterjedése nem valószínű.

A termelt energia mennyiségét és így a várható bevételeket alapvetően a kollektorok és tükrök mennyisége határozza meg. Egy erőmű tárolóval történő ellátása csökkenti a névleges teljesítményt, így nő a fajlagos beruházási költség, ez azonban nem rontja a megtérülést, mivel ezzel együtt a kihasználási tényező is nő. A teljes beruházási költség nem változik jelentősen, mivel a tároló kiépítésének költségét részben kompenzálja a kisebb körfolyamatból adódó megtakarítás. A termelt energia mennyiségének növekedése miatt azonban ennek ellenére sem változik jelentősen az egységnyi villamos energia termelési költsége. A hőtárolásból adódó szabályozhatóság a villamosenergia-rendszer számára sokkal értékesebbé teszi az erőművet.

Gazdasági adatok

Az utóbbi években az USA-ban és Spanyolországban létesült 100 MW-os vagy annál nagyobb naphőerőművek bruttó teljesítőképességre vetített fajlagos beruházási költségei 5600 és 7800 USD/MW között változtak. A spanyolok inkább a felső határ közelében mozogtak, a legalacsonyabb fajlagos beruházási költségű az Ivanpah volt. Azokban az országokban, ahol most épülnek az első ilyen erőművek (Marokkó, Dél-Afrikai Köztársaság), a fajlagos beruházási költségek értelemszerűen magasabbak.

A REN21 kiadványban (Renewables, 2016) szereplő súlyozott átlag beruházási költség Észak-Amerikára 6794 USD/MW, Európára 8839 USD/MW. Az európai átlagát nyilván az emelte meg az általunk említettől sokkal magasabbra, hogy benne vannak a korábban igen drágán épített, és a kisebb egységek is.

A fajlagos beruházási költségek mindenképpen sokkal magasabbak, mint a PV-erőműveknél (a REN 21 szerint e két régióra

2365, illetve 1408 USD/MW). Azonban egészen más képet mutat az összehasonlítás, ha a tárolás hatását is figyelembe vevő egyenértékű változatokat vetünk össze. Egy 100 MW-os naphőerőmű hatórás tárolási idővel nagyjából egyenértékű egy kb. 295 MW-os PV-erőmű + 195 MW szivattyúzási teljesítményű szivattyús tározós erőmű együttesével. A 100 MW-os naphőerőmű kb. 333 GWh/év villamos energiát tud termelni (a spanyol naphőerőműveknél 37–41% kihasználással számolnak). A 295 MW-os PV-erőmű 1300 h/év kihasználás mellett közel 383 GWh/év-et állít elő. Ebből 100 MW teljesítménnyel a termelésből 130 GWh-t közvetlenül a hálózatra ad, a fennmaradó 253 GWh-t szivattyúzásra fordítja. Ebből a szivattyús tározás veszteségei után termelhető kb. 203 GWh. Vagyis mindkét verzió 130 GWh-t ad hálózatra napsütéshez kötött időszakban és 203 GWh-t az igények szerinti időszakra eltárolva.

A két egyenértékű változat beruházási költségei a következők:

- naphőerőműves változat: $100\text{ MW} \times 7600\text{ USD/kW} = 760\text{ millió USD}$ (a spanyol $2 \times 50\text{ MW}$ -os egységek fajlagos árával);
- fotovillamos erőműves változat a REN21 európai súlyozott átlagáraival: PV-erőmű: $295\text{ MW} \times 1408\text{ USD/kW} = 415\text{ millió USD}$;
- vízerőmű: $195\text{ MW} \times 1790\text{ USD/kW} = 349\text{ millió USD}$;
- összesen: 764 millió USD.

Azaz a két változat gyakorlatilag azonos költségű, a megoldások közötti eltérés bőven számítási hibán belül van. Kérdés csak: melyikben nagyobb az árcsökkenési potenciál.

A beépített teljesítőképességek alakulása

A naphőerőművek világszintű beépített teljesítményének alakulása a 6. ábrán látható. 2006-tól kezdve dinamikus fejlődésnek in-

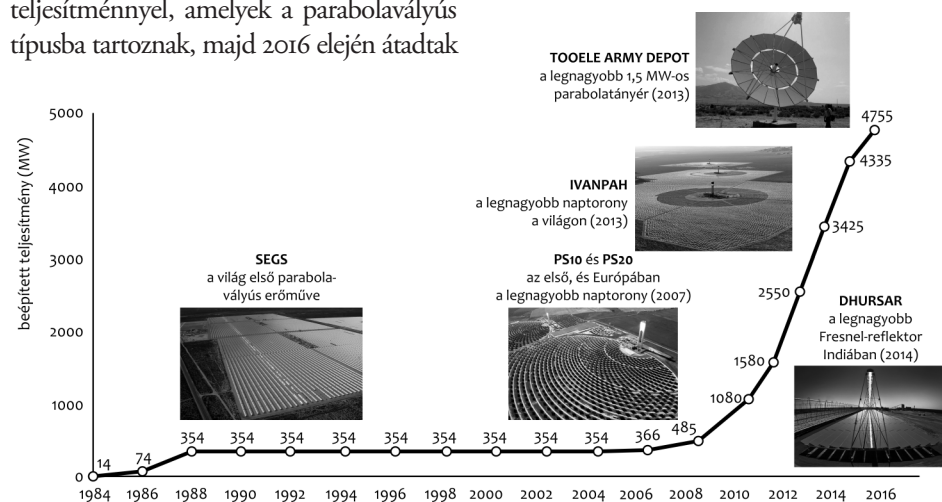
dult a technológia. A fejlődés egyik hajtómotorja a spanyolországi megújuló támogatási rendszer volt, gazdaságossá téve a naphőerőművek létesítését. 2014 végéig összesen mintegy 2,3 GW teljesítményű naphőerőmű épült Spanyolországban, amellyel mai napig első helyen áll a világban. 2014-ben azonban a támogatási rendszer átalakítása miatt leállt a spanyolországi naphőerőmű-épitési hullám. A technológia másik jelentős piaca az USA 1,7 GW beépített teljesítménnyel, de 2016-ban, részben az alacsony gázárak hatására itt megtorpant a fejlődés.

2015-ben három országban adtak át naphőerőműveket, amelyek közül az USA a 110 MW-os Crescent Dunes tornyos erőművel csak a harmadik helyet szerezte meg. A legnagyobb fejlődés Marokkóban volt a 160 MW-os Noor I parabolaválvús erőművel, amely csak az első fázisa volt a 2018-ig 500 MW összteljesítmény kiépítésére irányuló programnak, így a közeljövőben is dinamikus fejlődés várható az országban. Szintén 2015-ben épült fel a Dél-Afrikai Köztársaság első két naphőerőműve összesen 150 MW teljesítménnyel, amelyek a parabolaválvús típusba tartoznak, majd 2016 elején átadtak

egy további 50 MW-os naptornyot is. Jelenleg három naphőerőművet építenek, amelyek a tervek szerint 2018-ra további 300 MW-tal növelik az ország naphőerőmű-kapacitását.

2015 tehát fordulópont volt a naphőerőművi technológia történetében; a korábban domináns spanyol és észak-amerikai fejlődés megtorpanásával egyidejűleg kinyílt a piac, és egyre több ország érdeklődik a technológia iránt. Marokkó és a Dél-Afrikai Köztársaság mellett jelenleg Izraelben, Chilében, Indiában és Kínában is épülnek 50 MW feletti új naphőerőművek. Egyedül Kína 5–10 GW naphőerőművi kapacitás kiépítését tűzte ki célul 2020-ig, ami teljesülése esetén igen jelentős költségsökkenést is maga után vonhat. Legambiciózusabbak mégis Szaúd-Arábia tervei: 2032-ig 25 GW naphőerőmű-kapacitás kiépítésével számolnak, részben tenger-víz-sótalanító üzemek ellátásának céljából.

Az újonnan épülő erőművek szinte mind egyike tartalmaz valamilyen formájú hőtárolót. A tárolás lehetősége tehát mindenhol a technológia egyik legfontosabb előnye.



6. ábra • Naphőerőművek beépített teljesítőképességének alakulása

Európa érdekeltsége

A naphőerőművi technológia tehát világszinten dinamikusan bővül, kérdés azonban, hogy hazánkban és Európában milyen szerepe lesz a jövőben. A koncentrátoros naphőerőművek csak a direkt napsugárzást tudják hasznosítani, a szórt sugárzást nem. Az ilyen erőművek számára tehát a sivatagos területek a legalkalmasabbak, ahol egész évben jelentős a napsugárzás, és csak ritkán kell felhőzettel számolni. Ezek a sivatagos területek főként a téritők mentén terülnek el, de már Dél-Európa adottságai is megfelelőek. Alacsonyabb szélességi körökön az évszakos ingadozás kisebb, így az erőművek egész éves kiegyenlített termelése is könnyebben biztosítható.

Magyarország a borús időjárás miatt alapvetően nem kedvező a naphőerőművek számára. Dél-Spanyolországhoz képest ugyanaz a naphőerőmű éves szinten 35–40%-kal kevesebb energiát képes megtermelni, aminek oka az alacsonyabb sugárzás mellett a szórt sugárzás magasabb részaránya. Magyarországon télen gyakori, hogy megfelelő sugárzás hiányában akár több hétig sem képes hőt termelni az erőmű. Ilyenkor a sóolvadék befagyásának elkerülésére folyamatos gázfűtésre van szükség, ami tovább rontja az erőmű hatásfokát.

Dél-Európában már számos területen megfelelő a sugárzás a naphőerőművek gazdaságos létesítéséhez. Jelenleg a világ naphőerőmű-kapacitásának csaknem fele Dél-Spanyolországban található, de Dél-Olaszország és Görögország is alkalmas hely lehet naphőerőművek számára.

A közel-keleti és észak-afrikai (MENA – Middle-East and North-Africa) régió kiemelkedő napenergia-kapacitásának az európai villamosenergia-ellátásba történő bekapcsolását

célozza a DESERTEC-kon koncepció. Ennek alap gondolata, hogy a Föld sivatagaira hat óra alatt több energia érkezik be napsugárzás formájában, mint amennyi energiát az emberiség egy teljes év alatt felhasznál. Egy Magyarország méretű, egyébként kihasználatlan terület a Szaharában elegendő lenne az egész világ tiszta villamos energiával történő ellátásához. A koncepció kulcsa az EU és a MENA-régió villamosenergia-rendszerének összekapcsolása nagyfeszültségű egyenáramú hálózatok segítségével. A kellően nagy átviteli kapacitású összeköttetések lehetővé teszik, hogy minden területen az adottságokhoz legjobban illeszkedő energiatermelő technológiák alkalmazhatók. Ez Dél-Európában és a MENA-régióban főként naphőerőművek létesítését jelenti, Európa északabbi részein napelemes rendszereket, a tenger- és óceánparti területeken pedig szélerőműveket.

Az összekapcsolt rendszerben fontos kérdés a műszaki és politikai ellátásbiztonság. Az összekapcsolás műszakilag előnyös abból a szempontból, hogy az eltérő napi és évszakos meteorológiai paraméterek az EU és a MENA területén kiegyenlítetté tehetik a megújuló források energiatermelését. További előny lehet a diverzifikált import (a jelenlegi orosz földgázfüggőséggel szemben), ellenben a MENA több országának politikai instabilitása erőteljesen megkérdőjelezi a rendszer kiépíthetőségét és biztonságos fenntarthatóságát, legalábbis rövid távon.

Összefoglalás

A naphőerőművek közvetlen villamosenergia-átalakítást megvalósító rendszerek, amelyek legfőbb előnye a hőtárolás lehetőségéből adódik. Ilyen erőművekben akár 6–15 órás hőtárolás is gazdaságosan megvalósítható, ami szabályozhatóságot biztosít az erőműnek,

és a villamosenergia-rendszer számára jóval értékesebbé teszi azt. A koncentrátoros naphőerőművek két legelterjedtebb típusa a parabolaválvús és a naptornyos erőmű. A sugárzás koncentrációja miatt ezek az erőművek csak a direkt napsugárzást képesek hasznosítani, így a sivatagos területek a legalkalmasabbak az ilyen erőművek számára.

A világszintű beépített kapacitás dinamikus növekedése az elmúlt évtizedben bonta-

kozott ki, kezdetben szinte csak az USA-ban és Spanyolországban, mára azonban számos más ország is érdeklődik a technológia iránt. A naphőerőművek legnagyobb hátránya a magas beruházási költségük, ám a piac egyre nagyobb mértékű bővülése jelentős költségcsökkentési potenciált hordoz magában.

Kulcsszavak: *naphőerőmű, parabolaválvú, naptorony, hőtárolás, DESERTEC*

IRODALOM

Buzea Klaudia (2014): Naphőerőművek jelenlegi helyzete. *Magyar Energetika*. XXI, 3, 44–47.

Gács Iván (2012): Naphőerőművek. *Magyar Energetika*. XIX, 4, 8–12.

Mayer Martin János (2016): Naphőerőművek magyarországi lehetőségeinek modellalapú vizsgálata. *Magyar Energetika*. XXIII, 1, 42–47.

Renewables (2016): Global Status Report. (*REN 21*) Renewable Energy Policy Network for the 21st Century • <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>

URL1: <http://www.desertec.org/>

URL2: <http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/>



Tanulmány

AZ IMPAKTFAKTOR UTÁN – MI TÖRTÉNIK A HAZAI TUDOMÁNYOS KIBOCSÁTÁSSAL A SCIMAGO JOURNAL RANK BEVEZETÉSÉVEL? HATÁSOK AZ „IMPAKTFAKTOROS” PUBLIKÁCIÓK KÖRÉBEN

Soós Sándor

PhD, osztályvezető,

MTA Könyvtár és Információs Központ Tudománypolitikai és Tudományelemzési Osztály (TTO)

soos.sandor@konyvtar.mta.hu

Bevezetés

A hazai kutatásértékelési gyakorlatban a mai napig jelentős szerepet játszik a folyóirat-mérorszámok használata. Az elmúlt évtizedekben a közismert és sokáig egyeduralgó, a *Journal Citation Reports* által rendszeresen közzétett impaktfaktor (*Journal Impact Factor*¹) alkalmazása terjedt el az akadémiai szférában. A mérőszámot, illetve legtöbb alkalmazásá-

nak módját (például egyéni teljesítmény értékelésében, aggregáltan stb.) egyrészt sokrétű szakmai kritika övezi, másrészt azonban felhasználása szervesen beágyazódott a különböző döntéshozatali fórumok adminisztratív gyakorlatába (lásd az MTA doktori szabályzata(i)t vagy az OTKA bírálati rendszerét). Részben ennek tulajdonítható, hogy a Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT) működésében a közelmúltban bekövetkezett változás, amely az IF-szolgáltatást, pontosabban a közleményekhez tartozó impaktfaktor közzétételét érinti, szintén széles körű vitát váltott ki. A változás lényege, hogy az MTMT az impaktfaktort az ún. *SciMago Journal Rank* (SJR) mérőszámmal „helyettesítette” (abban az értelemben, hogy nyilvános felületén ezt teszi közzé). Az átállás egyik legfontosabb indoka, hogy az SJR nyíltan hozzáférhető mutató, míg az IF költséges licenchez kötött. A másik, ezzel összefüggő indok, hogy

¹ A *Journal Impact Factor* mérőszámot a (legutóbbi idő-
kig a) Thomson Reuters cég szolgáltatja (illetve szolgáltat-
tatta), a Web of Science (WoS) szolgáltatásköréhez
tartozó *Journal Citation Reports* adatbázison keresztül,
előfizetés ellenében. Ennek megfelelően a mutató a
JCR (nagyjából a WoS) folyóirattartalmára vonatko-
zik. A *SciMago Journal Rank* a *Scimago Research
Group* (illetve az Elsevier) által ingyenesen közzétett
mérőszám, amely az Elsevier által üzemeltetett *Scopus*
adatbázis folyóirataira vonatkozóan érhető el. Mint-
hogy a WoS-folyóiratok legnagyobb része a Scopus-
ban is szerepel, erre a körre mindkét mutató elérhető.

az SJR és az IF számos elméleti és technikai különbségük (eltérő mérési alapelv, eltérő adatbázisháttér) ellenére „elég” sok tekintetben egyenértékűnek mutatkoznak (lásd a következő szakaszt). Fontos további eleme az átállásnak, hogy a folyóiratok (ezen keresztül pedig a cikkek) SJR-értékük *szakterületi kategórián belüli rangsora* alapján négy, azonos méretű osztályba sorolva jelennek meg (mind a szolgáltatónál, mind az MTMT-ben), a rangsor felső 25%-ától kezdve a rangsor végén elhelyezkedő 25%-kal bezárólag. Ez az ún. *kvartilis-besorolás* (Q₁: legjobb 25%; Q₂: 25–50%; Q₃: 50–75%; Q₄: 75–100%) teszi lehetővé, legalábbis elvileg, hogy a különböző tudomány- és szakterületekhez tartozó folyóiratok és cikkek közvetlenül (vagyis a saját területükön elfoglalt pozíciójuk alapján) összemérhetőek legyenek.

Az átalakítást övező vita alapvető tényezője – az impaktfaktor-konzervativizmuson túl –, hogy az SJR bevezetése, de főként a fenti SJR-alapú kvartilisrendszer sok esetben a közlemények (folyóiratok) ártértékelődéséhez vezet, mind a korábbi, IF-alapú értékeléshez, mind pedig a szakmai közvélemény megítéléséhez képest. Ez az ártértékelődés továbbá eltérő mértékben érintheti az egyes kutatókat, szakterületeket, intézményeket stb. Az IF- és az SJR-rangsor „egyenértékűségéről” ugyan számos empirikus tanulmány számol be (vö. például Falagas et al., 2008; Leydesdorff, 2009; González-Pereira et al., 2010), ám ezek jellemzően a két mutató jellemezte *folyóiratpopulációra* vonatkoznak (vagyis rendre a Web of Science, illetve a Scopus metszetében lévő folyóiratokra, a WoS és a Scopus *közös* tartalmának egészére). Általános konklúziójuk, hogy a két mutató között igen magas a rangkorreláció, vagyis nagyon hasonló rangsort állítanak fel a folyóiratok között. Ha azonban

nem általánosságban tekintjük a két mutató viszonyát, hanem adott szakterületi profillal, publikációs szokásrendszerrel vagy stratégiával (vagyis folyóirat-használattal) bíró szereplők, így intézmények, csoportok, kutatók vonatkozásában, akkor az eltérések jelentősek lehetnek. A korreláció alacsonyabb aggregációs szinteken, például szakterületenként vagy más módon megállapított folyóiratcsoportonként korántsem azonos mértékű – az átállás tétje tehát különböző lehet az eltérő folyóiratprofillal jellemezhető szereplők számára (ezt illusztrálja az a hipotetikus extrém eset, ha valamely szereplő rendszeresen egyetlen folyóiratban publikál, amely éppen az SJR, illetve JIF által jelentős különbséggel rangsorolt kisebbséghez tartozik). Az ilyen eltérések mögött több tényező húzódik meg, de elsősorban a mutatószámok háttérében álló adatbázisok tartalmi-szerkezeti különbségei tartoznak ide, amelyek főként az SJR-hez kapcsolt (de az IF-hez is kapcsolható) *kvartilisrendszer* használatában nyilvánulnak meg. Az, hogy egy folyóirat milyen kvartilis-besorolást kap, nagyban függ – egyebek között – (1) a vonatkozó szakterület(ek) összetételétől és méretétől (a kategória definíciója és a folyóiratok kategórián belüli száma), (2) a folyóirathoz rendelt szakterületek számától és, ha ez egynél nagyobb, (3) attól, hogy melyik szakterületi kategóriát vesszük alapul a besoroláshoz. Az alapvető összemérhetőségi probléma, hogy a WoS és a SCOPUS eltérő méretű folyóirathalmazt indexel (ez önmagában is eltérő összetételű kategóriákat valószínűsít), valamint eltérő szakterületi kategória-rendszert és besorolásokat alkalmaz. Másképp fogalmazva: egy folyóiratnak erősen más lehet a kontextusa (referencialalmaz) az IF- vs. SJR-rangsor képzésekor, ami még akkor is nagy különbséghez vezethet, ha egyébként a két

adatbázis közös folyóiratainak sorrendjén a mérőszámcsere nem változtat. A kvartilisrendszer használata tehát, noha a szakterületi összemérhetőséget támogatja, így elviekben támogatható, jelentős körültekintést igényel.

Fentiek alapján adódik a kérdésfeltevés, hogy az adatbázisátadások és egyéni publikációs stratégiák együttesen milyen tényleges hatással bírnak a hazai kibocsátás SJR-alapú megítélésére nézve, különösen a korábbi, IF-alapú gyakorlathoz képest. Az alábbi vizsgálat keretében ezért egyrészt arra az alapkérdésre kerestük a választ, hogy változik-e a hazai (MTMT-ben jegyzett) kutatóhelyek összetélménye értékelési szempontból az SJR-rendszerben, és ha igen, miként és milyen mértékben. Másrészt: van-e e téren számottevő különbség az intézmények, szakterületek, impaktfaktor-kategóriák stb. között, vagyis az átállás következményei mennyire egyformán érintik a különböző szereplőket.

Adatok és módszerek

A hazai hatások vizsgálatához viszonylag hosszú időtávot (2007–2014), illetve az MTMT-ben regisztrált felsőoktatási intézmények és kutatóhelyek (egyetemek, főiskolák, MTA-hálózat) ezen időszakra vonatkozó összkibocsátását vontuk az elemzés körébe. A tényleges mintát az ide tartozó, a megjelenés évében impaktfaktorral jellemezhető folyóiratcikkek halmaza alkotta, tekintettel arra, hogy elsődleges kérdésünk az „impaktfaktoros” közlemények megítélésében bekövetkező potenciális változásra vonatkozott (lásd a következő szakaszt). További elemzés tárgya annak a mennyiségi előnynek a vizsgálata, amely az SJR használatából származhat pusztán azért, mert a SCOPUS-adatbázis jóval több folyóiratot indexel, mint a WoS – ezért az impaktfaktorral nem jellemezhető cikkek

egy része a (SCOPUS-alapú) SJR révén bekerül a folyóirat-alapú értékelés látókörébe.

Az átállás hatása legközvetlenebb módon az egyes közlemények rangjában bekövetkező változás számszerűsítésén, illetve ezen változások intézményi, szakterületi stb. aggregációján keresztül vizsgálható. Tekintve, hogy ezt a rangot mindkét mutató esetében az jellemzi, hogy a mérőszám képezte *szakterületi* rangsorban a közlő folyóirat milyen pozíciót foglal el, a rangváltozást a „mérőszámcsere” okozta, rangsoron belüli relatív elmozdulással definiáltuk. A konkrét eljárás az alábbi lépésekből állt:

(1) Minden impaktfaktoros közleményre vonatkozóan meghatároztuk annak *percentilis rangját* (PR-érték) az IF- és az SJR-mutató szerint egyaránt. A percentilis rang lényegében azt tükrözi, hogy a közlő folyóirat az adott szakterülethez tartozó folyóiratok mekkora hányadát (százalékát) előzi meg annak rangsoran belül. A referencia-rendszert, vagyis a tudományterületeket az alkalmazott mérőszámok alkalmazásának eredeti kontextusa határozta meg, vagyis az IF esetén a *Journal Citation Reports* folyóirat-kategorizációja, az SJR esetén pedig a SCOPUS-ban használt ASJC (All Science Journal Classification).

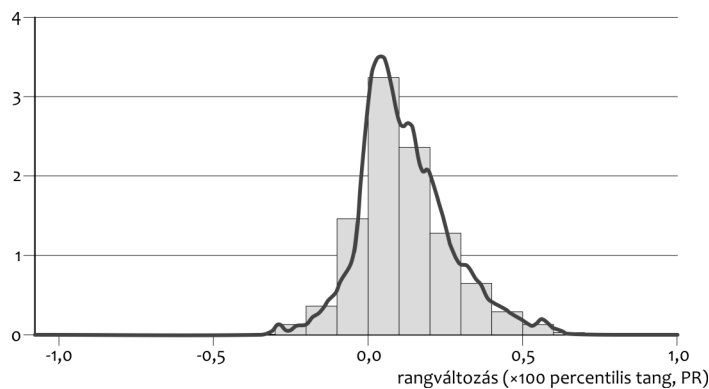
(2) Minden közleményre meghatároztuk az IF- és az SJR-mutatónak megfelelő PR-érték különbségét. Az eredmény egy $[-1, 1]$ tartományban mozgó szám, amely az elmozdulás percentilisekben mért nagyságát és irányát jelzi ($-100, +100$). Többszörös szakterületi besorolás esetén, amikor a „multidiszciplináris” folyóirat szakterülettől függően az IF és az SJR mentén is egyszerre több eltérő helyezést kaphat, azt a szakterületet vettük tekintetbe, ahol a folyóirat a legkedvezőbb besorolást kapta mind az IF, mind pedig az SJR-rangsor szerint. Ilyen módon egyfajta

best case scenario-t modelleztünk, vagyis hogy milyen képet kapunk, ha azokat az IF-hez, illetve SJR-hez adott szakterületeket választjuk egy cikk értékelése során, amelyek rangsorában a cikk (folyóirat) a legjobb helyezést éri el („optimistic approach”, vö. Liu et al., 2016).

(3) Megvizsgáltuk a mintában szereplő hazai közlemények rangváltozásainak statisztikai jellemzőit, illetve különböző csoportok szerinti, illetve azok közötti alakulását, beleértve a csoportképző változók kapcsolatát is. Csoportképző változóként az alábbiakat tekintettük:

- *intézmények* (rangváltozás az egyes intézmények kibocsátásában);
- *tudományterületek* (rangváltozás tudományterületenként. Az aggregációhoz az Essential Science Indicators 22 elemű tudományterületi kategóriarendszerét alkalmaztuk);
- *publikáció éve* (rangváltozás az azonos évben megjelent közleménykohorszok szerint, vö. Mañana-Rodríguez, 2015);
- *impaktfaktor szerinti kvartilisosztályok* (rangváltozás attól függően, hogy az IF szerint Q_1 – Q_4 -es közleményekről van-e szó).

Fenti módszer előnye, hogy közvetlen, szakterületeken átívelő összemérhetőséget

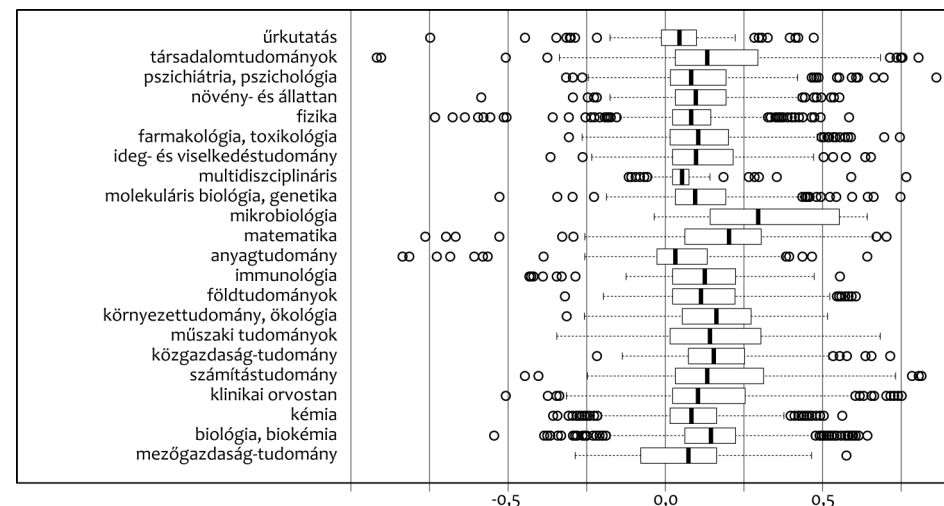


1. ábra • A rangváltozás eloszlása a hazai kibocsátás mintájában

biztosít az IF- és SJR-mutató folyóirat-besorolásai között. További előny: a percentilisekben mért rangváltozáson keresztül láthatóvá válik az SJR-hez már alkalmazott kvartilisekben kifejezett közti elmozdulások egy része is: 0,25, azaz 25 percentilis nagyságú, bármely irányú elmozdulás esetén a közlemény biztosan átlép egy kvartilishatárt a rangsorban. Az alábbiakban az egyszerűség kedvéért úgy hivatkozunk a kvartilistávolságon belüli, illetve azt meghaladó rangváltozásra, mint kvartilisen belüli, illetve egy vagy több kvartilissel történő (kvartilishatárt meghaladó) elmozdulásra. Fontos megjegyezni, hogy ez nem teljesen azonos az SJR szerinti Q_1 – Q_4 közti mozgás leírásával, amelyek között akkor is válhat egy közlemény (folyóirat), ha egyébként kvartilistávolságon belül mozdul el; ha azonban azonos az elmozdulás tapasztalható, a váltás mindenképpen bekövetkezik. Másképp fogalmazva: nem minden Q -határátlépés egy kvartilisen túli elmozdulás, de minden egy kvartilissel meghaladó elmozdulás Q -határátlépés.

Eredmények

A hazai kibocsátásra vonatkozóan első lépésben a legátfogóbb képet, a teljes érintett közleményhalmaz rangváltozásának statisztikáit



2. ábra • A rangváltozás eloszlása tudományterületenként (ESI 22)

vizsgáltuk meg. A rangváltozás eloszlását mutatja be az 1. ábra. Ennek alapvető tanúsága szerint az SJR-mutató az IF-hez képest az esetek többségében enyhén pozitív rangváltozást eredményez, vagyis valamivel megemeli a szakterületi rangot. Közelebről, noha a legnagyobb részarányt azok a cikkek képviselik, amelyeknél nincs vagy alig látható rangváltozás (0 körüli érték), a cikkek következő legnépesebb köre 0–25 percentilis közti előrelépést mutat (vagyis egy kvartilisen belül, de felfelé mozog). Egy kisebb hányad több mint egy kvartilissel feljebb kerül (25–50 PR érték között), elenyésző azoknak a hányada, ahol ennél nagyobb elmozdulás látható. Az ellenkező irányban is megfigyelhető mozgás, vagyis a közlemények kisebb hányada az SJR-mutatóval veszít a rangjából, de ez a veszteség minimális, jóval kisebb léptékű annál, ami kvartilishatár átlépését eredményezné.

Rangváltozás az egyes közleménycsoportokban: szakterületek szerint

A felértékelődés fent leírt jelensége akkor is kellően általános, ha a hazai kibocsátást tu-

dományterületi bontásban tekintjük (2. ábra). Az Essential Science Indicators (ESI) kategóriarendszere szerint aggregált csoportokban hasonló eloszlás tükröződik, mint a teljes mintát véve. A változás középértéke minden területen pozitív, illetve a közlemények leg-alább fele enyhén, egy kvartilisen belül (föl-felé) mozdul el. Szintén általános, hogy a tudományági közlemények további negyede fölfelé átlép egy kvartilishatárt, a maradék negyedrésze pedig enyhén lefelé csúszik (–25 PR-értéken, vagyis egy kvartilisen belül). Erősebben különböznek a területek a kiugró értékeik eloszlásában, mind pozitív, mind negatív irányban. Említést érdemel a társadalomtudományok (*Social Sciences, general*) kategóriája, ahol a legszélesebb tartományban változik a rang: bár a közlemények több mint háromnegyede előrelép a rangsorban, akadnak köztük három kvartilissel fel-, illetve lefelé váltó publikációk is. Hasonlóan széles tartományban mozog ugyanakkor több élet- és természettudományi diszciplína kibocsátása is: A fizika (PHYSICS) cikkeinek zöme egy kvartilisen belül marad, de kiugró esetei 2–3

kvartilishatáron túl esnek; hasonló az anyag-tudomány helyzete is (MATERIALS SCIENCE). A SCOPUS-ban jobban reprezentált mérnöki (ENGINEERING) és számítástudományok (COMPUTER SCIENCE) kategóriájában jellemző két kvartilishatár átlépése pozitív irányba. A leginkább kiugró terület a mikrobiológia (MICROBIOLOGY), ahol a cikkek több mint fele egy kvartilissel feljebb toódik, míg a legelső negyede is zömmel a pozitív tartományban van.

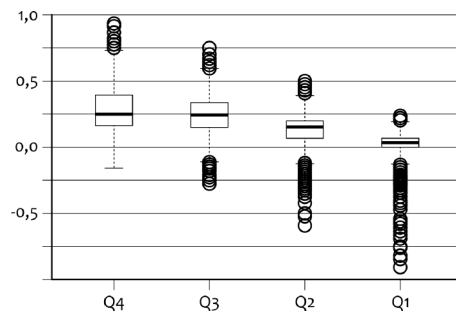
Rangváltozás az egyes közleménycsoportokban: IF-rang szerint

A szakterületek különbségeinél látványosabb képet mutat, ha aszerint vizsgáljuk a rangváltozási tendenciákat, hogy a mintabeli közlemények melyik impaktfaktor-tartományba esnek, vagyis az „eredeti” IF-érték alapján hol, melyik kvartilisben helyezkednek el az adott tudományterület rangsorában. Ezt a képet támasztja alá a kapcsolódó statisztikai vizsgálat is, amelyben azt igyekeztünk megbecsülni, hogy a vizsgált csoportképző változók, pontosabban a (1) tudományterület, (2) a közlési év és (3) az IF-kvartilis (valamint ezek interakciói) milyen mértékben magyarázzák a rangváltozást a teljes mintában. Ennek értelmében a legnagyobb „hatást” (*effect size*) az IF-kvartilis gyakorolja, függetlenül a szakterülettől és a közlési évtől. A különbségeket a 3. ábra szemlélteti. Bár a középértékek ebben az esetben is egyformán enyhe pozitív rangváltozást mutatnak mind a négy IF-kvartilisben (Q1–Q4), az eloszlás határozottan eltérő az egyes IF-osztályokon belül. A Q4-es cikkek, vagyis az IF szerint a szakterületi rangsor alsó 25%-ához tartozó közlemények csaknem mind fölfelé toódnak, középértékük szerint legalább egy kvartilist (25 PR), több mint negyedrészüik pedig legalább két kvartilist. Ki-

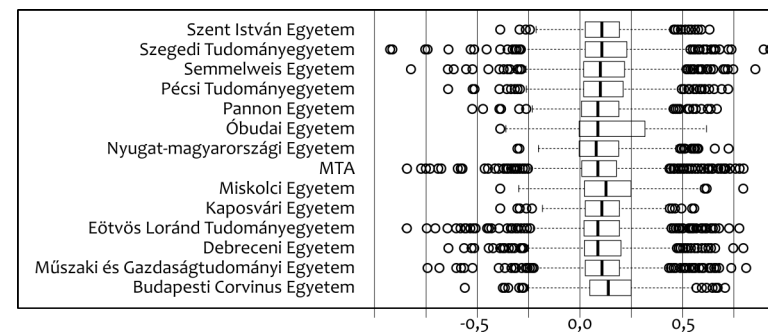
ugró értékeik három kvartilishatárral kerülnek előrébb. Csaknem ugyanez jellemző a Q3-as cikkekre is. A Q2-es publikációk körében a közlemények fele már egy kvartilisen belül mozog, ugyanakkor több kiugró érték látható negatív irányban, vagyis az SJR-mentén leértékelődő közlemények formájában, egy vagy két kvartilishatárt is átlépve. A Q1-es, vagyis a „legjobb” IF-es folyóiratokban megjelent cikkek legnagyobb része alig vált pozíciót, érdekes módon azonban a kiugró értékek megszorodnak a negatív irányban, egyedi esetekben egészen végletes visszaeséseket is produkálva. Összességében tehát két tendencia figyelhető meg a mintában: (1) az alsó IF-kvartilisekhez tartozó cikkek jellemzően felértékelődnek, ez a hatás a felső IF-kvartilisek felé haladva gyengül, illetve a legfelsőben alig érvényesül; (2) ugyanakkor a felső IF-kvartilisekben több, erősen negatív kiugró eset látható, vagyis jellemzőbb azoknak az egyedi eseteknek az előfordulása, amelyek rangvesztéssel járnak.

Rangváltozás az egyes közleménycsoportokban: intézmények szerint

Alapvető kérdés, hogy a rangváltozási tendenciák miként érintik a kutatás szervezeti szereplőit, elsősorban a felsőoktatási intézmé-



3. ábra • A rangváltozás eloszlása impaktfaktor-kvartilisek szerint



4. ábra • A rangváltozás eloszlása a vizsgált kutatóhelyek körében

nyeket és az akadémiai kutatóhálózatot. Az intézmény mint csoportképző változó hatását szemlélteti a 4. ábra, amely a kibocsátás (éves közleményszám) tekintetében nagyobb méretű egyetemeket, illetve az MTA-kutatóhelyeket hasonlítja össze (utóbbit aggregált formában). Ezúttal is megállapítható, hogy a rangváltozás fent leírt főbb tendenciái a hazai kutatóhelyek körében is általánosan érvényesülnek: a változás középértéke mindenhol enyhén pozitív (felértékelődés), és a közlemények fele minden kutatóhely esetében egy kvartilisen belül mozog (felfelé). A közlemények negyedrésze felfelé átlép egy kvartilishatárt, és szintén kb. egynegyed rész az, amelyik leértékelődik az IF-hez képest. Az intézmények közötti különbségek elsősorban abban mutatkoznak meg, hogy mennyire jellemző és mekkora „amplitudójú” az egyedi rangváltozások előfordulása, amelyek kiugranak a jellemző tendenciából. Ebből a szempontból a multidiszciplináris, a folyóiratok széles tartományában publikáló szereplők, így a nagyobb tudományegyetemek (főként az SZTE, SE, ELTE, BMGE) és az MTA szembeötlőek, ahol a szórványos leértékelődés igen nagy ugrásokat is eredményez (két-három kvartilishatár átlépése). Az ellenkező irányban szinte minden intézménynél több

kiugró eset látható, amelyek két-három kvartilishatárral kerülnek előrébb.

A csoportváltozók kapcsolata: a tudományterület és IF-rang együttes hatása

Fentiekben egyenként tekintettük végig a kiemelt szempontokat, amelyek mentén az SJR-rendszerre való átváltás potenciálisan a mérőszám-változással összefüggő különbségeket eredményez a hazai tudomány szereplői között. Jogos feltevés azonban, hogy ha ezeket a szempontokat egymással összefüggésben tekintjük, pontosabb képet kapunk a közleményhalmaz viselkedéséről. A korábban hivatkozott statisztikai modell, amely a csoportképző változók rangváltozásra gyakorolt hatását hivatott kvantifikálni a teljes hazai mintában, olyan kapcsolatot jelzett a tényezők között, amelynek hatása (*effect size*) még számottevőnek tekinthető. Eszerint releváns különbség van az egyes közleménycsoportok között aszerint, hogy mely tudományterülethez és melyik impaktfaktor-kvartilishez tartoznak (a két csoportképző kölcsönhatása erősebb, mint a tudományterület, de gyengébb, mint az IF-rang önálló hatása).

A közlemények rangváltozási statisztikáit tudományterületenként, IF-kvartilisek szerinti bontásban mutatja be az 1. táblázat. A

szakterületi bontás ellenére továbbra is látványos az impaktfaktor-rang szerinti elkülönülés, miszerint a felsőbb kvartiliseket kevésbé vagy alig, az alsóbbakat jóval inkább érinti a (pozitív átlagos értékű) rangváltozás. A szakterületek közül a klinikai orvostudomány, a számítástudomány, a mérnöki tudományok, a környezettudományok, a földtudományok,

az immunológia és a mikrobiológia azok, ahol jelentősebb, átlagosan egy kvartilist meghaladó fölértékelődés jellemzi a Q4-es, illetve a Q3-as impaktfaktor-besorolású közleményeket. Ezek közül is kiemelkedik a számítástudomány és a mikrobiológia, ahol az átlagos változás rendre csaknem elér, illetve átlép két kvartilishatárt. (Kiugró értéket mutat e két

	Q4	Q3	Q2	Q1
mezőgazdasági tudományok	0,21 (-0,02–0,46) #286	0,14 (-0,21–0,57) #147	-0,07 (-0,29–0,34) #387	-0,01 (-0,18–0,2) #378
biológia, biokémia	0,2 (0,04–0,64) #769	0,26 (-0,24–0,58) #556	0,15 (-0,3–0,44) #1124	0,04 (-0,55–0,22) #1305
kémia	0,19 (-0,11–0,56) #355	0,15 (-0,17–0,49) #893	0,12 (-0,25–0,42) #2058	0,02 (-0,36–0,21) #2652
klinikai orvostudomány	0,38 (0,08–0,75) #998	0,29 (-0,11–0,62) #1476	0,16 (-0,29–0,43) #1800	0,03 (-0,51–0,21) #4542
számítástudomány	0,45 (0,06–0,81) #108	0,33 (-0,19–0,6) #192	0,14 (-0,41–0,47) #206	0,02 (-0,45–0,19) #302
közgazdaságtudomány	0,19 (0,03–0,71) #132	0,29 (0,08–0,63) #71	0,19 (0,02–0,37) #70	0,01 (-0,22–0,21) #73
mérnöki tudományok	0,38 (-0,08–0,67) #295	0,31 (-0,09–0,68) #566	0,15 (-0,16–0,42) #540	-0,01 (-0,35–0,21) #993
környezettudományok	0,39 (0,06–0,51) #160	0,24 (-0,04–0,47) #241	0,16 (-0,17–0,38) #221	0,04 (-0,32–0,21) #344
földtudományok	0,32 (0,03–0,6) #187	0,26 (-0,04–0,58) #175	0,14 (-0,32–0,37) #268	0,02 (-0,2–0,2) #452
immunológia	0,31 (0,07–0,47) #51	0,28 (-0,09–0,55) #156	0,14 (-0,13–0,32) #364	0 (-0,44–0,22) #371
anyagtudományok	0,27 (0,09–0,64) #51	0,19 (0,03–0,43) #125	0,11 (-0,15–0,3) #347	-0,03 (-0,84–0,18) #725
matematika	0,29 (-0,16–0,7) #585	0,26 (-0,23–0,66) #692	0,14 (-0,53–0,42) #677	0,01 (-0,77–0,2) #464
mikrobiológia	0,52 (0,07–0,64) #382	0,22 (-0,02–0,4) #162	0,16 (-0,02–0,29) #136	0,08 (-0,04–0,16) #115
molekuláris biológia, genetika	0,24 (0,03–0,74) #72	0,22 (-0,23–0,66) #201	0,14 (-0,53–0,49) #386	0,04 (-0,3–0,19) #570

1. táblázat

multidiszciplináris	0,76 (0,76–0,76) #3	0,38 (0,28–0,59) #4	0,14 (-0,07–0,29) #6	0,04 (-0,12–0,1) #8II
ideg- és viselkedéstudományok	0,23 (0,05–0,65) #286	0,2 (-0,1–0,65) #580	0,13 (-0,15–0,43) #958	0,03 (-0,37–0,18) #1249
farmakológia, toxikológia	0,39 (0,12–0,59) #99	0,27 (-0,01–0,74) #219	0,15 (-0,27–0,4) #609	0,02 (-0,31–0,2) #830
fizika	0,2 (0–0,49) #246	0,2 (-0,15–0,58) #602	0,12 (-0,26–0,39) #1682	0,04 (-0,74–0,19) #4494
állat- és növénytan	0,16 (-0,1–0,55) #906	0,16 (-0,14–0,49) #635	0,1 (-0,59–0,38) #601	0,02 (-0,3–0,22) #1089
pszichiátria, pszichológia	0,32 (0,12–0,86) #54	0,28 (-0,25–0,69) #82	0,14 (-0,32–0,47) #231	0,02 (-0,3–0,19) #427
társadalomtudományok	0,3 (-0,07–0,8) #241	0,32 (-0,23–0,66) #192	0,18 (-0,51–0,42) #268	0,02 (-0,92–0,23) #396
úrkutatás	0,17 (0,1–0,29) #11	0,22 (-0,09–0,47) #98	0,05 (-0,08–0,18) #118	0,01 (-0,75–0,15) #548

1. táblázat (folytatás)

kvartilisben a *multidiszciplináris* folyóiratok kategóriája is, a vonatkozó publikációk száma azonban elenyésző.) A centrális tendenciák mellett érdemes szemügyre venni a rangváltozás tartományát (zárójelben), amelyek szerint a legtöbb tudományterületen találunk szélsőséges elmozdulásokat is (vö. a molekuláris biológia és genetika Q2-es közleményeit, amelyek átlagosan egy kvartilist sem lépnek át, ugyanakkor előfordul köztük -2, illetve +2 kvartilissel elmozduló cikk is).

A rangváltozás átlagos értéke, tartománya (zárójelben) szakterületek szerint, illetve a vonatkozó közleményszám (#).

Összefoglaló megjegyzések

Az SJR-rendszer használatának következményeire vonatkozó, illetve az „impaktfaktoros” közlemények körében elvégzett fenti vizsgálatok „első körös”, tájékoztató jellegük ellenére is több, az értékelés gyakorlatában használható eredményt hoztak.

1) Egyrészt elmondható, hogy (1) az SJR-mutató és a hozzá kapcsolódó tudományterületi rendszer (SCOPUS, illetve SciMago) mentén az akadémiai szféra közleményei körében általánosan jellemző az enyhe felértékelődés, vagyis a vonatkozó folyóiratok saját (SCOPUS-) szakterületükön optimális esetben feljebb kerülnek a rangsorban, mint ahová az IF-mutató sorolja őket (a JCR-, illetve WoS-rangsorban).

2) Az is megfigyelhető ugyanakkor, hogy (2) ez a jelenség nagyjából egyformán „sújtja” a felsőoktatási-akadémiai intézményi kört, illetve a tudományágakat – jöllehet a tudományágak között vannak speciális esetek. A felértékelődés intézményenként hasonló eloszlást mutat, és mindenhol, de különösen a diverz kibocsátású, multidiszciplináris egyetemeken (illetve a hasonlóan diverz MTA) esetében megjelennek a kiugró, szélsőségesen átértékelődő (egyedi) esetek is. Ez a kép megerősíti azt a kutatásértékelési elvet, amely

szerint magasabb aggregációs szinteken (nagyobb intézmények) kisebb mértékben torzító, megbízhatóbb összehasonlítások végezhetőek, mint a kisebb egységek, jellemzően egyének szintjén. Másképp fogalmazva, míg az SJR-rendszer intézményi szintű alkalmazásának látszólag nincsenek kimondott „nyertesei” és „vesztesei”, szisztematikus eltérésekhez nem vezet, az egyes kutatók között mindig lehetnek olyanok, akik publikációs profilját éppen valamelyik szélsőségesen átértékelődő (kiugró) folyóirat dominálja.

3) Fontos eredmény ugyanakkor az is, (3) hogy nagyrészt intézménytől és szakterülettől függetlenül, de a folyóiratok IF-szerinti „kiválósága” számottevő tényezőnek látszik a rangváltozás szempontjából. Az impaktfaktor-rangsorban Q4-es és Q3-as, vagyis a rangsor alsó felében elhelyezkedő folyóiratok határozottan felértékelődnek az SJR-rendszerben, míg a Q2-es, de különösen a Q1-es, vagyis a

„top” folyóiratok rangja (néhány sajátos kivételtől eltekintve, lásd a Függelék) változatlan marad. Értékelési szempontból azt mondhatnánk, hogy az „elit” folyóiratokban megjelenő közleményeket illetően lényegében mindegy, hogy melyik rendszert használjuk.

Az eredmények értelmezésében fontos szem előtt tartani, hogy a megközelítés több értelemben is „optimisztikus”: egyrészt többszörös szakterületi besorolás esetén a legkedvezőbbet veszi figyelembe, másrészt a kvartilisek közti mozgás szintjén csak a rangsorbeli elmozdulás mértékéből biztosan látható váltásokat detektálja. Célszerű a megfigyelt átértékelődési mintázatok közelebbi okait is megvizsgálni (tényleges, az IF vs. SJR számításának módszertani különbségeiből adódó eltérések; kontextusvezérelt, az eltérő szakterületi kategorizációból származó rangsorbeli áthelyeződés; látszólagos, esetleg az adatbázisok hibái okozta műtermékek; a „felhasználók” viselke-

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	össz.
<i>Astrophysical Journal Letters</i>	0	0	0	9	0	0	0	0	9
<i>European Cells and Materials</i>	0	1	0	4	0	3	1	0	9
<i>European Heart Journal, Supplement</i>	0	0	0	0	0	0	0	6	6
<i>International Journal of Numerical Analysis and Modeling</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment</i>	6	6	2	2	6	2	1	7	32
<i>Lecture Notes in Mathematics</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	2
<i>Microscopy and Microanalysis</i>	0	1	1	0	2	0	0	0	4
<i>Physiological Research</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Technical Report Series - World Health Organization, Geneva</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	2

2. táblázat

déséből adódó, a vizsgált szereplők publikációs stratégiáját tükröző eloszlások): ezek a részletesebb elemzést igénylő kérdések képezik további vizsgálataink tárgyát.

Függelék

A 2. táblázatban azokat a „szélsőséges viselkedésű” folyóiratokat gyűjtöttük össze, amelyek az impaktfaktor-alapú értékelésben elitnek számítanak, Q1-es besorolást kapnak, de az SJR-rangsorban meglepő módon több mint 50 PR (vagyis két teljes kvartilist átívelő) esést mutatnak (a Q1-hez tartozó eloszlás kiugró értékei negatív irányban). A változás több esetben műtermékek, vagyis nem valódi „értékcsökkenésnek” minősíthető, elsősorban

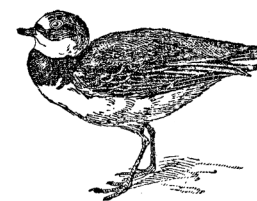
azokban az esetekben, ahol a vonatkozó közlemények egy-két évre korlátozódnak (az *Astrophysical Journal Letters* a 2010-es évet leszámítva mindkét mutató mentén Q1-es besorolást. Az adott évben nem tartozik hozzá SJR-érték, illetve valamilyen okból 0 értékű, ezért Q4-es besorolást kapott. Azok a mintabeli közlemények, amelyek a folyóirat rangcsökkenését reprezentálják, kivétel nélkül ehhez a problematikus évhez tartoznak). A többi esetben részletes vizsgálatot igényel a rangcsökkenés hátterének feltárása.

Kulcsszavak: tudománymetria, kutatásértékelés, folyóirat-mérőszámok, publikációs stratégia, impaktfaktor, Scimago Journal Rank

IRODALOM

Falagas, Matthew E. – Kouranos, Vasilios D. – Arenibia-Jorge, Ricardo – Karageorgopoulos, Drosos E. (2008): Comparison of SCImago Journal Rank Indicator with Journal Impact Factor. *The FASEB Journal*. 22, 8, 2623–2628. DOI: 10.1096/fj.08-107938
González-Pereira, Borja – Guerrero-Bote, Vincente Pablo – Moya-Anegón, Félix (2010). A New Approach to the Metric of Journals' Scientific Prestige: The SJR Indicator. *Journal of Informetrics*. 4, 3, 379–391. • http://tinyurl.com/lkg_fjkw
Leydesdorff, Loet (2009). How Are New Citation

Based Journal Indicators Adding To The Bibliometric Toolbox? *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 60, 7, 1327–1336. • <http://tinyurl.com/lpqhsqw>
Liu, Weishu – Hu, Guangyuan – Gu, Mengdi (2016). The Probability of Publishing in First-quartile Journals. *Scientometrics*. 106, 3, 1273–1276. DOI: 10.1007/s11192-015-1821-1 • <http://tinyurl.com/lol9u8u>
Mañana-Rodríguez, Jorge (2015). A Critical Review of SCImago Journal & Country Rank. *Research Evaluation*. 24, 4, 343–354. DOI: 10.1093/reseval/rvu008



FELFELÉ A PÁLYÁN HAZAI OKTATÓI-KUTATÓI KARRIERÁLLOMÁSOK

Bazsa György

DSc, professor emeritus, Debreceni Egyetem
bazsa@unideb.hu

Az egyetemi/akadémiai (egyesítő angol szóhasználatlaltal *academic*) életpálya – a szó jó értelmében vett *karrier* – ambíciókra és célokra épül, eredményekre és teljesítményekre alapoz, és az azokból következő tudományos fokozatokban, címekben, szakmai közéleti elismerésekben, munkahelyi előrelépésben, pozíciókban, s nem mellesleg jövedelemben is tükröződik. Ezek között erős kölcsönhatás van, általában segítik és erősítik, aránytalan vállaláskor és terheléskor viszont gyengíthetik egymást. A teljesítményekben és elismerésekben a dolgok logikája szerint fokozatos az előrehaladás, a beosztások (besorolások) ugyancsak előre mennek,¹ a kapcsolódó vezetői pozíciók viszont „forgandóbbak”.

Ez az írás csak annyira vállalkozik, hogy elsősorban számadatokkal bemutassa az utóbbi (bő) évtizedben a hazai felsőoktatási/tudományos szférában kialakult és többnyire stabilizálódott tudományos és oktatási „pályapiramisok” alakulását. Ez a közeg döntően két intézményrendszerben testesül meg, az egyetemeken (és a lassan már alig maradó

főiskolákon),² valamint az akadémiai (és mellettük az ugyancsak alig létező ipari és állami) kutatóintézetekben. Az egyetemeken a pályának közismerten négy állomása van: tanársegéd, adjunktus, egyetemi docens és egyetemi tanár (=professzor). A kutatóintézetekben (és egyetemi kutatói státuszokban) öt: tudományos segédmunkatárs, munkatárs, főmunkatárs, tanácsadó és kutatóprofesszor. Sem a munkahelyi beosztásokat, sem a vezető pozíciók számszerűségét nem vizsgáljuk, elsősorban a szakmai teljesítményt és előrehaladást tükröző *academic* állomásokkal foglalkozunk, de utalunk ezek és az előzőek kapcsolatára.

Az ebben a közegben élők számára a pálya lehetőségei többnyire közismertek és áttekinthetők, viszont a közvetlenül nem érintettek körében, a széles közvéleményben, olykor a médiában is nagyon vegyes tájékozottsággal, olykor tájékozatlansággal találkozhatunk.

Belépés a pályára

A tudományos minősítési rendszernek nem része, de értelemszerűen alapja, belépőjegye a **diploma**. Korábban ez az *egyetemi diploma* volt, s a közvéleményben még ma is jobbra

¹ Vannak pályák, ahol sokfokozatú és szinte kihagyhatatlan a ranglétra (például a katonák, rendőrök), vannak, ahol ennek sem formalizmusa, sem szerepe nincs (például a színészek).

² Jelenleg huszonkilenc egyetem és hét alkalmazott tudományegyetem van.

ez a fogalom él. Egy évtizede, a három ciklusos, ún. Bologna-rendszerű képzési szerkezet³ hatályba lépése óta helyette a *mesterfokozat* (MA, MSc) szerezhető meg. A kettő formailag, jogilag egyenértékű.⁴

A tudományos pálya első állomása az 1993-as felsőoktatási törvény (URLI) hatályba lépése óta a hazánkban egyetlen **tudományos fokozat**, az ún. **PhD** (*philosophiae doctor*, *Doctor of Philosophy*), a művészetek terén az ezzel egyenértékű **DLA** (*Doctor Liberarium Artium*, *Doctor of Liberal Arts*).⁵ Ez az egyetemek akkreditált doktori iskolái, illetve fokozatszerzési eljárásai keretében szerezhető meg – szervezett doktori képzés keretében vagy egyéni felkészülés és kutatás alapján. A PhD megszerzésének négy követelményét a törvény rögzíti. A fokozatszerzés rendszerében 2016 szeptembere óta változások vannak: a doktori képzés ideje – a rendszerint kevésnek bizonyult háromról – 2×2 évre nőtt, az első ciklus a *képzési és kutatási*, a második – egy komplex vizsga sikeres letétele után – a *kutatási és disszertációs szakasz*. Az egyénileg felkészülők a komplex vizsga letételével kerülhetnek doktori hallgatói jogviszonyba, s kapcsolódhatnak be az utóbbi szakaszba.

A PhD a törvény szerint azt igazolja, hogy tulajdonosa „tudományos feladat önálló megoldására képes”, így a továbbhaladás *sine qua non*-ja mind az egyetemeken, mind a kutató-

intézetekben. A doktori fokozat szükséges és elégséges feltétele a pályán maradásnak – természetesen folyamatos eredményes feladatellátás mellett. PhD-val a felsőoktatásban rendszerint adjunktus lesz, majd „maximum” egyetemi docens, illetve főiskolai tanár lehet az oktató, kutatóintézetben (kutatói státuszban) tudományos főmunkatársi besorolást kaphat, s idővel többnyire kap is.⁶

Állomások a pályán

A továbblépés állomásai a két pályatípusban (foglalkozási körben) részben különböznek. A felsőoktatásban az *egyetemi tanári* címhez (kinevezéshez) a mai törvény szerint (ismét) *habilitáció* szükséges.⁷ Bár a törvény a professzori kinevezéshez nem írja elő az MTA doktora címet, és így ez nem általános gyakorlat, de „igényes” egyetemek (elsősorban tudományosan erős karaik) – minőségük érdekében – autonóm döntéssel, gyakorlatilag előléptetési kritériumként kezelik. A kutatóintézetekben, illetve a felsőoktatásban kutatói munkakörökben a *tudományos tanácsadó* beosztás feltétele, egyben szinte garanciája az *MTA doktora* cím. Az akadémikusok pedig *kutatóprofesszori* beosztást⁸ kapnak, az oktatók körében az egyetemi tanárságnál „nincs fentebb”.

A **habilitáció** „az oktatói és az előadói képesség, valamint a tudományos teljesítmény

mum öt évvel lefolytatott, az eredményes kutatói habitust mérő és elfogadó belső habilitációs eljárás (például ATOMKI).

⁷ A negyvenes évek végéig meglévő habilitációt 1993-ban hozta vissza a törvény professzori kinevezési kritériumként, 2005-től ez szünetelt, 2011 óta ismét a törvényben van, 2016-tól ismét kritérium.

⁸ A magyar jogrend szerint a *professzori* cím viselésére a köztársasági elnök által kinevezett egyetemi tanár jogosult, de *kutatóprofesszori* címet például egy kis főiskola szenátusa önmaga is megíthet (URLI).

intézményi megítélése”. Az Nftv. (Nemzeti felsőoktatási törvény) szerint feltétele legalább öt éves PhD-fokozat, vele együtt folyamatos önálló tudományos, illetve művészeti tevékenység, nyolc féléves felsőoktatási oktatói gyakorlat. Az az egyetem és abban a tudományág(ak)ban jogosult nyilvános, az eredményeket bemutató és azokat értékelő eljárás alapján a **dr. habil.** cím odaítélésére, amely(ek)ben doktori iskolája akkreditációt nyert. Az egyetemek nemcsak saját oktatóikat habilitálják, hanem másokét is, mert azok így tudnak egy-egy tudományágban professzori kinevezést kezdeményezni. Kutatóintézeti munkatársak is habilitál(hat)nak, mert körükben is jelentős az ambíció professzori vagy intézetükben tudományos tanácsadói kinevezésre. Az előbb említett „igényes” egyetemeken a habilitációt rendszerint már az egyetemi docensi kinevezéshez előírják, így mára (ismét) elég heterogén kinevezési követelményrendszer alakult ki, s ennek országos homogenitása nemigen várható. Ezért fontos tudni, hogy melyik egyetem adta a címet, illetve a docensi kinevezést.

A (mester)diplomáért, a PhD-fokozatért és a dr. habil. címért az egyén kezdeményez(het) eljárást, megszerzésükben számszerű korlátok sincsenek, az értékelés, az odaítélés – oktatási és kutatási kritériumok alapján – egyetemi hatáskör, az utóbbiaknál azzal kibővíve, hogy a törvény előírja külső, nem saját egyetemi szakemberek bevonását az értékelési eljárásokba.

Az *oktatói pálya* zenitje az **egyetemi tanári** – jog szerint is **professzori** – cím. A köztársasági elnöki kinevezéssel nem szükségszerűen, bár szinte kivétel nélkül együtt jár az egyetemi/főiskolai alkalmazás és besorolás. Társadalmi presztízse is igen magas, (ezt az elnöki kinevezés is erősíti) – a cím konkrét és a szó

gyakori átvitt értelmében („valaminek a professzora”). A törvény szerinti feltételei a doktori fokozat (vagy a törvényben meghatározott művészeti és sportdíjak), nemzetközi szakmai elismertség, kiemelkedő tudományos kutatói, illetve művészi munkásság, a hallgatók, a doktori képzésben részt vevők, a tanársegédek tanulmányi, tudományos, illetve művészi munkájának vezetése, idegen nyelvű publikációk és előadások – és 2012-től ismét a habilitáció. A kinevezési folyamat első lépése a rektor által kiírt pályázat, ami mögött intézményi szükség (például doktori iskolához törzstagság) és/vagy megfelelőnek ítélt személyi teljesítmény, kvalitás van, ami jó esetben az egyén és az egyetem közös érdekében előáll. A benyújtott pályázatot az egyetem szenátusa értékeli,⁹ támogatása esetén a rektor kezdeményezi a címadást a miniszternél, majd ő a köztársasági elnöknel. Hazánkban az eljárás fontos eleme, hogy a pályázóról szakértői véleményt kell kérni a Magyar Felsőoktatási Akkreditációs Bizottságtól (MAB) (kivéve a hittudományokat), amely egy jól kiértékelte nyilvános kritériumok szerint értékelő szakértői és szakbizottsági bázison alapszik és működik.¹⁰ A MAB, illetve Felülvizsgáló Bizottsága véleménye a minisztert jogilag nem köti. A mindenkor miniszter eddig mindig – nem kevés esetben, de mindig indoklás nélkül – csak nemtámogató MAB-veleményt írt felül, támogató véleményt sohasem opponált. Az előbbi esetekben a tudomány alaptörvényben rögzített alkotmányos autonómiája sérül.

⁹ Sokan vitatják a Hallgatói Önkormányzat szenátusi képviselőinek gyakran blokkszavazás jellegű „perdöntő” lehetőségét/gyakorlatát ebben az alapvetően tudományos kérdésben.

¹⁰ A MAB az MTA doktori címmel a professzori kinevezés tudományos követelményeit teljesítettnek tekintti, a többi esetben is ehhez viszonyít.

A *kutatói pálya* zenitje a **Magyar Tudományos Akadémia doktora** cím. Az egyéni kezdeményezéssel benyújtott pályázat, illetve a testületi odaítélés szakmai feltételei világosak: PhD-fokozat, annak megszerzése óta elért eredeti tudományos eredmények, mértékadó hazai és nemzetközi tudományos körök előtti elismertség, iskolateremtő habitus, kiemelkedő tudományos kutatói munkásság, ezt összefoglaló doktori mű. Országosan egységes mérce alapján az eljárást, benne a nyilvános védést, az Akadémia testületei folytatják le, ennek következtében homogénebb a színvonal. Itt jól érvényesül a tudomány autonómiája, másnak nincs sem odaítélési, sem felülrési joga. A köznyelvben *nagydoktor*ként (angol rövidítéssel DSc) emlegetett cím megszerzése bárki – egyetemi, kutatóintézeti, bármely más intézményi munkatársak, sőt „szabadúszók” is – számára nyitott lehetőség, számszerű korlát nincs.

A **Magyar Tudományos Akadémia – levelező**, illetve **rendes – tagja**, röviden az *akadémikus* cím a legrangosabb hazai tudományos elismerés, „csúcs a zenit fölött”.¹¹ Új levelező tagtársaikat az akadémikusok – az MTA doktori közül meritokratikus alapon, osztályok közötti arányokat az Elnökség koordinálásával biztosítva, háromévente – publikus írásbeli ajánlással maguk jelölik és választják az ún. *akadémikusok gyűlésén*. Saját kezdeményezésre (formális pályázatra, önajánlásra) nincs lehetőség. A jelölések előkészítése érték- és érdekevezérelt „komplex” folyamat, amelyből a szubjektív, informális háttérelmek és az érintettek sem zárhatók/maradnak ki. Az akadémiai törvény összesen 365 hazai akadémikust, ezen belül 200 hetven

év alattit engedélyez.¹² Az ajánlottaknak (tagjelölteknek) formálisan nincs aktív szerepük a folyamatban, sem értekezés, sem nyilvános prezentáció, sem értékelő (bírálati) szakasz nincs.¹³ A már megválasztott tagok (vitamentes) nyilvános székfoglalója hagyományosan ünnepi „visszaigazolása” kíván lenni a taggá választás megalapozottságának. Az MTA *külső* (magát magyarnak valló), illetve *tiszteleti* (nem magyar nemzetiségű) tagjait – ugyancsak meritokratikus alapon – a külföldi tudományos közösség köréből választja a testület. Jelenleg 198 külső és 224 tiszteleti tag van, együtt többen, mint a hazaiak (URL3).

A fenti rövid leírásokról az *1. táblázat* tartalmaz lényegkiemelő áttekintő képet.

E vázolt tudományos minősítési rendszer adatairól országos képet mutató információk érhetők el részben az Országos Doktori Tanács (URL4), részben az MTA- (URL5), részben az EMMI-oldalakon.¹⁴ Van a felsőoktatási törvényben még több más elismerő, jutalmazó cím, mint például *doctor honoris causa* (Bazsa, 2015), címzetes egyetemi vagy főiskolai tanár, docens, továbbá magántanár, mester-tanár, mesteroktató, *professor emeritus* (találékony intézményi kibővítésekkel *rector* és több másféle *emeritus*), és természetesen van igen sokféle – hazai és külföldi – állami, társadalmi, egyetemi, akadémiai elismerés, tagság, kitüntetés, díj, de ezek valós – vagy olykor feltűnően hiányzó – szakmai relevanciáját és súlyát igen nehéz megállapítani.

¹² A Francia Akadémiának (*Académie française*) szigorúan mindig maximum negyven, a „britnek” (*Royal Society*) változó, jelenleg 1612 tagja van.

¹³ Az MTA doktora és az akadémikus címmel életfogytiglan (utóbbinál részleges özvegyi) havi tiszteletdíj jár.

¹⁴ Az MTA doktora cím adataiért dr. Bereczky Áron főosztályvezetőt, az EMMI adataiért dr. Havady Tamás főosztályvezetőt illeti köszönet. Jelen írás csak publikus adatokat tartalmaz, és csak ilyenekre épül.

¹¹ Ez a viszonyítás a zenit szó értelméhez nem igazán logikus, de talán megengedhető és érthető képkötés.

	MA-, MSc-diploma	PhD-fokozat	dr. habil cím
kezdemenyező	a hallgató	a doktorandusz	a PhD-doktor
eljárás rend elemei	diplomamunka, egy bíráló, nyilvános védés	értekezés, két bíráló, nyilvános védés	tézisek, két bíráló, nyilvános előadások, vita
értékelő testület	záróvizsga-bizottság	védési bizottság	bíráló bizottság
odaítéló/döntő szerv	záróvizsga-bizottság	egyetemi doktori tanács	egyetemi habilitációs bizottság
keretszám	nincs	nincs	nincs
további lehetőség	PhD	habilitáció, MTA doktora	egyetemi tanári cím

1. táblázat • A hazai tudományos minősítési rendszer áttekintése

Sikerek a pályán

Ezeknek a címeknek és fokozatoknak hosszú hazai és nemzetközi történetük van, amiről külön tanulmány(oka)t olvashatunk (például Reszkető – Váradi, 2003). Első, folyamatosan működő egyetemünknek, a mai ELTE-nek 1635 óta voltak/vannak professzorai, és akkortól ítélt/ítél meg doktori fokozatokat, s aztán ugyanígy az újabb egyetemek is.¹⁵ Ez a joguk 1951 és 1957 között szünetelt. A habilitáció nálunk 1951-ig az egyetemi magántanári cím feltétele volt (URL6), akkor mindkettő megszűnt. Az 1993-as felsőoktatási törvényben a habilitáció professzori kritérium, a 2005-ös nem írja elő, a 2011-es újra visszahozta. Az MTA doktora cím elődje az 1953-ban rendszeresített „... tudományok doktora” fokozat – a kettő ma egyenértékű. Az Akadémiának 1830 óta vannak tagjai, akkor mindössze 21 rendes tag volt (URL2).

Ezek a funkcióban, tartalomban, követelményekben bekövetkezett nem jelentéktelen változások, és az elérhető adatok korlátai

¹⁵ Ma már huszonkilenc egyetem és hét alkalmazott tudományok egyeteme működik hazánkban.

ahhoz vezetnek, hogy egy mai reális helyzet-képhez elégséges az utóbbi évtizedet áttekinteni, amióta a jelenlegi rendszer stabilitást mutat. Ezt a stabilitást a 2. táblázat adatai elég jól igazolják. Azt rögtön le kell szögezni, hogy a táblázat természetesen nem ugyanannak a (két-három-négy évtizednyi) korosztálynak az előrehaladását tükrözi. Ezzel együtt a rendszer egy „megnyugodott” (kémikusként szívesen írom) *steady state* állapotot mutat: karakteresen hosszabb le-fel trendek nincsenek benne, csak egy természetesnek tekinthető ingadozás/szórás – a helyzetet jól jellemző átlagértékek körül.

Az adatok – tetszés szerint – egy vagy két összefonódó piramisba rendezhetők. A közös alap a hazánkban évente kiadott közel húsz ezer releváns diploma, majd az erre épülő évi közel ezerkétszáz odaítélt PhD-fokozat.¹⁶ Ez nem azt jelenti, hogy a diplomások csak kb. 6%-a lenne képes fokozatot szerezni, sokkal

¹⁶ Ebben az évtizedben a doktori.hu adatai szerint 417 PhD-fokozatot is honosítottak egyetemeink (URL4). A nevek alapján becslülve közöttük kb. 350 magyar állampolgár lehet, akik gyakran a legkiválóbb egyetemeken (Harvard, Oxford) szereztek PhD-fokozatot.

	egyetemi/ mester oklevél	PhD tud. fokozat	dr. habil.*	egyetemi tanár	MTA doktora	MTA levelező tag
2006	18 493	1012	(1)	124	112	–
2007	18 388	1059	(76)	108	111	27
2008	17 445	1141	210	104	78	–
2009	19 266	1376	208	116	77	–
2010	20 671	1275	238	123	88	30
2011	19 553	1234	287	118	71	–
2012	20 466	1242	253	92	57	–
2013	19 992	1069	279	94	95	26
2014	19 875	1154	260	118	86	–
2015	19 792	1206	304	116	64	–
évek száma	10	10	8	10	10	9
összesen	193 941	11 768	2039	1113	839	83
fő/év átlag	19 400	1177	255	111	84	9

2. táblázat • Az utóbbi évtizedben megszerzett/megítélt tudományos fokozatok/címek

(* Ez a [két szám] az átlagképzésben nem szerepel, mert torzítana, a 255-ös érték 8 év adatainak átlaga.)

inkább azt, hogy maximum ilyen hányada készül felsőoktatási/tudományos pályára. „Maximum”, mert egyik (kisebb) részük más – és ez a PhD-képzés céljának és motivációinak egyik fontos, eddigelé nem kellő körültekintéssel elemzett kérdése –, de a tudományos, azon belül még inkább a kutatói tapasztalatot jól hasznosító pályákon, munkakörökben (például orvos, tanár, mérnök, innovatív menedzser) halad előre, nem kis mértékben már ilyen helyzetben/helyzetből szerzi meg (gyakran ún. egyéni felkészüléssel) PhD-jét. Bizonyára vannak, de alighanem csak kis számban, akik a presztízs, a névjegykártyán vagy a névtáblán megjeleníthető „Dr.” érdekében – ezzel együtt is elismerést érdemlően – szereznek fokozatot.

Az egyik piramis az *egyetemi karrieré*. A *habilitáció* döntően ennek építését szolgálja.

Mint említettük, szigorúbb követelményeket állító helyeken már az egyetemi docensi, törvényileg pedig mindenütt az egyetemi tanári kinevezés érdekében vagy reményében. Mivel a jog- vagy szabályrendszer ma ilyen, ez érthető és indokolt. Azt nehéz lenne pontosítani, hogy az évi ezerkétszáz doktor milyen hányada aspirál erre, de ha azt vesszük, hogy a felsőoktatási, illetve a kutatói állásban lévő diplomások aránya kb. 4:1, akkor ebből az következik, hogy az évente habilitáló kétszázötven fő az egyetemekhez sorolható kb. ezer friss doktor mintegy negyedét jelenti. Közülük – hangsúlyozva ismét, hogy különböző korosztályokról van szó – közel minden második (évente átlagban százötven fő) jut el az egyetemi tanári kinevezésig. Ha visszavetítjük ezt a diplomások számára, akkor 0,5% körüli professzori arányt látunk.

A másik piramis a meghatározóan *kutatói indítékú karrieré*, amelynek következő szintje a *Magyar Tudományos Akadémia doktora* cím. Már is jelezzük, hogy a nagydoktorság egyáltalán nem korlátozódik a kutatóintézeti pályához, sőt, biztosan többen vannak az egyetemeken dolgozó nagydoktorok (miként akadémikusok is). A 84 fős évi DSc-átlagot az ezerkettőszáz PhD-fokozatot szerzőre vetítve, az adódik, hogy kb. 7%-uk lesz az MTA doktora. Nehéz lenne olyan számot vagy arányt megjelölni, amelyhez képest ezt soknak vagy kevésnek minősíthetnénk. Annyit biztosan mondhatunk: ez az arány egyértelműen karakteres különbséget mutat a két doktori – a PhD és a DSc – között.

Az *MTA tagság* a két piramis közös csúcsa. Minden akadémikus (néhány meglepő kivétellel) professzori vagy kutatóprofesszori státuszban van. Az akadémikusok száma, így a háromévente megválaszthatóké is, törvényileg limitált. Ezt elvileg (de az utóbbi években már alig) a 70 évet még nem betöltők, de elsősorban az adott ciklusban elhunyt akadémikusok száma szabja meg. Az utóbbi évtized négy ciklusában így megválasztott levelező tagok száma – csak az összevetés érdekében formálisan egy évre átlagolva – kerek tíz. Egyszerűsítve: ez a nagydoktori címszerzések kb. tizede. A levelező → rendes tag előlépésben nincsenek számszerű korlátok, csak tömör követelmények (újabb jelentős tudományos eredmények), s ez két-három ciklus elteltével – igen kevés kivétellel – be is következik.

Szelekció a pályán

Az előrehaladási rendszer teljesítményelvű, meritokratikus, s az eljárásrend minden esetben egyéni megméretést és az arról – titkos szavazással, de nyilvános indoklással alátámasztott – testületi döntést jelent,¹⁷ ami

lehet *igen* és lehet *nem*. Ez a döntés szakmai bázison sehol sem fellebbezhető meg. Egyedül a MAB véleményezésében van ilyen, nem ritkán előforduló felülvizsgálati kérelmi lehetőség, de a MAB-vélemény ún. szakvélemény és nem döntés. Csak az eljárási hibákat lehet fellebbezni, ami olykor-olykor előfordul. Minden esetben van lehetőség – meghatározott idő, néhány év után – új eljárás indítására, ezzel, a korábbinál nagyobb teljesítmény alapján lehet és szokás élni. A megítélt fokozat/cím természetesen egy életre szól. Minden adományozónak (egyetem, MTA) joga van – utólag kiderült és dokumentált tények, például plágium okán – a cím/fokozat visszavonására. Ez néha nagy közéleti visszhangot vált ki, de gyakrabban „csendes”, nem széles publicitású belső eljárás.

A következőkben néhány „szelekciós” táblázatot mutatunk be – a hozzáférhető adatok alapján.¹⁸ A szelekció definiált kritériumok (követelmények) következménye, mert ezeknek az értékelési eljárásban nem minden pályázó/jelölt felel meg. A szelekció mértéke függ attól, mennyire reálisan – vagy netán túlzott önértékeléssel – méri fel a pályázó saját teljesítménye és a követelmények viszonyát, de függ attól, mennyire „szigorú” a bírálati eljárás. Látni fogjuk, hogy az intézményen belüli és az országos (MAB és Akadémia) megmérettetés eredményei között lényeges különbség van.

¹⁷ Kivételt, mint említettük, az egyetemi tanári kinevezési eljárásban a miniszter felülvizsgálási joga jelent.

¹⁸ Az adatok – elsősorban évest tekintve – nem mindig konzisztensek: az eljárások gyakran áthúzódnak a következő évre. Így például a MAB egyetemi tanári pályázatokról adott véleményének egy része csak a következő évi kinevezésekben realizálódik. A különböző időbeli eltérések a tízéves összegzésben és átlagolásban jól kiegyenlítődnek, elsősorban annak következtében, hogy markáns trendek semmiben sincsenek.

A *diplomaszerzés* sikerességével nem foglalkozunk, jóllehet sokféle adat mutat a sikertelenség magas, helyenként harmados, sőt feles arányára. Ez a „lemorzsolódás” a felsőoktatás fontos – mindmáig nem kellő súllyal kezelt – problémája.

A PhD tekintetében meg kell különböztetni azt, hogy a hároméves szervezett képzésben résztvevők milyen arányban jutnak el a fokozathoz, attól, hogy a fokozatszerzési eljárást – már (közel) kész disszertációval – megkezdők a szigorlati/bírálati/védési eljárás eredményeként milyen arányban sikeresek vagy nem (URL7). Az előbbi a rosszabb érték (az elhúzódozó folyamat miatt többféleképpen számolható) kb. 25%, és ez elsősorban a doktori iskolák fontos problémája. Tudományos értékelés lényegében csak az utóbbiak esetén van, témánk szempontjából ez a releváns adat.

PhD-fokozatszerzés sikere formálisan – a diploma, a nyelvvizsga és a közlemények meglétét tényként kezelve – a doktori szigorlat letételén és a benyújtott, két szakértő által bírált értekezés (vele a tézisek) bemutatásán és megvédésén múlik.

A doktori.hu adatbázisban (URL4) megjelent adatok szerint a megindított kerek tizenkettőezer doktori fokozatszerzési eljárásból mindössze tizenkilenc volt sikertelen, és kilencvenkettő nem fejeződött be. (Ilyen kisszámú esetről nem érdemes további eloszlási adatokat értékelni.) A kb. 99%-os eredményesség túlzottan tűnik, s inkább az adatfelvitel hiányosságait, mintsem a valós helyzetet tükrözi. Bizonyára sok értekezés (tervezet) el sem jut a benyújtásig, a belső (téma-vezetői) értékelések, munkahelyi viták nem javasolják azt. Nem szándékunk most tartalmi elemzést készíteni, de a MAB akkreditációs eljárásainak tapasztalata is az, hogy még a sikeres fokozatszerzések mögött – és téma-

vezetők, doktori iskolák között – is meglehetősen nagy teljesítménykülönbségek vannak, például az értekezések újszerűségében vagy az annak alapját jelentő publikációk színvonalában és számában.

A *habilitációs eljárás* eredményességéhez mindenekelőtt a törvényben rögzített előzetes feltételeket és a benyújtott téziseket (van ahol értekezést) elfogadó habitusvizsgálat, majd a magyar és idegen nyelvű habilitációs előadás,¹⁹ az azt követő nyilvános vita pozitív értékelése szükséges. A doktori.hu adatbázis csak a habilitációs előadások meghirdetését tartalmazza, azok eredményét nem (URL4).

A MAB-hoz véleményezésre benyújtott *egyetemi tanári pályázatok* sorsa egyrészt a kiíró egyetem (végső soron ott a Szenátus) döntésén, illetve a MAB szakértői véleményén – és a miniszteren – múlik. Az elsődleges állásfoglalást – többoldalú értékelési rendszerre épülő szakértői és bizottsági vélemények alapján – a plénum hozza meg (T_{pl}: támogató, NT_{pl}: nem támogató). NT_{pl} véleményre a MAB Felülvizsgálati Bizottságától lehet újabb értékelést kérni, ami lehet T_{fvb} és NT_{fvb}. Ezek figyelembe vételével – vagy átlépésével – tesz javaslatot a miniszter a Köztársasági Elnöknek (KE) az egyetemi tanári kinevezésre. Ebben az évtizedben a MAB 364 pályázatot nem támogató (NT_{MAB}), közülük elég sok, szám szerint 64 miniszteri előterjesztés (a 3. táblázatban „Min. előterj.”) és köztársasági elnöki (KE) kinevezés történt. Ezek szakmai indoklása sajnálatosan nem ismert, mögöttük nyilván más jellegű támogatás volt.

¹⁹ Az egyetemi/mester diplomához egy idegen nyelv, a PhD doktori fokozathoz két idegen nyelv, az egyetem doktori szabályzatában előírtak szerint dokumentált ismerete, a habilitáció során viszont szabad előadás formájában kell a szakmai nyelvismeretet bemutatni.

E. t. pály.	2006	2007	2008	2009	2010	2012	2012	2013	2014	2015	10 év	%
össz. érk.	152	171	137	160	148	138	125	107	138	136	1413	100
T _{pl}	114	91	94	109	104	98	93	79	111	107	1000	70,7
NT _{pl} , T _{fvb}	4	12	1	6	7	4	2	8	3	2	49	3,5
T _{MAB}	118	103	95	115	111	102	95	87	114	109	1049	72,4
NT _{pl}	24	42	27	26	17	25	19	8	12	7	207	14,6
NT _{pl} , NT _{fvb}	10	25	15	19	21	11	11	12	12	20	157	11,1
NT _{MAB}	34	68	42	45	38	36	30	20	24	27	364	25,8
min. előterj.	6	5	9	1	12	16	–	7	4	7	64	4,5
KE kinevezés	124	108	104	116	123	118	92	94	118	116	1113	78,8

3. táblázat • Az egyetemi tanári pályázatok MAB-véleményezése és a kinevezések száma

Az MTA doktora cím megszerzésének feltételeit az Akadémia osztályai igen részletesen és szakmaspecifikusan szabályozzák (URL8). Az eljárás többlépcsős: a PhD-fokozat utáni szakmai teljesítmény értékelésére épülő habitusvizsgálattal kezdődik, amit a benyújtott értekezés három opponensi véleményre támaszkodó nyilvános vitája és végül a többszintű, indoklást tartalmazó testületi döntés zár. A nyilvános követelményrendszer jó lehetőséget ad a siker esélyének előzetes felmérésére, ezzel együtt az utóbbi évtizedben a benyújtott pályázatok negyede (25,8%) nem volt sikeres. A 167 elutasított és a 317 visszavont/megszüntetett pályázat mögött sokféle ok van, mindenesetre ezek az adatok erős szelekcióra utalnak. A tudományos osztályok között viszonylag jelentős a különbség: 62,8% a legkisebb, 90,2% a legnagyobb sikerarány.

Az Akadémia levelező tagjává – a törvény szerint – az az MTA doktora választható, aki tudományát elismerten és különösen magas színvonalon, alkotó módon műveli. A meritési bázis 1500–2000 fő, mert a kb. 2700 „nagy-doktor” (URL9) közül a legújabbak még, a

nem aktívak már nem esélyesek. A szelekció első lépése: kiket ajánlanak közülük az akadémikusok levelező tagnak az adott ciklusban. Ezt keretszámok nem korlátozzák, ehhez képest – szinte meglepő módon – az évtized 4 ciklusában közel azonos számú, 154–140–141–117, ebben a folyóiratban nyilvánosságra hozott, szakmailag megindokolt ajánlás volt. A következő lépésben az adott osztály több mint 50%-os támogatását kell elérni. Az 5. táblázat szerint ez már erős szűrő, a titkos szavazás eredményeként az ajánlottak alig több mint egynegyede (27,7%) jutott át rajta. A harmadik szelekciót a törvényben rögzített említett akadémikusi létszám jelenti. Ez a legutóbbi ciklusokban az eredeti ajánlások kb. ötödénél eredményezett/engedett levelezőtagságot. A rendes tagok választási folyamata ugyanilyen. Jelenleg 308 rendes és 56 levelező tagja van az Akadémiának. Utóbbiak közül 26-ot most választottak meg, 26-ot három évvel ezelőtt. Mindössze négyen vannak, akik több ciklus óta levelező tagok, vagy mert nem kaptak ajánlást, vagy nem kapták meg a rendes tagsághoz szükséges többségi osztálytámogatást.

osztályok	összesen benyújtott pályázatok		MTA doktora címet nyertek		elutasított pályázatok		visszavont, megszüntetett pályázatok	
	fő	%	fő	%	fő	%	fő	%
I. Nyelv- és irodalomtudományok	217	73,3	159	73,3	17	7,8	41	18,9
II. Filozófia és történelemtudományok	242	72,7	176	72,7	21	8,7	45	18,6
III. Matematikai tudományok	115	88,7	102	88,7	4	3,5	9	7,8
IV. Agrártudományok	177	76,3	135	76,3	14	7,9	28	15,8
V. Orvosi tudományok	335	76,4	256	76,4	18	5,4	61	18,2
VI. Műszaki tudományok	178	73,6	131	73,6	25	14,0	22	12,4
VII. Kémi tudományok	192	88,0	169	88,0	7	3,6	16	8,3
VIII. Biológiai tudományok	193	90,2	174	90,2	8	4,1	11	5,7
IX. Gazdaság- és jogtudományok	215	62,8	135	62,8	31	14,4	49	22,8
X. Földtudományok	115	72,2	83	72,2	11	9,6	21	18,3
XI. Fizikai tudományok	163	87,1	142	87,1	9	5,5	12	7,4
egyéb (vallástudomány, interdiszciplináris)	7	42,9	3	42,9	2	28,6	2	28,6
összesen	2149	77,5	1662	77,5	167	7,8	317	14,8

4. táblázat • Adatok az MTA doktora cím megszerzéséről (2006–2015)

	egyéni ajánlás: minimum 3 akadémikus	illetékes osztály támogatása: >50%	megválasztás: akadémikusok gyűlése >50%
2007	154	48	28
2010	140	51	31
2013	141	40	26
2016	117	34	26
	552	153 (27,7%)	109 (19,7%)

5. táblázat • Adatok az Akadémia levelező tagjainak választásáról

A szelekciós számadatokat áttekintve, de ezzel nem szigorúan a minőséget értékelve, az látszik: azok igen mérsékelt szűrést mutatnak az egyetemeken belüli – doktori fokozatszerzési és habilitációs – eljárásokban. Érdemi szakmai szelekció a MAB egyetemi tanári véleményezési és az akadémiai doktori pályázati rendszerben érvényesül: ez növeli a címek értékét. Érdekes módon nagyon hasonlók az arányok: mindkét eljárásban háromnegyedük sikeres, negyedük – első kísérletre – nem az. Ez azt mutatja, hogy a zenit-re feljutni egyik pályán sem könnyű: meghatározóan erős kritériumok alapján jó teljesítménnyel lehet. A verseny igazából az előbbi-

ek teljesítéséért és nem elsősorban a pályázók között folyik. Az akadémiai tagság elnyeréséhez a kiemelkedő teljesítmény önmagában nem mindig elég, abban a törvényi létszámkorlát, az osztályok közötti arányok tartása – s bizonyára az akadémiai világ belső viszonyai – sajátos belső szelekciót okoznak.

Kereszthatások a pályán

A 6. táblázat adatai viszonylag szoros, de jóval nem előírt és messze nem automatikus korrelációt mutatnak a tudományos fokozat/címek és a felsőoktatási beosztások között. A kapcsolatot gyakran befolyásolja az intézmény pénzügyi helyzete: számos példa ismert,

	egyetemi tanár	főiskolai tanár	egyetemi docens	főiskolai docens	adjunktus	tanársegéd	összesen
MTA-tag	75	1	1	1	1	0	79
DSc	809	3	42	3	4	1	862
PhD (CSc, dr. univ.)	692	547	3664	826	3261	510	9500
nincs fokozata	27	23	78	218	564	2070	2980
összesen	1603	574	3785	1048	3830	2581	13 421
+ részmunkaidősök	144	41	254	107	345	310	1201

6. táblázat • A felsőoktatási besorolások és tudományos fokozatok/címek kapcsolata

ahol például a nagydoktorok egyetemi tanári, vagy a PhD-doktorok egyetemi docensi elő nem lép(te)sének anyagi oka van (legtöbbször a súlyos bérhány). 2016-ban ötvenhét oktató volt akadémikus vagy nagydoktor, de nem egyetemi tanár. Ugyanakkor az 1603 professzor közül 719-nek, azaz 43%-nak nincs ilyen akadémiai címe. A művészet terén a DLA után nincs „nagydoktori” lehetőség, a huszonnégy DSc nélküli egyetemi tanár többsége ilyen (sőt újabbán néha a DLA/PhD sem kritérium). A habilitáltak arányát nem indokolt számítani, mert egy évtizedig ez nem volt kinevezési feltétel. Az egyetemi docensek és főiskolai tanárok döntő többsége PhD-doktor (illetve kandidátus), az adjunktusok között is ők vannak – 85%-os – többségben, azaz a jogilag nem megkülönböztetett egyetemi/főiskolai adjunktusok 15%-ának (még?) nincs fokozata/címe. A tanársegédeknel nagyjából fordított ez az arány, kb. 20%-uknak már van doktori fokozata (és bizonyára várják az előrelépést).

A táblázat utolsó sorából most mindössze annyi következik, hogy a felsőoktatás oktatóinak jó 90%-a főállásban (teljes munkaidőjű munkaviszonyban) van intézményével, más oldalról közelítve kb. minden tizedik részmunkaidős, többé-kevésbé hasonló besorolási aránnyal, mint a főállásúak.

Kitekintés a pályáról

Az írás a hazai oktatói-kutatói karrierrendszert mutatta be vázlatosan. Az látszott, látszik belőle, hogy ez a kissé bonyolult, sajátos magyar rendszer működik, nyilván nem hibátlanul, de a maga módján eredményes és több tekintetben hatékony. „Beállt”, nincsenek jelek és szándékok érdemi módosítására, bár vannak kritikussai. Nagy hiba lenne azonban azt gondolni, hogy ennyiből áll a pálya.

Egyrészt a magyar társadalom veszi körül ezt a játékkeret, és ez a tér annak szerves, ma egyre kevésbé bezárt része. Mindkét irányban átjárható pályahatárok vannak, és ennek így kell lennie, sőt ezt segíteni kell. Ez abban is megnyilvánul, hogy többek (sokak vagy kevesek, megítélés kérdése) erről a pályáról indítanak karriert, és valamelyik fázisban külső pályán építik azt tovább: iparban, szolgáltatásban, államigazgatásban, politikában. Arra is van számos egészséges és szükséges példa, bár bizonyára kevesebb, hogy kívülről lépnek erre a pályára, többnyire már elismert szakemberként: főorvosok, főmérnökök, kutatóvezetők, muzeológusok, bankárok, építészek, színészek, sportedzők stb. – olykor csak egyéni „lex-X.Y.” kikapun át. Sőt arra is, hogy néhányan – jó értelemben – egyszerre működnek a pályán belül és kívül, egészséges kapcsolóként.

A tudomány s vele összefüggésben a felsőoktatás és a kutatás bármennyire is nemzeti ügy, meghatározóan mégiscsak nemzetközi mércén értékelendő. A hazai elismerés és előrehaladás a pályán aligha megkerülhető. Ugyanakkor egyéni és közös teljesítményünk – bátran mondhatjuk, fontos – értékmérője a nemzetközi ismertség és elismertség. Elég talán Eötvös Lorándot idézni – jóval a sokak által nem kedvelt tudománymetria előtti korból: „Csak az az igazi tudomány, amely világra szól; s ezért ha igazi tudósok és – amint kell – jó magyarok akarunk lenni, úgy a tudomány zászlóját olyan magasra kell emelniünk, hogy azt határainkon túl is meglássák és megadassák neki az illő tiszteletet.” Ez ma a globalizáció korában egyre inkább érvényes és fontos szemlélet és gyakorlat. A nemzetközi mézönyben pedig elsősorban a teljesítményt, az új eredményeket keresik és értékelik, s kevésbé a hazai pályán elért pozíció a mérvadó.

Hogy hol tartunk e téren? Számottevő-e a magyar kutatási eredmények megjelenése és visszhangja nemcsak a hazai, hanem a nemzetközi folyóiratokban, kiadványokban, vagy mondjuk milyen a meritokrácián alapuló részvételünk és szerepünk nemzetközi szakmai szervezetekben, megjelenésünk rangos konferenciákon, sikerünk európai uniós pályázatokon?²⁰ Erre nézve a magyar tudományról rendszeresen összképet adó akadémiai beszámolókra utalunk (URL5).

A kifelé és befelé nyitottság és mozgás országunk határán át is létezik. Biztosan aszimmetrikus: többen mennek, többnyire véglegesen külföldre, mint külföldiek hozzájuk. Ha az Akadémia kb. kétszáz külső (azaz magát magyarnak valló) tagját nézzük, legalább felük itthon kezdte karrierjét, és cserélt

hazát, ha szívet nem is feltétlenül. Jóval kevesebben érkeztek hozzánk véglegesen. (A szomszédos országokból áttelepült magyar tudósok külön csoportot képeznek.)

De az oktatás tekintetében is egyre nyitottabb a pálya: fiataljaink nagy számban tanulnak kiváló külföldi egyetemeken, akár részidős formában (például Tempus-, Erasmus-csereprogramok), akár teljes képzésben. Keresettek a magyar doktoranduszok, posztdoktorok, ugyanakkor egyre növekvő számban tanulnak nálunk külföldi fiatalok, az orvosi szakmákban (több ok következtében) már kifejezetten sokan. E téren egy átfogó kitekintéshez – adatokkal és okokkal – egy másik tanulmányra van, volna szükség.

Tennivalónk – tudományt művelőknek, alkalmazóknak és támogatóknak – még bőven van.

Kulcsszavak: *PhD doktori fokozat, habilitáció, egyetemi tanár, a Magyar Tudományos Akadémia doktora, a Magyar Tudományos Akadémia tagja, Magyar Felsőoktatási Akkreditációs Bizottság (MAB), Hungarian Academic Career*

URL2: <http://tinyurl.com/hlnbusd>

URL3: http://mta.hu/mta_tagjai

URL4: www.doktori.hu

URL5: www.mta.hu

URL6: <http://tinyurl.com/zecdlke>

URL7: Mihály György: PhD fokozatok nyomában –

<http://tinyurl.com/gr3ldp6>

URL8: <http://tinyurl.com/jggi6u5>

URL9: http://mta.hu/mta_doktorai

URL10: <http://tinyurl.com/ztf6utro>

IRODALOM

Bazsa György (2015): Tudományegyetemeink díszdoktorai. *Debreceni Szemle*. 22, 145–160 • <http://tinyurl.com/j66x4mm>

Resztető Petra – Váradi Balázs (2003): Elöl-hátul doktor. A tudományos címek mai rendszerének kialakulása. In: Kovács János Máttyás (szerk.): *Zárva várni Nyugatra*. Budapest: Sík, 313–346. • <http://ketezer.hu/2002/05/elol-hatul-doktor/>

URL1: <http://tinyurl.com/hylwltro>

VAN-E SZAMÁRLÉTRA A TUDOMÁNY MENNYORSZÁGÁBA?

Vámos Tibor

az MTA rendes tagja
vamos@sztaki.hu

Ahogy vesszük! Ha végigtekintünk a sok, magára sokat adó ország akadémiainak taglistáin, a csipősebb kritikus sok mindenféle számárlétrát regisztrálhat. Ki-kinek a barátsága, rokonsága, lekötelezettsége és lekötelezési szándéka révén lett kiválasztott, hányan voltak a politika kegyeltjei, hányan egyéb méltóságuk, egyházi rangjuk, főnemesi címük révén lettek akadémikusok, hányan lettek a tudománytörténet joggal elfelejtett ismeretlenjei, és mindezekkel szemben hányan voltak a tudományos haladás olyan lángeszű nagyjai, akik sohasem kerültek a kiválasztottak közé.

A józan megalkuvó minderre azzal a rétegstatistikával válaszolhat, hogy az akadémiaikban a társadalom mindenféle csoportját tekintve általában igen magas volt a szellemi színvonal, magasabb, mint a többi csoport átlaga.

Az osztályozásokra és szabályozásokra beállított illetékesek, akadémiaikon belül és kívül, mindezt jogosan bírálva bonyolult és szerintünk objektív mércéket és létrákat (most kerülöm a jobb sorsra érdemes csacsikat) konstruáltak a csatlakoztatott kiválasztás biztosítására. Ezek megítélése is csatlakozik a józan megalkuvó nézeteihez: a mércék a maguk átlagában bizonyosan javítanak a szarvas (másik érdemes állat!) hibák és visszaélések

elkerülésében, de mint minden átlagokkal dolgozó rendszer, sokszor éppen a rendkívülit, azaz a tudományban a zseniszerűséget szűri ki, és valóban jól járható létrát szolgáltat az igyekvő középzszernek.

Mint mindenre, arra is van példa, hogy igazi, korszakalkotó géniuszok kettes és hármas ugrásokkal termettek a kisebb szellemek számára méretezett létrák tetején.

Mindez számomra azt sugallja, hogy a pontozások és szabályozások regulázása nem anatómára ítélt valami, lehet valóban hasznos szűrő is, főleg ha *cum grano salis*, megfelelő értelemmel használják, és megengedi ezt a megfelelő értelmet az értelem jegyében, de nagyon másodrendű abban a bonyolult, nem szabályszerű szférában, amelyben a tudomány haladhat.

Nascitur; születik. A tudományokat megforgató (paradigmaváltó?) nagy személyiségek nagy képességekkel születnek, ebben nincs kivétel, de van hozzá sok példa, amikor a született tehetség nem tud érvényesülni, akár belső, akár külső körülmények hatására. A képességeket lehet fokozni, ápolni, de nélkülük semmi nagyság sem *születik*.

A nagy fordulatok azonban nemcsak egy legendákkal övezhető óriáshoz fűződnek, hanem esetleg hosszan érlelődő, de viszonylag hirtelen felszínre törő kultúrákkal és ezekhez

kapcsolt kulturális változásokkal, amelyek a kortársak számára lehetnek alig észrevehetőek, de túllihegett nagy hullámok is. A későbbi korok elemzőinek gazdag anyag ezek felfedezése, helyre rendezése. A nagy tehetségek ügye fontos és sokat tárgyalt téma, de szerintem csak annyiban tartozik a feltett kérdés körébe, hogy a minősítési rendszereknek nem szabad ezeket bürokratikus, a szűrkeségeket védő eszközökkel elgáncsolni. Ilyen kivételek viszont ritkák, ha alaposabban megvizsgáljuk, egy-egy évszázadban és egy-egy nagy, átfogó területen is legfeljebb tíz körüli nevet idézhetünk, akár a jó irányú, akár a tehetségpusztító példákat sorolhatjuk.

Ami erősebben függ tőlünk, és amire a hangsúlyt fektetni érdemes, az az előbbieken körülírt tömeghatás. Ez annál is inkább fontossá vált, ahogy a tudomány társadalmi tevékenység lett, bár ennek is sorolhatjuk elődeit, a történelem nagy szellemi központjainak példáit, azok kisugárzó és képességeket vonzó fókuszait.

Újra a feltett kérdés felé fordulva: jó-e a minősítési rendszer ezeknek a fókuszoknak, vagy gátja? Emeli-e a minőséget, vagy leszorítja a szorgos és törekvő (a szó jobb, vagy rosszabb értelmét használva) szűrkeség felé?

Személyes válaszom, mint minden sokféle hatású és nagyszámú jelenséggel kapcsolatban, a statisztikára utal. Ha erre támaszkodunk, bátran állíthatjuk, hogy a minősítési rendszerek többségükben hasznos szűrők, ésszerű ösztönzők és sokkal kevésbé jó képességű és jó feladatokat végző emberek gátjai, félreorientáló mechanizmusai. A tudományokban eredményekkel kell bizonyítani, ezeket dokumentálni kell, és közre kell adni. Ezek a feladatok szerves részei magának a tudományművelésnek, lépcsői a fokozatoknak. Akik ebben gyengébbek, azokat egyrészt

nevelni kell arra, hogy ezt a képességet is el-sajátítsák, akiknél ez valamilyen gátlás miatt nem megy, a tudományos közösség feladata, hogy támogatást adjon. Így minősül a tanári, vezetői réteg és az egész kollektíva is.

Mindezek miatt nem tartom nagyon fontosnak a minősítési rendszerek javíthatóságát, bár bizonyosan az sem elhanyagolható. Lényeges viszont, hogy ez a rendszer mindenben megfeleljen a minősítési rendszerek általános bevett nemzetközi normáinak, hiszen ez feltétele a tudomány nagy, nemzetközi mozgásában való részvételnek.

A rendszer alapjai pedig évszázadokon keresztül csiszolódtak.

A tudományos fokozatok megvédésének rítusa sok évszázados szép és bölcs teológiai és jogi gyakorlat példáján alakult, amit különböző fokozatú doktori eljárásaink még nevükben és a szereplők ülésrendjében is szépen őriznek. Ami így alakult, az evolúciós megfontolásaink sugallatára is, alapvető ellentétek hiányában, megbecsülendő.

A *nascitur* után tehát a *coletur* problémája az izgalmas. Néhány ismert tényezőt nevezek meg: a tudományos tevékenység szabadságát, a középfokú képzés jelentőségét, ebben kiemelve a tanárét, és harmadiknak a *Wanderjahre* fontosságát. Ezekhez kapcsolódnak a generációs és a nemekkel jelzett (*gender*) ügyek.

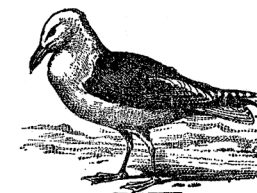
Az első már Platón és Arisztotelész életútjából is tanulható, ha már kerülhetjük a huszadik század tragikus magyar tapasztalatait. Itt és most, a huszonegyedikre, az Akadémia megmaradását és függetlenségét húznám alá.

A második szépen leszűrhető sikeres kutatóink vallomásait pályaválasztásuk gyökereiről. Majdnem mind megnevezik azt az általában középiskolai tanárt, aki a szakmát megkedveltette, a tehetség irányait észrevette,

és az indulást támogatta. Idézzük az ötvösi kollégiumpéldát és a finnt a tanárok megbecsüléséről és követelményeiről. Kevesebbszer szólunk az egyéniségcentrikusságról, a szabályszerűségek meghaladásáról.

A harmadik a vándorévek ősi hagyománya. Majdnem minden alkotó pályájának döntő fordulata volt az aktuális szellemi centrum élménye, Athén, Córdoba, Firenze, Párizs, az angol egyetemek, Göttingen, az MIT vagy a Stanford, és néhány hasonlóan nagy példa. Az itt tapasztalt szellem, az itt tanult munkastílus és az itt alakult barátságok, kapcsolatok a további kutatói évtizedek sorsdöntő alapjai.

Ezekhez a mai globális világban az elérés lehetősége és annak pénzbeli támogatása hatalmasabb, mint bármikor korábban, per se a verseny is nagyobb. Az előkészítés, felkészítés, kiválasztás támogatható jóindulatú bürokráciákkal is, de a jó értelemben vett személytől függés általában meghatározó, szép feladata a már befutott pályán állóknak. Tanulságos a hálózati adatbázisok kutató-profil struktúrájában azok felsorolása, akikre elődökként, tanárokként, forrásként támaszkodtak, és azoké, akik a szárnyaik alatt tanulnak meg repülni.



Általános jelenség, hogy a nagy és új gondolatok fiatal korban, a szellemi érés szabadságában születnek, a legtöbb géniusz is ezeket a fiatal kori áttöréseket viszi tovább életművében. Ennek a fiatal kornak a határai, életviszonyai és értékrendjei éppúgy hatalmas változásokon mennek át, mint a társadalom egészének jellegzetességei. Úgy tűnik, hogy ezekre alakulnak a jó válaszok, a problémakör azonban éppen folyékonyasága miatt állandóan és tudatosan napirenden tartandó.

A radikális társadalmi átalakulások egyik kiemelt jellemzője a női egyenjogúság megjelenése minden, korábban férfiak által kisajátított területen. E kisajátítás történelmi-szemléleti maradványa a magyar valóságban kiáltozóan uralkodó, annak egyik betegsége. Ma ennek hatalmas irodalma van, téma lett az MTA legutóbbi közgyűlésén is. Részben az elmaradottság miatt, de a valós különbözőségek mérlegelése, felhasználása és kompenzálása már csak az idő- és ráfordításigény miatt is generációs feladat. Tudományos világunk erre érzéketlen, még komolyan sem veszi.

Summa: az igazi kihívás a tartalmi lényeg!

Kulcsszavak: *előrelépés, kiválasztás, tudományos fokozatok*

TÖRTÉNELEM ÉS SZABADSÁG

A 150 éve született Benedetto Crocéra emlékezve¹

Kelemen János

az MTA rendes tagja, az ELTE professor emeritusa
jim218@t-online.hu

Az alábbiakban egy olyan problémáról szeretnék néhány gondolatot kifejteni, mely a filozófiai gondolkodás kezdeteitől fogva fundamentálisnak bizonyult, s melynek megvitatása elől ma sem térhetünk ki. Ez a szabadság problémája.

Témaválasztásomat két motívum magyarázza. Az egyik természetesen az, hogy a filozófusoknak mindig is dolguk, sőt kötelességük volt a szabadság eszméjét minél mélyebben tanulmányozni, megérteni és nehéz időkben öröködni fölötté. A második motívum az, hogy ebben az évben, 2016-ban emlékeznek meg Itáliában és természetesen az egész világon, Benedetto Croce születésének százötvenedik évfordulójáról,² aki a huszadik század nehéz éveiben valóban a szabadság eszméjét őrizte, s ezt tudatosan vállalt feladatként róta magára.

Ezért a szabadság fogalmával kapcsolatos néhány általános filozófiai és történeti megállapítást követően tanulmányom második részét Croce szabadságfilozófiájának szenteltem.

* A 2016. december 1-én az MTA II. Osztályán elhangzott székfoglaló előadás szövege. Az előadás konkrét körülményeire utaló egy-két kifejezés elhagyásával a szöveg megegyezik az elhangzottakkal.

² Benedetto Croce született 1866. február 25., elhunyt 1952. november 20.

I.

Nem lehet kétség afelől, hogy a szabadság – éppúgy, mint az ész – valóban egyik legrégebbi és legalapvetőbb filozófiai fogalmunk. Olyannyira így van, hogy mint Croce rámutatott, minden kísérlet, mely arra irányul, hogy megírjuk a szabadság fogalmának történetét, előbb vagy utóbb azzal végződik, hogy a filozófia általános története lesz belőle (Croce, 1909, 191.).

Tegyünk azonnal hozzá, hogy Croce megállapítása hasonlóképpen érvényes az ész, illetve az értelem és a szellem fogalmának történetére, hiszen az utóbbi többé-kevésbé ugyanúgy kimeríti a filozófia általános történetét, mint a szabadság fogalmának a története. A két fogalom közötti rendkívül szoros történeti összefüggés azt tükrözi, hogy a szabadság és az ész ugyanannak az antropológiai állandónak vagy „nembeli” lényeknek két oldalát jelenti. Ezt Hegel igen pregnánsan fogalmazta meg, amikor kijelentette, hogy „a szellem szabadsága az ember legsajátabb természete” (Hegel, 1966, 43.). De jól látta már Arisztotelész is, annak ellenére, hogy fogalmai különbözőek voltak. Ő az elhatározás fogalmát vizsgálva rámutatott például arra, hogy „az elhatározás mindig az okoskodás és értelem segítségével jön létre” (Arisztotelész, 1971, 60.

III. 4. 1112a.), vagyis az akaratból való választás szükségképpen előfeltételezi az eszt. S a középkoriak közül hadd idézzem Dantét, aki a *Paradicsom* egyik fontos helyén a szabad akaratot Isten legnagyobb ajándékának nevezi, és hozzáfűzi:

*Ezt kapta minden értelmes teremtmény
de csakis ők –, s kapják azóta is.³*

A szabadságról szóló filozófiai diskurzust sokáig a szabad akaratról szóló tanítás határozta meg, mely Szent Ágoston óta a jó és a rossz közötti választás képességére vonatkozott, s annak magyarázatul szolgált, hogy miért van a rossz a világban. De az ókor és a középkor nagy gondolkodói tudták, jóval szélesebb kérdésről van szó. A szabad akarat különféle értelmezéseiről folytatott vita, illetve magának a szabad akaratnak a fogalma önmagában véve is a szabadság tágabb problematikáját ölelte fel, hiszen általánosan elfogadott nézet volt az, amit Arisztotelész úgy fogalmazott meg, hogy „szabad az az ember”, aki „önmagáért van és nem másért” (Arisztotelész, 1936, 40. A. II. fejezet, 982b). Ez az arisztotelészi fogalom természetesen azt a társadalmat tükrözi, amelyben megfogalmazódott, vagyis a rabszolgaság intézményére épülő polisz-világot. De kibontható belőle az autonómia elve, ahogyan a filozófia Kantig ívelő története bebizonyította.

Sok filozófus azt is megfogalmazta, hogy a szabadság nemcsak a morális élet lehetőségfeltétele, de az emberi együttélés keretétől szülő politikai rendszerekkel szemben is szigorú követelményeket támaszt, mert jólétünk elengedhetetlen feltétele a minél szélesebb körű szabadság. Ahogyan a középkor-

³ „di che le creature intelligenti, / e tutte e sole, fuoro e son dotate”. *Paradiso*, V, 23-24 (Alighieri, 1987).

ban Dante mondta, „az emberi nem akkor él a legjobban, amidőn a leginkább szabad” (Dante, 1962b, 415.).

Ezen a ponton jelenik meg a politikai szabadság fogalma, mely a klasszikus ókorban tulajdonképpen az első állomása volt annak az útnak, mely elvezetett a szabadság általános problémájának megragadásáig. A platóni *Törvényekben* például szó esik arról, hogy a perzsák gyengülésének egyik oka, hogy a szabadságtól túlzottan megfosztották a népet, és emiatt kiveszett államukból a közügyek iránti érdeklődés (Platón, 2008, 119. III 696d). Arisztotelész pedig arról értekezik, hogy az egyes csoportok más-más értékeket tekintenek irányadónak, hiszen – ahogyan máig érvényes módon leszögezi – a szabadság csak „a demokrácia hívei” számára jelenti a követhető célt, míg „az oligarchia hívei” a gazdagságot preferálják, az arisztokráciáéi viszont az erényt (Arisztotelész, 1971, 124. V. 6. 131a).

A középkorban a szabad akaratról folytatott vita keretében, és sokszor e vitának alárendelten, eléggé felismerhetővé vált a szabadság fogalmának metafizikai, politikai, morális és pszichológiai értelmezések szerinti belső artikulálódása. Egyik fő bizonyosságul a *Summa theologica* azon cikkelei kínálkoznak, melyeket Aquinói Szent Tamás az emberi cselekvés elemzésének szentelt (Aquinas, 1952, II/I. ii. QQ 6–48). Itt azonban elég lesz Dante nagy költeményére hivatkoznom, mely a középkori világkép szintézisaként e kérdést tekintve is megkerülhetetlen olvasmány a számunkra.

Az *Isteni színjáték* szerkezetének egyik fő tengelyét a szabadság és a nem-szabadság ellentéte alkotja. Dante, amikor a poklot elhagyva a purgatórium partjára érkezik, a szabadság világába lép. Innentől kezdve a purgatórium és a paradicsom körein áthalad-

va a bűnök igája alól való *felszabadulás* és a *kiteljesedő szabadság* útját járja egészen Isten színe látásáig. A purgatórium a bűnöktől való fokozatos megszabadulás színhelye, a paradicsom pedig a teljes szabadságé, ahol az üdvözült lélek „Isten akaratán belül marad”, vagyis akaratára „egy lesz az övével” (*Paradicsom*, III, 80–81). A szabadságnak ez a felfogása az adott fogalmi kereteken belül egyfajta megoldást jelent a szabadság és szükségyszerűség problémájára: a lélek a szükségszerű jót akarja. Logikai szerkezetét tekintve majd ez a megoldás tér vissza „a szabadság a felismert szükségyszerűség” hegeli tételében.

Bizonyos értelemben azt mondhatjuk, hogy Dante útja *történelmi* út, hiszen a költőnek mint szereplőnek túlvilági vándorlása éppen azt fejezi ki, hogy bár a szabadság lényegünkhöz tartozik, nem statikus adottságunk. A morális és politikai szabadságot ugyanis tapasztalatainknak köszönhetően egy történelmi folyamatban tesszük magunkévá és küzdjük ki magunknak. Ezen a ponton, az európai gondolkodásban talán először, a szabadság történetiségének modern eszméje vetődik fel.

Azt, hogy a poklon túl a szabadság birodalma kezdődik, rögtön megértjük azokból a szavakból, melyekkel Vergilius a költő bebocsátását kéri a *Purgatórium* őrtől, uticai Catótól:

*Fogadd hát szívesen jövetelét:
szabadságot keres. Az drága kincs:
ki életét eldobta érte, tudja.
Neked sem volt a halál keserű
ott Uticában, hol ruhád letetted,
mely fényes lesz majd ama nagy napon.
(Purgatórium, I, 70–75)⁴*

⁴ „Or ti piaccia gradir la sua venuta: / libertà va cercando, ch'è sì cara, / come sa chi per lei la vita rifiuta. [...]”. *Purgatorio*, I, 70–75 (Alighieri, 1987).

Cato a polgárháborúk idején a köztársasági szabadságot védelmezte Caesarral szemben, akinek győzelmét nem tudván elfogadni, megölte magát. Rejtélyesnek tűnik, hogy Dante (aki különben Caesar dicsőítője és a világi egyeduralom híve volt) miképpen ruházhatta fel az öngyilkosság bűnébe eső pogány figurát a purgatórium őrének kivételes szerepével. Alighanem az a gondolat vezethette, hogy Cato teljes odaadása a szabadság iránt minden más attribútumát elhomályosítja, vagyis feledhetővé teszi az öngyilkosság révén elkövetett bűnét és azt a tény, hogy nem volt keresztény.

Dante az egyeduralomról írt traktátusában is „a szabadság szigorú őrzőjének” nevezi Catót, és a következőképpen ír róla: „hogy újra fellobbanthassa a világban a szabadság szeretetét, megmutatta mennyit ér a szabadság, mikor inkább önként akart az életből távozni, semmint hogy szabadság nélkül éljen” (Alighieri, 1962b, 433. II. v). Az érv, mely a római hős purgatóriumbéli helyét és funkcióját igazolja, abból a tételből ered tehát, hogy a szabadság mindenk fölé a legfőbb érték. Traktátusában a költő ezt így fogalmazza meg: „teljes szabadságunk princípiuma a legnagyobb adomány, amellyel Isten az emberi természetet felruházta” (Alighieri, 1962b, 416. I. xii).⁵ *Az egyeduralom* mérvadó kiadásai szerint e mondathoz hozzáfűzi még a következő megjegyzést: „sicut in Paradiso Comedie iam dixi” ([„ahogyan a *Komédia Paradicsom* részében mondtam”] Alighieri, 2009, 355.).

⁵ Érdemes itt még egyszer emlékeztetnünk az előbb idézett arisztotelési helyre, melyet Dante is szem előtt tartott. Az önmagáért való, tehát szabad tudományról szólva Arisztotelész megjegyzi: „Mert sok dologban rabszolga az emberi természet, úgy hogy Simonides szerint «egyedül Isten illeti meg ez az ajándék»” (Arisztotelész, 1936, 982b).

S valóban, a *Paradicsomban*, ahol bőven esik szó a szabadságról és a szabad akaratról, ugyanezeket a szavakat olvashatjuk:

A legfőbb ajándék, amit teremtőknekünk adott, ami a leghasonlóbb saját magához, s amit leginkább becsül bennünk: a szabad akarat.⁶

Ezen a nagyon fontos helyen a szabad akarat korlátozottabb jelentésű fogalma szerepel, de nem lehet kétségünk a felől, hogy Dante a szabadság morális és politikai értelmét is belefoglalja abba, amit úgy hív, hogy „szabadságunk teljes princípiuma”.

Mint előbb megjegyeztem, az *Isteni színtéren* Dante túlvilági útja a szó valamilyen tág értelmében *történelmi* jellegű, hiszen tapasztalatainak bővülésével az utazó olyan fejlődésen megy át, melynek során szabadsága kiteljesedik. A történetiségnek ez a még csak sejtészerű megjelenése is előre vetíti a modernitás egyik nagy kérdését, mely az értékek és a tények viszonyára irányul. A kérdés a szabadságra vonatkoztatva ugyanúgy feltehető, mint a többi nagy értékre vonatkoztatva, és abban áll, hogy ami isteni adomány, más szóval, ami nembeli adottság vagy „antropológiai állandó”, az alá van-e vetve a történelemnek. Sőt, *lehetséges-e* egyáltalán, hogy alá legyen vetve a történelemnek? Ez analóg Hegel mélyértelmű kérdésével, melyet egy másik alapérték, az igazság időtlen voltának feltevése indokol: elfogadva, hogy „ami igaz, mindig és minden időben igaz”, lehetséges-e egyáltalán, hogy a gondolatvilágnak történelme van? (Hegel, 1977, 24.).

⁶ „Lo maggior don che Dio per sua larghezza / fesse creando, ed alla sua bontade / più conformato, e quel ch'è più apprezza / fu della volontà la libertate”. *Paradiso*, V, 22 (Alighieri, 1987).

Jogos minderre úgy válaszolnunk, hogy a szabadság sokrétű fogalom, s csak a szabadságra való képességünk magva, az akarat szabadság tekinthető antropológiai adottságnak, miközben a szabadság többi formája a történelem műve, és történetileg alakul. Hasonló megfontolást olvashatunk már Kantnál is, aki leszögezi, „hogy egészen más [...] a szabadság első kifejlődésének története az emberi természetnek a szabadságra való eredeti képességéből, mint a szabadság története a magamenetében” (Kant, 1974, 90.).

Míndezt elfogadva, továbbra is nyitva marad a kérdés, hogy a szabadság és az ész *szükségképpen* megjelenik-e a történelemben.

Más szóval: a történelem valóban a racionalitás és a szabadság kibontakozása?

Kanttól Schellingig a klasszikus német filozófia nagy képviselői igennel válaszoltak erre a kérdésre. Kant, aki az ész antinómiái közé sorolta a szabadság transzcendentális eszméje és a természeti kauzalitás közti ellentétet, éppen a történelem problémájára reflektálva gondolta újra *A tiszta ész kritikájának* transzcendentálfilozófiai rendszerét. Arra az eredményre jutott, hogy a történelem az akarat szabadság *jelenségeit* foglalja magában, illetve beszéli el, s a nagy célt, az emberiség összes természeti képességeinek kifejlesztését a szabadság feltételein alapuló általánosan jogszerű polgári társadalom keretei között lehet majd elérni (Kant, 1974b, 67.). Tehát hosszú világtörténelmi folyamat eredményeként jutunk el idáig, s a szabadság is eredmény, nem pedig kiindulópont. Nagy vonalakban szemlélve „a szabadság története a magamenetében” előrehaladó mozgás, melyet meg sem lehet szakítani, hiszen – ahogyan Kant mondja – az embernek „a szabadság egyszer megízlelt állapotából immár lehetetlen volna visszatérnie a szolgaságba” (Kant, 1974c, 94.).

De veszélyes is lenne megszakítani, mert a filozófus jövőbe látó szavaival élve, „a polgári szabadságot ma nem lehet komolyan megsérteni anélkül, hogy az ebből származó kár meg ne érződne minden területen, kiváltképpen a kereskedelemben s ezáltal az állam külső viszonylatokban történő gyengülésében” (Kant, 1974b, 75.). A mondottak megkoronázásaként Kant megfogalmazza azt a radikális tételt, hogy a szabadság „folyamatosan növekszik” (Kant, 1974b, 75.).

Még radikálisabb Hegel felfogása arról, hogy az ész és a szabadság inherens a történelemben. Tegyük egymás mellé következő kijelentéseit, melyeket a világtörténet filozófiájáról szóló előadásaiából veszek, s melyek a hegeli történelemfilozófia egy-egy markáns tételét fejezik ki:

1. „A világtörténet az ész képe és tette” (Hegel, 1966, 17.).
2. „Az ész kormányozza és kormányozta a világot” (i. m. 26.).
3. „Csak a szabadság érzése teszi szabaddá a szellemet, noha ez valójában mindig szabad” (i. m. 37.).
4. „A keletiek nem tudják, hogy a szellem vagy az ember mint olyan magánvalósága szerint szabad. Mivel nem tudják, nem is szabadok. [...] A görögökben támadt először a szabadság tudata, s ezért szabadok voltak [...]. Csak a germán nemzetek jutottak a kereszténységben annak tudatához, hogy az ember mint ember szabad [...]” (i. m. 42–43.).
5. „A világtörténet haladás a szabadság tudatában” (i. m. 43.).
6. A szabadságnak ezzel a formálisan abszolút elvével a történelem végső stádiumába érkezünk, a mi világunkba” (i. m. 73I.).

Az előbbi kijelentések együttesen azt mondják, hogy a történelem a szabadság megvaló-

sulásának az ész által irányított folyamata, melynek végső állomása a mi korunk (Hegel kora, illetve a mindenkori jelenkor). Érdemes ezt kissé részleteznünk. A történelem ésszerűsége a hegeli okfejtések szerint azt jelenti, hogy a történelem az ész műve, az ész pedig a történelem műve. Ezzel párhuzamosan azt is mondhatjuk, hogy a történelem a szabadság műve, a szabadság pedig a történelem műve.

A többi jelentéstartalomtól most eltekintve mindkét dialektikus megfogalmazás egyfajta megoldást kínál arra az újra és újra felmerülő kérdésünkre, hogy ami az emberrel mint olyannal adva van, az hogyan lehet egyben történeti. A megoldás a „magában való” és a „magáért való”, illetve a potencialitás és az aktualitás terminusaiban kifejezve abban áll, hogy az ember mint szellem „magában valóan”, vagyis lényegénél fogva szabad, de hogy valóságosan, „magáért valósága” szerint is az legyen, tudatára kell ébrednie szabadságának („a szabadság érzése” vagy „a szabadság tudata” teszi szabaddá a szellemet).

Hegel bírálói nem győzték hangsúlyozni, hogy ez a hegeli idealizmus jellegzetes megnyilvánulása, s kevesen vannak, akik ma maradéktalanul elfogadnák. A kritikák így vagy úgy azt fogalmazzák meg, hogy a hegeli formula nem mond semmit az egyének, a csoportok, a társadalmi osztályok vagy a társadalmak tényleges szabadságáról, hiszen hiába vagyunk szabadságunk tudatában, és hiába vagyunk bensőleg szabadok, ha egyszer a kizsákmányolás és a politikai elnyomás súlya nehezedik ránk. Más szóval a formula azzal a paradox következménnyel jár, hogy akár a börtön rácsai mögött is szabadok lehetünk, ha szabadnak tudjuk (vagy csak hiszünk) magunkat.

A kritikusoknak persze abban a tekintetben igazuk van, hogy a politikai vagy a társa-

dalmi és jogi értelemben vett szabadság külső institutionális feltételei felülmúlják a szubjektív tudatosságban rejlő belső feltételeket. Mégis, hadd keljek, legalábbis részben, Hegel védelmére. Az előbbi ellenvetések ugyanis csak féligazságok. Hegel kritikusi is elfogadják, hogy az önreflexió és ezzel a tudat önmagáról való bizonyossága struktúrájában és tartalmában megváltoztatja a magában való tudatot és annak a külvilághoz való viszonyát. Nehéz belátni, hogy ez miért ne lenne kiterjeszhető a morális vagy pszichológiai értelemben vett szabadságra. De akár a politikai szabadság esetében is érvelhetünk úgy, hogy akikben megvan a szabadság tudata, szabadok annyiban, hogy jobban ellen tudnak állni a nyílt politikai elnyomás vagy a rejtett manipuláció különféle formáinak.

Más kérdés, hogy az átmenet a magában való szabadságból a magáért való szabadságba, vagyis a valódi és öntudatos szabadságba, visszafordíthatatlan-e. És más kérdés – Engels híres megfogalmazását használva –, hogy visszafordíthatatlan lesz-e majd az „ugrás a szükségszerűség birodalmából a szabadság birodalmába”.

Azt, hogy a történelem elkerülhetetlenül az ésszerűség és a szabadság megvalósulása felé halad, a felvilágosodás, majd pedig a XIX. századi liberalizmus klasszikus gondolkodói szinte egyöntetűen vallották. Magába a haladás fogalmába belefoglalták ezt a tartalmat. Kant erre nézve talált még egy empirikus útmutatást is. Hangsúlyozom, nem bizonyítékot, hanem – ahogyan ő mondta – egy „történeti előjelet”, melyből nagy bizonyossággal következtethetünk arra, hogy „az emberi nem már mindenkor a mind jobb iránt haladt előre, s arra visz útja továbbra is” (Kant, 1995–1997b, 426.). Ezt a jelet abban a hatásban vélte felfedezni, melyet a francia forrada-

lom a népek érületében visszavonhatatlanul kiváltott. Hiszen (írta az események kortársaként) teljesen függetlenül attól, hogy a forradalom győz-e vagy elbukik, „ily jelenség nem merülhet feledésbe többé” (Kant, 1995–1997b, 425).

A liberalizmus diadalmenete a XX. század fordulójáig egészében véve igazolni látszott a szabadság jegyében történő haladás tételét. A XX. század totalitarizmusai és saját jelenünk aggasztó fejleményei viszont ezt cáfolni látszanak. Ráadásul az évtizedek óta megszilárdult filozófiai és közfelfogás szerint lejárt a nagy történeti narratívák ideje, megbukott az egységes, valamilyen irányba haladó világtörténet hipotézise. Következésképpen a történelemben immanens ész és szabadság tétele végképpen a múlt történelemfilozófiájának naiv elképzelései közé sorolandó.

II.

Ennek ellenére időnként feltűnnek olyan jelentős gondolkodók, akik védelmükbe veszik ezt a tételt és annak politikai implikációját. Közéjük tartozott Croce, aki, mint jeleztem, 150 évvel ezelőtt született, 1866. február 25-én. Ő, mint a huszadik század legnagyobb olasz filozófusa, mint a liberalizmus elméletének egyik vezető képviselője, s mint hazája politikai történetének aktív szereplője, továbbra is meg volt győződve arról, hogy a történelem a szabadság története.

Mind a gondolkodás, mind a gyakorlati élet szférájában síkra szállt emellett a történelemfelfogás mellett, ami egyúttal persze azt jelentette, hogy egyáltalán a szabadság eszméjének ébren tartását is küldetésének tartotta egy sötét korban. Mint mondta, „ránk, tudósokra és gondolkodókra tartozik, hogy megőrizzük és gazdagítsuk a szabadság pontos fogalmát, s megalkossuk filozófiai elméletét”

(Croce, MCMXCIIb, 106.). A gyakorlati életben ennek emlékezetes módon 1925-ben az *Antifasiszta értelmiségiek kiáltványának* (Croce, 2004) megírásával és közzétételével tett eleget, mely a fasiszta értelmiségiek Giovanni Gentile által írt és szervezett kiáltványára volt válasz. A két világháború közti Itáliában ez volt az utolsó alkalom, hogy nagy nyilvánosság előtt valaki fel tudott lépni olyan szabadságjogok mellett, mint a sajtószabadság, s figyelmeztesse az értelmiséget kötelességére, hogy ne tűrje annak elnyomását.

Így tehát filozófiai munkássága és politikai szerepvállalása miatt joggal nevezik Crocét azóta is a szabadság filozófusának. Talán ennek köszönhető, hogy a XX. század első felében mindvégig ő volt Magyarországon az egyik legismertebb külföldi gondolkodó, akinek népszerűségével talán csak Bergson népszerűsége vetekedhetett; azé a Bergsoné, akitől a *Nouvelle Revue Hongroise* Halasy Nagy József által írt nekrológia 1941-ben úgy búcsúzott el, mint aki hasonlóképpen a szabadság filozófusa volt.

Eltekintve most a fordításokra és a kritikai reakciókra vonatkozó filológiai adatoktól, hadd jegyezzem meg, hogy a magyar közönség Croce munkásságának két aspektusára reagált: nagy esztétikai műve mellett a szabadság eszméjét napirenden tartó történelmi és politikai írásaira. Ez egészen bizonyosan jellemző a huszadik század első felének magyarországi Croce-recepciójára.

A politikai és ideológiai irracionális támadásai közepette sokan valóságos szellemi mentevárt láttak az ő józan tanításában, rendíthetetlen liberalizmusában, vagy ahogyan egyik fordítója mondta, „szabadság-apológiájában”. És persze abban is, ahogyan a *régi*, de egyben örök értékeket szembe szegezte mind a kommunizmussal, mind a faszizmussal.

A történelmet, irodalomtörténetet, irodalomkritikát, esztétikát és a filozófia minden ágát átfogó életművében előkelő helyen szerepelnek a történelmi témáknak szentelt tanulmányok, köztük sok más mellett a nápolyi királyság, a XIX. századi Európa és az egyesített Itália történetéről szóló nagy művek (Croce, 1925; Croce, 1928; Croce, 1932). Ezek témájukat és módszerüket tekintve a szó szak tudományos értelmében is valódi történelmi munkák, de kétségtelenül átszövi őket az a filozófiai meggyőződés, hogy a szerző által elbeszélte események hajtóereje a szabadság eszméje volt.

Croce természetesen filozófusként is foglalkozott a történelem és a történelmi megismerés alapkérdéseivel, bár a történelemről alkotott filozófiai elméletét nem hívta „történelemfilozófiának”. Sőt tagadta, hogy egyáltalán lehetséges lenne a történelemfilozófia, legalábbis, az a fajta történelemfilozófia, melyet – az analitikus filozófusok terminológiáját használva – manapság „szubsztantívum” nevezünk. Ettől függetlenül – az esztétika, a logika, valamint a gazdaságot és erkölcsöt magában foglaló gyakorlati filozófia mellett szellemfilozófiai rendszerének egyik fő pillére a történelem. A történelemnek mint a szellemfilozófiai rendszer részének problematikáját *A történetírás elmélete és története* című, 1915-ben megjelent művében dolgozta ki, mely először németül jelent meg, majd olaszul 1917-ben (Croce, 1915, Croce, 1917). Emlékeztet, hogy a könyvről még megjelenésének évében Lukács György írt mélyszántó recenziót (Lukács, 1977). Másik nagy filozófiai műve a történelemről *A történelem mint gondolat és tett* című 1938-as könyve (Croce, 1938). Ez utóbbi már megjelenésének időpontja és politikai kontextusa miatt is nagyobb hangsúllyal tárgyalja a jelen gondolat

menetünk szempontjából különösen fontos témákat.

Az egész crocei életmű legjellegzetesebb és legfontosabb elemét a filozófia és a történelem azonosságáról alkotott tétel jelenti, mely a valóság ésszerű voltának és az ésszerű valóságos voltának hegeli elvéből vezethető le, s egyben a történelmi interpretáció kulcsául szolgál. Croce egészében véve is a filozófia hegeli felfogását képviseli, mégpedig sokkal radikálisabb formában, mint maga Hegel vagy a historizmus követői közül bárki. A historizmusnak ezt a végső konzekvenciáig való vitéletét azzal fejezi ki, hogy filozófiáját „abszolút historizmusként” jellemzi. A filozófia fogalma szerinte nem is lehet más, mint „abszolút historizmus”, ahogyan egy késői tanulmányának a címe is kifejezésre juttatja (Croce, MCMXCIIc, 9.). Ennek szellemében lehet mondani, hogy minden, ami létezik, történetileg létezik, vagyis az élet és a valóság történelem, és semmi más, csak történelem.

A filozófia és a történelem azonosságát Croce logikailag az egyedi és az ún. definíciós ítéletek azonosságával igyekszik igazolni, mondván, hogy a filozófia mint a tiszta fogalmak tudománya az egyedi tényekről szóló történelmi ítéletek predikátumait és a történelemben reálisan létező és a történelmi egyedektől elválaszthatatlan kategóriákat vizsgálja. De támaszkodik arra a spekulatív megfontolásra is, hogy „a szellem maga történelem”: a szellem „minden ízében történelemalkotó és egyszersmind eredménye az egész korábbi történelemnek; a szellem magában hordja egész történetét, amely végül vele magával esik egybe” (Croce, 1987b, 563–564).

Könnyű belátni, hogy mindez szükségképpen maga után vonja a már sokszor idézett hitet abban, hogy a történelemben az ésszerűség és a szabadság elve uralkodik. Fölösleges

ismételgetnünk, hogy ezt a történelmi tapasztalat legtöbbünk szemében megcáfolta.

Persze felvetődik a kérdés, hogy milyen tapasztalatnak van a történelem egészét érintő kérdésben cáfoló ereje, vagyis milyen tapasztalat tekinthető egyáltalán relevánsnak. Croce tudta a legjobban, hogy azok a történelmi fejlemények, melyeknek szemtanúja volt, vagyis az irracionális térhódítása, a XIX. század vívmányaként született liberális rendszerek összeomlása és a totális uralmi rendszerek győzelme Európában és Ázsiában: mindez a haladás élő cáfolatának látszik, s úgy tűnik, éppen az ellenkezőjét bizonyítja mindannak, amit ő a történelemről gondolt. Vagyis annak az ellenkezőjét látszik bizonyítani, hogy a történelem „a jóról a jobbra való átmenet” (Croce, 1917, 73.), vagy – ahogyan Kant mondta – a mind jobb iránti előrehaladás lenne.

Am megfordítva: az a kérdés is felvetődik, hogy amennyiben korának valósága valóban megcáfolta a szabadság jelenlétét a világban, egyben annak is bizonyítékául szolgál-e, hogy a szabadság immár el is hagyta a világot, s „eszménye már leáldozott a történelem horizontján” (Croce, 1985, 578.). Így hát e fordított perspektívában ugyanúgy felvetődik a kérdés, hogy egy adott kor eseményei mennyiben tekinthetők releváns bizonyítéknak a történelem általános koncepciója tekintetében.

Mindenesetre éppen a történelmi tapasztalat és a történelem elmélete közötti feszültség készítette Crocét arra, hogy a húszas-harmincas évektől kezdve újragondolja, pontosabban csak újrafogalmazza történelemelméletét, politikai filozófiáját és liberalizmusát.

Arra a kérdésre, hogy a történelmi valóság, saját korának zavaros és elkészerítő világa mit cáfol és mit bizonyít, illetve cáfol-e vagy bizonyít-e egyáltalán valamit, Croce azt a vá-

laszt adta, hogy „a filozófia nem azért van a világon, hogy fölébe kerekedjék a valóság”. Úgy tűnik, ez a gondolat, mely a magasröptű idealizmus szellemében fogant, rímelt Fichte mondására: ha a tények irrelevánsak, vagy ellenkeznek az elmélettel, akkor ez „annál rosszabb a tényeknek”. Természetesen egészen másról van szó: a filozófia – mondja Croce – azért van, hogy a megzavarodott képzeteket, melyekben a valóság alakot ölt, elűzze és „értelmezze a világot” (Croce, 1985, 578.). A filozófiának magasabb nézőpontból, vagy kevésbé patetikusan szólva, általános fogalmakban, átfogó keretek közt kell szemlélnie a dolgokat.

Ebből a magasabb nézőpontból jelentheti ki a filozófus 1938-ban, hogy „a szabadság egyrészt a történelem menetének magyarázó elve, másrészt az emberiség morális eszménye” (Croce, 1938, 577.). Kijelentése történetileg datált. Egy illiberális korszak kellős közepén hangzott el, amikor a hazájában uralkodó fasiszta rezsim és az ellentétes ideológiát képviselő bolsevik uralom egyaránt a szabadság híveiben látta fő ellenségét. Elgondolkodtató, hogy bizonyos visszatérő körülmények között éppen a liberalizmus kerül az összes többi politikai oldal támadásainak keresztüztüzebe, ahogyan Croce is leszögezte: „a tekintélybálványozó felfogás a liberalizmusban látja a maga közvetlen ellenségét, amelyre csak a félelem és gyűlölet görcei közt tud gondolni. El is követ ellene minden tőle telhetőt, szüntelenül röptívén feléje mérgezett nyilait, felsorakoztatván ellene a legkülönbözőbb táborokból összeverődő elégedetlen elemeket, és kihasználván minden nehézséget, amelybe az ellenfél jutott” (Croce, 1990, 50–51.).

Crocénak az a szerep jutott, hogy egy meghatározott történelmi helyzetben filozófiai, történelmi és politikai műveivel szüntelenül

és makacsul emlékeztessen a filozófia nagy igazságaira és a mellettük felhozott klasszikus érvekre, mint például arra, hogy „aki rabszolgává teszi a másik embert, felkelti egyúttal abban az öntudatot és felszítja szabadságvágyát” (Croce, 1990, 578.). Ebben az egyszerűnek tűnő megfogalmazásban könnyen felismerhető Hegel klasszikus érvelése az *Uralom és szolgaság* című fejezetből, mely az úr és a szolga viszonyának dialektikáját elemezve kimutatja, hogy miként az uralom megfordította annak, ami lenni akar, úgy a szolgaság is saját közvetlen valóságának ellentétévé lesz, úgyhogy „az önálló magáért-való tudat a szolgaság igazsága”. Rokon ezzel Crocénak az a gondolatmenete, mely egyrészt az illiberális korok, másrészt a szabadság számára kedvező korszakok összehasonlításából kiindulva ahhoz a következtetéshez vezet, hogy „az alkotás mindig a szabadság műve” (Hegel, 1973, 106.), az illiberális korok pedig terméketlenek.

Croce persze nem állhatott meg a fentebbi gondolatoknak az ismételtetésénél. Számára a történelem fénypontját a XIX. századi európai forradalmak hulláma és a nyomukban győzelemre jutó polgári berendezkedés jelentette, mely magában a valóságban látszott igazolni a szabadság tudatában való történelmi haladás általános eszméjét. Mégpedig nemcsak annyiban, hogy a gazdaságban és a politikában utat tört a liberalizmus és megszülettek az egyéni szabadság intézményes garanciái, hanem abban a tekintetben is, hogy a szabadság eszméje a vallás erejével hódította meg a szíveket. Megszületett az, amit Croce „a szabadság vallásának” nevezett, s aminek a léte a szabadság és a reakció hívei közötti harcot immár igazi vallásháborúvá alakította át. Mindezek után nem kerülhette meg, hogy megpróbálja megmagyarázni a szabadság vallását szülő világ összeomlását,

mert hiszen nem érthette be azzal az általános igazsággal, hogy a történelemben nincsenek végleges stációk és visszavonhatatlan vívmányok, s nem is lehetségesek, mert – mint világoosan leszögezte – „minden történelmi esemény egyben bukás is” (Croce, 1932, 151.).

Az olyannyira szükséges magyarázatot a szabadság intézményeinek és tudatának hanyatlására az *Európa története a tizenkilencedik században* c. művében dolgozta ki. A könyv, mely a harmincas években nem kerülhetett könyvtári forgalomba, s csak titokban terjedhetett, rendkívüli hatást gyakorolt az olasz értelmiségre. Az volt kiolvasható belőle, hogy a szabadság vallását ébren lehet, és ébren kell tartani, s hogy a liberalizmus halála csak tetszhalál, és a reakció győzelme csak ideiglenes.

Az európai és az olasz liberalizmus vereségére Croce elsősorban narratív magyarázatot kínált. Számba vette azokat a mozgalmakat és ideológiákat, melyek az első világháború előtti időkből megmérgezték az európai szellemet, s magának a nagy háborúnak az előkészítésében is döntő szerepet játszottak. A szabadság modern ellenségeit az irracionizmus, a miszticizmus, a nacionalizmus és a rasszizmus ösvényein elinduló különféle szélsőséges csoportokkal azonosította. Közös jellemzőjüknek az antihistoricista „aktivizmust” és „futurizmust” tekintette, mert felégették a múlt és a jövő közötti hidat, s az események menetére valamilyen elvont és általános sémát erőltettek rá. Ezekből eredeztette a háború utáni világban hatalomra törő fasizmust és kommunizmust. Ami a fasizmus ideológiai előzményeinek azonosítását és szindrómáinak leírását iteti, Croce műve sok tekintetben összevethető Lukács György művével, *Az ész trónfosztásával*, bár az olasz filozófus liberalizmusa és a magyar filozófus marxizmusa természetesen távol áll egymástól.

Sokan gondolhatják úgy, hogy a „szabadság vallása” inkább csak egy emocionális töltetű retorikus fogalom, és nincs sok megfogható racionális tartalma. Talán így van. De értenünk kell, mit akar vele Croce kifejezni. Történelmi szempontból arra emlékeztet, hogy a liberalizmus hősei a vallásos meggyőződés erejével hittek a szabadság eszméjében. A mi számunkra nyilván Petőfi Sándor a legjobb példa erre. Elméleti síkon viszont azt akarja mondani, hogy a szabadság elmélete vagy inkább a szabadság filozófiája, immár a történelmi vallások helyébe lép. Miközben az immanencia talaján marad, átveszi a vallások világkép-konstituáló és cselekvésorientáló szerepét, és ebben az értelemben „az utolsó vallás, ami megmarad az embernek” (Croce, 1985, 582.).

A szabadság vallásának ez a fogalma szorosan összefügg azzal, ahogyan Croce megkülönbözteti a liberalizmus két formáját, jobban mondva, két szintjét vagy fokozatát: a *liberizmust* és a tényleges értelemben vett *liberalizmust*. Az előbbi nem más, mint a maga helyén jogos gazdasági liberalizmus túlhajtása, politikai és etikai normává emelése. Az utóbbi ezzel szemben *világnézet*, mégpedig az erők és irányok sokféleségét elfogadó immanens világnézet, mely szemben áll a tekintélyelvű gondolkodást tápláló transzcendens hitekkel, és magába sűríti az egész újkori filozófiai fejlődés eredményeit. Míg a *liberizmus* egy meghatározott gazdasági forma, lényegében a szabadjára engedett piacgazdaság, és annak politikai képvisellete, addig a *liberalizmus* nem kötődik feltétlenül a kapitalizmushoz, hanem együtt élhet többféle termelési rendszerrel.

A világnézetként és a „szabadság vallásaként” értett liberalizmus egyedüli értéként a szabadságot állítja az abszolút középpontba, más értékek, így az egyenlőség rovására is.

Nyilvánvaló, hogy ez sokak számára erősen vitatható. Ám Croce a szabadság elvét mindenképpen a demokrácia és a szocializmus elvei fölé helyezi, azon általános nézetének megfelelően, hogy a modern kor e három nagy politikai, morális és társadalmi koncepciója összeegyeztethető és összeegyeztetendő egymással, de csakis a liberalizmus égisze alatt. Ami azt jelenti, hogy a legjobb demokrácia az, amelyik liberális, és a legjobb szocializmus az, amelyik liberális.

Természetesen ez nem az empirikus valósgba közvetlenül átültethető politikai for-

mula, hanem általános világnézeti útmutatás, mely a valóságra való alkalmazása során helytől és időtől függően más és más hangsúlyok kitevését teszi lehetővé. Világnézeti állásfoglalásként Croce formulája a szabadság önmagában vett értékének és történeti fejlődésének azt a prioritását fejezi ki, melyet kétezer év gondolkodói, mint Szent Ágoston, Dante, Kant és Hegel, mindig is vallottak.

Kulcsszavak: Benedetto Croce, akaratszabadság, ész, szabadság, történelem, *liberizmus* és *liberalizmus*

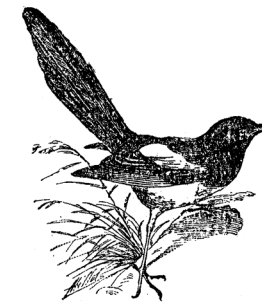
IRODALOM

- Alighieri, Dante (1962a): *Dante Összes Művei*. (szerk. Kardos László). Budapest: Helikon
- Alighieri, Dante (1962b): *Az egyeduralom*. (ford. Sallay Géza) In: Alighieri, Dante: *Dante Összes Művei*. (szerk. Kardos László). Budapest: Helikon
- Alighieri Dante (2009): *Monarchia* (a cura di Prue Shaw). Società Dantesca Italiana, Edizione Nazionale. Firenze: Casa Editrice Le lettere
- Alighieri, Dante (1987): *La Divina Commedia di Dante Alighieri*. (a cura di Tommaso di Salvo) Bologna: Zanichelli
- Alighieri, Dante (2016): *Isteni színjáték*. (ford. Nádasy Ádám) Budapest: Magvető
- Aquinas, Thomas (1952): *The Summa Theologica of Saint Thomas Aquinas*. (translated by the Fathers of the English Dominican Province) I–II. Chicago–London: William Benton Publisher
- Arisztotelész (1936): *Metafizika*. (ford. Halasy-Nagy József). Budapest: Pécsi Egyetemi Könyvkiadó és Nyomda
- Arisztotelész (1971): *Nikomakhoszi Etika*. (ford. Szabó Miklós). Budapest: Magyar Helikon
- Croce, Benedetto (1909): *Filosofia come scienza dello spirito III. Filosofia della pratica*. Bari: Laterza
- Croce, Benedetto (1915): *Zur Theorie und Geschichte der Historiographie*. Tübingen: Mohr
- Croce, Benedetto (1917): *Teoria e storia della storiografia*. Bari: Laterza
- Croce Benedetto (1925): *Storia del Regno di Napoli*. Bari: Laterza
- Croce, Benedetto (1928): *Storia d'Italia dal 1871 al 1915*. Bari: Laterza

- Croce, Benedetto (1932): *Storia d'Europa nel secolo diciannovesimo*. Bari: Laterza
- Croce, Benedetto (1938): *La storia come pensiero e azione*. Bari: Laterza
- Croce, Benedetto (1985): *A történelem fogalma*. (szerk. Alfredo Parente, ford. Fehér M. István). In: *Magyar Filozófiai Szemle*. Különlenyomat az 1985/3–4. számból
- Croce, Benedetto (1987a): *A szellem filozófiája. Válogatott írások*. (vál. Kaposi Márton). Budapest: Gondolat
- Croce, Benedetto (1987b) *Történelem és krónika* (ford. Rozsnyai Ervin). In: Croce, Benedetto: *A szellem filozófiája. Válogatott írások*. (vál. Kaposi Márton). Budapest: Gondolat
- Croce, Benedetto (1990a): *A szabadság hitvallása* (ford. Bíró Pál, Kinszki Imre). Budapest: Kossuth Könyvkiadó
- Croce, Benedetto (1990b): *A szabadság hitvallása*. In: Croce, Benedetto (1990a): *A szabadság hitvallása* (ford. Bíró Pál, Kinszki Imre). Budapest: Kossuth Könyvkiadó
- Croce, Benedetto (MCMXCIa): *Il carattere della filosofia moderna*. Edizione nazionale delle opere di Benedetto Croce. Bibliopolis, Napoli
- Croce, Benedetto (MCMXCIIb): *Principio, ideale, teoria*. A proposito della teoria filosofica della libertà. In: Croce, Benedetto: *Il carattere della filosofia moderna*. Edizione nazionale delle opere di Benedetto Croce. Bibliopolis, Napoli
- Croce, Benedetto (MCMXCIIc): *Il concetto della filosofia come storicismo assoluto*. In: Croce, Benedetto: *Il carattere della filosofia moderna*. Edizione nazionale delle opere di Benedetto Croce. Bibliopolis, Napoli

- Croce, Benedetto (2004): *Az antifasiszta értelmiségiek kiáltványa* (ford. Nagy József). In: *Magyar Filozófiai Szemle*. 4. • http://www.matarka.hu/cikk_list.php?fusz=15610
- Hegel, Georg Wilhelm Friedrich (1966): *Előadások a világtörténet filozófiájáról* (ford. Szemere Samu). Budapest: Akadémiai Kiadó
- Hegel, Georg Wilhelm Friedrich (1973): *A szellem fenomenológiája* (ford. Szemere Samu). Budapest: Akadémiai Kiadó
- Kant, Immanuel (1974a): *A vallás a pusztaság és határain belül és más írások* (ford. Vidrányi Katalin). Budapest: Gondolat Kiadó
- Kant Immanuel (1974b): *Az emberiség egyetemes történetének eszméje világpolgári szemzőgből*. In: Kant, Immanuel (1974a): *A vallás a pusztaság és hatá-*

- rain belül és más írások* (ford. Vidrányi Katalin). Budapest: Gondolat Kiadó
- Kant, Immanuel (1974c): *Az emberi történelem feltehető kezdete*. In: Kant, Immanuel (1974a): *A vallás a pusztaság és határain belül és más írások* (ford. Vidrányi Katalin). Budapest: Gondolat Kiadó
- Kant, Immanuel (1995–1997a): *Történelemfilozófiai írások* (ford. Mesterházi Miklós). ICTUS, Szeged
- Kant, Immanuel (1995–1997b): *A fakultások vitája*. In: Kant, Immanuel (1995–1997a): *Történelemfilozófiai írások* (ford. Mesterházi Miklós). ICTUS, Szeged
- Lukács György (1977): *Benedetto Croce: A történetírás elméletéről és történetéről*. In: Lukács György (1977): *Iffjúkori művek*. Budapest: Magvető
- Platón (2008): *Törvények* (ford. Kövendi Dénes, Bolyai Gábor). Budapest: Atlantisz



ADALÉK

A HAZAI FÖLDRENGÉS-MEGFIGYELÉS KORAI TÖRTÉNETÉHEZ

Brezsnyánszky Károly*

PhD, Magyar Állami Földtani Intézet
brezsnyanszky.karoly@gmail.com

A *Magyar Tudomány* 2016/10. számában Varga Péter tanulmányában ismertette mindazt, amit a földrengések keletkezéséről, megfigyeléséről, a hazai szeizmológiai obszervatóriumok történetéről tudnunk kell (Varga, 2016). Ám a földrengés-megfigyelés hazai történetének korai szakasza egy kis kiegészítésre szorul.

A Magyar Állami Földtani Intézet Lechner Ödön tervezte Stefánia úti műemlék palotája fennállásának 100. évfordulójára készülve 2000-ben áttanulmányoztuk az épület történetéről rendelkezésre álló dokumentumokat. Ezek felhasználásával jelentettük meg az *Art Geo Palota a Stefánián* című, gazdagon illusztrált, intézeti kiadású albumot (Hála – Maros, 2000). Az intézet könyvtárában őrzött, a székház eredeti tervrajzainak egyikén kézzel írott bejegyzés *földrengésmegfigyelő teremnek* jelöli a főlépcsőház udvari frontja felőli pinchelyiséget. Az elhatározás egy földrengést megfigyelő obszervatórium felállítására tehát már a székház tervezése idején megszületett, és kijelölésre került a megfelelő helyiség is (Brezsnyánszky, 2002).

Böckh János igazgató (1882–1908) kitaró erőfeszítéseinek köszönhetően, a költségvetés

jelentős támogatásával, a főváros által adományozott telek és Semsey Andor mecénás nagylelkű adományai felhasználásával 1900 májusában, az uralkodó jelenlétében ünneppélyesen megnyílt a Magyar Királyi Földtani Intézet új székháza.

Az új épületben, az eredetileg tervezett helyen, a földrengést jelző műszer felállítására 1901. március 1-én került sor, a rendszeres észlelések 1902-ben kezdődtek. Az időpont megválasztásában sürgetően játszott szerepet az ugyanezen év április 11–13. között Strasburgban megtartott I. Nemzetközi Földrengéstani Értekezlet közeledte. A jelentős eseményen történő, kedvező magyar bemutatkozást Semsey Andor, a természettudományok mecénása azzal segítette elő, hogy megvásárolt egy, a Földrengési Bizottság által kiválasztott földrengésjelző készüléket, az úgynevezett *strasburgi ingapárt*. A készülék nem tartozott a legérzékenyebb műszerek közé, ennek következtében csak az aránylag erősebb rezgéseket jelezte. Az egykori leírás szerint: „A központi pályaudvarban közlekedő vasúti vonatok, vagy az épület előtt ügetve elhaladó tüzerütegek által okozott rázkódások nem zavarják a mélyen elhelyezett ingákat.” (Schafarzik, 1902)

A Strasburgban megtartott Földrengéstani Értekezleten részt vevő Schafarzik Ferenc mint a Földrengési Bizottság elnöke és Kövesligethy Radó már beszámolhatott az első, Budapesten felállított szeizmológiai obszervatórium működéséről. Ezenkívül komoly elismerést elkönyelve ismertették a Magyarhoni Földtani Társulat Földrengési Bizottsága húsz évi munkásságának eredményeit (Schafarzik, 1901).

Az országos térképezés programjával elfoglalt kis létszámú Földtani Intézet és a csekély anyagiakkal rendelkező Földtani Társulat számára nagy megterhelést jelentett a földrengésekkel kapcsolatos rendszeres adatgyűjtés. Így, amikor 1903. február 10-én a földművelésügyi miniszter rendeletileg a M. Kir. Országos Meteorológiai és Földmágnassági Intézet tevékenységi körébe utalta a földrengések megfigyelését, Böckh János a következőt írta igazgatói jelentésében: „Azt hiszem, hogy így az ügy a legtermészetesebb megoldást nyerte.” (Böckh, 1904)

A miniszteri intézkedést követően mind a Földrengési Bizottság, mind a Földtani

Intézet az obszervatórium működésére kapott éves támogatás maradványát átadta a téma új gazdájának, a Meteorológiai Intézetnek. A műszer azonban a helyén maradt. A Földrengési Bizottság két önkéntese, a Földtani Intézet munkatársai, Kalecsinszky Sándor és Emszt Kálmán, mindketten vegyészek, három éven keresztül folytatták még a megfigyeléseket. Az obszervatórium működéséről kéthavonta jelentést közöltek a Földtani Közlöny hasábjain, az 1903–1905 közötti időszakra összesen tizenhétet, magyar és német nyelven. Az utolsó jelentés, az 1905. évi 6. számú, november-december hónapokról szól.

Itt kapcsolódunk Varga Péter tanulmányához, a történet folytatásához, miszerint Kövesligethy Radó előterjesztése nyomán a Földtani Intézet szeizmográfjai miniszteri jóváhagyással átkerültek az 1905 végén, újonnan alapított Földrengési Obszervatóriumba.

Kulcsszavak: *földrengés-megfigyelés, Földrengési Bizottság, Magyar Állami Földtani Intézet, Magyarhoni Földtani Társulat, tudománytörténet*

IRODALOM

- Böckh János (1904): Igazgatói jelentés. *A Magyar Kir. Földtani Intézet évi jelentése* 1903-ról. 1–38. • <http://tinyurl.com/mnqq3cv>
- Brezsnyánszky Károly (2002): Szeizmológiai obszervatórium a Földtani Intézetben. *Földtani Közlöny*. 132, 3–4, 449–456. • <http://tinyurl.com/kz3na9s>
- Hála József – Maros Gyula (2000): *Art Geo Palota a Stefánián*. 100 éves a Földtani Intézet Lechner Ödön által tervezett szecessziós épülete. – *A Magyar Állami Földtani Intézet 198. alkalmi kiadványa*.

- Schafarzik Ferenc (1901): Jelentés a Strassburgban tartott I. Nemzetközi Földrengéstani Értekezletről. *Földtani Közlöny*, 31, 137–144. • <http://tinyurl.com/mt3sczv>
- Schafarzik Ferenc (1902): A budapesti földrengést megfigyelő állomás első berendezéséről. *A Magyarhoni Földtani Társulat Földrengési Bizottságának jelentése* 1.
- Varga Péter (2016): A Földrengési Obszervatóriumtól a Kövesligethy Radó Szeizmológiai Obszervatóriumig. *Magyar Tudomány*. 177, 10, 1192–1217. • <http://www.matud.iif.hu/2016/10/06.htm>

* Az intézet igazgatója 1996–2006.

Tudós fórum

A NŐK TUDOMÁNYOS ELŐMENETELE MINT FELÜLRŐL KORLÁTOZÓDÓ HÁLÓZATOS JELENSÉG

Csermely Péter

az MTA levelező tagja
csermely.peter@med.semmelweis-univ.hu

Elfogadhatatlan és megengedhetetlen az, hogy legyen akár csak egy olyan tagválasztás a Magyar Tudományos Akadémián, amikor az MTA levelező tagjai közé egyetlen egy nő sem kerül be. Sokan azzal érvelnek, hogy ez a helyzet egy hosszú, soklépcsős folyamat végeredménye, és mint ilyen az MTA belső intézkedéseivel megváltoztatni nem lehet. Én ezzel az érveléssel nem tudok egyetérteni. Igaz ugyan az, hogy a nőknek a tudományban, és leginkább: annak vezető pozícióiban betöltött (házánkban különösen sanyarú) helyzetét nagyon sok tényező egymásra halmozott hatása alakítja ki. Igaz az is, hogy a gyermekvállalás utáni reintegráció, az önálló csoportalakítás és fenntartás, a vezetői szerepvállalás felső vezetői támogatása (+ a nő és családbarát munkahely + sikeres női vezető kutatói életpálya pozitív példái) mind-mind olyan fontos elemei a női kutatómunka az őt megillető helyre kerülésének, amelyek nélkül egy-egy kiragadott intézkedés önmagában nem lesz varázserejű. Ezek mellett fontos lenne az is,

hogy a családos, családalapítást tervező nők által elnyert grantoknak legyen „babysitterre” fordítható része is (*nota bene*: a nagyobb grantoknak a részállású tudományos titkár alkalmazásának a feltételeit is meg kellene teremtenie, hogy a csoportjukat kialakító női – és férfi – kutatókat az adminisztrációs feladatokról meg lehessen kímélni). Természetesen a kutatói fizetések szintje is a fentiekkel összefüggő tényező.

Ugyanakkor a nők vezető kutatói pozíciójának az előzőekben példaként felsorolt intézkedésekkel történő megerősítése az egész magyar társadalom és közgondolkodás változását is kívánja, ami igen hosszú folyamat. Ráadásul, ha e komplex változások valamilyen varázsüstre a mai napon mind egyszerre megtörténnének, akkor is ezek eredménye a női kutatók akadémiai tagságában csak két-három-négy évtized múlva válna láthatóvá. Ilyen hosszú ideig nem várhatunk. Nemcsak azért nem várhatunk, mert a Magyar Tudományos Akadémia női tagjainak aránya

a tudományosan fejlett világ akadémiaihoz képest már ma is igen alulmarad, és ez a különbség két-három-négy évtized múlva még katasztrófálisabban nagyobb lesz. Ezen felül még legalább négy oka van annak, ami miatt szükség van a női akadémikusok számának a sok évtizedes távlatnál sokkal gyorsabb növelésére.

1. A nők vezetői szerepekben való háttérbe szorulásának tudományosan igen sokrétűen bizonyított egyik oka egy olyan hálózatos önerősödő viselkedésminta, amely ahhoz vezet, hogy a csak férfiakból, avagy szinte csak férfiakból álló bizottságoknak rendre csak férfiak, avagy szinte csak férfiak jutnak az eszükbe, amikor valamire valakit javasolni kell. Hasonlatos ez a Karinthy-novellához, amikor a tömeg külön-külön, egyesével mind Jézust akart volna kiáltani, együtt azonban mégiscsak Barabbást sikerült kiáltaniuk. A sok vizsgálat közül hadd idézzek csak egy 2016-os tanulmányt, amely 270 ezer kutató vizsgálatával kimutatta, hogy a férfi kutatók sokkal inkább férfi kutatókat preferálnak a tudományos együttműködések során, míg a női kutatók sokkal inkább mindkét nemre kiterjedő együttműködési mintázatot mutatnak (Araujo *et al.*, 2016).

2. Nagyon sok tanulmány igazolta azt is, hogy az üvegplafon-hatás igen jelentős részben percepciók okokból keletkezik, azaz maguk a feladatokra alkalmas nők is (hogy a férfiakról most ne is beszéljünk) egy idő után kezdik elhinni azt (különösen a belső, nem okvetlenül tudatosá váló percepciójuk szintjén), hogy az a tény, hogy vezetői pozícióval megbízott nők a környezetükben szinte nincsenek, azt mutatja, hogy nincs is olyan nő a környezetükben, aki erre alkalmas lenne – beleértve ebbe saját magukat is. Ennek a rejtett percepciók hatásnak a *Wikipediában* megje-

lenő példáját mutatja be Claudia Wagner és munkatársai (2016) tavaly megjelent tanulmánya, amely kimutatta, hogy a nők *Wikipedia*-életrajzaiban a negatív részeket sokkal konkrétabb kifejezések írják le, mint a pozitív részeket. A férfiak életrajzaiban ez pontosan fordítva tapasztalható.

3. Az üvegplafon-hatás, valamint a sikeres női vezető kutatói életpálya pozitív példáinak szintén számos tanulmány által igazolt, mozgósító szerepe azt mutatja, hogy ezek a jelenségek „felülről korlátozódó” hálózatos rendszereket alkotnak. Ez a tény különleges jelentőséget tulajdonít a hierarchia csúcának, azaz a magyar tudományos életben belül: az MTA levelező tag választásainak.

4. Nem közvetlenül az első három ponthoz kapcsolódó, de egyáltalán nem másodlagos tény, hogy kifejezetten hasznos mind a tudományban, mind a közösségi döntéshozatalnak, ha abban számottevő számú nő vesz részt, és a férfiak nem alkotnak szuperdomináns többséget. Ennek a jelenségnek igen szép összefoglalását adta Mathias Wullum Nielsen és munkatársainak (2017) az Amerikai Tudományos Akadémia lapjában idén februárban megjelent elemzése.

A fentiekből számomra az következik, hogy nem adható azonos válasz arra a két, egymástól markánsan különböző kérdésre, hogy 1. *Mitől lesz több vezető kutatónő a magyar tudományban?* és 2. *Mitől lesz több női tagja a Magyar Tudományos Akadémiának?* Nyilván ha az első, társadalmi szintű ügyben nem teszünk semmit, akkor az Akadémia specifikus ügye is megfeneklik. De meggyőződésem az, hogy a kutatónők helyzetének társadalmi szintű, akár teljes megoldása nem fogja önmagában megoldani az Akadémia női tagjai arányának növekedését, sőt fordítva: ha az Akadémia női tagjai arányának

növelésében nem teszünk semmit, azt igen-csak megcsinálja a kutatónők magyarországi megbecsülésének a növekedése is.

Azaz összefoglalva: nem lehet kitérni az elől, hogy az Akadémia most lépjen valamit a női tagjai számának rövid távú növelése érdekében. Az ezt megoldó bármilyen jó javaslatot örömmel támogatok. Eddig Somogyi Péter (2016) javaslatánál jobb, az Akadémia női tagjainak rövid távú növelését eredményező javaslatról még nem hallottam. Ez a javaslat csak azokat a kiváló női tudósokat juttatná be az Akadémiára, akik megkapták valamelyik osztály tagjai több mint 50%-ának

igen szavazatát, azaz az Akadémia férfiakra ugyanígy érvényes szabályai szerint alkalmazsak arra, hogy az Akadémia levelező tagjai legyenek. A javaslat a sorrendiséget írta felül a 3. jelölttől kezdve, ami a gyakorlatban általában 1–2 szavazatnyi különbséget jelent. Ennyi előnyt ezek a kivételes női tudósok megérdemelnek, hiszen ugyanazt az 50% feletti teljesítményt sokkal „nehezebb terepen” érték el, mint ugyanúgy 50% fölé jutott férfi társaik.

Kulcsszavak: *felülről korlátozódó szociális hálózat, kutatói életpálya, MTA, női kutatók, rejtett percepció, szuperdomináns többség, üvegplafon*

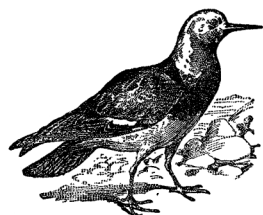
HIVATKOZÁSOK

Araujo, Eduardo B. – Araujo, Nuno A. M. – Moreira, Andre A. – Herrmann, Hans J. – Andrade, J. S. Jr. (2016): Gender Differences in Scientific Collaborations: Women Are More Egalitarian than Men. • <https://arxiv.org/abs/1610.05937>.
Nielsen, Mathias Wullum – Alegria, Sharla – Börjeson, Love et al. (2017): Gender Diversity Leads to Better Science. *Proceedings of the National Academy of Sci-*

ences of the USA. 114, 8, 1740–1742. DOI: 10.1073/pnas.1700616114 • <http://tinyurl.com/mg07h7z>

Somogyi Péter (2016): Alkalmasak-e magyar nők az MTA tagságára? *Magyar Tudomány*. 177, 7, 862–864. • <http://www.matud.iif.hu/2016/07/11.htm>

Wagner, Claudia – Graells-Garrido, Eduardo – Garcia, David – Menczer, Filippo (2016): Women through the Glass Ceiling: Gender Asymmetries in Wikipedia. *EPJ Data Science*. 5, 5. DOI:10.1140/epjds/s13688-016-0066-4 • <http://tinyurl.com/zlefjyjk>



A SZÁMOK BESZÉLNEK

Válasz az *Alkalmasak-e a magyar nők az MTA tagságára* c. cikkemre érkezett hozzászólásokra

Somogyi Péter

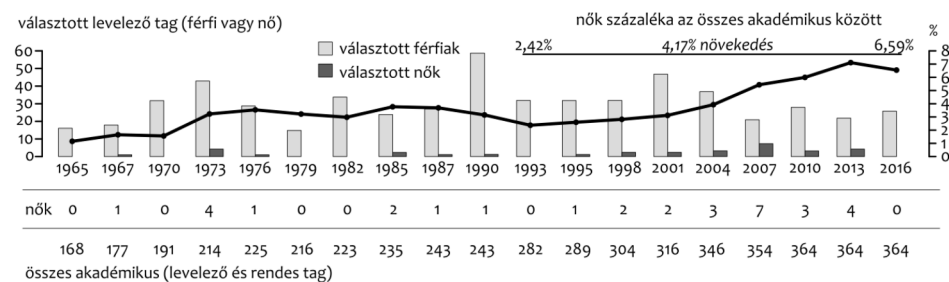
Az MTA rendes tagja, a neurobiológia professzora, University of Oxford
peter.somogyi@pharm.ox.ac.uk

Köszönöm az értékes gondolatokat a hozzászólásokban. Több hozzászóló (Csépe, Hadas, Hargittai, Pléh, Lamm*) sokkal tapasztaltabban a nők tudományos előmenetelének magyarországi megítélésében, mint én vagyok. Örülök, hogy annak ellenére, hogy nem vagyok szakmabeli szociológus vagy pszichológus, írásomban a hozzászólók nem mutatnak ki tévedést. Lovász László elnök úrral is megbeszéltem javaslataimat még szeptemberben. Személyes beszélgetésekből tudom, hogy mások is olvasták írásomat, és van véleményük, de vagy nem mernek kiállni vele, vagy nem tartják elég fontosnak a problémát ahhoz, hogy időt töltsenek gondolataik leírásával. Megvallom, több hozzászólót én beszéltem rá, hogy ossza meg a véleményét velünk, akár egyetért javaslataimmal, akár nem. Ha a nők alacsony képviselése az MTA tagságában probléma, s mégis sokan úgy gondolják akadémikustársaim között, hogy nem az, akkor csak úgy tudunk megoldást találni, ha minél többen megosztjuk nézeteinket. Kerül-

nünk kell a hamis kérdésfeltevést, hogy kell-e pozitív diszkrimináció (Buzsáki, Falus, Kamarás, Lamm). *Diszkriminációmentesség kell. A valódi kérdés az, hogy milyen lépéseket tart szükségesnek az Akadémia tagsága ahhoz, hogy a gyakorlatban csökkentsük a nők hátrányát akadémikusi jelölésükben és megválasztásukban* (Csépe, Falus, Hargittai, Nagy, Pléh, Soltész). Különösen fontos lenne meghallgatni az Akadémia tiszteleti és külső tagjainak véleményét, hiszen ők talán kevésbé elfogultak a következő forduló levelező tagjainak megválasztásában, s más akadémiák tapasztalataival segíthetik Akadémiánkat.

Válaszomat ténymegállapítással kezdem (*i. abra*). Több hozzászóló felhívta a figyelmet az esetleges változás lassúságára (Kamarás, Lamm). Ez eddig így is volt; az elmúlt 25 évi átlagosan 0,17%-os női akadémikusi arány növekedést nem tekinthetjük gyorsnak. Javasolom, hogy ezen változtassunk. *Jóslatom, hogy a jelenleg 365-ben maximált levelező és rendes tag plafon, a növekvő életkor és a megválasztható tudományos kutatók számának növekedése együttesen olyan szűk keretet for eredményezni, mely a nők arányának további csökkenésére*

* Itt és a továbbiakban a *Magyar Tudományban* 2016-17-ben megjelent hozzászólások szerzőinek vezetékevei.



1. ábra • Nők a Magyar Tudományos Akadémián ötven év távlatában. 1993-tól 24 év alatt, 2,42%-ról, 0,17 %/év növekedéssel, 4,17 %-kal nőtt a nők aránya a mai 6,6%-ra. Hay Diána 2016-os adatai. Ebben az ütemben 2150-re érnek el a nők a 30%-ot, ami mostani hozzájárulásukat sem tükrözné Magyarország tudományos fejlődéséhez.

vezet majd a mostani választási rendszerben. A jelen mechanizmusok szerint, ha tudjuk tartani a nők megválasztásának elmúlt 25 éves ütemét, amire semmi bizonyíték nincs, a nők aránya akkor is csak 2150-re érné el a 30%-ot az MTA-n. De még a 30% sem tükrözné a nők arányát a tudományos haladáshoz való hozzájárulásban. A 2150-es évet egyikünk sem fogja megérni, de remélem, tudunk annyit tenni, hogy a legfiatalabb akadémikustársaink megtapasztaljanak egy olyan, statisztikailag szignifikáns növekedést a nők arányában, amit mi indítottunk el. Mit javasolnak a hozzászólók, hogy ez bekövetkezzék?

Nem ismétlem meg a közgyűlési felszólalásomban elhangzott érveimet vagy a hozzászólók javaslatait. Ez utóbbiak gondolataival gazdagodva, három hipotézist vizsgálok mai Akadémiánk helyzetének magyarázatára:

A női agy biológiai adottságai miatt átlagosan nem versenyképes a férfiak között a magas tudományos teljesítménynek azon a szintjén, mely az MTA-tagsághoz szükséges. Ezt senki nem írta le vagy vállalja fel nyilvánosan, de hallottam ilyen véleményt. Egyik akadémikustársunk szerint a két X kromoszóma az átlagos szellemi teljesítmény ki-

alakulására fejleszti az agyat, míg az egy X sokkal inkább a két véglet, a kiemelkedő vagy a gyenge felé viszi a férfiak agyát. Erre sem irodalmi bizonyítékot nem találtam, sem megerősítést szakértő genetikusoktól. De még ha lenne is bizonyíték, azt politikailag kényes volta miatt kevesen hangoztatnák. A különbség nem lehet szellemi alkat, vagy a mai versenygyakorlatban szükséges kiállítás hiánya a férfiakkal összehasonlítva, vagy az önképviseletben levő hátrány stb. Ez ellen a hipotézis ellen szól, hogy a haladónak gondolt Akadémiákon ma évi 30% a megválasztott női akadémikusok aránya.

Nincs elég jelölhető kiemelkedő női tudós (Buzsáki, Kamarás, Lamm), mert olyan a rendszerünk, melyben elfogynak a nők, mire elismerésre alkalmas teljesítményt tudnának felmutatni. Erre sokan hivatkoznak, és sokszor megtárgyalták már és még sokáig fogják tárgyalni, pl. az Akadémia által a közelmúltban létrehozott bizottságban. Itt felhosszítják a gyermekszüléssel és -neveléssel kapcsolatos pszichikai, szellemi és időbeli befektetést, a karrier során tapasztalt versengést, mely a férfiaknak kedvez stb. A nők diszkriminációjának csökkentésére itt sokat lehetne tenni,

és sokan tesznek is (Csépe, Hadas, Pléh). A helyzet hosszú távon javulni fog, de erre nem várhatunk (*1. ábra*), mert a kiemelkedő női tudósok hiányát hangoztató véleménnyel szemben tény, hogy volt, van és lesz is nemzetközileg elismert és tudományágában vezető női jelölt, csak nekünk, vagyis a 93,4% férfi és 6,6% női akadémikusnak, meg kellene adni nekik az esélyt.

Választási rendszerünk, melyben a kiválóság mellett nagy szerepet játszik a lobbizás és a kölcsönös érdekeken alapuló csoport-támogatottság (titkos szavazás; Hadas, Pléh), pszichológiai okok miatt visszatartó lehet a nők számára, és ilyen rendszerben nem vállalják MTA-levelezőtag jelölésüket. Mivel az akadémikusok 93,4%-a férfi és így elsősorban ők jelölhetnek új női akadémikust; egy női jelölt nemcsak szakmailag hanem mint nő is kiszolgáltatottnak érezheti magát a jelölését támogató férfiaknak, amit kimondva vagy kimondatlanul, nem vállal. Ezt nekem többen elmondták, de nem kívánták leírni, pláne, hogy e véleményük miatt nem akadémikusokként attól is tarthatnak, hogy szakmailag lebecsülik őket mind a nők, mind a férfiak.

A nők diszkriminációja az akadémikusválasztásban Magyarországon tükrözi általános diszkriminációjukat közéletünkben, hasonlóan más országokhoz (National Geographic, január 2017). Ebben a cikkben a nemek közötti esélyegyenlőséget és annak 10 év alatt bekövetkező változását vizsgálták 109 országban ami azt mutatja, hogy a legtöbb országban, pl. Izland, Moldova, Namíbia, Kenya, Izrael stb., szemben a 78. helyen lévő Magyarországgal, jelentős javulás történt, és csak kevés ország (pl. Szlovákia, Horvátország) esett vissza. A nők esélyegyenlőségének hiánya kultúrától független, biológiai okokat sejtet, melyek tudományosan vizsgálhatók.

Az állatvilágban szélesen kutatott jelenség, hogy a hímekek hogyan próbálják biztosítani a nőtények feletti dominanciájukat génjeik kizárólagos terjesztésére más hímekekkel vetélkedve, melynek gyakori változata a nőtények elszigetelése. Az emberi társadalmakban ritualizált mechanizmusok alakultak ki, amelyek a nők elszigetelését biztosítják (nem utolsósorban a többi férfitől) az utódok létrehozására és nevelésére, s ennek előnyei a férfiak génjeinek továbbéléséhez biológiai szempontból nyilvánvalóak. Ebben az értelemben a közéletben való diszkrimináció csak enyhe megjelenése a ritualizált férdominancia biztosításának, melynek keményebb változatai a lányok iskoláztatásának korlátozása, nők lefátyolozása vagy hárembe zárása.

Végezetül, a hozzászólókkal együtt (Csépe, Hadas, Nagy, Pléh) ismételten javaslom férfi akadémikustársaimnak, hogy mutassunk példát társadalmunknak, ha másért nem, önértékből, mert a nők felső szinten való elismerése, pl. akadémiai levelező taggá választásuk, javítaná az ország tudományos teljesítményét teljes szellemi kapacitásunk kihasználásával. Volt elég időnk vizsgálni és elmélkedni, s ezt folytassuk is (Buzsáki, Csépe, Lamm). Negyven évvel ezelőtt Szentágothai János elnöksége alatt az 51/1975. számú elnökségi határozat bizottságot hozott létre Szabolcsi Gertrud akadémikus vezetésével. A határozat kimondta: „A bizottság vizsgálja meg, hogy: 2.1 milyen módon mozdítható elő a nők fokozott bevonása a tudományos életbe, továbbá, 2.2 milyen intézkedések tehetőek a nők tudományos fejlődését hátráltató objektív körülmények hatásának csökkentésére; 3. A bizottság tegyen javaslatot, hogy az elnökség ... az állásfoglalásáról az 1976. évi közgyűlésen beszámolhasson.” Az eredmény hiányát az *1. ábra* mutatja.

Most gyakorlati lépésekre van szükség (Csépe, Nagy). Májusban változtatunk az Akadémia Alapszabályán. Mindnyájan tegyük fel magunknak a kérdést, hogyan fogja az új Alapszabály csökkenteni a nők hátrányos helyzetét? Mikor fogja tükrözni az Akadémia tagsága a nők tényleges hozzájárulását Magyarország tudományos teljesítményéhez? Az adatsor folytatódik (*1. ábra*) a mi részvételünk-

kel a 2019-es választáson az új Alapszabály alapján – emlékezzünk felelősségünkre.

Hálásan köszönöm Hay Dianának az *1. ábra* adatainak önkéntes munkával való összeállítását, Dr. Katona Lindának a gráf elkészítését és Dr. Cs. Pavis Annának az adminisztrációs segítséget.



Kitekintés

LISZTÉRZÉKENYÍTŐ VÍRUS

A lisztérzékenységet egy látszólag ártalmatlan vírus válthatja ki – állítják a University of Chicago kutatói.

A lisztérzékenység vagy cöliákia lényege, hogy az immunrendszer támadásokat indít egy, a búzában, rozsban és árpában előforduló fehérje, a glutén ellen. Ezek az immunológiai reakciók károsítják a vékonybelet, ezért súlyos emésztési és felszívódási zavarokat okoznak. A betegség egyetlen, ám tökéletes kezelési módja a gluténmentes étrend.

A kutatók egyrészt kísérleteket végeztek. Az ún. emberi reovírusok egyik törzsével fertőztek meg egereket, és azt találták, hogy ennek hatására immunrendszerük harcolni kezdett a glutén ellen. Másrészt, lisztérzékenységben szenvedő emberek vérében sokkal nagyobb mennyiségben mutatták ki a reovírus elleni antitesteket, mint egészségesekben. Ez nem ad ugyan közvetlen bizonyítékot a vírus betegség kiváltó hatására, de arra igen, hogy az illető találkozott a vírussal, és immunrendszere küzdött ellene.

Azt még nem tudják, hogy milyen genetikai konstelláció szükséges ahhoz, hogy ez a betegséget közvetlenül nem okozó vírus tényleg át vigye az immunrendszert. Ha ezt sikerülne kideríteni, a veszélyeztetett gyermekeket be lehetne oltani, és ezzel meg lehetne őket védeni a lisztérzékenységtől.

Bana Jabri, a kutatások vezetője hangsúlyozza: eredményeik újabb bizonyítékkal

szolgálnak arra a korábban már sokszor felvetett elképzelésre, hogy az autoimmun betegségek hátterében vírusfertőzések állhatnak.

Bouziat, Romain – Hinterleitner, Reinhard – Brown Judy J. et al.: Reovirus Infection Triggers Inflammatory Responses to Dietary Antigens and Development of Celiac Disease. *Science*. 07 April 2017. 356, 6333, 44–50. DOI: 10.1126/science.aah5298

BEFOLTOZTÁK A SÉRÜLT SZÍVET

A szívinfarktus következtében elpusztult szívizom pótlására 3-D-s nyomtatóval kreáltak szövetet amerikai kutatók. Az Amerikai Szív-társaság lapjában közzét publikációjuk szerint lézeres multifoton-gerjesztéses technikával hozták létre azt a parányi vázat, amelyet megfelelő sejtekkel benépesítve, szívizom-szerű struktúrát kaptak.

Először emberi indukált pluripotens, azaz felnőtt testi sejtekből összejt-szerű állapotba visszaprogramozott sejteket hoztak létre. Az összejteket elindították a differenciálódás útján, és belőlük szívizomsejteket, simaizom sejteket és az erek falát alkotó endotél sejteket hoztak létre. Ezek 2:1:1 arányú keverékével népesítették be a vázat, és a létrejött képződmény meglehetősen jól mutatta a szívizom jellegzetes működését.

A mesterséges szívizom darabkát infarktuson átesett egérbe ültették. A szívizom-parány

beépült az állat szívébe, és több paraméter meghatározása alapján a kutatók megállapították, hogy javította annak funkcióit.

Most nagyobb méretben szeretnék létrehozni ezt a struktúrát, és működését az emberi szívhez nagyon hasonló sertésszíven fogják tesztelni.

Gao, Ling – Kupfer, Molly E. – Jung, Jangwook P. et al.: Myocardial Tissue Engineering with Cells Derived from Human-induced Pluripotent Stem Cells and a Native-Like, High-Resolution, 3-Dimensionally Printed Scaffold. *Circulation Research*. 2017. 120, 1318–1325. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.116.310277 • <http://circres.ahajournals.org/content/early/2017/01/09/CIRCRESAHA.116.310277>

FRISS VIZES EREDMÉNYEK

A földi körülmények között gyakoriak és fontos szerepet játszanak a víz és szilárd felületek találkozásakor lejátszódó jelenségek. Ezen belül gazdasági hatásait tekintve is súlyos kérdés, hogy mit csinálnak a vízmolekulák fém-oxid felületen.

A Pacific Northwest National Laboratory munkatársai a fotokatalitikus vízbontás leggyakrabban használt modellfelületén, titán-

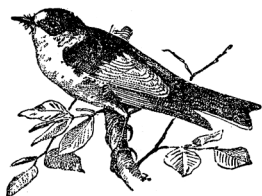
dioxidon vizsgálták vízmolekulák disszociációját. Megfelelő hatékonyság esetén ugyanis a napenergiával történő közvetlen vízbontás lehetne a legegyszerűbb és legtisztább megújuló energiaforrás.

A felülethez kötődő víz állapotáról – vajon vízmolekulaként egyben marad-e, vagy disszociál, illetve hogy milyen arányban van jelen ez a két forma – a régóta folyó vizsgálatok és számtalan megjelent tanulmány ellenére egyértelmű bizonyíték még nem született. A most publikált eredmények szerint az (110) orientációjú rutil egykristályon a vízmolekulák 0,035 eV energiával kedvezményezettek a disszociált vízhez képest. Az eltérés körülbelül 10%-nyi a felülethez kötődő víz egyben maradt és „szétesett” formája között.

Az eredmények a legmodernebb fizikai-kémiai kísérleti technikák és elméleti modellszámítások alkalmazásával születtek meg, többek között *in-situ* molekulasugár és pásztázó alagútmikroszkóp berendezést és DFT-modell számításokat alkalmaztak.

Wang, Zhi-Tao – Wang, Yang-Gang – Mu, Rentao et al.: Probing Equilibrium of Molecular and Deprotonated Water on TiO₂(110) *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 2017. 114, 8, 1801–1805. DOI: 10.1073/pnas.1613756114

Gimes Júlia



Könyvszemle

Tehetséggondozás – határtalanul

Collegium Talentum (CT) néven a Tatabányai Edutus Főiskola keretei között, Kandikó József vezetésével működött az a határon túli magyar egyetemista és doktorandusz tehetségek gondozását célzó program, amelynek folytatása meglehetősen bizonytalannak tűnik. Az elmúlt öt év folyamán több százan nyertek támogatást a CT képzéseire, tutorok által vezetett tanulmányokra. A végzős évfolyam munkáiból *Intelligens háló* címmel ez évben harmadszor jelent meg a válogatott tanulmányokat közreadó kötet. A magyarországi egyetemi, akadémiai intézményi, szakmai hálózat, a budapesti könyvtári, laboratóriumi, kutatási lehetőségek módot adtak az együttműködési, kapcsolatépítési, konzultációs fórumok felhasználására, a legtehetségesebb és szakmájuk iránt elkötelezett fiatalok kölcsönös megismerkedésére, közösséggé formálására. Ez a kollégiumi forma – minden kezdeti szervezési, pénzügyi nehézség ellenére – bebizonyította létjogosultságát.

A tanulmánykötetében közreadott huszonegy tanulmány eredményeit ebben a rövid recenzióban csak jelezni lehet. Az általános demográfiai fogyás, az egész régiókra jellemző szűkkeblű nemzetállami megközelítések ellenére a természet- és társadalomtudományi tanulmányok olyan élő szomszéd országai magyar értelmiségi közösségek tudását közvetítik, amelyek nélkül mindenki szegényebb lenne. Jól átgondolt, módszeres kutatások részeredményeit olvashatjuk: gazdagon

adatolt mikroelemzések, esettanulmányok jelzik a vizsgált témakörök új megközelítési lehetőségeit. Kitarató méréseken, szívós terepmunkán vagy levéltári, könyvtári munkán alapuló invenciózus elemzések sorakoznak a kötetben, amely a program honlapján elérhető címről ingyenesen megrendelhető. A magyar nyelvű tudományosság legújabb nemzedékének határok nélküli életképességét, életrealitását a kötetben feltárt ismeretek is egyértelműen bizonyítják.

A három részre osztott kötet első hét tanulmánya a kisebbségi helyzetben élő vagy kisebbségi szocializációs háttérrel rendelkező csoportok oktatási, kommunikációs, urbanizációs, regionális sajátosságait vizsgálja. A szerkesztő szakmai értékrendjét jelzi, hogy a kötet első tanulmánya Zoller Katalin *Tanuló szakmai közösségek* című elemzése a Romániában és Magyarországon egyaránt sokféle válságon átesett alkalmazott pedagógia néhány kulscserejét elemzi. A szerző felveti például a tanári autonómia sokat vitatott kérdését. Az oktatást általában ma is hajlandóak vagyunk individuális tevékenységnek tartani, s így van ez a romániai pedagógiai gyakorlatban is, amelyet Zoller Katalin vizsgált. A már-már parttalan oktatáspolitikai viták szempontjából sem érdektelen a tanulmány egyik záró következtetése: az oktatási tevékenység megújításában folyamatosan vegyíteni kellene a *bürokratikus stratégiákat*, amelyek „tradicionális vezetési eszközöket, szabályokat, előírt rutinokat és szankciókat használnak”, illetve a *professzionális stratégiát*,

amely szakértői véleményeket, a pedagógusok saját tapasztalatait, s azok hatékony alkalmazását tartja fontosnak. A kötet bevezetőjében a program igazgatója, Kandikó József is kiemelte Szász István Szilárd *Mikroközösségi csoportdinamika a Facebook közösségi oldalon* című tanulmánya egy székellyöldi kisváros katolikus ifjúsági csoportjának metaadatait vizsgálva megállapította, hogy a valóságos közösség virtuális dimenziója új funkciókat és kapcsolattartási stratégiákat alakít ki.

A mai romániai és az erdélyi magyar valóság térségi megközelítésben is fontos szempontokat vizsgálja a következő három tanulmány. Szöcs Csongor-Ernő „Magyar” vagy „román” euróval fizethetünk korábban?, Veress Nóra-Csilla *Hogyan lesz egy faluból város? Urbanizáció a rendszerváltás utáni Romániában*, valamint Török Gergely *Klaszteresedési potenciál Romániában és a klaszterek hatása a regionális fejlődésre* című tanulmányai aktuális keresztmetszeteket kínálnak a mai romániai gazdasági, térségi, városfejlesztési trendekről. Szakszerűtlen okfejtésük, gazdagon adatolt érvelésük jól jelzi, hogy a közéleti viták, amelyek a politikai közbeszédben, publicisztikában, médiában gyakran leegyszerűsített sémákban jelenítik meg például az euró bevezetésének dilemmáit vagy a terület- és térségfejlesztés nyomozható adottságait, igen gyakran mennyire nélkülözik a szakmai háttérrel és megalapozottságot. Mindez a szomszéd országok tapasztalatainak figyelembevételére vonatkozóan halmozottan látszik igaznak.

Lendák-Kabók Karolina az Újvidéki Egyetem tizenkét magyar anyanyelvű női hallgatójával készített mélyinterjúkat elemzi. A nyelvi kompetenciák és korlátok leírását követően bemutatja azokat a nyelvi hátrányokat, amelyek a hallgatóknak sokszor juttatták szakmailag és emberileg is nehéz helyzetbe.

Mindegyik interjúalany szembesült a szerb felsőoktatási rendszer nyelvi intoleranciájának megnyilvánulásaival. Ez részben összefügg azzal is, hogy a kiegyensúlyozott vagy balansz kétnyelvűség a mai délvidéki fiatalok közt inkább kivételnek számít, s a megkérdezettek közt többségben voltak azok, akiknek gyenge volt a szerbnyelv-ismeretük.

A második részben helyet kapott nyolc természettudományi elemzés szépen mutatja az egyes diszciplínákban zajló permanens módszertani, fogalmi-szemléleti megújulást, amely a biológiai, genetikai, orvostudományi vagy éppen a matematikai és a fizikai kutatásokban a doktori munkákra is jellemző. Takács Petra-Renáta tanulmánya egyebek közt azt bizonyítja, hogy egy belső pontos algoritmus segítségével élettani szempontból optimális és költség-hatékony étrend állítható össze a sportolók részére. Simon Levente *Hipergráfok fraktálemelzése: a doboz-lefedési algoritmusoktól a többértékű iterált függvényrendszerekig* című tanulmányában a gráfokra vonatkozóan ismert fraktálvizsgálatok hipergráfokra való kiterjesztési lehetőségeit vizsgálta. Interpolációs eszközökkel sikeresen feloldott több ellentmondást, majd összekötötte a fixpontelméletet és a gráfsorozatokat határérték-vizsgálatait.

Kiss Gellért Zsolt *Atomok és molekulák intenzív és ultrarövid lézertérben történő tanulmányozása számítógépes modellezéssel* címmel készült elemzése a lézerfizika és a lézertechnológia felhasználási területeivel foglalkozik. A bemutatott számításokat hidrogénmolekula-ionra végezte el egy kétciklusú ultrarövid lézerimpulzust használva. Bartó Endre a kromatográfiai technikák közül a fordított fázisú kromatográfiai módszert használta a rezorcinarénok és a kavítandók retencióviselkedésének vizsgálatára. Az eltérő szerkeze-

ti sajátosságú kavítandók kromatográfiai viselkedését tanulmányozta különböző fordított fázisú állófázisokon.

Három tanulmány a gyógyszergyártásban hasznosítható kutatások eredményeit adja közre. Nagy Botond elemzése abból indul ki, hogy az enzimek mint biokatalizátorok alkalmazása ma már széles körben elterjedt: a háztartásoktól az ipari felhasználásig. Munkájában egy növényi eredetű és egy bakteriális enzim biokatalitikus aktivitását vizsgálta nem természetes aminosavakkal. Mindez a gyógyszerkutatás számára fontos, mivel a királis vegyületek enantiomer formáinak az élő szervezetekre gyakorolt hatása eltérő lehet. Vas Krisztina Eszter pedig a *Staphylococcus aureus* törzsekre kifejezetten jellemző halmozott antibiotikum-rezisztencia kialakításának képességével foglalkozott. A rezisztens törzsek kimutatása és megkülönböztetése bonyolult eljárást igényel. Sárközi Melinda az ibuprofen adszorpcióját és deszorpcióját tanulmányozta szén nanocsövet tartalmazó hidroxipatit, illetve szilikáttal szubsztituált hidroxipatit kompozitok esetében. A szorpciós mérések azt mutatják, hogy a kettő szorpciós kapacitása és határfoka jelentősen eltér. Mindennek a jelentősége az elnyújtott hatású gyógyszerhordozásban van.

A régészetben (is) zajló csendes genetikai forradalom lehetőségeit villantja fel Csáky Veronika tanulmánya, amely a nyitra-sindolikai temetőben talált 303 szláv és magyar eredetű sír leletei alapján az ott élt népesség keveredésének és kontinuális együttélésének következményeit tárja fel. A kiválasztott minták mitokondriális DNS-ének laboratóriumi elemzése alapján beigazolódott, hogy genetikai összetételében a vizsgált populáció hasonló a mai modern európai népességhez, de közelebb áll a középkori szlávokhoz és lon-

gobárdokhoz, mint más ebben a korban élt populációhoz.

Két erdélyi ösztöndíjas a biodiverzitás kérdéseit közelíti meg különböző szempontok alapján. Osváth-Ferencz Márta kétéves kutatás során egy lepkefaj, a nagyfoltú hangyaboglárka egy erdélyi populációjának jellemzőit, valamint az élőhelyén található hangyaközösség szerkezetét tanulmányozta. A hangyaboglárka rendkívül érzékenyen reagál a környezetét ért változásokra, megbízható jelzője egy-egy terület fajgazdagságának, s Európa-szerte a fajgazdagság megőrzésének szimbólumává vált. Dénes Avar-Lehel pedig egy szőrösszemű iszapszúnyog fajcsoport megfigyelésével vizsgálta a déli Kárpátok biodiverzitásának alakulását. A tanulmányban bemutatott, felfedezett új faj a *P. roxolana*. Bár a Keleti- és a Déli-Kárpátok határán elhelyezkedő változatos élőhelyekben gazdag Bucsecs-hegységben az endemikus fajok száma alacsony, több kutatás igazolja menedékhely szerepét.

A harmadik rész tanulmányai az olvasó számára egyértelművé tehetik, hogy a magyar nyelv, a magyar művelődéstörténet milyen erős szálakkal köti össze a magyarság különböző térségi, állampolgári részidentitásokkal rendelkező csoportjait. Különösen a nyelvészeti tanulmányok mutatnak túl a szűkebb szakmai megközelítéseken. Görög Nikolett *Ilekek névadása Beregszászon a 20. század folyamán a Beregszászi Római Katolikus Plébánia anyakönyvei alapján* című munkája a beregszászi katolikus plébánián 1906 és 2000 között megkeresztelt 104 ikerpár névadási szokásain keresztül érzékelteti azt, hogy a régió államjogi helyzetének változásain kívül milyen tényezők hatása figyelhető meg a névváltsásban. Séra Magdolna *Hasznos nyelvészet. A kárpátaljai magyar szülők iskolai tannyelvi-*

választásának hátteréről című tanulmányának egyik fontos megállapítása, hogy az iskola-, illetve a szülők tannyelv-választási döntéseinek hátterében *szimbolikus és valós okok* állnak. Az államnyelv elsajátításának szándéka, az ukrán nyelven való könnyebb boldogulás, érvényesülés reménye mellett tartósan jelen van az anyanyelven való boldogulás és a magyar identitás fontossága, illetve különböző rejtett kompenzációs stratégiák, megfelelési kényszerek is közrejátszanak. Tóth Katalin „*Hát akkor kötözködj fel, és gyere velem.*” *Betekintés a nyitragerecséri nyelvjárás igekötős igéinek világába* című tanulmány a szlovákiai magyar nyelvészetben Jakab István óta erős igekötő-kutatás legjobb hagyományait folytatja egy finom, cizellált, okos és szép munkában. A kötetzáró két művelődéstörténeti tanulmány – Szabó Eszter, illetve Tötös Áron dolgozatai – igazi gyöngyhalászati mesterművek. A korábban az egész magyar színházi kultúrát meghatározó kolozsvári színészet a hatvanhárom vármegyes, alig félévszázadot megélt kiegyezés kori Magyarországon igen gyorsan Budapest, a fővárosi színházi élet árnyékába került, ami igen plasztikusan tükröződik Szabó Eszter gazdagon dokumentált munkájában. Tötös Áron a dualizmus kori magyarországi „bukott nők” élettörténeteit, a prostitúcióra vonatkozó statisztikai, kriminálisztikai források és a sajtóleírások alapján bizonyítja, hogy egy-egy társadalom lelki,

szellemi állapotát gyakran pontosabban fel lehet mérni a legelesettebb rétegek tanulmányozásával, mint az elitek vizsgálatával.

Ismertetésünket azzal szeretnénk zárni, hogy az *Intelligens háló* 2016. évi kötete a szerzők, szerkesztők munkájának köszönhetően erőteljes, okos és ezért remélhetően sokak által regisztrált felkiáltójel marad a CT létjogosultságát megkérdőjelező vitákban. Mert, amint az általában a határon túli programok jelentős részére jellemző, a CT eddigi rövid fennállása alatt is sok volt a bizonytalanság és a változás. 2016 tavaszán a felelős miniszterelnök-helyettes bejelentete, a programot radikálisan átalakítják, és elsősorban a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetemmel, valamint a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskolával együttműködve kívánják működtetni. Csak remélni lehet, hogy a kisebbégi körülmények közt zajló tehetség-gondozásban különösen fontos magyarországi kutatói, intézményi, személyi kapcsolatok, együttműködési lehetőségek a változott keretek közt is fennmaradnak. (B. Varga Judit szerkesztő: *Intelligens háló 2015. Határon túli fiatal kutatók tanulmánya. Tatabánya: Edutus Főiskola, 2016*)

Nagy Melinda

Selye János Egyetem, Komárom

Szarka László

MTA Bölcsészettudományi Kutatóközpont
Történettud. Intézet, Selye János Egyetem, Komárom

Az Óperenciás tengeren túl: magyar identitás a diaszpórában

Aki olvassa az észak-amerikai magyarokkal kapcsolatos szakirodalmat, némi óvatossággal veheti kézbe Bába Szilvia könyvét. Jó esetben arra gondolhat, hogy talán a Puskás Julianna, Albert Tezla vagy a Vázsonyi Endre–Dégh

Linda házaspár által írt alapvető munkák sora gyarapodott. Rossz esetben viszont ez a könyv a finoman szólva vegyes fogadtatású művek újabb darabja lehet. Ilyen volt például a Papp Z. Attila szerkesztette *Beszédből világ: elemzések, adatok amerikai magyarokról* (Papp Z. A., 2008), amiről Papp László (2009) egyebek mellett azt írta kritikájában, hogy „Éppen a

közölt valótlanságok és nem igazolt állítások miatt, tudomásom szerint, a kiadó a könyvet levette honlapjáról, és a terjesztést leállította.” De óvatosságra int a *Burdosház Amerikából – Balogh Balázs néprajzkutató nyomában* c. 50 perces film is (Dunatáj Alapítvány, 2015), amiről Kürti László bírálataiban többek közt megállapította, hogy „antropológus számára kimondottan kínos” alkotás (Kürti, 2016).

Szerencsénkre Bába Szilvia könyve a megbízható, alapvető munkák közé tartozik. A szerző a Pécsi Tudományegyetem Interdiszciplináris Doktori Iskolája Politikatudományi Programjában megvédett PhD-disszertációját tette közzé. A könyvben jól hasznosította korábbi tapasztalatait: 2002 és 2011 között a Magyar Kultúra Alapítvány tengeren túli programjának felelőse volt, számos külföldi tanulmányúton végzett terepmunkát (Ausztrália, Új-Zéland, USA, Kanada), és közreműködött több projektben, például „ReConnect Hungary” – Magyar Birthright Program, Magyar Emigrációs és Diaszpóra Központ.

A szerző egyik érdeme, hogy a magyar diaszpórát szinte teljes földrajzi kiterjedésében vizsgálja: egy könyvben olvashatunk az észak-amerikai, dél-amerikai, ausztráliai (s új-zélandi) magyarokról; ha az izraeli diaszpórát is módjában állt volna tanulmányozni, akkor e tekintetben szinte hiánytalan munkát tett volna le az asztalra. Feldolgozott adatainak egy része 150 kitöltött kérdőívől származik (ebből 107 magyar, 43 angol nyelvű), más adatok strukturált mélyinterjúkból származnak, ezeket magyar intézmények tisztviselőivel és a diaszpóra régi, tapasztalt tagjaival készítette (ötven ilyen interjú hangfelvételei húsz órát tesznek ki). Természetesen a vonatkozó történeti, szociológiai stb. szakmunkákat szinte kivétel nélkül hasznosította az elemzésekben, átkutatott számos évkönyvet,

jubileumi kiadványt, újságot és – ami ritka az ilyen munkákban – jól hasznosította a vonatkozó szépirodalmi alkotások egy részét, főleg Oravecz Imre *Kaliforniai fűrj* című regényét (2012). Dicséretes az is, hogy a magyar diaszpórákban élők történetét, identitásának alakulását bő másfél évszázadon át, 1849-től 2015-ig tanulmányozza.

A könyv elején Bába Szilvia gondosan körüljárja, meghatározza elemzéseinek kulcsfogalmait – migráció, kivándorlás, emigráció, diaszpóra, identitás, etnicitás, asszimiláció (25–33.). Amit hiányolhatunk innen, az az integráció definiálása, és az erőszak szerepének szisztematikus tárgyalása, bemutatása a folyamatokban. Bába többször is említi az erőszakos asszimilációt (60., 71., 72.), de ezzel nem kompatibilis az, amit a 73. oldalon olvasunk: „A kivándorló integrálódik, a másodík és a további generáció asszimilálódik.”

A könyv három nagy fejezete közül az első a diaszpóra történetével, a kivándorlási hullámokkal foglalkozik (35–54.). Az első hullámban, a világosi fegyverletétel és a kiegyezés között „megközelítőleg 3–4 ezer magyar menekült el hazájából” (37.), a hetedikben (a rendszerváltástól napjainkig) a célországok módosultak a jó száz évvel ezelőtti kivándorlási hullámhoz képest: „a tengerentúl helyett az Európai Uniót választják, ám a külföldi munkavállalás okai hasonlóak: az elhúzódo gazdasági válság és visszaesés, a fiatalok nehéz munkába állása, a munkahelyek bizonytalansága” (53.).

A következő nagyobb fejezet a magyar etnikai identitás alakulásáról szól (55–97.). Itt szó esik egyebek közt Magyarország és az Egyesült Államok kulturális különbségeiről (Amerikában kisebb a tekintélytisztélet, amit a magyarok hamar megszoknak); arról, hogy egy korábbi saó paulói magyar konzul beszá-

molója szerint a brazil hatóságok nagyra értékelték, hogy a magyarok tanítottak iskolájukban először portugál nyelvet; s arról is, hogy az USA-ban vagy Kanadában született nemzedék „már szégyellte szülei idegenségét, lenézett mivoltát és hiányos nyelvtudását” (68.). A korábbi, erősen asszimiláló „olvasztótégely”-politikát az USA-ban az 1970-es években felváltotta az *ethnic revival*, a multikulturalizmus, ami a magyaroknak is kedvezett, pontosabban: kedvezhetett volna, ha addigra az amerikai acélipari válság nem kezdte volna erősen sorvasztani a régi magyar negyedeket Chicago környékén, Pittsburghben és másutt. Fontos, amit Bába 39. számú interjúalányától idéz: „Két ország között úgy jövök és megyek, hogy ott van az otthonom, de itt van a hazám, ezt mondom Magyarországon. Ez vagyok én. Magyar vagyok, amikor ott vagyok, amerikai vagyok, amikor itt vagyok” (88.). Sokatmondó a 7. számú interjúalány véleménye is: „A Kárpát-medencében nyelvben él a nemzet. De ugyanezeket nem lehet állítani egy amerikaiakra. Teljesen más életvitel. Ötödgenerációs, nem beszél magyarul, és magyar érzésű. [...] Nem függ össze a nemzeti öntudat a nyelvtudással” (89.). Más adatok, így a „ReConnect Hungary” képzés résztvevői által írt esszék is megerősítik a szerző azon kutatási eredményét, hogy „a magyar nyelv nem elsődleges az identitás megjelölésében, magyar nyelvtudás nélkül is van magyar identitás” (97.).

A könyv legnagyobb fejezetének címe *A magyar etnikai identitás megnyilvánulási színterei* (99–240.). Itt részletesen olvashatunk a magyar kolóniákról; városnegyedekről, ahol sok magyar élt, templomokat, iskolákat, biztosítótársaságokat stb. építve maguknak. Ezek a kolóniák jellemzően az 1900–1920-as években jöttek létre, a két világháború között

volt a virágkoruk, de a II. világháború után bevándorlók közül már kevesen költöztek a magyar negyedekbe. Érdekes, amit a 111. oldalon ír a szerző: „Az erdélyi és a délvidéki magyaroknál később és napjainkban is erős regionális és etnikai identitás figyelhető meg. Ők jellemzően egymást segítve, egymás közelében telepednek le Ausztráliában és Kanadában egyaránt. Például a délszláv háború alatt Horvátországból és Szerbiából Ausztráliába menekült magyarok is blokkokban telepedtek le, kisebb kolóniát alkotva.”

Elsősorban az Egyesült Államokban számos magyar egyesület működött s működik, ezek egykori jelentőségét az is megmutatja, hogy a Verhovay Segélyegyletnek 1944-ben több mint 52 000 tagja, 364 fiókegyesülete és 7 millió dollárt meghaladó vagyona volt. A különféle magyar szervezetek áttekintésének egyik tanulsága, hogy a két világháború között azok az elsőgenerációs bevándorlók, akik a különböző intézményekben tisztségviselők voltak, felismerték, hogy az Amerikában született generáció magyar etnikai tudatának fenntartásához elengedhetetlen a szervezeti életben a magyar mellé az angol használatának bevezetése.

Ebből a fejezetből megtudhatjuk egyebek mellett, hogy (1) a két világháború között a legtöbb magyar sportegyesületet Latin-Amerikában alapították (1934-ben braziliai magyar futballbajnokságot is rendeztek), (2) az USA-ba 1945 után bevándorlók lenéztek az „öreg-amerikasokat”, de az 1947-ben bevándorlók is szemben álltak a negyvenötösökkel, (3) az 56-os menekültek jelentős része szinte azonnal beolvadt, (4) az 1990 óta bevándorolt fiatalokra nem jellemző, hogy magyar szervezetekbe tömörülnek, döntően az interneten és szóalkotóhelyeken találkoznak („a technika megöli a közösségeket” – mondja egy interjúalany,

130.), és (5) az országos szervezetek akkor lehetnének valóban hatékonyak, ha megszűnne a széthúzás, megosztottság.

Az egyházak szerepének története a templomépítésektől (az első magyar református templomot 1892-ben építették Pittsburghben), a felekezeti különbségeken át (a római katolikus papok az asszimilációra törekedtek) a mai leépülésekig terjednek (sok-sok nagy múltú, értékes magyar templomot zárnak be, adnak el vagy dózerolnak le immár évtizedek óta). Bába Szilvia érzékletesen és tényszerűen beszámol olyan istentiszteletekről és misékről is, amelyekben részt vett Észak-Amerikában – esetenként vele együtt nyolcan voltak a résztvevők. Egyik interjúalánya elmondja, hogy „Az 1960-as években még több száz magyar katolikus pap volt az USA-ban, napjainkban már csak egy tucat” (153.). S kiderül az is, hogy Ausztráliában „a hatalmas távolságok miatt, a vidéki szórványban élőknek a református lelkész skype-on is kiszolgáltatja az úrvacsorát” (155.).

A magyar iskolákról és a magyar nyelv használatáról (158–206.) szóló fejezet sok hasznos adatot, elemzést tartalmaz. Régebben előfordult (ma már, remélem, nem), hogy „Több katolikus pap a vasárnapi szentmisén kiprédikálta – név nélkül – azokat, akik nem magyar iskolába járatják gyermekeiket” (159.). Többször fölvetődött s fölvetődik a kérdés, hogy használhatóak-e az amerikai magyar gyermekek tanítására a magyarországi tankönyvek? A pedagógiailag megfontolt válasz nyilván a „nem”. Jó, hogy a szerző a rövid életű hétfégi iskoláktól kezdve igyekszik áttekinteni mindent, az egyetemi szintű magyarságtudományi programokig. Helyes, hogy Bába Szilvia idézi (185.) Nagy Károlyt (1934–2011), aki 1984-ben a New York-i Püski Kiadónál megjelent könyvében ezt írta: „A két-

nyelvűség nem csak mennyiségileg, hanem minőségileg is különbözik az egynyelvűségtől [...] Külföldön nem magyart, hanem tulajdonképpen kétnyelvűséget kell tanítanunk. Olyan gyakorlati folyamatokat, amelyek állandó közlekedést képesek fenntartani a két nyelv között.” Sokan beszámolnak a család és a külvilág nyelvi konfliktusairól, egy montreali férfi például így: „nem egyszer előfordult, hogy a fiam azt mondja, apu, ezt nem értem, hogy az iskolában angolnak néznek, kanadainak, itthon pedig magyarnak, nem értem. Mi vagyok én? Nem tudom, mi vagyok!” (193–194.) Mások esetleg az elmagyarosított spanyol szavakról ejtenek szót, például „a jelzőlámpa gyakran csak szemafor, a számítógép computadora” (197.). Ehhez a recenziens hozzáfűzi, hogy a *szemafor* szót ’közlekedési lámpa’ jelentésben használják a szlovákiai, ukrainai, romániai, szerbiai, horvátországi és szlovéniai magyarok is, például így: *Déván visszaszámllós szemaforok működnek, csakúgy, mint jópár romániai városban* (lásd URL1).

Részletes ismertetések olvashatók a diaszpóra sajtótermékeiről, beleértve a regionális rádió- és tévéadókat is; megtudjuk, hogy a Duna Televízió adása élőben is fogható Ausztráliában, Kanadában és az USA-ban, s persze az interneten elérhető a Kárpát-medencei magyar rádiók és televíziók műsorai is.

Ezt a fejezetet az *Ünnepek és szokások* című rész zárja (227–240.). Ebben értően mutatja be a szerző, mit jelent a „piknik” Amerikában, milyen közösségformáló szerepe volt még nemrég a csigatészta-készítésnek Michiganben (Huseby-Darvas Éva kutatásaira utalva, lásd URL2), milyen is a „magyar ruha”, s miként zajlott a 40th *Birmingham Ethnic Festival* az ohioi Toledóban 2014 augusztusában, melyre Szegedről érkeztek a díszvendégek.

Az összegző fejezetben (241–246.) Bába Szilvia számba veszi mindazt, amivel igazolta fő hipotézisét: magyar nyelv-tudás nélkül is létezik magyar etnikai identitás. A kettős identitás egyik aforizmatikus kinyilvánítása („Magyar vagyok, amikor ott vagyok, amerikai vagyok, amikor itt vagyok”, 242.) hasonlít arra, amit Ditzendy Orsolya (2011, 112.) dokumentált egyes horvátországi magyarok kapcsán: van, aki számára a *haza* „az anyaország és a Drávaszög, [ők] otthon úgy szoktak fogalmazni, hogy *otthonról* (Bajáról) *mennek haza* (Vörösmartra)”.

Az *Utószóban* (247–255.), ami a terjedelmes bibliográfia és 30 oldalnyi melléklet (statisztikák, színes ábrák és fényképek) előtt olvasható, a szerző javaslatokat fogalmaz meg arról, hogy az illetékes magyar hatóságok és nonprofit szervezetek miként segíthetik a magyar diaszpóra továbbélését. Ezek mind hasznos, esetenként könnyen megvalósítható javaslatok. Felsorolásuktól eltekintek, de megemlítem, hogy ha a címzettek, főleg a magyar politikusok megfogadják, hasznosítják Bába Szilvia némely javaslatát, akkor nem csak a diaszpórának lesznek hasznára, de ő maguk-

ra is jobb fény vetülhet. (*Bába Szilvia: Az Óperenciás tengeren túl: magyar identitás a diaszpórában. Budapest: Nemzetstratégiai Kutatóintézet, 2015. 306 oldal.*)

Kontra Miklós

egyetemi tanár, DSc,
Károli Gáspár Református Egyetem

IRODALOM

Ditzendy Orsolya (2011): Horvátországi magyar egyetemisták identitása (A Drávaszögben, illetve Magyarországon készített interjúk alapján). *Aracs*. 11, 1, 105–118.

Kürti László (2016): Review Article: “Documenting Immigrants, Boarding Houses and Ethnographers” *Burdosház Amerikából – Balogh Balázs néprajzkutató nyomában Hungarian Cultural Studies. e-journal of the American Hungarian Educators Association*. 9, DOI: 10.5195/ahca.2016.237 <http://ahca.pitt.edu>

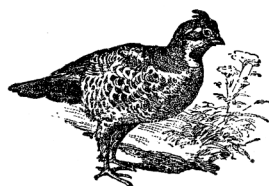
Papp László (2009): *Nyelvünk és Kultúránk*. 1. 84.

Papp Z. Attila (szerk.) (2008): *Beszédből világ: elemzések, adatok amerikai magyarokról*. Budapest: Magyar Külügyi Intézet

Dunatáj Alapítvány (2015): *Burdosház Amerikából – Balogh Balázs néprajzkutató nyomában*. Rendezte Dezső Zsigmond. 50 perc

URL1: <http://ht.nytud.hu/htonline/>

URL2: <http://tinyurl.com/l2gazhb>



CONTENTS

Situation and Perspectives of Utilization of Solar Energy

Guest Editor: József Ádám

József Ádám – István Farkas: Introduction	514
István Farkas: Utilization of Solar Energy – National and International Situation	517
Pál Varga: The Solar Thermal Market – Hungarian and World Situation	524
Miklós Pálffy: Development of the Photovoltaic Solar Energy	532
Ádám Gali: Third Generation Solar Cells	540
András Zöld – Attila Kerekes: Passive Utilization of Solar Energy in Buildings	545
Imre Vass: Utilization of Solar Energy by Photosynthetic Systems	552
István Szeredi: Expected Effects of the Solar Energy on the Electric Power System	558
Zoltán Kapros: Environmental and Social Effects of the Utilization of Solar Energy	566
Iván Gács – Martin János Mayer: Concentrated Solar Power Plants	574

Study

Sándor Soós: Life after the Impact Factor: Effects of Adopting the Scimago Journal Rank for the Evaluation of Research Output in Hungary	583
György Bazsa: Upward on the Track – Stations of the Hungarian Academic Career	594
Tibor Vámos: Is There a Ladder of Seniority to Science’s Heaven?	607
János Kelemen: In memory of Benedetto Croce on the Occasion of the 150 th Anniversary of his Birth	610
Károly Brezsnaynszky: A Complement to the Early History of Earthquake Observation in Hungary	622

Academy Affairs

Scientific Career of Women Scientists as a Top-restricted Network Phenomenon (<i>Péter Csermely</i>)	624
The Numbers Tell It All. Answer for the Reactions on the Article <i>Are Hungarian Women Qualified for Membership of the Hungarian Academy of Sciences?</i> (<i>Péter Somogyi</i>)	627

<i>Outlook</i> (<i>Júlia Gimes</i>)	631
---	-----

<i>Book Review</i> (<i>Júlia Sipos</i>)	633
---	-----

Ajánlás a szerzőknek

1. A Magyar Tudomány elsősorban a tudományterületek közötti kommunikációt szeretné elősegíteni, ezért főleg olyan dolgozatokat közöl, amelyek a tudomány egészét érintik, vagy érthetően mutatják be az egyes tudományterületeket. Lapunk nem szakfolyóirat, ezért a szerzőktől közérthető, egy-egy tudományterület szaknyelvét mellőző cikkeket várunk.

2. A terjedelem ne haladja meg a 30 000 leütést (szóközökkel együtt), ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat is tartalmaz, kérjük, arányosan csökkentsék a szöveg mennyiségét. Beszámolók, recenzók terjedelme ne haladja meg a 7–8000 leütést. A kéziratot.doc vagy .rtf formátumban, e-mailen vagy CD-n kérjük a szerkesztőségbe beküldeni.

3. Másodközlésre csak indokolt esetben, előzetes egyeztetés után fogadunk el dolgozatokat.

4. Kérünk a cikkhez 4–6 magyar kulcsszót és az írás angol címét, valamint a szerző nevét, tudományos fokozatát, munkahelye pontos nevét, s ha közölni kívánja, e-mail címét. Külön kérjük azt a levelezési és e-mail címet, telefonszámot, ahol a szerkesztők a szerzőt általában elérhetik.

5. Kérjük, hogy a cikkben mindig jelöljék az idézetek forrásait.

6. Idegen nyelvű idézetek esetében kérjük azok lábjegyzetben vagy zárójelben való fordítását is.

7. Kérjük, az irodalomjegyzékben adják meg az idézett cikkek DOI (Digital Object Identifier) kódját, s ha a cikkhez, könyvhöz ismernek szabad, ingyenes elérést, akkor azt is.

8. A szövegben emlegetett, hivatkozott személyek vagy intézmények teljes nevét kérjük kiírni azok első előfordulásakor.

9. Kérjük, az idegen nyelvű ábrák szövegét fordítsák le, vagy mellékeljenek egy szöveget.

10. Ha a szerző nem saját illusztrációit használja, akkor fel kell tüntetni azok forrását. A szerző dolga, hogy kiderítse a copyright tulajdonosát, és amennyiben nem szabad felhasználású, engedélyt szerezzen a közléshez.

11. Szövegközi kiemelésként *dólt*, vagy *félkövér* formázást alkalmazunk; ritkítást, VERZÁLT,

KISKAPÍTÁLIST és aláhúzást nem. A jegyzeteket lábjegyzetként kérjük megadni.

12. Az ábrák érkezhetnek papíron, lemezen vagy e-mail útján, bármilyen vektoros vagy pixeles formátumban; utóbbi esetben jól olvasható, finom felbontásban és min. 10×10 cm-s tényleges méretben. Kérjük, hogy ne a Word-dokumentumba ágyazzottan, hanem külön küldjék őket. Készítésüknél vegyék figyelembe, hogy lapunk **nem** színes, és a tükörméret 125 mm. A szövegben tüntessék fel az ábrák kívánatos helyét.

13. A hivatkozásokat mindig a közlemény végén közöljük, a lábjegyzetekben legfeljebb utalások lehetnek az irodalomjegyzékre. Irodalmi hivatkozások a szövegben: (szerző, megjelenés éve) pl. (Balogh, 1957). Ha azonos szerző(k)től ugyanazon évben több tanulmányra hivatkoznak, akkor a közleményeket az évszám után írt a, b, c jelekkel kérjük megkülönböztetni mind a szövegben, mind az irodalomjegyzékben. Kérjük: csak olyan és annyi hivatkozást írjanak, amilyen és amennyi elősegíti a megértést. Számuk ne haladja meg a 10–15-öt.

14. Az irodalomjegyzéket ábécé-sorrendben kérjük. A tételek formája a következő legyen:

• Folyóiratcikkek: Feuer, Michael J. – Towne, L. – Shavel, R. J. et al. (2002): Scientific Culture. *The Educational Researcher*, 31, 8, 4–14.

• Könyvek: Rokkan, Stein – Urwin, D. W. – Smith, J. (eds.) (1982): *The Politics Identity*. Sage, London

• Tanulmánygyűjtemények: Halász Gábor – Kovács Katalin (2002): Az OECD tevékenysége az oktatás területén. In: Bábosik István – Kárpáthi Andrea (szerk.): *Összehasonlító pedagógia*. Books in Print, Budapest

15. Ha internetes írásra hivatkozik a szerző, ennek formája a szövegben (URL₁), (URL₂) stb., az irodalomjegyzékben URL₁: Magyar Nemzeti Bibliográfia <http://mnb.oszk.hu/>

16. A Magyar Tudomány kefelevonatokat nem küld, de elfogadás előtt minden szerzőnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát.