

# ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata

55. évfolyam 2014. 3. szám

A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat



## 27. Távhő Vándorgyűlés

### „A TECHNOLÓGIA-TRANSZFER ÉS A MŰKÖDÉSI KÖRNYEZET”

*Technológiai fejlesztések a felhasználói  
elégedettség fokozása érdekében*

**EGER,**

**2014. szeptember 16–17.**

*További információk:*

TRIVENT RENDEZVÉNYIRODA

[www.trivent.hu](http://www.trivent.hu) • [office@trivent.hu](mailto:office@trivent.hu)

## A hatékony energiagazdálkodás mindnyájunk érdeke és kötelessége!

Hazánk a II. Nemzeti Energiahatékonysági Cselekvési Tervben fogalmazta meg az Európai Bizottság részére a végsőenergia-megtakarítást elősegítő nemzeti célkitűzéseket és intézkedéseket a 2008-2016 időszakra.

**Ahhoz, hogy a kitűzött célokat teljesíteni tudjuk, össze kell fognunk.**

Fontos, hogy ki-kí a saját munkakörében tegyen az energiafelhasználás gazdaságosságának növeléséért.

Fontos, hogy beszámoljunk eredményeinkről, megosszuk tapasztalatainkat.

Fontos, hogy az energiahatékonyság növelésével kíméljük környezetünket.

Ezt kívánjuk segíteni a

**X. Klímaváltozás – Energiatudatosság – Energiahatékonyság**

# KLENEN'15

KONFERENCIA szervezésével

*„Osszuk meg tapasztalatainkat,  
dolgozzunk együtt a természet  
egyensúlyának megőrzéséért”*

**Energiahatékonysági minta-  
projektek bemutatása,  
tapasztalatcsere**

**Jegyezze elő naptárába,  
Kecskemét, 2015. március 10-11. - KLENEN '15**

**További információ és jelentkezés  
a [klenen.org](http://klenen.org) honlapon**

# ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata

55. évfolyam 2014. 3. szám

A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat

## TARTALOM • CONTENTS • INHALT

### Főszerkesztő:

Dr. Gróf Gyula

### Olvasó szerkesztő:

Dr. Bihari Péter

### Szerkesztőség vezetői:

Molnár Alexa, Szigeti Edit

### Szerkesztőbizottság:

Dr. Balikó Sándor, Dr. Bihari Péter, Czinege Zoltán, Dr. Csűrök Tibor, Eörsi-Tóta Gábor, Gáspár Attila, Juhász Sándor, Korcsog György, Kövesdi Zsolt, Lipcsei Gábor, Mezei Károly, Dr. Molnár László, Németh Bálint, Romsics László, Dr. Steier József, Dr. Stróbl Alajos, Szabó Benjámin István, Dr. Szilágyi Zsombor, Vancsó Tamás, Végh László, Dr. Zsebik Albin

### Honlap szerkesztő:

Csernyánszky Marianne

www.ete-net.hu

www.energiamedia.hu

### Kiadja:

Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület  
1091 Budapest, Üllői út 25., IV. em. 419-421 sz. Tel.: +36 1 353 2751, +36 1 353 2627, Telefax: +36 1 353 3891, E-mail: titkarsag@ete-net.hu

### Felelős kiadó:

Bakács István, az ETE elnöke

### A szerkesztőség címe:

BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék  
1111 Budapest, Műgyetem rkp. 3. D épület 222 sz.  
Telefon: +36 30 278 2694, +36 1 463 2981.  
Telefax: +36 1 353 3894.

### E-mail:

enga@ete-net.hu

Megjelenik kéthavonta.  
Előfizetési díj egy évre: 4200 Ft  
Egy szám ára: 780 Ft

Előfizethető a díj átutalásával a 10200830-32310267-00000000 számlaszámra a postázási és számlázási cím megadásával, valamint az „Energiagazdálkodás” megjegyzéssel

ISSN 0021-0757

### Tipográfia:

Büki Bt.  
bukibt@t-online.hu

### Nyomdai munkák:

Innova-Print Kft.

Lapunkat rendszeresen szemlézi  
Magyarország legnagyobb médiafigyelője,  
az



»OBSERVER«  
BUDAPEST MÉDIAFIGYELŐ KFT.

### Tudomány \* Science \* Wissenschaft

Benedek Tamás

Axiális átömlésű ventilátor mikrofontömbös diagnosztikája a zajcsökkentés és hatásfoknövelés érdekében 2  
*Diagnostics of Axial Flow Fans With A Microphone Arrangement, To Reduce Noise and Improve Efficiency Diagnostik eines Axialventilators mit einem Mikrophonblock zum Zwecke der Lärmreduktion und Effizienzsteigerung*

Pintácsi Dániel

Hulladékhasznosító mű létesítésnek vizsgálata a Tiszai Erőmű telephelyén 5  
*Feasibility of Establishing Waste Utilisation Plant at the Site of the Tisza Power Plant Machbarkeitsstudie einer Müllverwendungsanlage auf dem Gelände des Tiszai Kraftwerks*

### Exergoökonomia \* Exergo-economics \*

#### Exergoökonomie

Groniewsky Axel

Termoökonomiai módszerek áttekintése 9  
*Review of Thermoeconomic Systems Überblick über thermoökonomische Systeme*

### Megújuló energiaforrások \* Renewable Energy Sources \* Erneuerbare Energiequellen

Szilágyi Zsombor

Gazdagok vagyunk napenergiában 15  
*We Are Rich In Solar Energy Wir sind reich an Solarenergie*

### Hőtárolás \* Heat Storage \* Wärmespeicherung

Árokszállási Kálmán, Balikó Sándor

Kompozitok és fémhabok a hőtárolásban 17  
*Composites and Metal Foams in Heat Storage Kompositen und Metallschaum in Wärmespeicherung*

### Gáztechnikai számítások \* Gas Technical Calculations \* Gastechnische Berechnungen

Kis László

Általános gáztörvény, gázkeveredési szabályok, gázjellemzők számítása 20  
*General Gas Law, Gas Blending Rules, Calculation of Gas Properties Allgemeines Gasgesetz, Regeln der Gasmischung und Berechnung der Gasbeschaffheiten*

### Energiainformációk \* Energy News \* Rundblick

Molnár László

A nemzetközi és a hazai gázpiaci helyzet 22  
*Situation in the International and Hungarian Gas Market Lage der internationalen und ungarischen Gasmärkte*

### Virtuális Erőmű \* Virtual Power Plant \*

#### Virtuelles Kraftwerk

Orbán Tibor, Gurka Szilárd, László Tamás

Füstgáz hőhasznosító létesítése a Rákoskeresztúri fűtőműben 24  
*Installation of Condensation Flue Gas Heat Recovery System in Rákoskeresztúr Heating Plant Errichtung einer Rauchgas-Wärmeverwendungsanlage in dem Rákoskeresztúr Heizwerk*

### Szakkollégium \*

#### News from the Student Association of Energy \*

#### Nachrichten aus dem Fachkolleg

Ganz Ábrahám emlékféltévet zárt az Energetikai Szakkollégium 26  
*The Student Association of Energy Closed the Ábrahám Ganz Memorial Term Ábrahám Ganz Gedenkhjahr im Fachkolleg für Energetik*

### ETE hírek \* ETE News \* ETE Nachrichten

Az ETE 2014. évi rendes Küldöttközgyűlése 28  
*2014 Annual General Meeting of ETE ETE-Mitgliederversammlung 2014*

### Hírek \* News \* Nachrichten

A Panel III Program 29  
*Panel III Programme for Prefabricated Houses Das Panel III Programm*

Az energiaügyek, valamint a fejlesztés- és klímapolitika új irányítói 30  
*New Leaders of Energy as well as Development and Climate Policy Neue Leiter für Energiethemen bzw. für Entwicklungs- und Klimapolitik*

Aszódi Attila kormánybiztos 31  
*Attila Aszódi, Government Commissioner Attila Aszódi Regierungskommissar*

Útravalóul 32  
*Parting Gift Abschiedsgeschenk*

Pre-Pay Differently! Egy magyar üzenet a smart világnak 34  
*Pre-Pay Differently! A Hungarian Message to the Smart World Pre-Pay Differently! Eine ungarische Botschaft an die Smart Welt*

A folyóirat szerkesztésénél különös figyelmet fordítottunk a környezetvédelmi szempontokra!

A beküldött kéziratokat nem őrizük meg, és nem küldjük vissza. A szerkesztőség fenntartja a jogot a beküldött cikkek rövidítésére és javítására. A szakfolyóiratban megjelent cikkek nem feltétlenül azonosak a szerkesztők vagy az ETE vezetőségének álláspontjával, azok tartalmáért az írójuk felelős.

# Axiális átömlésű ventilátor mikrofontömbös diagnosztikája a zajcsökkentés és hatásfoknövelés érdekében

Benedek Tamás

gépészmérnök, benedek@ara.bme.hu

**A tanulmány egy olyan diagnosztikai módszert mutat be, mellyel egy ipari körülmények között működő axiális ventilátor áramlástechnikai veszteségei és zajforrásai felderíthetőek. A kapott eredményeket felhasználva a lapátózás újratervezése során ezek együttesen csökkenthetőek. A módszert egy esettanulmányon keresztül mutatjuk be.**

\*

**This paper presents a novel method for diagnostic that allows the investigation of the aerodynamic losses and the noise of an axial flow fan operating in industrial environment. The measurement results can be used for the simultaneous reduce of the loss and the noise emission during the re-design of the blading. The method is illustrated trough a case study.**

\*\*\*

Az utóbbi években a ventilátorok összhátásfokára egyre szigorúbb elírások vonatkoznak az EU-ban. [1] Ugyanez a trend elmondható a ventilátorok által kibocsájtott zajról is. [2] Gyakori feltételezés, hogy a lapátózásban fellépő nagyobb veszteségek nagyobb zajjal járnak. Különös problémát jelent ez ipari környezetbe beépített ventilátoroknál, amelyek gyakran nem az optimális körülmények között működnek. Ha kapcsolatot tudunk teremteni egy ilyen ventilátorlapátózásban fellépő veszteségek és a kibocsájtott zaj között, akkor ventilátor, az adott körülményekhez jobban illeszkedő, áttervezése során a kibocsájtott zaj és a veszteségek együttesen csökkenthetőek.

## Mikrofontömbös mérés technika

A ventilátorok által kibocsájtott zaj mérése hagyományos módszerekkel a mérőmikrofon különböző pozíciókba történő helyeztetése és a megkövetelt magas jel/zaj viszony miatt igen körülményes és ipari körülmények között ritkán alkalmazható.

Manapság azonban egyre elterjedtebb mikrofontömbös mérés technika, amelyet ventilátorok zajmérésére is egyre gyakrabban alkalmaznak. [3] [4] [5] Ezen technológiával a nyalábképzés módszerét felhasználva zajforrások helyét határozhatjuk meg ismert pozíciójú szinkronizáltan mintavételező mikrofonok jelében található fázis eltérés alapján. [6] A nyalábformálás eredménye egy forrástérkép, amely a vizsgálati síkban található zajforrások erősségét jeleníti meg. A mikrofontömbös technika előnye, hogy egy egyszeri mérésből felderíthetjük a zajforrásokat, valamint, hogy rossz jel/zaj viszony esetén is ad értékelhető eredményt.

Ventilátor zajmérését célzó vizsgálatok során a ROSI [4] algoritmus alkalmazásával lehetővé válik, hogy a zajforrásokat egy, a járókerékkel együtt forgó koordinátarendszerből tanulmányozzuk és lapátózással együtt forgó, azaz a lapátózáshoz egyértelműen köthető zajforrásokat is beazonosítsuk.

Egy forrástérkép térbeli bizonytalanságát a felbontással jellemezhetjük, mely azt a legkisebb távolságot jelenti, amin belül két forrás még megkülönböztethető egymástól. A felbontás egyenes arányos a zaj forrás és a mikrofontömb közötti távolsággal valamint

fordítottan arányos a mikrofonok közti távolsággal és vizsgált frekvenciával. [7] A jelen tanulmányban közölt forrástérképeken a [7] irodalomban lévő összefüggés alapján becsült felbontást a térképek bal felső sarkában található körökkel jelöltük.

A forrás térképek amplitúdó bizonytalanságát több paraméter is befolyásolja: a használt mikrofonok bizonytalansága, a zajforrások helyzete, a tömb melléknyaláb karakterisztikája, a források koherenciája, a járókerék forgásközéppontjának meghatározása. Süketszobai méréseket alapul véve a tanulmányban közölt térképek amplitúdó bizonytalanságát  $\pm 1$  dB-re becsüljük.

Jelen vizsgálatokhoz az Optinav Inc. Array 24 típusú, általános célú mikrofontömbjét alkalmaztuk. A tömb 24 db, egy alumínium lemezre felszerelt mikrofonkapszulát foglal magába, melyek a jobb a melléknyaláb karakterisztika végett egy logaritmus spirál vonalon helyezkednek el. Két mikrofon közötti legnagyobb távolság 0.95 m. A mikrofontömböt a ventilátortól 0.5 m-re helyeztük el a szívó oldal irányából úgy, hogy a tömb síkjának normálisa párhuzamos legyen a ventilátor forgástengelyével. A mintavételezési frekvencia 44.1 kHz, a mintavételezési idő 10 s volt.

## A diagnosztikai módszer

A munka során, a [8]-ban leírt eredményeket felhasználva egy olyan módszer kidolgozása volt a cél, amellyel egy axiális ventilátor veszteségei és zajforrásai ipari körülmények között kevés mérésből felderíthetőek, majd az így kapott adatokból a lapátózás áttervezése során az aerodinamikai veszteségek és a kibocsájtott zaj együttesen csökkenthetőek.

Az akusztikai mérés egyszerű és gyors kivitelezésére rendelkezésre álló mikrofontömbnek köszönhetően meg volt a lehetőség, azonban forgógépekre vonatkozó mikrofontömb irodalomban a legjobb tudásunk szerint nem található olyan munka, amely a lapátózásban kialakuló áramlási jelenségeket és a fellépő veszteségeket az akusztikával együtt vizsgálja. A tágabb irodalmat áttekintve több cikket is találunk [9][10][11], amik a ventilátor lapátózásban fellépő áramlási eredetű veszteségek és a keletkező zaj közötti kapcsolatot vizsgálják, viszont ezekben a tanulmányokban mind az aerodinamikai, mind az akusztikai mérések meglehetősen körülményesek, csak laboratórium körülmények között végezhetőek.

A szakirodalomban megtalálható nagyszámú lapátrács-mérésnek köszönhetően azonban rendelkezésre állnak olyan empirikus összefüggések melyekkel egy lapátmetszet áramlási viszonyai kevés mérési adatból meghatározhatóak, így lapátózás áramlási jellemzőinek sugár menti eloszlása egyszerű módon felderíthető.

A vizsgálat során szükséges lemérni ventilátor lapátózás geometria adatait (húrhossz, lapátszögek) és a belépő axiális sebesség profilt a sugár mentén, valamint a mikrofontömbbel elvégezni a zajmérést. A belépő sebességprofilból és a geometriai adatokból a [12] irodalomban közölt módszer segítségével meghatározható a lapátózás aerodinamikai jellemzőinek sugár menti eloszlása, melyekből a D Lieblein-féle diffúziós tényező, illetve  $\omega$  veszteségtényező szolgálnak a lapátózásban fellépő aerodinamikai veszteségek

jellemzésére. A mikrofontömbös mérések eredményeként kapott forrástérképeket kerületi irány mentén átlagolva megkaphatjuk a P hangnyomás sugár menti eloszlását.

Feltételezzük, hogy klasszikus elméleteknek megfelelően a lapátózásban fellépő veszteségek és a zaj között monoton növekvő függvény kapcsolat áll fenn, melyet a legegyszerűbben úgy fejezhetünk ki, hogy a hangnyomás a veszteségi tényezők között hatványfüggvény kapcsolat tételünk fel (a monoton növekvő kapcsolatot természetesen csak a hatványkitevők pozitív értéke esetén áll fenn):

$$P_{\omega} = A_{1,\omega} \cdot \omega^{B_{1,\omega}} \quad (1)$$

$$P_D = A_{1,D} \cdot D^{B_{1,D}} \quad (2)$$

A veszteségi és a diffúziós tényező tízes alapú logaritmusát véve, bevezetve a veszteségi ( $\log_{10}\omega$ ) és diffúziós ( $\log_{10} D$ ) szinteket az (1) és (2) egyenletek átalakításával az  $L_P$  hangnyomásszintre a következő összefüggéseket kapjuk:

$$L_{P\omega} = A_{2,\omega} + B_{2,\omega} \cdot \log_{10}\omega \quad (3)$$

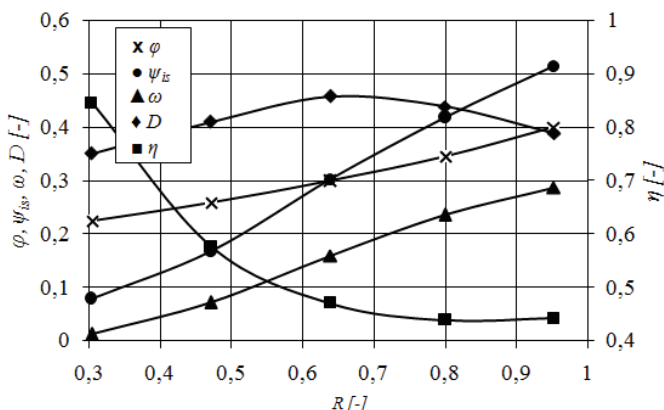
$$L_{PD} = A_{2,D} + B_{2,D} \cdot \log_{10}D \quad (4)$$

Az A és B paraméterek, így már könnyen meghatározhatók. (pl. a legkisebb négyzetek módszere értelmében legjobban illeszkedő egyenes egyenletéből)

Ezen paraméterek ismeretében a lapátózás a beépítési körülményekhez jobban illeszkedő újratervezése során becsülni tudjuk az aerodinamika veszteségek és a zajkibocsátás sugár menti eloszlásnak változását.

### A vizsgált ventilátor

A módszer alkalmazását egy esettanulmányon keresztül mutatjuk be. Az esettanulmány alapját az [12]-ben bemutatott ventilátor szolgáltatja. A ventilátor 5 kerületi irányba előreferdített lapáttal rendelkezik, az átmérője  $D=300$  mm, az agyviszonya  $v=0.3$ , a fordulatszám  $n=1430$  1/min. A ventilátort, egy egyszerű szelőztető ventilátort modellezendő, egy rövid ( $0.33 D$ ) csőbe építettük be oly módon hogy az elszívás és a kifúvás egy légtérben történt. A belépő sebességprofil lemérésére egy egyszerű szárnykeres anemométert használtunk. A sebességprofilból és a geometriai adatokból származtatott aerodinamikai jellemzők sugár menti eloszlása 1. ábrán látható.

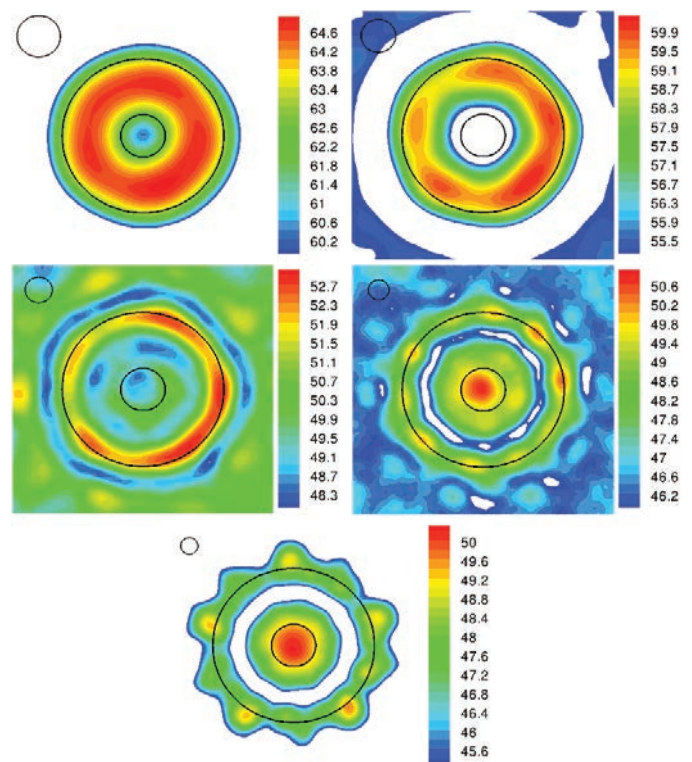


1. ábra. Az aerodinamikai jellemzők sugár menti eloszlása

Az ábrán megfigyelhető, hogy a lapátcsúcs sebességével dimenziótlanított axiális sebesség ( $\Phi$ ) nő a sugár mentén, amely jellemző a változó lapátcirculációra tervezett ventilátorokra. Ezzel összhangban megfigyelhető az ideális össznyomásszám ( $\Psi_{is}$ ) növekedése is. Látható továbbá, hogy veszteségtényező ( $\omega$ ) nő és a hatásfok ( $\eta$ ) csökken a sugáron kifelé haladva, amely arra utal, hogy a lapátózás az optimális üzemállapottól távol működik a külső tartományokon. A lapátózás középmezőjében megvastagodott határrétegre következhetünk a diffúziós tényező (D) megnövekedett értékéből.

### A zajforrástérképek

A mikrofonjelek spektrumát megvizsgálva az tapasztaltuk, hogy jellemző tonális csúcsok nem találhatók, így zajtérképeket a ROSI algoritmus alkalmazásával harmad-oktávsávonként készítettük el. A sávok kiválasztásánál figyelembe vettük a mikrofontömb felbontó képességét és az emberi fül érzékenységet modellező A-súlyozást [13]. Az így kiválasztott frekvenciasávok a 2500, 3150, 4000, 5000 és 6300 Hz középfrekvenciájú sávok lettek.



2. ábra. Zajforrástérképek a 2500, 3150, 4000, 5000 és 6300 Hz-es frekvenciasávokban [dB]

A 2 ábrán látható forrástérképeken a ventilátor agyát és lapátcsúcsát két koncentrikus kör jelöli. Az ábrákon az értékek dB-ben értendőek. A forrástérképeket megvizsgálva látható, hogy a frekvencia növelésével, azaz a felbontás javulásával egyre inkább kiemelhető a ventilátorra jellemző  $72^\circ$ -os körszimmetria, tehát vannak a lapátózáshoz köthető erős zajforrásaink. Észrevehető továbbá, hogy az alacsonyabb frekvenciasávokban a legerősebb források a lapátózás közepén helyezkednek el, majd a lapátózás csúcs felé tolódnak, így feltételezhetően magasabb frekvenciákon az ott kialakuló erősen turbulens résáramlás dominálja a zajt. A 4000, 5000 és 6300 Hz középfrekvenciájú sávban továbbá látható, hogy az

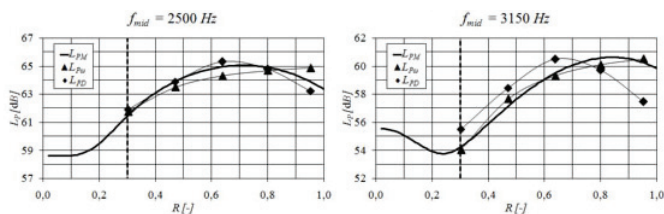
agy, amelybe beépítve megtalálható a motor is, területén lévő zajforrások felerősödnek a többi lapátózáson található zajforráshoz képest.

### A kapcsolat az aerodinamikai veszteségek és a zaj között

A forrás térképek kerületi irányú átlagolásából kapott zaj sugár menti eloszlásoknál azt tapasztaltuk, hogy 4000 Hz-es és az a feletti középfrekvenciájú sávokban az agy környékéről származó zaj túl erős, így eltorzítva zajeloszlást, ezért csak a két alacsonyabb frekvenciasávra végeztük el a paraméter illesztést, amelyek azonban a legerősebbek és az emberi hallás is itt a legérzékenyebb.

1. táblázat. Paraméterek  $L_{PW}$  és  $L_{PD}$  függvények illesztéséhez

| Közép frek | $A_{2,\omega}$ | $B_{2,\omega}$ | $A_{2,D}$ | $B_{2,D}$ |
|------------|----------------|----------------|-----------|-----------|
| 2500 Hz    | 66             | 2.3            | 75        | 29.5      |
| 3150 Hz    | 63             | 4.7            | 75        | 42.7      |



3. ábra. Zajeloszlás a sugármentén a 2500 és 3150 Hz frekvenciájú sávban

A (3)-as és (4)-es egyenletekben megjelenő  $A_2$  és  $B_2$  paraméterek illesztésekből kapott értékei az 1. táblázatban találhatóak, a  $B_2$  paraméterek pozitív értékei beigazolják a feltételezést, hogy a növekvő áramlási veszteségek növekvő zajjal járnak együtt.

A zaj sugár menti eloszlásnak mikrofontömbös mérésből származó valamint az az  $\omega$  és  $D$  mennyiségekből számított értékei a 3. ábrán láthatóak. Az alacsonyabb frekvenciasávban jó hasonlóság figyelhető meg a mért és mind két veszteséginдикátorból számított zajeloszlás között. A magasabb frekvenciasávon a mért és a  $\omega$ -ból származtatott görbék egyezése jó, hiszen itt már zajforrások kijebbn toldódtak, azonban a veszteség tényező is nő a sugáron kifelé haladva.

### Összegzés

A munka egy esettanulmányon keresztül olyan új diagnosztikai módszert mutat be, melyben a mikrofontömbös mérés technika és egyszerű áramlási mérések együttes alkalmazásával az irodalomban található lapátrács-mérési eredményeket felhasználva egy axiális ventilátor lapátózásban fellépő áramlási veszteségek és zajforrások sugár menti eloszlása meghatározható. Az eljárás során csak a belépő axiális sebesség eloszlásának és a különböző lapátmetszetek geometria adatainak lemérésére van szükség, a zaj mérés pedig a mikrofontömb alkalmazásával gyorsan és akusztikailag nem ideális környezetben is elvégezhető. E két körülménynek köszönhetően a módszer alkalmas már beépítve üzemelő ventilátorok vizsgálatára is.

A zajforrások és veszteségi indikátorok (össznyomás veszteség, Lieblein-féle diffúziós tényező) sugár menti eloszlásból a veszteségi és diffúziós szint bevezetésével egy egyszerű két paraméter

által leírható kapcsolat állítható fel a hangnyomás és a veszteségi indikátorok között. A veszteségek és a zajforrások sugár menti eloszlásnak valamint ezen két paraméter ismeretében javaslat tehető a lapátózás az adott körülményekhez jobban illeszkedő áttervezésére, mely során a zajkibocsátás és a veszteségek összehangoltan csökkenthetők.

### Köszönetnyilvánítás

A cikk elkészítését az OTKA K83807 projektje támogatta.

Köszönöm Dr. Vad Jánosnak a munka során adott iránymutató támogatását.

Köszönöm Tóth Bencének a mérések kivitelezésében nyújtott segítségét.

### Irodalom

- [1] Commission Regulation (EU) No 327/2011. Official Journal of the European Union, 2011. március
- [2] Directive 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council of 6. Official Journal of the European Union, 2003. február
- [3] Podboy, G. G., Horváth Cs., Phased Array Noise Source Localization Measurements Made on a Williams International FJ44 Engine. AIAA Paper 2009-3183
- [4] Sijtsma, P., Oerlemans, S. and Holthusen, H., Location of Rotating Sources by Phased Array Measurements. AIAA Paper 2001-2167
- [5] Lowis, C., Joseph, P., Determining the Strength of Rotating Broadband Sources in Ducts by Inverse Methods. Journal of Sound and Vibration, 2006/295
- [6] Mueller, T., Allen, C., Blake, W. K., Dougherty, R. P., Lynch, D., Soderman, P., Underbrink, J., Aeroacoustic Measurements: 3. fejezet. Springer kiadó, 2002
- [7] Hald, J., Combined NAH and Beamforming Using the Same Array. Brüel & Kjær Technical Note, 2005
- [8] Benedek T., Vad J., Concerted Aerodynamic and Acoustic Diagnostics of an Axial Flow Industrial Fan, Involving the Phased Array Microphone Technique. ASME Turbo Expo 2014, Düsseldorf, ASME Paper GT2014-25916
- [9] Sharland, I. J., Sources of Noise in Axial Flow Fans. Journal of Sound and Vibration, 1964/1
- [10] Fukano, T., Kodama, Y., Seno, Y. Noise Generated by Low Pressure Axial Flow Fans, Journal of Sound and Vibration, 1977/50
- [11] Carolus, T., Schneider, M., Reese, H., Axial flow fan broad-band noise and prediction. Journal of Sound and Vibration, 2007/300
- [12] Tóth B., Axiális átömlésű ventilátor áramlástechnikai vizsgálata lapátrács-mérési adatok alapján. GÉP, 2014/2
- [13] Norton, M., Karzub, D., Fundamentals of Noise and Vibration Analysis for Engineers. Cambridge University Press, 2003

Jegyezze be naptárába:

**KLENEN '15, 2015. március 10-11.**

A konferencián az érdeklődőknek lehetőséget biztosítunk az energiahatékonyság növelését segítő termékek és eszközeik, megvalósult, vagy tervezett intézkedéseik eredményeinek bemutatására.

**További információ a [www.klenen.org](http://www.klenen.org) honlapon.**

# Hulladékhasznosító mű létesítésének vizsgálata a Tiszai Erőmű telephelyén<sup>1</sup>

Pintácsi Dániel

energetikai mérnök (BSc), pintacsi.daniel@eszk.org

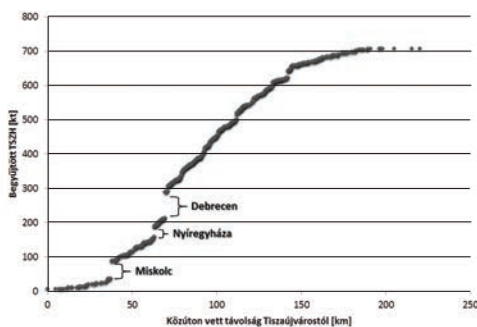
A hulladékok története egy idős az étellel. A hulladékok mennyiségének növekedése és a nehezen lebomló hulladékok térnyerése végett napjainkban a hulladékok megfelelő elhelyezése, illetve feldolgozása jelentős környezetvédelmi, társadalmi és gazdasági kérdés. Különösen igaz ez hazánkra, ahol jelenleg, az Európa szerte elfogadott hulladékgazdálkodási hierarchiával ellenmondásban a keletkezett települési szilárd hulladék (továbbiakban TSZH) mintegy 67%-t ártalmatlanítják lerakással, 28,6%-t anyagában történő hasznosítással és csupán 4,4%-t égetéssel [1].

A hulladékok megfelelő kezelése mellett, azzal párhuzamosan, az emberiség folyamatosan növekvő energiaigényének fenntartható kielégítése is folyamatos kihívásokat támaszt napjaink szakemberei elé. Ebben a két, kihívásokkal teli feladatban egyszerre nyújthat segítséget a hulladékok termikus hasznosítása. Ehhez kapcsolódóan, jelen munkámban, azt vizsgáltam, milyen módon lehetne az 1972-1976 között épült, összesen 900 MW névleges beépített kapacitással rendelkező és 2012 tavaszáig kőolaj és földgázalapon villamos energiát szolgáltató Tiszai Erőmű (korábbi nevén Tisza II. Hőerőmű) tiszaujvárosi telephelyén barnamezős avagy zöldmezős beruhásként megvalósítani egy települési szilárd hulladék eltüzelésére alkalmas égetőművet, újra használatba állítva ezzel a jelenleg kihasználatlan telephelyet. Ennek keretében vizsgáltam az erőmű környékéről gazdaságosan begyűjthető nyersanyag mennyiségét és összetételét, valamint a hulladék termikus ártalmatlanítására alkalmas technológia illesztésének lehetőségét, minél jobban kihasználva a telephely adottságait, ezzel minimalizálva a szükséges beruházási költséget.

## Nyersanyag az új blokk számára

### A Hulladék mennyisége

Az új blokk számára potenciálisan rendelkezésre álló tüzelőanyag meghatározásához az Észak-Magyarországi és Észak-Alföldi régióban keletkező TSZH éves mennyiségét vizsgáltam településekre lebontva, 2012-es bázisú, a Központi Statisztikai Hivatal adatait [2] figyelembe véve. Ezeknek az adatoknak és a települések Tiszaujvárostól közúton vett távolságának ismeretében összefüggést kerestem a begyűjtési távolság és a potenciálisan begyűjthető hulladék éves mennyisége között. Az így kapott összefüggést az 1. ábrán láthatjuk.



1. ábra. Összes, közszolgáltatásban elszállított TSZH a TU-tól való közúti távolság függvényében

<sup>1</sup> A szerzőnek a KLENEN '14 konferencián, Kecskeméten, 2014. március 11-12-én elhangzott előadása.

### Rendelkezésre álló TSZH fűtőértéke

Mivel a begyűjtött hulladékot termikusan kívánjuk hasznosítani, a rendelkezésre álló hulladék mennyisége mellett ismernünk kell a begyűjthető TSZH fűtőértékét is. A TSZH fűtőértékének meghatározásához, a TSZH elemi összetételét kell ismernünk. Mivel ilyen adat nem állt a rendelkezésemre, az elemi összetétel kiszámításához a hazai TSZH hulladékfrakciók (papír, műanyag, textil, üveg, fém, szerves, szervetlen) szerinti átlagos összetételét [3] vettem kiindulási alapnak. Majd ezt az országos értéket korrigáltam egy 2006-ban készült, Magyarország Budapest nélküli hulladék-összetételét vizsgáló, tanulmány [4] eredményeivel és a hulladék átlagos nedvességtartalmának (11 m/m %) [5] figyelembevételével és határoztam meg a keverék elemi összetételét (1. táblázat).

1. táblázat. TSZH elemi összetétele

| C [%] | H [%] | O [%] | N [%] | S [%] | h [%] | n [%] |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 26,67 | 3,71  | 22,24 | 1,31  | 0,13  | 35,32 | 11    |

A tüzelőanyag elemi összetételének ismeretében már az (1)-es egyenlet szerinti, széles körben használt formulával [6] számítható volt a tüzelőanyag várható fűtőértéke:

$$LHV = 338,22 \cdot C + 1195,9(H - O/8) + 92,51 \cdot S - 25,1 \cdot n \text{ [kJ/kg]} \quad (1)$$

Ezzel a formulával számítva a TSZH várható fűtőértéke 9,838 MJ/kg.

### Beszállítási távolság meghatározása

A tervezett hulladékégető begyűjtési körzetének és így a ténylegesen ártalmatlanításra kerülő hulladék mennyiségének meghatározásakor igen sok tényezőt kell figyelembe vennünk. Ezek közül most egy fő szempontot emelnék ki, ami nem más, mint a szállítási távolság növekedésével járó többlet költségek és bevételek kérdése, mely alapjaiban meghatározza a gazdaságos begyűjtési távolságot.

A szállítási távolság meghatározásánál, a szállítási távolság növeléséből származó többletköltség szabhat felső határt a begyűjtési körzet növelésének, és így ez maximalizálhatja a begyűjthető TSZH mennyiségét. Éppen ezért egy egyszerűsített gazdasági számítást végeztem melynek során a maximálisan megengedhető begyűjtési távolságot kíséreltem meghatározni, ahol a begyűjtési távolság növeléséből származó többlet kiadások még nem haladják meg a többlet bevételek értékét. A gazdasági optimum számításánál nagyon leegyszerűsítve, csak és kizárólag a többlet beszállított hulladékmennyiségből közvetlenül származó többlet kiadásokkal és többlet bevételekkel számoltam. A figyelembe vett többlet bevételi és kiadási tételek:

- Többlet villamosenergia-értékesítésből származó bevétel ( $TB_{vill}$ )
- Többlet pernye értékesítésből származó bevétel ( $TB_p$ )
- Többlet hulladék átvételéből származó bevétel ( $TB_n$ )
- Többlet salak elszállításából származó kiadás ( $TK_s$ )

Ezen költségtényezőket előjelhelyesen összegezve megkaphatjuk a többlet szállítási költség maximálisan megengedhető mértékét:

$$TK_h = TB_{vill} + TB_p + TB_n - TK_s = 5809,75 \text{ Ft/t}_{hull} \quad (2)$$

Ezt a maximálisan megengedhető többlet szállítási költséget és a 61,5 Ft/tkm [7] szállítási költséget figyelembe véve maximum 94,47 km távolságból látszik gazdaságosnak többlet hulladékmennyiség beszállítása. Visszatekintve 1. ábrára, jól látható, hogy ezen a maximum 94 km-en belül található a vizsgált országrész három jelentősebb városa (Miskolc, Nyíregyháza, Debrecen). Éppen ezért, véleményem szerint a begyűjtési távolságot mindenképp úgy kell megválasztani, hogy az tartalmazza ezt a három nagyvárost. Ilyen szempontból egy 70 km-es gyűjtési körzet látszik indokoltnak. Ezzel a 70 km-es gyűjtési körzettel nem kerül veszélybe a hulladék beszállításának gazdaságossága és a nagyvárosok által szolgáltatott, kis területről begyűjthető nagy mennyiségű hulladék következtében a hulladék mennyiség hosszú távú fenntarthatósága is biztosítottnak látszik.

Mindemellett, amennyiben így választjuk meg a begyűjtési távolságot, az ezen három nagyvárosban keletkező, jelentős mennyiségű hulladék ártalmatlanítása egy égetőműben gazdaságos lehet, szemben azzal a lehetőséggel, ha – a szállítási távolság csökkentése érdekében – az egyes városokban keletkező TSZH mennyiséget külön-külön ártalmatlanítanánk a városok közelébe telepített hulladékégető művekben. Ennek oka, hogy a legnagyobb hulladékmennyiséget termelő Debrecen is csupán 77 314,1 t/a mennyiségű TSZH-t produkál, mely kevesebb mint a gazdaságosan telepíthető hulladékégető kapacitás minimális értékeként sokszor használt 100 000 t/a és így kérdésessé teheti egy önálló hulladékégető létesítmény telepítését. Ezzel szemben Tiszaújváros a három város háromszögében lévő elhelyezkedése miatt megfelelő helyszín lehet az észak-kelet magyarországi nagyvárosok hulladékának központi ártalmatlanításához.

### Fenntarthatóság

Mint azt az előző fejezet végén is említettem, a bázis évben rendelkezésre álló tüzelőanyag mennyiség mellett, érdemes megvizsgálni a tüzelőanyag mennyiségének időbeli változását, hogy következtetést vonhassunk le a tüzelőanyag jövőben várható rendelkezésre állásáról. Hogy képet alkothassunk az elszállítandó TSZH mennyiség jövőbeli rendelkezésre állásáról megvizsgáltam a 2007 és 2012 közötti éves hulladékmennyiség-értékeket az előbbiekben javasolt 70 km begyűjtési körzetre. A hulladék éves változásait a 2. táblázatban követhetjük nyomon. Jól látható, hogy az éves hulladékmennyiség alapvetően csökkenő tendenciát mutat. Azonban az is jól látszik, hogy a csökkenés mértéke 2007-2009 között volt jelentős. Az ezt követő 2009-2011 közötti időszakban kis mértékben nőtt a hulladéktermelés, majd 2011-ről 2012-re újra csökkent az éves hulladékmennyiség. Ez a folyamatosnak nevezhető csökkenés több tanulmány állítása szerint is – a tudatosabb fogyasztói magatartás mellett – részben a gazdasági válság okozta visszafogottabb lakossági fogyasztásnak tudható be. Éppen ebből kifolyólag a válságból való kilábalással együtt a keletkezett hulladék mennyiségének csökkenése is megállhat, sőt akár kismértékű növekedésnek is indulhat. Így a hulladékmennyiség hosszú távú rendelkezésre állásának értékelésekor ezt a szempontot is érdemes figyelembe venni.

2. táblázat. Elszállított TSZH éves mennyiségének változásai [2]

|                        | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TSZH mennyiség [kt/év] | 421,3 | 343,0 | 321,7 | 327,6 | 325,0 | 289,7 |
| Változás [%]           |       | -22,8 | -6,6  | +1,8  | -0,8  | -12,1 |

A 2012-es bázisét tekintve 289 681 t/a a rendelkezésre álló hulladékmennyiség a 70 km-es begyűjtési körzetből. Amennyiben figyelembe vesszük a 2. táblázat adatain bemutatott, ám a gazdasági recesszió jeleivel is zavart csökkenő tendenciát, valamint, hogy a hulladékképződést csökkentő intézkedésnek is teret szeretnénk engedni egy ennél az értéknél alacsonyabb értékben érdemes meghatározni az építendő égetőmű éves kapacitását. Más részről a végső hulladékégetési kapacitás meg-

határozásakor azt is érdemes figyelembe venni, hogy az általam meghatározott 70 km-es gyűjtési körzet a gazdaságos beszállítási távolságnál (94 km) lényegesen kisebb, így a hulladékmennyiség drasztikus további csökkenése esetén elméletileg – a gazdaságosságot nem veszélyeztetve – növelhető a gyűjtési távolság és így a hasznosítható hulladék mennyisége. Ezen szempontokat mind figyelembe véve, egy 250 000 t/a hulladékmennyiség eltüzelésére alkalmas hulladékhasznosító mű létesítésének lehetőségét vizsgáltam a tiszaujvárosi telephelyen.

### Barnamezős beruházás lehetősége

Egy ilyen esetben, vagyis ha az új égetőművet egy már meglévő erőművi telephelyen szeretnénk megvalósítani, ahol több, jelenleg kihasználás nélküli erőművi blokk is rendelkezésre áll, mindenképpen felmerül annak lehetősége, hogy az égetőművet barnamezős beruházként valósítsuk meg. Jelen helyzetben a már meglévő blokkok adta lehetőséget úgy lehetne legjobban kihasználni, ha valamely blokk esetén csupán a földgáztüzelésű kazánt hulladék-tüzelésre cserélve hasznosíthatóvá válna a blokk már meglévő turbógépcsoportja. Megvizsgálva ezt a lehetőséget azonban arra a következtetésre jutottunk, hogy az új hulladéktüzelésű blokk várható teljesítménye (20-30 MW<sub>e</sub>) és az eredeti blokkméret (220 MW<sub>e</sub>) közötti jelentős eltérés miatt ez a megvalósítási módszer több műszaki és gazdaságossági problémát is felvetne, és így inkább egy új blokk kialakításának vizsgálata mellett döntöttünk.

### Új hulladéktüzelésű blokk létesítése a telephelyen

Mint az az előzők kifejtésére került, egy teljesen önálló, ám bizonyos telephely nyújtotta adottságokat (pl. vízkivételi mű, villamos csatlakozás megléte) továbbra is kihasználó hulladékégető mű létesítésének vizsgálatát tűztém ki célul. Egy ilyen létesítmény tervezése egy igen komplex feladat, így a terjedelem korlátozottsága miatt, csak az egyes részfeladatok során felmerülő főbb gondolatokat próbáltam összegyűjteni.

### Szállítás, tárolás, adagolás

A hulladék beszállítása egy a 35. számú főútról külön erre a célra épített új behajtón és főkapunk keresztül történhetne, ahol a beépített hídmérlegeknek köszönhetően a hulladékmennyiség regisztrálása is megtörténhet. A hulladék tárolására, az érvényes ajánlásoknak, előírásoknak megfelelően, az égetőmű tervezett égetési kapacitását (31,71 t/h) figyelembe véve egy 21 630 m<sup>3</sup> térfogatú hulladékbunker megépítése látszik szükségszerűnek. A hulladék beadagolása a bunkerből a garatba 2 db 10 tonnás polipmarkolós híddaru végeznék. Az adagolás során a hulladék előkezelésének utolsó fázisaként szükséges lehet aprításra a beadagolás előtt. A rostélytüzelés támasztotta méret-követelményeknek leginkább egy shredder típusú hulladékaprító tudna eleget tenni.

### Kazán

Az égetőműben a hulladék-felhasználás tervezett üteme 31,71 t/h, ami 24 órás üzemidővel számolva napi 761 t hulladék termikus ártalmatlanítását teszi szükségessé. Ennek ellenére, hogy ilyen égetési teljesítménnyel rendelkező tüzelőberendezések kaphatóak a piacon, véleményem szerint mégsem érdemes egyetlen tüzelőberendezésben ártalmatlanítani a teljes rendelkezésre álló hulladék-mennyiséget. Ennek legfőbb oka, hogy egyetlen kazán üzemeltetése esetén, a kazánban történő bármilyen meghibásodáskor a teljes égetési kapacitás kiesik, és így az erőmű teljes leállításra kényszerül. Ennek valószínűségét jelentősen csökkenti, ha a beszállított hulladékmennyiséget nem egy, hanem két, azonos teljesítményű kazánban hasznosítjuk. Így a végül kiválasztott kazánnak a beszállított hulladék felét, azaz 15,85 t hulladékot kellene óránként ártalmatlanítania. A megfelelő kazán és frissgőzparaméterek megválasztásához az ártalmatlanítandó



hulladékmennyiség mellett az energiaátalakítás célját is ismernünk kell. Az átalakítási cél előzetes megválasztása elengedhetetlen, hiszen az nagyban befolyásolja mind a gőzkazánban előállított frissgőz paramétereinek, mind a későbbiekben vizsgált, a kazánhoz illesztett hőkörfolyamat kialakításának és paramétereinek megválasztását. Azt, hogy milyen célú energiaátalakítást valósítunk meg az égetőműben, elsősorban a helyi illetve országos igények határozzák meg. A vizsgált erőművi telephely környezetében jelenleg nincs kielégítésre váró hőigény, így az erőmű tervezésekor az energiaátalakítás céljával kizárólag a villamosenergia-termelést tekintetem.

Az energiaátalakítási folyamat céljának ismeretében és modern égetőművekkel napjainkban támasztott elvárásokat figyelembe véve a kazánnal szemben a következő elvárásokat támasztottam:

- Képes legyen a 15,85 t/h tüzelőanyag-áram elégetésére
- Alkalmos legyen a kb. 9,8 GJ/t fűtőértékű hulladék eltüzelésére
- Reciprokáló mozgó rostéllyal rendelkezzen
- Középparamú tüztérrel rendelkezzen
- Tüztérben a füstgáz felhevüljön minimum 850 °C-ra legalább 2 mp-ig
- Képes legyen teljesíteni a 440 °C, 60 bar körüli frissgőz paraméterek
- Fokozott korrózióvédelemmel rendelkezzen.

A nagyobb gyártók (pl. Alstom, Martin GmbH, Babcock&Wilcox Volund A/S (továbbiakban Volund)) hulladékégetésre alkalmas berendezéseit megvizsgálva a Volund által kínált ún. „optimised” alaptípusra esett a választásom. A kazán alaptípusának katalógusadatok alapján való megválasztása után a pontos értékeket a választott alaptípussal a közelmúltban épült európai égetőművek tényleges paraméterei alapján próbáltam megbecsülni, hogy az így kapott paramétereket a hőkörfolyamat későbbi modellezéséhez felhasználhassam. Ezeket az adatokat a 3. táblázat tartalmazza:

3. táblázat. A választott kazán legfontosabb paraméterei [8]

|   | Alaptípus | Méretezési |
|---|-----------|------------|
| Frissgőz hőmérséklet [°C]                           | 350-460   | 440        |
| Frissgőz nyomás [bar]                               | 35-70     | 60         |
| Légfelesleg tényező [-]                             | 1,2-1,5   | 1,35       |
| Kazánhatásfok [%]                                   | 85-92     | 89         |
| Füstgázban maradó O <sub>2</sub> koncentráció [%]   | 4-5       | 4,5        |
| Rostélyon áthulló elégetlen hulladék részaránya [%] | <1        | 1          |
| Éves várható rendelkezésre állás [h/a]              | >8000     | 7884       |

### Kondenzátor

A kiépítésre kerülő hőkörfolyamat hatásfokának egyik meghatározó paramétere a kondenzátornyomás. Éppen ezért a kondenzátor hűtési hőmérséklete igencsak fontos a turbina villamosenergia-termelése szempontjából. Mivel a telephely rendelkezik a frissvízhűtés megvalósításához szükséges összes berendezéssel, egyértelműnek látszik, hogy az új, kis teljesítményű blokk esetén is frissvízhűtés kialakítása a logikus döntés, mellyel 40-80 mbar körüli kondenzátornyomás is elérhető.

### Turbina

A korábban meghatározott tüzelőanyag és kazán adatok felhasználásával, és a hulladékégető művekre jellemző körfolyamati hatásfokkal számítva a körfolyamatba illesztett gőzturbina névleges teljesítménye 20-30 MW között várható. A gőzturbina gyártók termépalettáját áttekintve egy kifejezetten erre a célra ajánlott gőzturbina típusra, a Siemens által kínált SST-600 típusú gőzturbinára esett a választáson.

### Tápvízrendszer

A tápvízrendszer tervezésénél a legfontosabb kérdés a tápvízelőmelegítők számának és nyomásszintjeinek meghatározása. A tápvízelőmelegítők

beiktatásával, illetve azok számának növelésével növelhető a körfolyamat eredő hatásfoka. Másfelől azonban a tápvízmelegítők beépítése megnöveli az erőmű beruházási költségét is, így itt is kompromisszumos megoldás szükséges. A legtöbb, kizárólag villamos energiát termelő égetőműnél, két kis- és egy középpnyomású előmelegítőt alkalmaznak a tápvíz előmelegítésére. Így a modellezés során én is ezt a széles körben alkalmazott példát követtem. Az optimális megcsapolási nyomásokat pedig a modellezés során való optimalizálás eredményeképpen állapítottam meg.

### Hőkörfolyamat modellezése

A körfolyamat modellezését a Delfti Egyetem által fejlesztett Cycle Tempo nevű hőkörfolyamat modellező szoftver segítségével végeztem el. A modell bemenő paramétereként felhasználtam: a várható tüzelőanyag-áramot, a tüzelőanyag átlagos fűtőértékét, a frissgőznyomást és -hőmérsékletet, a légfelesleg-tényezőt, a turbina hatásfokát, a várható kondenzátornyomást, valamint a tüzelőanyag elemi összetételét.

A modellt elkészítve és futtatva először is a tápvízelőmelegítők és a gáztalanító táptartály (GTT) optimális megcsapolási nyomásait határoztam meg (4. táblázatban):

4. táblázat. Az optimalizált megcsapolási nyomások

|               |           |
|---------------|-----------|
| Első KiNyE    | 0,262 bar |
| Második KiNyE | 0,819 bar |
| GTT           | 2,931 bar |
| KöNyE         | 7,918 bar |

Az optimalizált megcsapolási nyomás meghatározása után már az így kialakított végleges körfolyamatot modelleztem. A körfolyamat névleges terhelésre vonatkozó főbb jellemzőit a 5. táblázat tartalmazza:

5. táblázat. A modellezett körfolyamat főbb jellemzői névleges üzemiállapotban

|   |           |
|---|-----------|
| Kazánban felszabaduló hőmennyiség             | 86,658 MW |
| Turbinára lépő frissgőz tömegáram             | 31,8 kg/s |
| Generátor által leadott villamos teljesítmény | 27,353 MW |
| Nettó hatásfok                                | 30,837%   |

A számított hatásfok értéket tekintve elmondható, hogy a magasabb gőzparaméterek előírásával és a három tápvízelőmelegítő beépítésével viszonylag magas értéket ért el a körfolyamati hatásfok. Azonban a számított hatásfok, illetve hasznos villamos teljesítmény még nincs terhelve a hulladékégetésű erőművek esetén igen jelentősnek nevezhető öngyaszítás értékével.

### Füstgáztisztítási technológia

A komplex technológiaválasztás utolsó lépése a kibocsátási határértékek betartásához szükséges füstgáztisztítási technológia megválasztása. Ez a lépés kiemelten fontos jelen esetben, mivel környezetvédelmi szempontból a hulladékégetési technológia legjelentősebb problémája a kibocsátott füstgázok által okozott légszennyezés. Éppen ezért, a káros kibocsátások csökkentése érdekében a légkörbe kikerülő füstgáz szennyezőanyag tartalmát szigorú határértékekkel szabályozzák, melyek hazánkban a 3/2002. (II. 22.) KöM rendeletben kerültek lefektetésre.

A szükséges füstgáz tisztítási technológia megválasztásához azonban először a kezelendő füstgáz mennyiségét és szennyezőanyag-tartalmát kell megismernünk.

A várható füstgázmennyiség az égéshez szükséges sztöchiometrikus levegőmennyiség és a légfelesleg tényező figyelembevételével –ra adódott. A füstgáz szennyezőanyag-tartalmának meghatározásához részben sztöchiometriai számításokat, részben a kommunális hulladékégetők füst-

gázaiban található főbb szennyezőanyagok átlagos koncentrációját vettem figyelembe. A becsült füstgáz szennyezőanyag-tartalmának értékeit a 6. táblázat első oszlopa tartalmazza, míg az ezek és a rendeletben előírt maximális kibocsátási koncentráció ismeretében számított minimális elérni kívánt leválasztási fokokat a 6. táblázat második oszlopa.

6. táblázat. Figyelembe vett szennyezőanyag-mennyiségek és a szükséges leválasztási fokok

| Komponens            | Figyelembe vett szennyezőanyag-mennyiség [mg/Nm <sup>3</sup> ] | Szükséges leválasztási fok |
|----------------------|--|----------------------------|
| Összes szilárd anyag | 15 317   | 0,9993                     |
| Kén-dioxid           | 644  | 0,9224                     |
| Hidrogén klorid      | 6000   | 0,9983                     |
| Hidrogén-flourid     | 70   | 0,9857                     |
| NOx                  | 1200   | 0,8333                     |

A rendelkezésre álló leválasztási technológiákat megvizsgálva, a szükséges leválasztási fokokat és a gazdaságosság feltételét figyelembe véve a füstgáztisztítási láncot a következőképpen építettem fel:

- SNCR NOx leválasztás a kazánba adagolt szorbens segítségével
- A kazán után kötetlenül beépített előzetes pernyeleválasztó ciklon, mely mind a NOx leválasztás érdekében beadagolt szorbens, mind a füstgáz pernyetartalmának jelentős részét leválasztja ezzel tehermentesítve a technológia későbbi elemeit
- Féliszáraz leválasztó rendszer a savas kibocsátások csökkentésére
- Zsákos porleválasztó nagynyomású levegőfúvókás tisztítással

## Gazdasági értékelés

Az égetőmű gazdasági értékelését az itt megtermelt villamos energia várható egységköltségének meghatározásán keresztül végeztem el. Mivel pontos információk sok esetben nem álltak rendelkezésemre az egyes költségekről és tényezőkről, a gazdasági számítás során sok esetben a Fővárosi Hulladékhasznosító Mű üzemeltetői által szolgáltatott adatokkal, illetve durva közelítésekkel, feltételezésekkel dolgoztam. A következőkben a számítás során felhasznált feltételezéseimet próbáltam röviden összefoglalni.

A beruházási költségek tekintetében, pontos árajánlat hiányában, egy ebben a témában íródott szakdolgozat [9] fajlagos beruházási költségeit vettem mérvadónak. Ám mivel jelen esetben azonban a telephelyi adottságok miatt több segéd- és kapcsolódó rendszer beépítésétől el lehet tekinteni az ebből a fajlagos értékből számított beruházás költségét 10%-kal csökkentettem. A beruházás megvalósításának idejét ( $m$ ) 3 évre, míg a létesítmény tervezett élettartamát a villamosenergia-iparban általánosan használt ( $n$ ) 30 évre becsültem. A beruházási költség kifizetésekor úgy számoltam, hogy az összberuházási költség 3 egyenlő részletben kerül kifizetésre a létesítés 3 évében. A kamatláb tekintetében pedig 6%-os kamatlábat vettem figyelembe.

A karbantartási és egyéb állandó költségek számításához a szakirodalmi ajánlások alapján vettem figyelembe költségtényezőket. Ezen feltételezésekkel az erőmű eredő állandó költsége:

$$C_a = 2\,824\,354\,655 \text{ Ft/a} \quad (3)$$

Ha a felmerülő változó költségeket tekintjük, a hulladékégetőknek, más erőművekkel ellentétben bevétele származik az átvett és elégetett hulladékból. A tüzelőanyag költségét így  $p_{\text{ü}} = -12 \text{ Ft/t}$  [5] költséggel vettem figyelembe.

A hűtővíz, a füstgáztisztításhoz felhasznált reagensek, a keletkező salak és pernye kezelésének költségét az egyéb változó költségek között vettem figyelembe, méghozzá az Fővárosi Hulladékhasznosító Mű esetén jellemző érték használatával, mivel az ott alkalmazott égetési és füstgáztisztítási technológia lényegében megegyezik a tervezett erőműben alkal-

mazzal. Ezekkel az értékekkel számolva az erőmű éves változó költsége:

$$C_v = 1\,497\,000\,000 \text{ Ft/a} \quad (4)$$

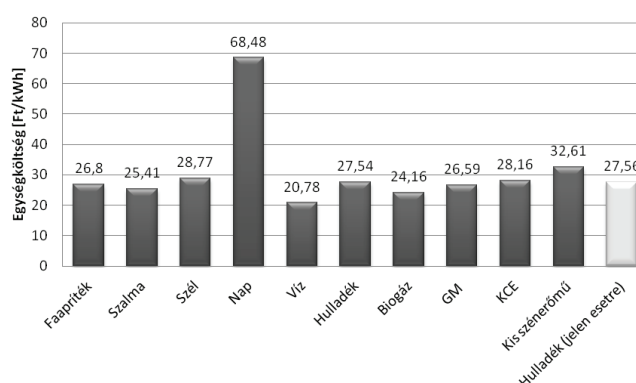
Az egy évre vonatkozó állandó és változó költségek mellett az égetőmű által egy év alatt értékesített villamosenergia-mennyiséget is meg kell határoznunk. Ehhez a vizsgálat során meghatározott tüzelőanyag-fűtőértéken, az éves tüzelőanyag mennyiségen és erőművi nettó hatásfokon túl az erőmű önfogyasztását is figyelembe vettem. Az így számított éves villamosenergia-termelés:

$$E = 156\,782\,349 \text{ kWh/a} \quad (5)$$

Végül az ezekből számítható villamosenergia-egységköltség:

$$k = (C_a + C_v) / E = 27,56 \text{ Ft/kWh} \quad (6)$$

Az így meghatározott egységköltséget érdemes lehet összevetni más technológiák által átlagosan elérhető villamosenergia-egységköltségekkel. Az MVM ERBE Zrt. által különböző villamosenergia-termelési technológiákra, és a vizsgált égetőműhöz hasonló, kis blokkméret esetére számított villamosenergia-egységköltségek ábrázol a 2. ábra.



2. ábra. Különböző technológiákra jellemző villamosenergia-egységköltség [10] GM: gázmotoros energiatermelés, KCE: kombinált ciklusú erőmű

A 2. ábrán jól látható, hogy az általam becsült 27,56 Ft/kWh-s villamosenergia-egységköltség igen közel van az adatsorban szereplő, hulladékégetőkre vonatkozó értékhez (27,54 Ft/kWh). Ebből arra következtethetünk, hogy az egységköltség számításához felhasznált adatok, az előzetes feltételezésnek megfelelően, valóban közel állhatnak a valós értékekhez. A hulladékégetésre jellemző egységköltséget összehasonlítva más, a táblázatban feltüntetett kiserőművi technológiák egységköltségeivel, elmondható, hogy a tervezett hulladékégető versenyképes lehet más energiatermelő technológiákkal szemben és nagy valószínűséggel képes lenne megfelelni a gazdaságos energiatermelés kritériumainak.

## Felhasznált irodalom

- [1] Vidékfejlesztési Minisztérium: Hulladék Információs Rendszer (<http://okir.kvvm.hu/hir/>), Vidékfejlesztési Minisztérium, Budapest
- [2] Központi Statisztikai hivatal: Tájékoztatói adatbázis (statinfo.ksh.hu), KSH, Budapest
- [3] Köztisztasági Egyesülés Munkacsoport: A hulladékgazdálkodás általános kérdései, alapelvei, KvVM, Budapest, 2002
- [4] Fajtli J. és társai: Települési szilárd hulladék összetételének vizsgálata – Műszaki szakértői tanulmány, Miskolc, 2006
- [5] Pintér M.: Hulladéktüzelési lehetőségek és technológiák vizsgálata – diplomaterv, BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, Budapest, 2013
- [6] <ftp://ftp.energia.bme.hu/pub/kalor/sztochiometria.pdf>
- [7] Pintér G., Németh K., Kis Simon T.: A szőlővenyige és a fanyesedék biomassza erőművi beszállításának elemzése, Gazdálkodás, 53. évfolyam, 4. szám
- [8] [http://www.volund.dk/references\\_and\\_cases/waste\\_to\\_energy\\_solutions/~media/downloads/brochures%20wte/advanced%20concept%20for%20waste-fired%20power%20plants.ashx](http://www.volund.dk/references_and_cases/waste_to_energy_solutions/~media/downloads/brochures%20wte/advanced%20concept%20for%20waste-fired%20power%20plants.ashx)
- [9] Gosztorny B.: Hulladékgazdálkodás, fenntarthatóság, energetika – szakdolgozat, BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, Budapest, 2010
- [10] Kovács G.: Energiafüggőségünk ára, Energetikai Szakkollégiumi (www.eszk.org) előadás, MVM ERBE ENERGETIKA Mémókiroda Zártkörűen Működő Részvénytársaság, 2010

# Termoökonómiai módszerek áttekintése<sup>1</sup>

Groniewsky Axel

okl. gépészmérnök, groniewsky@energia.bme.hu

**Termodinamikai rendszerek I. főtételén alapuló gazdasági értékelésének egyik nagy hiányossága, hogy kapcsolt energiatermelés esetén az előállított termékekhez nem képes szakmai alapokon nyugvó, egymástól független költségeket rendelni. Kogeneráció (vagy poligeneráció) esetén az együttes tüzelőanyag-felhasználás szétosztása a minőségükben eltérő termékekre elvi alapon nem lehetséges, a felosztásnak termodinamikai alapja nincs. Termoökonómia a kutatók azon törekvésének eredménye, hogy a minőségükben eltérő termékeket be lehessen árazni objektív módon. Alábbi publikáció célja az exergoökonómiai módszerek áttekintése.**

\*

**The major failure of Energy-based costing is that in case of cogeneration (or polygeneration) it cannot allocate the cost of obtained products based on solid technical grounds. The allocation of fuel consumption of cogeneration systems for different products based on pure thermodynamic principles is not possible. Exergoeconomic analysis combines economic and Second Law based thermodynamic analysis by applying the concept of cost, originally an economic property, to exergy, allowing the determination of cost associated with qualitative and quantitative losses, also allocating different products gained from the same thermodynamic process. The aim of this paper is to provide an overview of the field of exergoeconomics.**

\*\*\*

A korszerű hőerőművek – és általában az energiaátalakító berendezések – hőkapcsolásának helyes kialakítása és üzemeltetése az energetika egyik alapvető feladata. A hőszámok helyes kialakítását segítik elő a különböző termodinamikai szemléletmódok, amelyek az idők során a hőkörfolyamatok valamint a termodinamikai és számítástechnikai eszköztár fejlődésével egyidejűleg tökéletesedtek, s fejlődésük még ma is tovább tart [1]. Egy vizsgálatnak egyebek mellett meg kell határoznia a hőkörfolyamatban megvalósuló energiaátalakítás hatásfokát, számot kell adnia az energiaátalakítás egyes folyamatainak különböző (mennyiségi és minőségi) veszteségeiről, valamint utalni kell a vizsgált hőkörfolyamat gazdaságosságára is. A jelenleg használatos leggyakoribb szemléletmódok az energia- vagy entalpiaszemlélet, az entrópia- és hőmérséklet-szemléletből megteremtett hőmérséklet-entrópia szemlélet, valamint az exergia szemlélet. Ellentétben a termoökonómiai szemléletmóddal, ami az ökonómiai és termodinamikai analízist kapcsolja össze oly módon, hogy termodinamikai jellemzőkhöz költséget rendel, a felsorolt szemléletek egyike sem alkalmas közvetlen gazdasági értékelésre.

## Termoökonómia létjogosultsága

A termodinamikai rendszerek I. főtételén alapuló gazdasági értékelésének egyik nagy hiányossága, hogy kapcsolt energiatermelés esetén az előállított termékekhez nem képes szakmai alapokon nyugvó, egymástól független költségeket rendelni. A hiányosságok kezelésére GOODENOUGH [2] 1920-ban kidolgozza a „Lost Kilowatts Method” eljárást. A tanulmány egy ellennyomású turbinában megtermelt hő és villamos energia előállításának költségszámítására ad javaslatot oly módon, hogy a villamos energia előállítását úgy árazza be, mintha az egy kondenzációs turbinában történe, a fennmaradó költséget pedig a hőre terheli. Így a módszer egyenlővé teszi

a gőz előállításának költségét a meg nem termelt villamos energia kiesett költségével, amit akkor kapnánk, ha a hőként értékesített gőz a kondenzációs turbinában expandálna végig.

A problémát az ipari gyakorlatban még napjainkban is hasonló módon kezelik, ahogyan ez BÜKI GERGELY [3] doktori értekezéséből is kiténik. A disszertációból kiderül, hogy kapcsolt energiatermelés esetén együttes tüzelőanyag-felhasználás szétosztása a minőségükben eltérő termékekre elvi alapon nem lehetséges, a felosztásnak termodinamikai alapja nincs. Bár önkényes, de a gyakorlati megítélés számára az a célszerű, ha az egyik termékre annyi tüzelőanyag-felhasználást terhelünk, mint amennyi az adott termék közvetlen termelése esetén szükséges lenne, a fennmaradó tüzelőanyag-felhasználást pedig a másik termékre írjuk, és ezt hasonlítjuk össze ennek a terméknek a közvetlen termelése során fellépő tüzelőanyag-felhasználással.

A termoökonómia a kutatók azon törekvésének eredménye, hogy a minőségükben eltérő termékeket be lehessen árazni objektív módon. Mivel a terület történeti fejlődésének első időszaka lineárisnak mondható, ezért indokolt a téma rövid, kronológiailag és episztemológiailag rendszerezett áttekintése.

## Termoökonómia fejlődése

A hőtani rendszerek elemzését a XX. század elején még olyan vizsgálatok jellemezték, melyek célja elsősorban a rendszeren belül végbemenő termodinamikai és kémiai folyamatok minél pontosabb leírása volt. Az egymástól eltérő rendszerek és alternatívák összehasonlítása pedig olyan energetikai jellemzőkkel történt, mint a hatásfok, a hatásosság vagy az irreverzibilitás.

### Kezdetek

A termodinamikai irreverzibilitás és költségszámítás közötti kapcsolatot először LOTKA vizsgálja, aki 1921-es munkájában [4] az energia és annak piaci értéke között keres összefüggést, majd pedig KEENAN [5], aki 1932-es publikációjában megjegyzi, hogy a vízgőz piaci értéke magasabb, a vele azonos energiával rendelkező víznél. Szintén Keenan mutat rá arra, hogy a gőz és a villamos energia valódi értéke nem az általuk tárolt energiában, hanem a rendelkezésre állásukban rejlik. M. BENEDICT az MIT-n tartott 1948-as szemináriumai alkalmával egy levegőszeparátor egység konstrukciójának optimális kialakítását úgy határozza meg, hogy az egységben fellépő irreverzibilitásokhoz rendel költséget. A szemináriumok tartalma azonban nem került publikálásra egészen a '80-as évekig [6]. 1954-es könyvében [7] már LÉVAI ANDRÁS is komoly terjedelemben foglalkozik az erőművekre jellemző legfontosabb költségképző tényezőkkel és bemutatja a gazdaságossági számítások alapelveit. Komplex rendszerek termodinamikai és gazdasági jellemzőinek egyidejű vizsgálatát először TRIBUS végzi el 1956-os tanulmányában [8], melyben egy vízsótalanító termodinamikai elemzését gazdasági optimumkereséssel kapcsolja össze, megalkotva ezzel a termoökonómiát. 1961-es doktori disszertációjában GAGGIOLI is foglalkozik termoökonómiával, amikor egy erőmű gőzvezetékét és annak szigetelésvastagságát optimalja, de a termoökonómia kifejezést először TRIBUS használja az MIT-n tartott előadásai során. Az egyiptomi professzor EL-SAYED és EVANS, aki TRIBUS tanítványa, a BROSILOW és LASDON [9] által Lagrange szorzókon alapuló, összekapcsolt rendszerekre kidolgozott optimálási eljárását esszergia szemléletmóddal ötvözi, amivel saját rendszeroptimalizációs módszert dolgoz ki [10]. A módszer ugyan megoldja a dekompozíció kérdését, de új fogalom, a termoökonómiai izoláció bevezetését teszi szükségessé, aminek definíci-

<sup>1</sup> Jelen cikkkel egy négy részes sorozatot indítunk, a téma folytatását következő számainkban jelentetjük meg. A rovatba várjuk más szerzők munkáit is.

óját EVENS 1980-ban [11] adja meg. Ezzel közel egy időben GAGGIOLI és FEHRING [12] egy tápvíz-előmelegítő rendszer gazdasági vizsgálatát végzi el dekompozíciós módszerrel. Az előmelegítőbe belépő tápvíz és az égési levegő exergiaköltségét önkényesen megválasztva és feltételezve, hogy a fajlagos exergiaköltség az erőmű teljes életciklusa során változatlan marad, gazdasági becslést adnak a tápvíz-előmelegítési rendszer felújításának és az elöregedett elemek cseréjének időpontjára. HENDRIX [13] rámutat arra, hogy GAGGIOLI és FEHRING önkényesen választott fajlagos exergiaköltsége nem megalapozott és bizonyítja, hogy mivel a fajlagos exergiaköltség nagysága exergiaáramfüggő, így fajlagos költsége nem lehet állandó az erőmű teljes életciklusára nézve. A probléma megoldására linearizált, az exergiaáramoktól független költségmodellt javasol.

### **Algebrai és kalkulációs módszerek**

1983-ban EVENS tanítványa, FRANGOPOULOS [14] doktori értekezésében finomítja tovább EVENS modelljét és lefekteti a termoökonómia funkcionális analízisének (TFA) alapjait. 1986-ban EVENS egy másik doktorandusza, SPAKOVKY [15] többek között a funkcionális diagram egyszerűsítésével, a termoökonómiai izoláció újraértelmezésével és a rendszert felépítő berendezések újraosztályozásával jelentős egyszerűsítéseket eszközöl a modellben, megkönnyítve ezzel a TFA használatát. Noha EL-SAYED, FRANGOPOULOS és később SPAKOVSKY is esszergetikai alapokra helyezi a termoökonómia módszertanát, ez inkább történik EVANS hatására, aki doktori disszertációjában dolgozza ki az esszergia szemléletmód részleteit, sem mint szakmai meggyőződésből. Ezt elsősorban az bizonyítja, hogy szerzők későbbi munkáik során fokozatosan elhagyják az exergia általános alakjára utaló esszergiát, számításaikban a maximális munkavégző képesség pedig mint exergia jelenik meg.

FRANGOPOULOS doktori értekezésének megírásával egy időben GAGGIOLI és WEPFER [16] korábbi publikációkra és konferenciakiadványokra támaszkodva, példákkal kiegészítve foglalja össze a II. főtételre alapuló költségszámítás alkalmazási területeit és egy ellenyomású turbina modelljén keresztül szemlélteti, hogy az energia alapú ökonómiai számítások, az exergia alapú gazdasági számításokkal ellentétben gyakran vezethetnek hibás eredményre. Egy későbbi munkájában GAGGIOLI [17] egy széntüzelésű gőzkazán példáján keresztül mutatja be az energiaanalízis exergiaanalízissel szembeni hátrányait, levonva a következtetést, miszerint a meglévő források szakszerűtlen felhasználásához vezethet, ha a minőségükben eltérő termékek költségszámításának alapját entalpia képezi. Ezért exergetikai hatásfokot javasol (II. főtételes hatásfok) az energetikai hatásfokkal szemben.

Európában a termoökonómia fejlődésének korai szakaszában az exergia alapú gazdasági elemzések módszertanával elsősorban német források foglalkoznak. Jól példázza a téma iránti érdeklődés nagyságát, hogy RÁBEK [18], FRATZSCHER [19], ELSNER [20] vagy NITSCH [21] kivétel nélkül foglalkozik energiaátalakító folyamatok exergia alapú költségelemzésével. Egyes források FRATZSCHERT és ELSNERT mint a termoökonómia TRIBUSTÓL, EVENSTÓL és EL-SAYEDTŐL független, párhuzamos megalkotóiként tartják számon. [22]

BERGMANN és SCHMIDT [23] 1965-ben egy hőerőmű tápvíz-előmelegítési rendszerének optimalizálását végzi el oly módon, hogy a folyamaton belüli exergiaromboláshoz költséget rendel. A német nyelven sokat publikáló lengyel szerző, SZARGUT az exergia szemléletmód alkalmazhatóságának vizsgálata kapcsán [24] megállapítja, hogy egy adott folyamatra nézve az exergiarombolás csökkentése a változó költségek csökkentését, általánosságban pedig a beruházási költségek növekedését vonja maga után. Ezek alapján pedig felveti, hogy a klasszikus közgazdaságtannal ellentétben, aminek célja a profit maximalizálása (az emberi erőforrás csökkentése), egy exergia alapú közgazdaságtan középpontjában az ipari fo-

lyamatok során felhasznált nyersanyag csökkentése állhatna. Megítélése szerint az exergia szemléletmód semmivel sem nyújt többet, mint a már ismert klasszikus termodinamikai módszerek, annak lehetőségét pedig elveti, hogy kapcsolt energiatermelés esetén az egyes termékek előállításának önköltsége exergia alapon kerüljön meghatározásra, mivel úgy véli, hogy eltérő folyamatok egységnyi exergiájához nem rendelhető azonos költség. Egy későbbi munkájában [25] a LÉVAI ANDRÁS által Magyarországon is bevezetett általános költségmodell [7] exergetikai alapokra helyezi, és az optimális exergetikai hatásfok kapcsán, amelyet állandó csúcskihasználási óraszám és névleges exergetikai teljesítmény mellett az üzemköltség és beruházási költség fordított arányából származtat, bevezeti a termoökonómiai hasonlósági számot (thermo-ökonomische Ähnlichkeit). Később [26] ennek a dimenziótalan hasonlósági számnak a segítségével veszi figyelembe a környezetterhelés (elsősorban légszennyezés) mértékét hőerőművek ökonómiai értékelésénél.

Az Egyesült Államokban dolgozó német kutató, TSATSARONIS [27] 1984-ben egy portugáliai konferencián az exergoökonómia kifejezés bevezetését javasolja, mivel véleménye szerint a termoökonómia jelentése alapján nem csak a termodinamika II. főtételére alapuló elemzésekre épülő gazdasági értékeléseket foglalhatja magába, de az I. főtételre alapulókat is. Noha későbbi munkáiban [28] is utal rá, hogy az exergoökonómia a termoökonómia része, a köztudatban az exergoökonómia kifejezés mégis mint a termoökonómia szinonimája terjed el. Egy évvel később TSATSARONIS és WINHOLD [29] erőművek exergoökonómiai értékelésére az eddigi módszerektől eltérő, hét lépésből álló, az exergiavesztéseket berendezésekre felírt költségmérlegekkel beárazó eljárást dolgoz ki, és definiálja az exergoökonómiai termék (Product) és forrás (Fuel) fogalmát, egyszersmind megalkotják az ezzel kapcsolatos szemléletmódot (P-F). A módszer gyakorlati alkalmazhatóságát egy 500 MW teljesítményű, széntüzelésű, gőzturbinás blokk elemzésével igazolják [30]. Szerzők az elemzés kapcsán arra a következtetésre jutnak, hogy a termikus, mechanikai és kémiai exergiák közötti különbségtétel számottevően nem befolyásolja az anyag- és energiafolyamok költségáramát.

1986-ban VALERO és társai egy átfogó kutatómunka keretében bevezetik az exergia jellegű egységköltség (unit exergetic cost) fogalmát, javaslatot tesznek az exergoökonómiai termék - forrás - melléktermék (Residue) (F-P-R) szemléletmód alkalmazására, lefektetik az exergetikai költségelmélet (ECT) alapjait [31], majd a megalkotott módszert részben TSATSARONIS és WINHOLD munkáira támaszkodva termoökonómiával kapcsolják össze [32], és egy olyan optimumkeresési eljárás részleteit dolgozzák ki, ami a beruházási és üzemeltetési költségek (exergiarombolás csökkentés) közötti összefüggésre épül [33]. Az eljárás alapjainak gyakorlati alkalmazhatóságát egy széntüzelésű erőmű fortran alapú mérésadatgyűjtő rendszere által szolgáltatott jellemzők segítségével igazolják [34], [35].

A témában megjelenő munkák első, jelentősebb összefoglalását és értékelését TSATSARONIS [36] végzi el, aki 1987-es rendszerező művében döntően az európai irodalmat dolgozza fel, majd két évvel később EL-SAYED és GAGGIOLI [37][38], akik a hangsúlyt a tengeren túli kutatások összegzésére helyezik.

Először a '80-as években kezdődik átfogó erőfeszítés annak érdekében, hogy meglévő erőművi rendszerek vizsgálata, illetve ideális struktúrák kialakítása termoökonómiai alapon történjen. 1985-ben R. GAGGIOLI az ASME AESD bizottságának vezetőjeként olyan fórum létrehozását szorgalmazza, amely lehetőséget biztosít a termoökonómia területén dolgozó, az Egyesült Államokon kívüli kutatócsoportoknak legújabb kutatási eredményeikről való beszámolására. Az első ilyen jellegű konferenciát, melynek középpontjában a műszaki termodinamika, azon belül is az exergia és a termoökonómia áll Rómában tartják 1997-ben ENRICO SCIUBBA és MICHAEL MORAN elnöklésével. [6]

**FEJLŐDÉS A 90-ES ÉVEKBEN**

A 80-as évek második felétől kezdődően a különböző módszerek száma olyan jelentős mértékben megnő, hogy az már akadályozza a termőkonómia fejlődését. Az uniformizálásra először 1990-93 között TSATSARONIS és társai tesznek kísérletet a LIFO (Last In First Out approach) eljárás kidolgozásával [39]. Szerzők olyan algebrai módszert alkotnak, melynek során az exergiaforgalom szisztematikusan regisztrálásra kerül, olyan segédegyenletek megalkotását téve lehetővé, amelyek mentesek az önkényes felvetésektől. Noha a munka azt is igazolja, hogy a segédegyenletekből adódó eltérések nagyobb mértékben befolyásolják a költségáramok számszerű végeredményét, mint a fizikai exergia termikus és mechanikai exergiára való bontása, TSATSARONIS későbbi kutatásai során már különbséget tesz az egyes exergiatípusok között. LAZZARETTO és ANDREATTA [40] az olyan eljárásokra, amik különbséget tesznek termikus, mechanikai és kémiai exergiaáramok között, mint SPECO (Specific Exergy Costing) módszerre hivatkoznak.

1994-ben, módszereik összehasonlítása és az egyre sokasodó módszertani leírás uniformizálása érdekében a korszak négy vezető szaktekin-télye C. FRANGOPOULOS [41], G. TSATSARONIS [42], A. VALERO [43] és M. VON SPAKOVSKY [44] megalkotja a keresztneveik kezdőbetűivel fémjelzett CGAM problémát [45]. A problémafelvetésnél használt modell egy 30 MW teljesítményű, belső hőcserélős gázturbina, ami egy gőzfejlesztő segítségével kapcsoltan további 14 kg/s tömegáramú, 20 bar nyomású telített gőzt is előállít. Szerzők adott határokon belül a tervezési paramé-terek azon értékeit keresik, amelyek a legmagasabb exergetikai hatásfokot és legalacsonyabb állandó- és változó költséget biztosítják e rendszernek. Ugyan a későbbiekben a CGAM problémát számos kutató alkalmazza benchmark modellként ([46], [47], [48], [49], [50], [51], [52], [53]), a mód-szertan uniformizálásra tett kísérletek kudarcot vallanak (lásd 2.1. táblázat).

A CGAM probléma felvetésével egy időben, a nagyszámú exergoókonómiai modellből adódó félreértések elkerülése végett SERRA és társai egy az eltérő exergoókonómiai modellek összehasonlítására alkalmas matematikai nyelvet (STT – structural theory of thermoeconomics) dolgoz ki. A módszer alkalmazhatóságát demonstrálják az ECT (Exergy Cost Theory) és TFA (Thermoeconomic Functional Analysis) [54], később pedig a LIFO (Last In First Out approach) és AVCO (Average Cost approach) [55] módszerek linearizálásával. A módszert TORRES és társai [56] használják sikeresen egy termodinamikai rendszer működése során fellépő zavarok beazonosítására, valamint VALERO és társai [57] egy való-s erőmű diagnosztikai vizsgálata során. A szerzők bizonyítják, hogy egy lineáris exergoókonómiai modell alkalmazásával mind az egyes anyag- és energiaáramokhoz átlagköltségeket rendelő és költségelemzést végző módszerek, mind pedig a rendszerek növekményköltségét meghatározó és optimumkeresést végző módszerek eredményei reprodukálhatók. Vég-ső következtetésként a szerzők levonják, hogy az egyes eljárások között adódó eltérések döntően a termőkonómiai dekompozíció eltérő szintjéből és a rendszert felépítő komponensek termelési szerkezetbe való integrá-lásának eltérő filozófiájából adódnak. Ugyanakkor megjegyzendő, hogy minden módszernek megvan a maga alkalmazási területe, amin az adott modellek használata igazolható.

**FEJLŐDÉS 2000 UTÁN**

2002-ben PARK és TSATSARONIS [58] abból kiindulva, hogy egy termo-dinamikai körfolyamaton belül az exergiarombolás tökéletesen nem küsz-öbölhető ki, így az cél sem lehet, az irreverzibilitásokat két csoportba, elke-rülhető és szükségszerű exergiarombolásra osztják, figyelmüket pedig az elkerülhető irreverzibilitások gazdaságos csökkentésére fordítják. Két évvel később FRANGOPOULOS és DIMOPOULOS [59] az Intelligens Funkci-onális Megközelítést (Intelligent Functional Approach - IFA) az Állapottér

**2.1. táblázat. Jelentősebb termőkonómiai módszerek**

| Rövidí-tés | Eljárás neve  | Szerzők                       | Dá-tum*      | Forrás           | Típus         |
|------------|---|-------------------------------|--------------|------------------|---------------|
| EA         | Exergy Accounting                                       | GAGGIOLI, WEPFER              | 1980         | [16]             | algebrai      |
| TFA        | Thermoeconomic Functional Analysis                      | FRANGOPOULOS                  | 1983<br>1987 | [14]             | kalku-láció   |
| EEA        | Exergoeconomic Analysis                                 | TSATSARONIS és társai         | 1985         | [29]             | algebrai      |
| FEA        | First Exergoeconomic Approach                           | TSATSARONIS WINHOLD           | 1985         | [67]             | algebrai      |
| ECT        | Exergy Cost Theory                                      | LOZANO, VALERO                | 1986         | [31], [32], [33] | algebrai      |
| IFA        | Intelligent Functional Approach                         | FRANGOPOULOS                  | 1990         | [68]             | kalku-láció   |
| SAA        | Structural Analysis Approach                            | VALERO, TSATSARONIS           | 1992         | [69]             | algebrai      |
| STT        | Structural Theory of Thermoeconomics                    | VALERO, SERRA, TORRES, LOZANO | 1992, 1993   | [54]             | egyéb         |
| TEC        | Theory of Exergetic Cost                                | LOZANO, VALERO                | 1993         | [70]             | algebrai      |
| LIFO       | Last in First out                                       | TSATSARONIS G, LIN L, PISA J. | 1993         | [39]             | algebrai      |
| EFA        | Engineering Functional Analysis                         | VON SPAKOVSKY, EVANS          | 1993         | [101]            | kalku-láció   |
| TECD       | Theory of Exergetic Cost - Disaggregating Methodology   | LOZANO, VALERO                | 1993, 1999   | [70], [78]       | algebrai      |
| AVCO       | Average Cost Approach                                   | TSATSARONIS, PISA             | 1994         | [42]             | algebrai      |
| FI         | Fuel Impact Approach                                    | LOZANO és társai              | 1994         | [70], [103]      | diag-nosztika |
| RMV        | Reconciliation of 'Malfunction' Variables               | ZAleta és társai              | 1997         | [102]            | diag-nosztika |
| BSM        | Binary Subsystem Method                                 | HUA és társai                 | 1997         | [46]             | algebrai      |
| MOPSA      | Modified Productive Structure Analysis                  | KIM és társai                 | 1998         | [100]            | algebrai      |
| SPECO      | Specific Exergy Costing                                 | LAZZARETTO, TSATSARONIS       | 2002         | [99]             | algebrai      |
| IEE        | Iterative Exergoeconomic Evaluation                     | CZIESLA, TSATSARONIS          | 2002         | [71]             | algebrai      |
| FI-FIE     | Fuel Impact Approach with Filtration of Induced Effects | VERDA és társai               | 2002         | [104]            | diag-nosztika |
| EXCEM      | Exergy-Cost-Energy-Mass                                 | ROSEN, DINCER                 | 2003         | [72]             | algebrai      |
| EEA        | Extended Exergy Accounting                              | SCIUBBA                       | 2003         | [72]             | algebrai      |
| EPC        | Exergetic Production Cost                               | SILVERIA, TUNA                | 2004         | [74], [75]       | algebrai      |
| CC         | Characteristic Curve Approach                           | TOFFOLO                       | 2004         | [105]            | diag-nosztika |
| IECA       | Improved Exergy Cost Analysis Method                    | ZHENG és társai               | 2005         | [76]             | algebrai      |
| TEA (SLCA) | Second law based thermo-economic cost analysis          | UNVER, KILIC                  | 2007         | [77]             | algebrai      |
| EASO       | Exergoeconomic Analysis and Structural Optimization     | SEYYEDI, FARAHAT              | 2010         | [53]             | algebrai      |

\*Egy eljárás létrejöttének időpontja kevés esetben határozható meg egyértel-műen, mivel egy új modell megjelenése inkább eredménye egy meglévő mód-szer fejlődésének, semmint egy teljesen új alapokon nyugvó ötletnek.

Módszerrel kapcsolja össze (State-Space Method - SSM), hogy optimumkeresés során megbízhatósági megfontolásokat is figyelembe vehessen. 2006-ban PAULUS és TSATSARONIS [60] a fajlagos exergoökonómiai költség mintájára létrehozta a fajlagos exerijövedelem fogalmát, amely azt hivatott kifejezni, hogy mekkora az adott anyag- vagy energiaáram exergiára fajlagosított piaci értékének maximuma.

Az utolsó 10 évet elsősorban az egyes módszerek folyamatszimulációs programokba integrálása, modern optimumkeresési algoritmusokkal való párosítása, valamint az új alkalmazási területekre való adaptálása jellemzi. Értékelésre kerülnek az erőművi rendszerekbe integrált CO<sub>2</sub> leválasztók és tárolók ([61], [62], [63]), a hagyományos gőzturbinás és kombinált ciklusú egységeken túl megjelennek a nukleáris erőművek ([64]), valamint a hibrid rendszerek, mint a kombinált ciklusú erőműbe integrált napkollektoros mező ([65]). Kogeneráció mellett megjelennek a trigenerációs rendszerek, amik nem csak hőt és villamos energiát, de hideghőt is szolgáltatnak ([66]).

### Termoökonómiai diagnosztika fejlődése

Egy VALERO által vezetett kutatócsoport 1990-ben a forráshatás elvéről írt tanulmányával [79] megteremteti a termoökonómia egy új irányzatát, a termoökonómiai diagnosztikát (TD). Az új irányzat célja az üzemszerűen működő energiaátalakító rendszerekben bekövetkező hatásfokcsökkenések időbeni felismerése és vizsgálata. A forráshatás matematikai leírását 1995-ben REINI és társai [80], majd 1999-ben TORRES és társai [6] finomítják tovább. A diagnosztika fejlődésének ezt az időszakát olyan eljárások kidolgozása jellemzi, mint a rendellenes működés (anomalies) rendszeren belüli lokalizálása, valamint a sérült komponens saját magára gyakorolt közvetlen hatásának és a rendszer többi elemére gyakorolt közvetett hatásának számszerűsítése. SERRA és társai kidolgozzák a termoökonómiai diagnosztika STT modelljét [54] és egyértelműen definiálják a belső működési zavart (Intrinsic Malfuction), az indukált működési zavart (Induced Malfuction) és a rendellenes működést (dysfunction). Három évvel később VALERO és társai a termoökonómiai hibamatrix számszerű meghatározására alkalmas elméletet dolgoznak ki, majd a 90-es évek második felében, ill. a 2000-es évek elején megkezdődik a termoökonómiai diagnosztika valódi rendszereken való alkalmazása ([81], [82], [83], [84]).

Hasonlóan a CGAM problémához, 2004-ben TADEUSZ J. KOTAS tiszteletére, akinek 1985-ben az exergia témakörében megírt könyve [85] mind a mai napig alapműnek számít, VALERO és társai a termoökonómiai diagnosztika uniformizálása érdekében megalkotják a TADEUS problémát. A tanulmány első része [86] a TD problémakörét mutatja be és ismerteti a benchmark modellt. A problémafelvetés céljából kidolgozott modell egyaránt alkalmas tervezett és tervezettől eltérő üzemműhelyek vizsgálatára, és két 125 MW-os gázturbinából, két póttüzelés nélküli, kétnyomásos hőhasznosító kazánból és egy 110 MW-os gőzturbinás egységből áll. A tanulmány második része [87] pedig felülvizsgálja többek között a termelési szerkezet koncepcióját, a tüzelőanyag forráshatását és a működési zavarokhoz köthető definíciókat.

A folyamatirányítási rendszerek (control systems) által indukált hatások kiszűrése érdekében VERDA bevezeti a szabad állapot (free condition) fogalmát, majd a rendellenes működés rendszeren belül történő hatékonyabb lokalizálása érdekében hibabehatárolási eljárást (zooming strategy) dolgoz ki [88], [89], [90], [91]. Szintén 2004-ben REINI és TACCANI olyan módszert javasol, amely egy komponens fajlagos exergiafogyasztás növekedésén alapuló forráshatását hasonlítja össze ugyanezen komponens teljesítményváltozásából adódó forráshatásával.

ZALETA és társai termoökonómiai modellépítés helyett olyan 3 dimenziós tér használatát javasolják, amely alkalmas az egyes rendszerkomponensek termikus jellemzésére (thermo-characterization), így téve lehetővé a működési zavarok kiszűrését. A 3D tér tengelyei rendre: komponensbe-

be- és kilépő entalpiák különbsége, a be- és kilépő entrópiák különbsége, valamint a komponensbe belépő tömegáram és a tervezési állapothoz tartozó tömegáram hányadosa. Szerzők a komponens üzemi jellemzőit a kereskedő által szolgáltatott teljes- és részterheléshez tartozó referencia állapothoz (RPS Reference Performance State) hasonlítják [92]. ZALETA szintén ebben az évben dolgozza ki a fajlagos hőfogyasztás és villamos teljesítmény egyeztetésén (Reconciliation in heat rate and power) alapuló modelljét.

2007-ben EL-SAYED a működési zavarok hatásainak hatékonyabb vizsgálata céljából javasolja a hiba ujjlenyomat (fingerprints of malfunctions) bevezetését [93]. A 2004-ben CORREAS által kidolgozott új eljárás [94] - amely a valós és referencia modellek hatásfoka közötti eltérést a független diagnosztikai változók (free diagnosis variables) között osztja fel, anélkül, hogy a számítások elvégzéséhez nagy pontosságú szimulációra lenne szükség - szolgál alapjául a VALERO és társai által 2009-ben javasolt hibahatások mennyiségi vizsgálatának (quantitative causality analysis) [95].

A 2010 és azt követő időszakot döntően hibrid eljárások [96], valamint a meglévő módszerek lágy számítási eljárásokkal, elsősorban neurális hálóval [97] és fuzzy logikával [98] való összekapcsolása jellemzi.

### Összefoglalás

Termoökonómiai analízisnek három fő alkalmazási területe különböztethető meg. A struktúra és rendszer tervezési változóinak optimalizálásával (kalkulációs módszer) az eljárás lehetőséget kínál az állandó és változó költségek közötti ideális arány meghatározására. A rendszer üzemvitelének optimalizálásával (algebrai módszer) állandó teljesítmény mellett a változó költségek csökkenthetők, vagy rögzített változó költségek mellett a teljesítmény növelhető (esetleg a kettő kombinációja is előfordulhat). Hibásan működő erőművi rendszerek diagnosztikáján keresztül (diagnosztikai módszer) pedig az erőművi anomáliák eredetének felfedezésére, rendszer és komponens szintű költségeinek számszerűsítésére van lehetőség. A kalkulációs és algebrai módszerekkel ellentétben, a diagnosztikai módszerek nem a döntés előkészítést segítik, hanem az üzemeltetés során bekövetkező tüzelőanyagfogyasztás-növekedés okainak feltárását, valamint az egyes okokhoz tartozó hatások számszerűsítését. Ellentétben a termoökonómia másik két típusával, a diagnosztikai módszerek közvetlenül nem tervezési szinten a megelőzésben, vagy magasabb üzembiztonságú struktúra kialakításában, hanem a kialakult helyzet kezelésében játszanak szerepet

### Irodalomjegyzék

- [1] Büki Gergely, Hőkörfolyamatok I., BME - Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1985
- [2] George A. Goodenough, Principles of thermodynamics, New York, Holt, 1920
- [3] Büki Gergely, A közvetlen és a kapcsolt energiatermelés egységes energetikai jellemzői és mozgásegyenletei hőmérséklet/entrópia-szemlélet alapján, Doktori értekezés, Budapest, 1983
- [4] Lotka A. J.: Note on the economic conversion factors of energy, A.J. Proc. Nat. Ac. Sci. vol. 7, pp. 192-197., 1921.
- [5] Keenan, J.H.: A Steam Chart for Second-Law Analysis, A Study of Thermodynamic Availability in the Steam Power Plant, Mechanical Engineering 54, pp. 195-204, 1932
- [6] Christos A. Frangopoulos: Exergy, Energy System Analysis, and Optimization, Thermo-economic Analysis (Antonio Valero, César Torres), chapter 2, 2009
- [7] Lévai András: Hőerőművek I. kötet, Nehézipari Könyvkiadó, 1954.
- [8] Tribus, M. et. al.: „Thermodynamic and Economic Considerations in the Preparation of Fresh Water from Sea Water,” First Draft, UCLA Report No. 56-16, 1956.
- [9] Brosilow, C. B., Lasdon, L. S., and Pearson, J. D.: „Feasible Optimization Methods for Interconnected Systems,” Case Institute of Technology, Cleveland, OH, Joint Automatic Control Conference, Preprints of Technical Papers, pp. 79-84., 1965.
- [10] El-Sayed, Y. M. and Evans, R. B.: „Thermoeconomics and the Design of Heat

- Systems," *Journal of Engineering for Power*, vol. 92, No. 1, pp. 27-35, January 1970.
- [11] Evans. R. B.: „Thermoeconomic Isolation and Essergy Analysis,” *Energy The International Journal*, Vol. 5, Nos. 8-9, p. 805, 1980.
- [12] Fehring, J. H.; Gaggioli, R. A.: „Economics of Feedwater Heater Replacement”, *J. of Eng. for Power*, vol. 99, no. 3, July 1977, pp. 482-488.
- [13] Hendrix, W. A.: „Essergy Optimization of Regenerative Feedwater Heaters”, M.S. Thesis, Georgia Institute of Technology, Aug. 1978.
- [14] Frangopoulos CA.: Thermoeconomical functional analysis: a method for optimal design or improvement of complex thermal systems. Ph.D. Thesis. Atlanta, USA: Georgia Institute of Technology; 1983.
- [15] von Spakovsky MR.: A practical generalized analysis approach to the optimal thermoeconomic design and improvement of real-world thermal systems. Ph.D. Thesis. Atlanta, USA: Georgia Institute of Technology; 1986.
- [16] Richard A. Gaggioli, William J. Wepfer: *Exergy Economics*, *Energy* 5, pp. 823-837, 1980
- [17] Richard A. Gaggioli: *Efficiency and Costing - Second Law Analysis of Processes*, American Chemical Society, pp 3-50, 1983.
- [18] Rábek G.: *Die Exergie als Hilfsmittel zu Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen*, *Wärme*, vol. 70, no. 4, pp. 125-129, 1964.
- [19] Fratzscher W.: *Die Bedeutung der Exergie für die Energiewirtschaft*, *Wiss. Zeitsch. der Techn. Hochs. f. Chemie Leuna-Merseburg*, v. 7, n. 2, pp. 81-87, 1965.
- [20] Elsner N.: *Die Bedeutung und Durchführung exergetischer Untersuchungen in der Energiewirtschaft*, IV Konferenz für Industrielle Energiewirtschaft (Section i, no. 1), Berlin, pp. 1-19, 1965.
- [21] Nitsch R.: *Zur Theorie der exergetischen Kostenbildung*, *Wiss. Zeitsch. der Techn. Hochs. f. Chemie Leuna-Merseburg*, vol. 7, no. 2, pp. 100-104, 1965.
- [22] Enrico Sciubba, Göran Wall: *A brief Commented History of Exergy From the Beginnings to 2004*, *Int. J. of Thermodynamics*, vol. 10, pp 1-26, 2007.
- [23] Bergmann E, Schmidt KR.: *Zur kostenwirtschaftlichen optimierung der wärmeaustauscher für die regenerative speisewaservorwärmung im dampfkraftwerk – ein störungsverfahren mit der exergie*, *Energie und Exergie*, VDI-Verlag, pp 63–89, Düsseldorf 1965.
- [24] Jan Szargut: *Grenzen für die anwendungsmöglichkeiten des Exergiebegriffs*, *Brenstoff-Wärme-Kraft* 19, pp. 309–13, 1967.
- [25] Szargut J.: *Anwendung der Exergie zur angenäherten wirtschaftlichen Optimierung*, *Brenstoff-Wärme-Kraft* 23, pp. 516-519, 1971.
- [26] Szargut J.: *Wärmeökonomische probleme des umweltschutzes*, *Energieanwendung* 23, pp. 306–310, 1974.
- [27] Tsatsaronis G.: *Combination of exergetic and economic analysis in energy conversion processes*, *Proceedings of the European Congress on Economic and Management of Energy in Industry*, Albufeira-Algarve, Portugal, 1984.
- [28] Tsatsaronis G.: *Exergoeconomics: Is It Only a New Name?* *Chem. Eng. Technol.* 19, pp. 163-169. 1996
- [29] Tsatsaronis G, Winhold M.: *Exergoeconomic analysis and evaluation of energy conversion plants. Part I. A new general methodology. Part II. Analysis of a coal-fired steam power plant.* *Energy*, pp 10:69–80, 1985.
- [30] Tsatsaronis G, Winhold M.: *Exergoeconomic analysis and evaluation of energy conversion plants. Part II. Analysis of a coal-fired steam power plant.* *Energy*, pp 10:81–94, 1985.
- [31] Valero A, Lozano MA, Munoz M.: *A general theory of exergy saving I. on the exergetic cost*, New York, USA: ASME Books; pp. 1–8. 1986.
- [32] Valero A, Lozano MA, Munoz M.: *A general theory of exergy saving II. on the thermoeconomic cost*, New York, USA: ASME Books; pp. 9–16. 1986.
- [33] Valero A, Lozano MA, Munoz M.: *A general theory of exergy saving III. Energy saving and thermoeconomics*, New York, USA: ASME Books; pp. 17–21. 1986.
- [34] A. Valero, M. A. Lozano, J. A. Alconchel, M. Munoz, C. Torres: *GAUDEAMO: A system for energetic/exergetic optimization of coal power plants*, In: Gaggioli, R.A. (Ed.), *Computer-Aided Engineering and Energy Systems Vol. 3: Second Law Analysis and Modelling*. AES Vol. 2-3: ASME Book no H0341A. ASME, New York, pp. 43-49, 1986.
- [35] M. A. Lozano, A. Valero: *Application of the exergetic costs theory to a steam boiler in a thermal generating station*
- [36] Tsatsaronis G.: *A Review of Exergoeconomic Methodologies*, *Second Law Analysis of Thermal Systems*, eds., M. Moran and E. Sciubba, AME Vol. I00236, pp. 81-88. 1987.
- [37] El-Sayed YM, Gaggioli RA. *A critical review of second law costing methods. 1. Background and algebraic procedures.* *J Energy Resour-ASME* 111, pp.1–7. 1989.
- [38] Gaggioli RA, El-Sayed YM. *A critical review of second law costing methods. 2. Calculus procedures.* *J Energy Resour-ASME* 111, pp.8–15. 1989.
- [39] Tsatsaronis G, Lin L, Pisa J. *Exergy costing in Exergoeconomics.* *J Energy Resour-ASME* 115 pp.9–16. 1993.
- [40] Lazzaretto A, Andreatta R. *Algebraic formulation of a process-based exergy-costing method.* In: Krane RJ, editor. *Symposium on thermodynamics and the design, analysis, and improvement of energy systems*, vol. 35. New York: ASME; pp. 395–403. 1995.
- [41] Frangopoulos CA. *Application of the thermoeconomical functional approach to the CGAM problem.* *Energy* 19 pp.323–42. 1994.
- [42] Tsatsaronis G, Pisa J. *Exergoeconomic evaluation and optimization of energy systems—application to the CGAM problem.* *Energy* 19 pp.287–321. 1994.
- [43] Valero A, Lozano MA, Serra L, Torres C. *Application of the exergetic cost theory to the CGAM problem.* *Energy* 19 pp.365–81. 1994.
- [44] von Spakovsky MR. *Application of engineering functional analysis to the analysis and optimization of the CGAM problem.* *Energy* 19 pp.343–64. 1994.
- [45] Valero A, Lozano MA, Serra L, Tsatsaronis G, Pisa J, Frangopoulos C, et al. *CGAM problem: definition and conventional solution.* *Energy* 19, pp.279–86. 1994.
- [46] Hua B, Chen QL, Wang P. *A new exergoeconomic approach for analysis and optimization of energy systems.* *Energy* 22 pp.1071–8. 1997.
- [47] Kwon YH, Kwak HY, Oh SD. *Exergoeconomic analysis of gas turbine cogeneration systems.* *Exergy* 1 pp.31–40. 2001.
- [48] Toffolo A, Lazzaretto A. *Evolutionary algorithms for multi-objective energetic and economic optimization in thermal system design.* *Energy* 27 pp.549–67. 2002.
- [49] Chejne F, Restrepo JA. *New rules for the exergo-economic optimization methodology.* *Energy* pp.993–1003. 2003.
- [50] Kwak HY, Byun GT, Kwon YH, Yang H. *Cost structure of CGAM cogeneration system.* *Int J Energy Res* 28 pp.1145–58. 2004.
- [51] Vieira LS, Donatelli JL, Cruz ME. *Integration of an iterative methodology for exergoeconomic improvement of thermal systems with a process simulator.* *Energy Convers Manage* 45 pp.2495–523. 2004.
- [52] Vieira LS, Donatelli JL, CruzME. *Mathematical exergoeconomic optimization of complex cogeneration plant aided by a professional process simulator.* *Appl Therm Eng* 26 pp.654–62. 2006.
- [53] Seyyedi SM, Ajam H, Farahat S. *A new approach for optimization of thermal power plant based on the exergoeconomic analysis and structural optimization method: Application to the CGAM problem.* *Energy Conversion and Management* 51 pp.2202-2211. 2010.
- [54] Valero A., Serra L., Lozano M.A. *Structural Theory of Thermoeconomics*, AES-Vol. 30 (ASME Book H00874). ASME, pp. 189-98. 1993.
- [55] B. Erlach, L. Serra, A. Valero, *Structural theory as standard for thermoeconomics*, *Energy Conversion and Management* 40 pp.1627–1649. 1999.
- [56] C. Torres, A. Valero, L. Serra, J. Royo, *Structural theory and thermoeconomic diagnosis: Part I. On malfunction and dysfunction analysis*, *Energy Conversion and Management* 43 pp.1503–1518. 2002.
- [57] A. Valero, F. Lerch, L. Serra, J. Royo, *Structural theory and thermoeconomic diagnosis: Part II. Application to an actual power plant*, *Energy Conversion and Management* 43 pp. 1519–1535. 2002.
- [58] Tsatsaronis G, Park MH. *On avoidable and unavoidable exergy destructions and investment costs in thermal systems.* *Energy Conversion and Management*; 43 pp.:1259-70. 2009.
- [59] Frangopoulos CA, Dimopoulos GG. *Effect of reliability considerations on the optimal synthesis, design and operation of a cogeneration system.* *Energy* 29(3) pp.:309–29. 2004.
- [60] D.M. Paulus, G. Tsatsaronis, *Auxiliary equations for the determination of specific exergy revenues*, *Energy* 31(15) pp.:3235–3247. 2006.
- [61] Petrakopoulou, F., Boyano, A., Cabrera, M., Tsatsaronis, G., *Exergoeconomic and exergoenvironmental analyses of a combined cycle power plant with chemical looping technology.* *International Journal of Greenhouse Gas Control* 5, pp.: 475–482. 2011.
- [62] Petrakopoulou, F., Tsatsaronis, G., Boyano, A., Morosuk, T., *Exergoeconomic and exergoenvironmental evaluation of power plants including CO2 capture.* *Chemical Engineering Research and Design* 89, pp.: 1461–1469. 2010.
- [63] Li H, Marechal F, Burer M, Favrat D. *Multi-objective optimization of an advanced combined cycle power plant including CO2 separation options.* *Energy*; 31. pp. 3117-3134. 2006.

- [64] Khoshgoftar Manesh, M.H., Amidpour, M., Multi-objective thermoeconomic optimization of coupling MSF desalination with PWR nuclear power plant through evolutionary algorithms. *Desalination*, 249. pp.: 1332-1344. 2009.
- [65] Baghernejad A, Yaghoubi M. Exergoeconomic analysis and optimization of an integrated solar combined cycle system (ISCCS) using genetic algorithm. *Energy Conversion and Management*; 52 pp.:2193–2203. 2011.
- [66] H. Ghaebi, M.H. Saidi, P. Ahmadi, Exergoeconomic optimization of a trigeneration system for heating, cooling and power production purpose based on TRR method and using evolutionary algorithm, *Applied Thermal Engineering*, 36, pp.: 113-125. 2012.
- [67] Tsatsaronis G, Winhold M. (1985). Exergoeconomic analyses and evaluation of energy conversion plants. *Energy - The International Journal*; 10 pp.: 69-94. 1985.
- [68] Frangopoulos CA. Intelligent functional approach: a method for analysis and optimal synthesis–design–operation of complex systems. *J Energy Environ Econ* 1. pp.:267–274. 1991.
- [69] Valero, A., Torres, C., Serra, L. A general theory of thermoeconomics: Part I: structural analysis. In: Valero, A., Tsatsaronis, G., editors. *International*, 1992
- [70] Lozano MA, Valero A. Theory of the exergetic cost. *Energy*; 18 pp.: 939–60. 1993.
- [71] Czielska F, Tsatsaronis G. Iterative exergoeconomic evaluation and improvement of thermal power plants using fuzzy inference systems. *Energy Convers Manage*, 43. pp.:1537–48. 2002.
- [72] Benelmir R, Feidt M. A comparative synthesis of exergo-economic optimization: the IEEB method. In: Duncan AB et al., editors. *Proceedings of the ASME Advanced Energy Systems Division, AES-Vol. 36*. New York: ASME; pp. 445–55. 1996.
- [73] Sciubba E. Cost analysis of energy conversion systems via a novel resourcebased quantifier. *Energy*; 28: pp.: 457–77. 2003.
- [74] Silveira JL, Tuna CE. Thermoeconomic analysis method for optimization of combined heat and power systems, part 1. *Prog Energy Combust*; 29 pp.:479–85. 2003.
- [75] Silveira JL, Tuna CE. Thermoeconomic analysis method for optimization of combined heat and power systems, part 2. *Prog Energy Combust*; 30 pp.: 673–8. 2004.
- [76] Zhang C, Wang Y, Chuguang Z, Xinsheng L. Exergy cost analysis of a coal fired power plant based on structural theory of thermoeconomics. *Energy Convers Manage*; 47 pp.: 817–43. 2006.
- [77] Unver U, Kilic M. Second law based thermoeconomic analysis of combined cycle power plants considering the effects of environmental temperature and load variations. *Int J Energy Res* 2007;31:148–57.
- [78] M.A. Rosen, I. Dincer, Exergoeconomic analysis of power plants operating on various fuels, *Applied Thermal Engineering* 23. pp.: 643–658. 2003.
- [79] Valero A, Torres C, Lozano MA. On causality in organized energy systems.–Part II: symbolic exergoeconomics–part III: theory of perturbations. *Proceedings of FLOWERS 90*, Florence, May 28–June 1. 1990.
- [80] Reini M, Lazzaretto A, Macor A. Average structural and marginal costs as result of a unified formulation of the thermoeconomic problem. *Proceedings of Second Law Analysis of Energy System: Towards the 21st Century*, Rome, 5–7 July. 1995.
- [81] Mirandola A, Macor A, Lazzaretto A, Stoppato A, Donatini F. Thermoeconomic analysis of thermoelectric systems during operation. *Research Contract UT 519*: 1996. ENEL and University of Padova, 1996.
- [82] Lazzaretto A, Macor A, Mirandola A, Stoppato A, Donatini F. Analysis and diagnosis of the operation performances of a steam power plant. *Proceedings of the 14th Brazilian Congress of Mechanical Engineering, COBEM (ABCM The Brazilian Society of Mechanical Sciences)*, Bauru SP Brazil, December 8–12. No. COB 1431., pp.: 61–2., 1997.
- [83] Schwarcz P, Lozano MA, von Spakovsky MR, Valero A. Diagnostic analysis of a PFBC power plant using a thermoeconomic methodology. In: Cai R, Moran MJ, Zhang S, Xiao Y, editors. *Proceedings of TAIES'97: Thermodynamic Analysis and Improvement of Energy Systems*, Beijing, China. World Pubs. Corp; pp.: 240–9., 1997.
- [84] Correas L. *Diagnóstico Termoeconómico de la Operación de un Ciclo Combinado*. PhD thesis, University of Zaragoza, Spain, 2001.
- [85] Kotas, T. J.: *The Exergy Method of Thermal Plant Analysis*, Butterworth. London. 1985.
- [86] Valero A, Correas L, Rangel V, Zaleta A, Lazzaretto A, Verda V, et al. On the thermoeconomic approach to the diagnosis of energy systems malfunctions part-1 the TADEUS problem, *Energy* 29(12–15), pp.: 1875–1887. 2004.
- [87] Valero A, Correas L, Rangel V, Zaleta A, Lazzaretto A, Verda V, et al. On the thermoeconomic approach to the diagnosis of energy systems malfunctions part-2 malfunction definitions and assessment, *Energy* 29(12–15), pp.: 1889–1907. 2004.
- [88] Verda V. Thermoeconomic analysis and diagnosis of energy utility systems. From diagnosis to prognosis. *Int J Thermodyn*; 7(2), pp.:73–83. 2004.
- [89] Verda V, Serra L, Valero A. The effects of the control system on the thermoeconomic diagnosis of a power plant. *Energy*; 29 pp.:331–59. 2004.
- [90] Verda V, Serra L, Valero A. Thermoeconomic diagnosis: zooming strategy applied to highly complex energy systems. Part I: detection and location of anomalies. *Trans ASME J Energy Resour Technol*; 127: pp.:42–58. 2005.
- [91] Verda V, Serra L, Valero A. Thermoeconomic diagnosis: zooming strategy applied to highly complex energy systems. Part II: on the choice of the productive structure. *Trans ASME J Energy Resour Technol*; 127; pp.:42–58. 2005.
- [92] Zaleta A, Royo J, Rangel V, Torres E. Thermo-characterization of power systems components: a tool to diagnose their malfunctions. *Energy*;29; pp.: 361–77. 2004.
- [93] El-Sayed Y. Fingerprinting the malfunction of devices. *Int J Thermodyn*; 10; pp.:79–85. 2007.
- [94] Toffolo A, Lazzaretto A. On the thermoeconomic approach to the diagnosis of energy system malfunctions. Indicators to diagnose malfunctions: application of a new indicator for the location of causes. *Int J Thermodyn*;7(2) pp.:41–49. 2004.
- [95] Usón S, Valero A, Correas L. Quantitative causality analysis for the diagnosis of energy systems. *Int J Thermodyn*;12(1); pp.:9–16. 2009.
- [96] Pacheco JJ, Rangel VH, Zaleta A, Valero A. Hybrid fuel impact reconciliation method: an integral tool for thermoeconomic diagnosis. *Energy*; 35(5); pp.:2079–2087. 2010.
- [97] Fast M, Palmé T. Application of artificial neural networks to the condition monitoring and diagnosis of a combined heat and power plant. *Energy*; 35 pp.:1114–20. 2010.
- [98] Toffolo A, Lazzaretto A. Energy system diagnosis by a fuzzy expert system with genetically evolved rules. *Int J Thermodyn*; 11; pp.:115–21. 2008.
- [99] Lazzaretto A, Tsatsaronis G. *Speco: a systematic and general methodology for calculating efficiencies and costs in thermal systems*. *Energy*; 31; pp.:1257-1289. 2006
- [100] Kim S, Oh S, Kwon Y, Kwak H. Exergoeconomic analysis of thermal systems. *Energy*; 23 pp.:393–406. 1998.
- [101] von Spakovsky MR, Evans RB. *Engineering functional analysis—Parts I, II*. *J Energy Resour-ASME*; 115; pp.:86–99. 1993.
- [102] Zaleta A, Gallegos A, Rangel V, Valero A., A reconciliation method based on a module simulator. An approach to the diagnosis of energy system malfunctions. *Int J Thermodyn*; 7(2):51–60., 2004.
- [103] Lozano MA, Bartolome JL, Valero A, Reini M. Thermoeconomic diagnosis of energy systems. *Proceedings of the third Florence world energy research symposium*, Florence; July 1994.
- [104] Verda V, Serra L, Valero A. Zooming procedure for the thermoeconomic diagnosis of highly complex energy systems. *Int J Appl Thermodyn* 5 pp.:75–83. 2002.
- [105] Toffolo A, Lazzaretto A. On the thermoeconomic approach to the diagnosis of energy system malfunctions. Indicators to diagnose malfunctions: application of a new indicator for the location of causes. *Int J Thermodyn* 7(2):41–9. 2004.



# Gazdagok vagyunk napenergiában

**Dr. Szilágyi Zsombor**

*gázipari szakértő, drszilagyzsombor@freemail.hu*

A megújuló energiahordozók használata elég gyorsan terjed a világon. Európa élen jár a megújulók terjesztésében, részben a saját a fosszilis energiahordozó készletek szűkössége, de még inkább a széndioxid kibocsátás növekedése miatti aggodástól vezérelve. Mára már az USA is érdemi lépéseket tesz a megújulók terjesztésére, és Kína, a világ legnagyobb energia fogyasztója is mozdul a fosszilis tüzelőanyagok visszaszorítása irányába.

Éppen Kína az az ország, ahol az országon belüli életszínvonal különbségek megszüntetése fontos cél, és ezen belül a lakosság egészének villamos energiához juttatása. (Tudhatjuk, hogy a kínai lakosság 60%-a villamos hálózattal el nem látott területen él.) A napenergia Kína minden sarkában rendelkezésre áll, hasznosítására a fotovoltaikus rendszerek kitűnő lehetőséget adnak. A kínai kutatók és gyártók (erősen támaszkodva a világ más tájain elért eredményekre) rohamléptekben fejlesztik és gyártják a napelemeket, lassan elárasztva ezekkel az egész világot. A kínai napelem rendszerek minőségéről nem a legjobb vélemény alakult ki Európában, de ehhez hozzá kell tenni, hogy a kínaiak gyártanak világ-színvonalú napelemeket is (világszínvonalú áron, legalább 25 éves élettartammal, magas hatásfokkal) és gyártanak olcsó típusokat is, rövid élettartammal.

Minden energetikai szakterületen (villamosenergia-ellátás, gázellátás, megújulók használata stb.) vannak olyan szakértők, akik saját területük elsőbbségét, vagy akár kizárólagosságát látják a nem is túl távoli jövőben az egyetlen kivezető útnak az energia ellátás és a környezetvédelem harcából.

Ezek közül néhányan a megújuló energiahordozók elsőbbségét hirdetik.

Ha határozott lépéseket teszünk az energia takarékoság, az energiahatékonyság emelése terén, akkor 2050-re a mai 1000 PJ primer energia felhasználás akár 400...500 PJ-ra csökkenhet, és ez az energia teljes egészében előállítható megújulókból. [1]

Az összes villamos energia felhasználásunk a 2011-es 42,9 TWh-ról (helyesen: 34,56 TWh, a szerző) legnagyobb valószínűséggel (feltételezett igénynövekedés átlagosan 1,5% évente) kb. 67 TWh-ra növekszik 2050-ig [2].

A megújuló energiahordozók közül a napelemek karrierjét olyan fontosnak és megalapozottnak látja a [2] szerző, hogy az ország teljes villamos energia szükségletét napelemekkel elő lehet állítani 2050-ben.

Másik szélsőséges vélemény: a megújuló energiahordozók részesedése 2020-ra bár elérheti a tervezett 14,65%-ot a primer energiahordozókon belül, de ennek több, mint 90%-a biomassza lesz, és a növekedést a lakosság földgázzal biomasszára (tűzifára) átállása okozza, érdemi állami támogatás nélkül. A többi megújulóra kár is pénzt költeni.

A 2050-ig ma látható reális jövőt azért egy egészséges energiamix kialakítása jelenti, amelyben ugyanakkor az egyoldalú importfüggőséget minimalizálni kell.

Megújuló energiahordozó használat megoszlása Magyarországon, 2011

|               |     |
|---------------|-----|
| napenergia    | 1%  |
| szélenergia   | 3%  |
| vízenergia    | 1%  |
| geotermia     | 7%  |
| biomassza     | 75% |
| biogáz        | 2%  |
| bio üzemanyag | 11% |

A jövőképet a szélsőséges álláspontok között kell keresni, figyelembe véve néhány további szempontot:

- döntés született Paks II. megépítéséről, az ország villamos energia igényét legalább 40%-ban nukleáris energiahordozóból elégítik ki 2050-ig
- a biomassza hazai nyersanyag bázisa nem változik, hatékonyabb erdőgazdálkodással még növelhető is a biomassza tömege. A ma műveletlen földeken energia növények természetből
- a biogáz termelés és energetikai hasznosítása szépen terjed az országban, jelentősebb állami támogatás nélkül is
- a bio üzemanyag szerepe még legalább 30%-kal nőhet, ha a hazai járműparkból lassan eltűnnek azok a járművek, amelyek átalakítás nélkül nem bírnak használni 3%-nál magasabb bio tartalmú hajtóanyagot
- hatalmas energia potenciál a háztartási és kommunális szemét, aminek energetikai hasznosítására még csak gyenge próbálkozások vannak
- a Föld és a levegő hőtartalmának kinyerésére a hőszivattyúk szolgálnak. Ezt a megújuló energia használatot azonban csak erős állami támogatással lehet komolyabb léptékűre növelni

A geotermikus energia hasznosítás hazánkban elég széleskörű: ma 18,8 PJ a hasznosított geotermikus energia a távfűtésben és használati melegvíz ellátásban, a mezőgazdaságban és a fürdőkben. Az újabb geotermikus hasznosítási lehetőségek korlátozottak, a termelt termásvizet ma már vissza kell sajtolni a vízáadó rétegbe, ami a létesítményeket veszteségesé teszi.

Az ország földrajzi adottságai miatt a vízenergia hasznosítás elég alacsony szintű, és a vízerőművek alapvetően folyamatszabályozáshoz, árvízvédelemhez kapcsolódnak. A Bős-Nagymaros erőmű ügye óta újabb vízerőművek gondolata is eltűnt a kormány energetikai programjaiból.

A szélenergia hasznosításban elég jó eredményt hozott a mára már megszűnt KÁT támogatási rendszer: 329 MW teljesítményű szél erőmű park épült meg. A KÁT átalakításával ez a fejlesztési program leállt.

Megújuló energiahordozó potenciál Magyarországon (PJ/év)

|                               | nap-energia | szél  | bio-massza | víz  | geo-termális | összesen  |
|-------------------------------|-------------|-------|------------|------|--------------|-----------|
| MTA [1]                       | 1851,5      | 532,8 | 203,2-328  | 14,5 | 63,5         | 2665-2790 |
| Nemzeti Energiastratégia 2030 | 1838        | 532,8 | 203-328    | 14,4 | 63,5         | 2600-2700 |

A 2030-ig szóló Nemzeti Energiastratégia az MTA munkacsoportjának becsléseit erősítette meg. Bár a becslések nem tartalmazzák a hulladékok égetésével, a levegő és a föld hőszivattyúval kinyerhető energia tartalmát, a 2600-2700 PJ léptékű megújuló potenciál a jelenlegi teljes primer energiahordozó felhasználás 2,6...2,7-szerese, vagyis minden nagyobb léptékű megújuló használat fejlesztési programnak van energetikai alapja.

Kiugró lehetőségeket kínál a napenergia hasznosítása. Magyarország éves napsugárzási energia értéke 4250...4900 MJ/m<sup>2</sup> között van [6], másképpen: egy 3,6 kW-os napelem évi 4000 kWh-t termelhet [7].

A napelemes háztartási méretű kiserőművek teljesítménye 31,2 MW volt 2013. végén, a legfeljebb 0,5 MW teljesítményű egyéb kiserőművek összesen 3,7 MW teljesítménnyel üzemeltek. Kiemelhetjük annak a jelentőségét, hogy a napelemmel termelt villamos energiát általában nem kell szállítani, így az átviteli veszteség megtakarítható.

A leggyakrabban beépített napelemek a mono- és polikristályos szilícium és az amorf szilícium alapanyagúak. A napelemek gyakorlati hatásfoka 15% körül alakul [6].

Néhány napelemes létesítmény adatai:

| Helye       | Teljesítmény | Éves energia termelés | Fajlagos beruházási költség |
|-------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|
|             | kW           | MWh                   | ezer Ft/kW                  |
| Darvas      | 499          | 600                   | 800                         |
| Kecskemét   | 243          | 250                   | 600                         |
| Sellye      | 499          | ...                   | 930                         |
| Szarvas     | 50           | ...                   | 600                         |
| Háztartási* | 0,25         | ...                   | 320                         |

\*forgalmazó hirdetése 2014. május

2014. nyarán jelent meg a pályázat közületek, állami szervek és nonprofit társaságok részére napelemes rendszerek telepítésére, 100% állami támogatással. Az 5 Md Ft-os keret napokon belül elkel.

Egy 10 kW-os (40 darab 250 W-os panel, mondjuk egy óvoda ellátására), belső fogyasztói hálózatra és külső villamos hálózatra is termelő napelem park létesítési költsége 2 millió Ft körül van (forgalmazó hirdetése). Ez a beruházás a rezsicsökkentések után 12...14 év alatt térül meg.

A napkollektorok szépen terjednek, mintegy 90 ezer m<sup>2</sup> felületet építettek be eddig. 1 m<sup>2</sup> napkollektor évente 500...600 kWh energiát termel [6]. A már beépített napkollektorokkal nyerhető összes energiát 50 PJ-ra lehet tenni. Döntő többségüket a használati melegvíz előállításra, kisebb részben a fűtés támogatására használják. A HMV termelésre épített rendszerek a megbízható minőségű kollektorok esetén tíz év körüli megtérülést mutatnak, az olcsó, keleti gyártmányú berendezéseknél ennél kevesebbet, de a megtérülési idő és az élettartam ezeknél a berendezéseknél közel van egymáshoz.

A napelemek és napkollektorok építéséhez nyújtott állami támogatás segíti a rendszerek elterjedését, de nagyobb támogatás kellene ahhoz, hogy a reális, 5 év körüli időtartamra csökkenjen az átlagos megtérülési idő. A lakossági földgáz- és áramár csökkentés rontja a beruházások megtérülését.

Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve a 2010-2020 időszakra elég dinamikus fejlődést jelez a megújuló használatára a villamos áram termelésben:

Villamos energia termelés megújulókból (MW)

| Megújuló erőmű    | Meglévő, 2013 kW | Többleteljesítmény 2020-ig |                 |
|-------------------|------------------|----------------------------|-----------------|
|                   |                  | Nemzeti Cselekvési Terv    | Reális változat |
| szélerőmű         | 330              | 420                        | 420             |
| napelem           | 35               | 56                         | 580             |
| vízlerőmű         | 54               | 15                         | 20              |
| biomassza erőmű   | 162              | 140                        | 320             |
| biogáz erőmű      | 44               | 94                         | 150             |
| geotermikus erőmű | 0                | 57                         | 30              |
| összesen          | 600              | 782                        | 1500            |

A Nemzeti Cselekvési Terv és a szakértői becslések is a szél-, a naperőművek, és a biogáz hasznosítás területén látnak komoly előrelépésre lehetőséget. Mindhárom célnál az állami támogatás elengedhetetlen.

Az erőmű létesítési költségek azt mutatják, hogy a napenergia ipari léptékű hasznosítása versenyképes lehet más energiahordozókkal. A villamos szakemberek azt mondják, hogy a napelemek a napi villamosenergia-fogyasztás 10...20%-áig épülhetnek a villamos rendszer egyensúlyának felborulása nélkül. Ne felejtjük el azonban azt, hogy a szél és a naperőművek termelése időjárás és napszak függő, tehát 10...100 MW léptékben csak azonnal indítható vízlerőművek, vagy fosszilis erőművek társaságában reális a létesítésük.

Erőmű létesítési költségek

|               | Teljesítmény (MW) | Csúcs-használati óraszám | Élettartam (év) | Fajlagos beruházási költség |                |                |
|---------------|-------------------|--------------------------|-----------------|-----------------------------|----------------|----------------|
|               |                   |                          |                 | ezer Ft/kW [4]              | ezer Ft/kW [5] | ezer Ft/kW [3] |
| vízlerőmű     | 150               | 6000                     | 80              | 1050                        | 1100           |                |
| szél          | 505               | 1900                     | 35              | 330                         |                | 300-400        |
| nap           | 873               | 1100                     | 25              | 420                         |                | 400-500        |
| lignit/szén   | 500               | 6500                     | 35              | 450                         | 410            |                |
| gáz (CCGT)    | 400               | 2500                     | 35              | 240                         | 260            |                |
| Paks II.      | 2400              | 8000                     | 60              | 1500                        |                | 1500           |
| fotovoltaikus |                   |                          |                 |                             | 730            |                |

Minden befektető azt a beruházást keresi, amelyik tíz éven belül megtérül. A bankok is ezeket a létesítményeket szokták hitelezni. A napenergia hasznosítás beruházásai tíz éven túli megtérüléssel épülnek, tehát állami támogatásra szorulnak. A lakosság számára megnyíló támogatási keretekre óriási az érdeklődés, felmérések szerint akár 200 ezer háztartás is indulna a pályázatokon. Ha feltételezünk 50% állami támogatást, akkor a fennmaradó rész a megtakarított gáz/áramszámlákból tíz éven belül megtérül. Ez már hitelezhető a bankok szerint is.

A napelemek és a napkollektorok semmilyen szennyezést nem bocsátanak ki, tehát teljes mértékig környezetbarátok. Ma még nem nagyon foglalkozunk ezeknek az eszközöknek a megsemmisítésével, a beépített ritka földfémek környezeti hatásával. Pár év múlva napirendre kerül ez a kérdés is.

## Irodalom

- [1] Dr. Munkácsy Béla szerk: Erre van előre! Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon. (tanulmány, greenfo.hu)
- [2] Michael Debreczeni: Energiacél 2050: 100% villamos energia megújuló energiaforrásokból
- [3] Magyar Energetika 2014. évf. 3. szám (Büki)
- [4] Energiagazdálkodás 2014. 2. szám (38. oldal, Újhelyi)
- [5] Magyar Energetika 2014. 3. szám (Buzea)
- [6] Magyar Épületgépészet 2014. 4. szám (Garbai, Kovács, Pacza)
- [7] energiaoldal.hu: Megéri napkollektort telepíteni rezsicsökkentés után? 2014.03.25.

# Kompozitok és fémhabok a hő tárolásban

Árokszállási Kálmán

roxa@t-online.hu

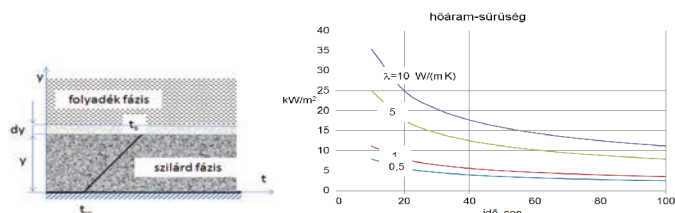
Dr. Balikó Sándor, CEM

okl. gépészmérnök, sbaliko@t-online.hu

A megújuló energiák és a hulladék energiák hasznosításánál – ahol gyakran időben és/vagy intenzitásban is eltér a termelt hő mennyisége a fogyasztó igényeitől – jelentős szerepük van a hő tárolóknak. A hő tárolók egyik jellegzetes paramétere a kapacitásuk mellett a hőelnyelés (töltés), illetve a hőleadás (kisütés) intenzitása, ami a hagyományos fázisváltó anyagoknál általában alacsony érték. Ennek fokozására ma már a kutatások olyan kompozitoknak rendszerbe állítását célozzák, amelyekben nano méretekben diszpergálnak fénoxidokat, vagy olyan hő tárolót alakítanak ki, amelyeknél a fémhabok pórusaiban helyezkedik el az a fázisváltó anyag, amely a hőt felveszi, illetve leadja.

A hő tárolóknál a tároló mérete mellett egyik legfontosabb paraméter a töltés, illetve kisütés sebessége, azaz a tároló fel tudja-e venni a töltési, illetve le tudja-e adni a kisütési teljesítményt. Különösen jelentős az elérhető hőáramsűrűség mértéke azoknál a fázisváltó anyagokat (PCM) felhasználó tárolóknál, ahol a tároló közeg fizikailag is elválk a hőhordozó közegtől, így a hőcsere kizárólag (falon keresztüli) hőátvitellel jön létre.

Legtöbb esetben a hőcsere intenzitása a töltés/kisütés folyamán is változik.



1. ábra. Dermedési folyamat állandó hőmérsékletű fal mentén

Az 1. ábrán egy dermedési folyamat rétegeit rajzoltuk fel. A fal fagy-pont alatti  $t_w$  hőmérsékletének hatására egy folyamatosan vastagodó szilárd réteg alakul ki. A dermedéshez ezen a rétegen keresztül kell elvonni a hőt:

$$\frac{dQ}{d\tau} = -\lambda A \frac{t_s - t_w}{y}$$

ahol  $A$  a hőátadó felület, a  $\lambda$  pedig a szilárd fázis hővezetési tényezője.

Ugyanezen idő alatt a  $dQ$  hőelvonás hatására a már szilárd réteg  $dy$  mértékben vastagodik:

$$-dQ = r\rho_0 A dy$$

ahol  $r$  az olvadáshő,  $\rho_0$  pedig a szilárd fázis sűrűsége.

A két egyenletből az alábbi szétválasztható differenciálegyenletet kapjuk:

$$\frac{dy}{d\tau} = \frac{\lambda}{r\rho_0} (t_s - t_w) \frac{1}{y}$$

Látható, hogy a szilárd réteg vastagságának növekedése – és ezzel együtt a hőáram is – egyenesen arányos a hővezetési tényezővel és fordítottan arányos a már kialakult szilárd rétegvastagsággal.

A gyakorlatban felhasználható tartományban a fázisváltó anyagok szilárd állapotban rossz hővezetők, ezért folynak a kutatások abban az irányban, hogy a  $\lambda$  értékét minél jobban megnöveljék.

## Kompozitok

Az egyik széles körben alkalmazott kompozitot paraffin és polimerek elegyítésével állítják elő. A paraffin önmagában is fázisváltó anyag. A kereskedelembe kapható paraffin hőtechnikai jellemzői [4] szerint:

|                        |                |
|------------------------|----------------|
| olvadáspont:           | 53 °C          |
| olvadáshő:             | 184 kJ/kg      |
| fajhő (szilárd fázis): | 2,384 kJ/(kgK) |
| hővezetési tényező     | 0,15 W/(mK).   |

A polimerek bekeverésével az olvadáspont megváltoztatható, így tetszőleges hőmérsékletű hő tárolás állítható be. Grafit hozzáadásával a hővezetési tényező is növelhető anélkül, hogy az olvadáshő jelentősen megváltozna. Jellegzetesek azok a kompozitok, amelyeket paraffinból, kis sűrűségű polietilénből, etilén-vinyl-acetátból és pikkelyes grafitporból állítottak össze.

A legújabb kutatások a fénoxidok bekeverésének hatását vizsgálják [1]. A differenciál-kaloriméterrel végzett mérések igazolták, hogy a kopolimer és a grafitpor hosszú időre stabilitást ad a hő tároló anyagnak. A kompressziós vizsgálatok igazolták ugyanakkor, hogy az adalékok hatására javultak a különböző minták mechanikai tulajdonságai is. Bár a paraffin nem kötődik kémiaiilag a polimerhez, mégis csökkenti annak olvadáspontját.

A grafitkompozitban lényegesen megváltozik a PCM-ek egyik fontos tulajdonsága, a kompozit hővezető képessége kb. 100-szorosra a tiszta PCM-ének. Ebből következik, hogy a fázisfrontok az ilyen kompozitok esetében 10-30-szor nagyobb sebességgel mozognak. Ugyanakkor a latens hő nem csökken túlságosan.

TUN-PING Ppeng és CHAO-Chien YU fénoxid tartalmú kompozitok hővezetési tulajdonságait vizsgálták [1]. Laboratóriumi készülékükben a kompozit és a tiszta paraffin hővezetése közötti eltérést tanulmányozták az olvadási, illetve a megszilárdulási folyamatokban. Publikációjukban az azonos körülmények között melegített, illetve hűtött minták és a hőfelvevő, illetve hőleadó közeg közötti hőmérsékletkülönbséget vizsgálták a paraffinhoz viszonyítva. A csökkenések nagyságrendje:

|  |              |
|--|--------------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> adalékkal | -10... - 50% |
| TiO <sub>2</sub> adalékkal               | -20... - 60% |
| SiO <sub>2</sub> adalékkal               | -10... - 35% |
| ZnO adalékkal                            | -5... - 38%  |

Az értékek az adalék koncentrációjával erősen befolyásolhatók.

Mivel a hőellenállás azonos körülmények között a hőmérsékletkülönbséggel arányos, a kisebb hőmérsékletkülönbség egyértelműen a jobb hővezetőképességre utal.

A napenergia hőerőművi hasznosítására ma már számos példát ismerünk. A technológiára jellemző 300-400 °C hőmérséklet intervallumnak több hőtároló anyag is megfelel, amelyeknek az ára is elviselhető. A gondot az okozza, hogy ezeknek a fázisváltó anyagoknak igen alacsony a hővezetési tényezője, ami miatt túlságosan nagyra adódik a hőtároló mérete. A megoldás egy új anyag, egy kompozit, amely litium-nitrát, kálium-nitrát és nátrium-nitrát elegyből, valamint grafitból áll. Az olvadáspont 130-350 °C intervallumon belül a kívánt értékre állítható be. A grafit mennyisége a kompoziton belül 15%. És ami a legfontosabb, a kompozit hővezető képessége 4-15 W/(m K). Ez az érték már lehetővé teszi dinamikusan működő hőtárolók kialakítását.

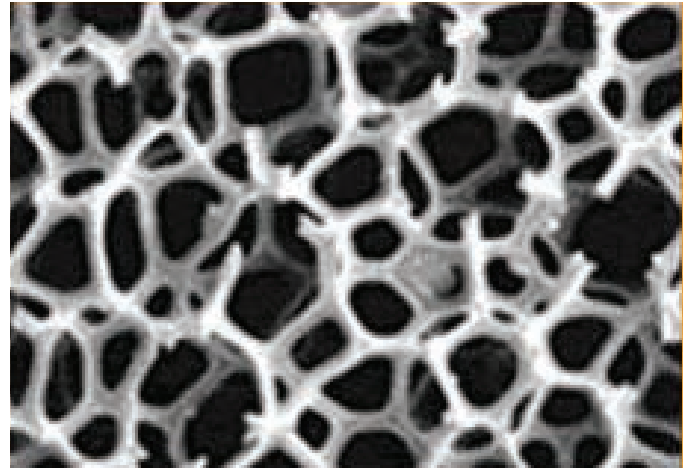
1. táblázat. Néhány kompozit hőtechnikai tulajdonsága [1]

| Minta megnevezése                         | Adalék mennyisége (m/m %) | Folyamat  | Fázisváltozás hőmérséklete °C |              | Latens hő kJ/kg |
|---|---------------------------|-----------|-------------------------------|--------------|-----------------|
|   |                           |           | olvadáspont                   | dermedéspont |                 |
| Paraffin                                  |                           | feltöltés | 54                            | 60,74        | 199,4           |
|   |                           | kisütés   | 60,64                         | 58,68        | 194,5           |
| Paraffin + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1                         | feltöltés | 53,51                         | 61,18        | 197,9           |
|   |                           | kisütés   | 61,51                         | 58,68        | 191,2           |
|   | 2                         | feltöltés | 53,61                         | 61,17        | 194,6           |
|   |                           | kisütés   | 61,61                         | 58,71        | 189,5           |
|   | 3                         | feltöltés | 53,71                         | 61,11        | 184,2           |
|   |                           | kisütés   | 61,54                         | 58,52        | 179,9           |
| Paraffin + TiO <sub>2</sub>               | 1                         | feltöltés | 53,28                         | 61,19        | 200,6           |
|   |                           | kisütés   | 61,56                         | 58,64        | 193,9           |
|   | 2                         | feltöltés | 53,39                         | 61,00        | 200,1           |
|   |                           | kisütés   | 61,51                         | 58,77        | 194             |
|   | 3                         | feltöltés | 53,54                         | 61           | 198,7           |
|   |                           | kisütés   | 61,53                         | 58,59        | 193,6           |
| Paraffin + SiO <sub>2</sub>               | 1                         | feltöltés | 55,5                          | 61,1         | 185,6           |
|   |                           | kisütés   | 61,64                         | 58,15        | 180             |
|   | 2                         | feltöltés | 56,62                         | 62,18        | 180,4           |
|   |                           | kisütés   | 61,71                         | 58,04        | 175,2           |
|   | 3                         | feltöltés | 55,54                         | 62,34        | 175             |
|   |                           | kisütés   | 61,66                         | 57,92        | 168,7           |
| Paraffin + ZnO                            | 1                         | feltöltés | 55,75                         | 60,69        | 187,4           |
|   |                           | kisütés   | 61,58                         | 58,38        | 182,2           |
|   | 2                         | feltöltés | 55,01                         | 61,31        | 184,7           |
|   |                           | kisütés   | 61,73                         | 58,46        | 178,5           |
|   | 3                         | feltöltés | 55,02                         | 60,57        | 171,9           |
|   |                           | kisütés   | 61,69                         | 58,65        | 167,5           |

### Fémhabos hőtárolók

A fémhab egy cellás szerkezetű szilárd anyag, amelyet általában alumíniumból vagy rézből állítanak elő speciális habosítási eljárással. A fémhab jelentős arányban tartalmaz véletlenszerűen eloszló nyitott vagy zárt cellákat. Porozitása tipikusan 75-95% között van, ami azt jelenti, hogy a fémszerkezet a teljes térfogatnak csak 5-25%-át foglalja el. A fémhabokat elsősorban könnyű, nagy merevségű szerkezeti anyagként fejlesztették ki. Felhasználásuk hőtároló

anyagként a fejlesztések egyik iránya. Alumínium habokat hazánkban is gyártanak.



2. ábra. Nyílt cellás fémhab szerkezete

Hőtárolólas céljából a cellákba lehet betölteni a fázisváltó anyagot, adott esetben a paraffint. Hőtárolásnál a zárt cellás habanyagok nem használhatók, mert megakadályozzák a fázisváltó anyag hőtágulását, de a folyékony PCM betöltése a habba is csak a nyitott cellás szerkezetbe lehetséges.

A fémhab valójában bordaként viselkedik a hőleadó/hőfelvevő fal és a PCM között. Egyenletesebbé teszi a hőmérséklet eloszlást a hőtárolón belül és ezzel 10-20-szorosára növeli a hőcsere intenzitását. Laboratóriumi mérések bizonyítják, hogy a fémhabos hőtároló feltöltési és kisütési ideje kb. 15%-kal csökken a hagyományos tárolóhoz képest [2].

A hőcsere intenzitásának növelésével csökkenthető a hőtároló felület, valamint a hőtároló mérete, ami lényeges szempont az elektronikai berendezések hűtőinek kialakításánál.

### Kutatási eredmények

Egy kanadai kutató, Pathik Himanshu Vadwala vizsgálta a fémhabba töltött paraffin hőtárolását és a fémhabos hőtárolás tulajdonságait [3]. Laboratóriumi mérésekkel kimutatta, hogy a vizsgált rézhabba töltött paraffin – mint kvázi-homogén anyag – hővezetési tényezője 3,8 W/(mK), a paraffin 0,15 W/(mK) értékével szemben. A mérési eredmények az elméleti alapokon nyugvó modell eredményeitől kevesebb, mint 25%-ban tértek el.

Végeztek olyan kísérletet is, hogy egy légcsatorna rézlemez fala és egy elektromos fűtőfelület közé helyezték el a paraffint, illetve a paraffinnal töltött fémhabot, amivel lényegében egy levegő áramlású hőtárolós hőcserélőt modelleztek. Kimutatható volt, hogy hiába növelték meg a tároló oldal hővezetési tényezőjét, ha a levegőoldali hőellenállás nagy marad. Ha viszont a levegő áramlását is egy fémhabon keresztül vezették, a hőtávitel ugrásszerűen megnőtt. A levegőáram 20-60 liter/perc értékek közötti áramoltatásával a modell hőcserélő teljesítménye

|                               |                |
|-------------------------------|----------------|
| csak paraffin réteg esetén    | 3,5...5,5 W    |
| fémhabba ágyazott PCM esetén  | 3,6...7,5 W és |
| ha a levegőcsatorna is fémhab | 6,5...12,1 W   |

volt. Ezekkel a paraméterekkel paraffin esetén a 20...45 W/(m<sup>2</sup>K) értékű hőtárolási tényező 65...200 W/(m<sup>2</sup>K) értékre növelhető.

DUKHAN NIHAD az alumíniumhab falán fellépő hőátadási viszonyokat vizsgálta [2]



3. ábra. Alumíniumhabból készült csatorna

A rézlemezrel lezárt és paraffinnal feltöltött cső belsejében levegőt áramoltatott és annak mérte a hőmérsékletváltozását, miközben a korábban felfűtött folyékony paraffin fokozatosan megszilárdult.

A kísérlet kimutatta, hogy – míg sima csőfal esetén a hőátadási tényező, illetve az azt reprezentáló Nu-szám a levegőáram Re-

számának 0,8-ik hatványával arányos – a fémhabba töltött PCM fal mellett a Nu-szám a Re-számmal gyakorlatilag lineárisan változik. Ugyanakkor a fal a fázisváltó anyag hatására, lényegesen lassabban hűl le, mint sima csőfal esetén.

#### Irodalom

- [1] TUN-PING PENG – CHAO-CHIEN YU: Characteristics of phase-change materials containing oxide nano-additives for thermal storage, <http://www.nanoscalereslett.com/content/7/1/611>
- [2] NIHAD DUKHAN: Metal-foam-enhanced PCM storage system: The cylindrical shell geometry, Proceedings of the ASME 2011 5th International Conference on Energy Sustainability, ES2011, August 7-10, 2011, Washington, DC, USA
- [3] PATHIK HIMANSHU VADWALA: Thermal Energy Storage in Copper Foams filled with Paraffin Wax, Doktori disszertáció, Mechanical & Industrial Engineering University of Toronto
- [4] ÁROKSZÁLLÁSI KÁLMÁN: Hőtárolás – a jövő technológiája, ROXA Kft, Érd.
- [5] BALOGH DIANA – HÓDOSI DÁNIEL – HOLLÓSI KATALIN: Fázisváltó anyagok az energiatudatos építészetben, TDK dolgozat, Tudományos Diákköri Konferencia, BME Budapest, 2012.
- [6] ÁROKSZÁLLÁSI KÁLMÁN – BALIKÓ SÁNDOR: Hidegenergia-tárolás „jéglabdák” segítségével, Energiagazdálkodás, 2005/3.
- [7] ÁRPÁD ISTVAN: Energetikai berendezések hőszigetelésének optimalizálása, Doktori értekezés, Pannon Egyetem Veszprém, 2013.
- [8] SZÜCS MIKLÓS: Transzparens hőszigetelések alkalmazása passzív szoláris rendszerekben. Doktori (PhD) értekezés, SZIE, Gödöllő, 2005
- [9] <http://www.admatis.com/femhab.htm>

## Csatlakozás és képviselő Magyarországról az International Energy Agency FBC együttműködésében

**A BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék munkatársa, Dr. Szentannai Pál a kijelölt képviselő Magyarországról az FBC szakterületnek ebben a nemzetközi szervezetében.**

A Nemzetközi Energia Ügynökség (International Energy Agency, IEA) 1974-ben, az olajválság hatására jött létre; ma 28 ország a tagja, köztük Magyarország is. E szervezetnek alapításától fogva kiemelt célja olyan nemzetközi együttműködési struktúrák biztosítása, amelyek a kiemelkedő energetikai technológiák kutatási, fejlesztési munkáit, valamint bevezetését és elterjesztését segítik elő. E struktúrákat ma mintegy 40 működő program alkotja, amelyek közös megnevezése az IEA terminológia szerint Végrehajtási Egyezmény (Implementing Agreement, IA).

Magyarország hagyományos és nagy múltra visszatekintő általános IEA tagsága ellenére eddig egyetlen ilyen konkrét Végrehajtási Egyezmény munkájában sem vett részt. Ez a helyzet változott meg az FBC Végrehajtási Egyezményhez (IEA-FBC) való csatlakozással, amelynek dokumentumát – a Magyar Kormány kijelölése alapján – Dr. Szentannai Pál írta alá, és ennek megfelelően ő a megbízott e szervezet Végrehajtó Bizottságában (Executive Committee). Ezt az első, talán áttörést jelentő, konkrét technológiára koncentrált bekapcsolódást egyébként az IEA központ részéről emiatt külön is üdvözölték.

(A képviselő, Dr. Szentannai Pál nemrég tért haza a Bécsi Műszaki Egyetemen az adott szakterületen végzett kutatói munkájából, hogy mindazt a BME-n folytassa. Bécsben töltött éveit a személyes tapasztalatot az IEA-FBC szervezetében való munka előnyeivel kapcsolatban, amelyben meghatározó szerepet töltött be Ausztria részéről.)

A szóban forgó energetikai terület megnevezése, az FBC rövidítés eredetileg a fluidágyas tüzelés (Fluidized Bed Combustion) kifejezést takarta,

amely szilárd anyagok több szempontból is integráns módon környezetkímélő energetikai hasznosítási technológiája. Néhány évvel ezelőtt azonban az utolsó szót „Conversion”-re cserélték, mert a fluidizációs technikának a közvetlen tüzelésen kívül számos egyéb energetikai alkalmazása is egyre jelentősebb szerepet játszik a legújabb fejlesztésekben. Ide tartozik elsősorban az elgázosítás (Gasification), a hordozóhurkos tüzelés (Chemical Looping Combustion, CLC) és a dúsioxigénes tüzelés (Oxyfuel Combustion), de ezen kívül számos más energetikai technológiai változat is, mint pl. a 'Calooping' névvel illetett széndioxid-megkötési eljárás, vagy további, gyakran több fluid ágyat is kombináló új technológiák.

Maga a fluidágyas tüzelési technológia egyszerre új és régi: 1981-es első ipari léptékű megvalósítása óta a maximális blokkméret is, a létesítmények száma is rendületlenül növekedést mutat világszerte, ugyanakkor ennek megfelelően több évtizedes tapasztalatok állnak már mögötte. Mindezek nyomán újabb és újabb alkalmazási területek és megoldások intenzív elméleti és kísérleti kutatása történik igen nagy intenzitással, szintén világszerte. A tapasztalatok világossá tették ugyanis e tüzelési mód további (az alacsony emissziós értékek mellett) nagy előnyét, a tüzelőanyaggal szemben mutatott flexibilitását. Az FBC berendezések kiválóan alkalmasnak bizonyultak ugyanis gyenge vagy változó minőségű szilárd tüzelőanyagok hatékony energetikai hasznosítására, ami miatt ma már nemcsak a legkülönbözőbb szénfélések, hanem számos egyéb szilárd anyag esetére alkalmazhatók sikeresen. Ezen alkalmazási területek között kiemelkedő szerepet játszanak a biomasszák önálló vagy együttes tüzelési módokban, de mellettük a legkülönbözőbb hulladékból, melléktermékekből keletkezett tüzelőanyagok igen változatos csoportjai is.

További információ a Végrehajtási Egyezmény honlapján található: [www.iea-fbc.org](http://www.iea-fbc.org).

**Előszó**

Az Energiagazdálkodás folyóirat szerkesztősége egy cikksorozatot indít útjára, melyben a gázipari szakemberek napi gyakorlatában előforduló problémák számítási eljárásai kerülnek röviden bemutatásra. A fő cél nem az elméleti háttér feltárása, hanem olyan alapvető, a mindennapokban alkalmazható számítási eljárások bemutatása, melyek tényleges segítséget nyújthatnak a szakma gyakorlóinak számára. Bízunk benne, hogy sorozatunk nem csupán a gázipari célközönség, hanem a fizika iránt érdeklődő, energetikával foglalkozó szakemberek számára is hasznos olvasmány lesz.

# Általános gáztörvény, gázkeveredési szabályok, gázjellemzők számítása

**Kis László**

PhD hallgató@oljkisl@uni-miskolc.hu

A cikk célja a gázipari gyakorlatban alkalmazott alapvető számítások bemutatása különböző gázok, gázelegyek tulajdonságainak meghatározására, adott nyomáson és hőmérsékleten. A rövid elméleti összefoglalás után a gyakorlatban előforduló mintapéldák megoldására kerül sor.

**Általános gáztörvény**

Az egyesített gáztörvényt a Boyle-Mariotte, a Gay-Lussac és Charles törvény összevonásával kapjuk meg:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Az Avogadro-törvény kimondja, hogy egy adott nyomáson és hőmérsékleten egységnyi térfogatban bármely légnemű anyagból ugyanannyi részecske található. Fizikai normálállapot (101 325 Pa, 0 °C) esetén 22,41 m<sup>3</sup>/kmol, a hazai gázipari gyakorlatban használt gáztechnikai normálállapot (101 325 Pa, 15 °C) esetén 23,64 m<sup>3</sup>/kmol. Az általános gáztörvényt az egyesített gáztörvény és az Avogadro-törvény egyesítésével nyerjük:

$$p \cdot V = n \cdot R_u \cdot T = \frac{m}{M} \cdot R_u \cdot T = m \cdot R_i \cdot T$$

Az előző egyenletek mindegyike feltételezi, hogy a vizsgált gázok ideális gázként viselkednek. A reális gáz viselkedése eltér az ideális gázétól, az eltérési tényezőt (z) a nyomás és a hőmérséklet befolyásolja. A gázipari gyakorlatban kb. 10 bar túlnyomás felett mindenképpen figyelembe kell venni a reális gáz eltérő viselkedését a mérnöki számítások során.

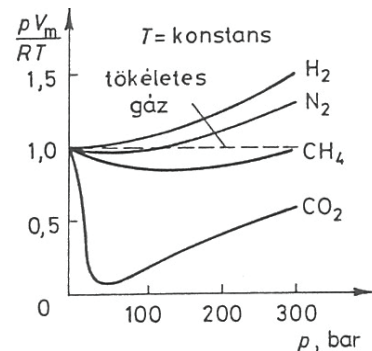
$$p \cdot V = z \cdot n \cdot R_u \cdot T$$

Az eltérési tényező számítására a gázipari gyakorlatban kellően nagy nyomások (pl. földgázszállítás) esetén a Wilkinson összefüggés használható, mely kielégítő pontosságú eredményt ad. A formula érvényessége 1,5-ös pszeudo-redukált nyomásértékig terjed ki.

$$z = 1 + 0,257 p_{pr} - 0,533 \frac{p_{pr}}{T_{pr}}$$

A pszeudo-redukált állapotjelzőket a pszeudo-kritikus állapotjelzők segítségével határozhatjuk meg (a nyomást bar-ban, a hőmérsékletet kelvinben kell behelyettesíteni):

$$p_{pr} = \frac{p}{p_{pc}} = \frac{p}{48,94 - 4,05 p_{rel}}$$



1. ábra. Az eltérési tényező változása a nyomás függvényében különböző gázok esetén

$$T_{pr} = \frac{T}{T_{pc}} = \frac{T}{94,71 + 170,7 p_{rel}}$$

A példaszámításokban a gázokat ideális gáznak tekintettük a számítás egyszerűsítése miatt.

**1. példa:** Hány g metán fejt ki ugyanakkora nyomást egy 10 literes tartályban 15°C-on, mint 50 g etán egy 7 literes tartályban 25 °C-on? Felhasználva az általános gáztörvényt mindkét esetre:

$$p_1 \cdot V_1 = \frac{m_1}{M_1} \cdot R_u \cdot T_1 \quad p_2 \cdot V_2 = \frac{m_2}{M_2} \cdot R_u \cdot T_2$$

A metán tömegét a fenti két egyenlet nyomásra rendezett alakjának egyesítéséből számíthatjuk ki:

$$m_1 = m_2 \cdot \frac{M_1}{M_2} \cdot \frac{V_1}{V_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} = 50g \cdot \frac{16,043 \frac{kg}{kmol}}{30,069 \frac{kg}{kmol}} \cdot \frac{10 \cdot 10^{-3} m^3}{7 \cdot 10^{-3} m^3} \cdot \frac{298,15K}{288,15K} = 39,43g$$

**2. példa:** Egy 5 literes, 26 bar túlnyomású etán palack és egy 20 literes, 69 bar túlnyomású szén-dioxid palack között 15°C-on kiegyenlítjük a nyomást. Mekkora lesz a kialakult közös nyomás a tartályokban, ha a légköri nyomás közben 1013,25 mbar?

Első lépésként meg kell határozni a tartályokban levő gázok anyagmennyiségét, felhasználva az általános gáztörvényt:

$$n_1 = \frac{p_1 \cdot V_1}{R_u \cdot T} = \frac{(26 \cdot 10^5 Pa + 101325 Pa) \cdot 5 \cdot 10^{-3} m^3}{8,314 \frac{J}{mol \cdot K} \cdot 288,15K} = 5,64 mol$$

$$n_2 = \frac{p_2 \cdot V_2}{R_u \cdot T} = \frac{(69 \cdot 10^5 \text{ Pa} + 101325 \text{ Pa}) \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 288,15 \text{ K}} = 58,44 \text{ mol}$$

A közös nyomást a kiszámított anyagmennyiségek ismeretében meghatározhatjuk az általános gáztörvényt alkalmazva:

$$p_k \cdot (V_1 + V_2) = (n_1 + n_2) \cdot R_u \cdot T$$

$$p_k(\text{abs}) = \frac{(n_1 + n_2) \cdot R_u \cdot T}{V_1 + V_2} = \frac{(5,64 \text{ mol} + 58,44 \text{ mol}) \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 288,15 \text{ K}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 + 20 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} = 6140605 \text{ Pa} \approx 61,41 \text{ bar}, \text{ ami jelen esetben } 60,39 \text{ bar}(t)$$

### Gázkeveredési szabályok, gázjellemzők számítása:

A gázelegyek tulajdonságait általában a gázkomponensek tulajdonságainak megfelelő súlyozott térfogat átlagai képezik.

**3. példa:** Számítsa ki az alábbi összetételű gázelegy technikai gázállandóját, relatív-, abszolút- és normálállapoton vett sűrűségét! A gáz túlnyomása 3 bar, hőmérséklete 15 °C. Az elegy összetétele és a komponensek moláris tömegei:

| Komponens   | Moláris tömeg $M_i$ kg/kmol | Térfogat-százalék $r_i$ [%] |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Metán       | 16,043                      | 75                          |
| Etán        | 30,069                      | 5                           |
| Propán      | 44,096                      | 3                           |
| Nitrogén    | 28,013                      | 3                           |
| Szén-dioxid | 44,010                      | 14                          |

A keverék moláris tömege meghatározható a térfogattörtek ismeretében:

$$M_{\text{keve}} = \sum_{i=1}^5 r_i \cdot M_i = 0,75 \cdot 16,043 + 0,05 \cdot 30,069 + 0,03 \cdot 44,096 + 0,03 \cdot 28,013 + 0,14 \cdot 44,010 = 21,86 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$$

A keverék technikai gázállandója:

$$R_t = \frac{R_u}{M_{\text{keve}}} = \frac{8314 \frac{\text{J}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}}{21,86 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}} = 380,329 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

A keverék sűrűsége fizikai és gáztechnikai normálállapoton:

$$\rho_{\text{keve fiz}} = \frac{M_{\text{keve}}}{V_{m \text{ fiz}}} = \frac{21,86 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}}{22,41 \frac{\text{m}^3}{\text{kmol}}} = 0,975 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{\text{keve gázt}} = \frac{M_{\text{keve}}}{V_{m \text{ gázt}}} = \frac{21,86 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}}{23,64 \frac{\text{m}^3}{\text{kmol}}} = 0,925 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

A keverék sűrűsége adott nyomáson és hőmérsékleten az általános gáztörvény segítségével számítható 1 mol-nyi anyagmennyiséget vizsgálva:

$$\rho_{\text{keve}} = \frac{p}{R_t \cdot T} = \frac{p \cdot M_{\text{keve}}}{R_u \cdot T} = \frac{(3 \cdot 10^5 \text{ Pa} + 101325 \text{ Pa}) \cdot 21,86 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}}{8314 \frac{\text{J}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} \cdot 288,15 \text{ K}} = 3,662 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Amint az eredmények is mutatják, a gáz nyomása, hőmérséklete és sűrűsége között igen szoros kapcsolat mutatható ki.

Remélhetőleg ezek, a Fenntartható Természeti Erőforrás Gazdálkodás Kiválósági Központ keretében elvégzett mérnöki számítások megfelelő alapot nyújtanak a cikksorozat további részeiben szereplő, komplexebb feladatok megértéséhez és megoldásához.

### Jelmagyarázat

|        |                        |                                      |          |                              |                         |
|--------|------------------------|--------------------------------------|----------|------------------------------|-------------------------|
| p      | nyomás                 | Pa                                   | z        | eltérési tényező             | -                       |
| T      | hőmérséklet            | K                                    | $p_{pc}$ | pszeudo-kritikus nyomás      | bar                     |
| V      | térfogat               | $\text{m}^3$                         | $T_{pc}$ | pszeudo-kritikus hőmérséklet | K                       |
| n      | anyagmennyiség         | mol                                  | $p_{pr}$ | pszeudo-redukált nyomás      | -                       |
| $\rho$ | sűrűség                | $\text{kg}/\text{m}^3$               | $T_{pr}$ | pszeudo-redukált hőmérséklet |                         |
| $R_u$  | univerzális gázállandó | $\text{J}/\text{mol} \cdot \text{K}$ | M        | moláris tömeg                | $\text{kg}/\text{kmol}$ |
| $R_t$  | technikai gázállandó   | $\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}$  |          |                              |                         |

Megjelent Gerse Károly: *Villamosenergia-piacok* című könyve a BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék kiadásában. A könyv elsősorban az energetikus mérnök mester szakos hallgatók tankönyve, de a téma iránt érdeklődők munkáját is nagyban segítheti. A könyv célja, hogy a hallgatók számára, az előadások kiegészítéseként, összefoglalja az alapvető kérdéseket. Az ismeretek egy része a folyamatok változások, fejlődés következtében elavulhat, így a szerző elsősorban a folyamatok, a gondolkodás bemutatására törekszik, de esetenként nem nélkülözi az aktuális elemek leírását sem. A felhasználók elsősorban az elvárásokat, gondolkodásmódot tudják elsajátítani, és ennek birtokában mindig értékelni tudják a feladataik ellátásához rendelkezésre álló, aktuális lehetőségeket. A könyv összeállításához a szerző a megjelölt hivatkozások mellett számos más, saját közleményt, nem publikált dolgozatot

### Könyvismertető

is felhasznált. A villamosenergia-rendszer fejlődésének, szabályozásának ismertetésénél csak az aktuális helyzet, a folyamatok megértése szempontjából fontosabb részletek szerepelnek.

A mai hétköznapi élet elképzelhetetlen folyamatos, megfizethető energiaellátás nélkül, így az ellátás biztonsága, versenyképessége megkerülhetetlen. Az Európai Unió belül az energiaellátás liberalizált piacokon történik, és a vonatkozó jogszabályokat áttekintve úgy tűnik, hogy nincsenek kijelölt felelősök sem az ellátásbiztonságért, sem a versenyképességért. Ezeket a hatékonyan működő piacoknak kellene garantálni. Jelenleg elsősorban nemzeti, esetleg regionális piacok működnek, az egységes európai piac kialakulására a technikai és regulációs feltételek hiányában még várni kell. A piaci liberalizáció hátterében,

az új típusú termelő berendezések (megújuló erőművek, mini-mikro erőművek), új technológiák (energiatárolók, villamos autók, okos mérés, okos rendszer elemek), modern információs rendszerek (mobil eszközök) megjelenése, a felügyelet és az ellenőrzés lehetőségeinek bővülése, valamint az aktívra váló fogyasztók hatására, a villamos energetika környezete teljesen megváltozott és további változásban van. A megújuló energia források gyorsuló terjedése, az ezzel összefüggő mentalitásváltozás átforgalmazza az egész energia szektort. Jelenleg még nem látszik, hogy milyen lesz a végső állapot. Több megfigyelő véleménye alapján egy nagyleptékű kísérlet részesei vagyunk, amely remélhetően sikerrel jár. A folyamatos változás ellenére a szektornak kifogástalanul, közmegegyezésre kell működnie.

A könyv elérhető a Műegyetemi könyvtárban.

# A nemzetközi és a hazai gázpiaci helyzet

Dr. Molnár László

okl. gépészmérnök, [lmolnar@t-online.hu](mailto:lmolnar@t-online.hu)

## Globális gáztrendek 2020-ig

A globális földgáz kereslet 2013-ban csak 1,2%-kal nőtt, lassabban, mint a többi energiahordozó. Az okok között említhetjük a lassuló gazdasági növekedést, a gázszállítási gondokat, a lefékeződő LNG kereskedelmet továbbá a villamosenergia-szektorban a szén és a megújuló energiák erősödő versenyét. A nem-OECD országokban – melyek az elmúlt évtizedben a gázfogyasztás növekedését motiválták – lelassult a gázfogyasztás növekedése az OECD országokban tapasztalható növekedési szintre. Ha nem lett volna extrém hideg a tél Észak-Amerikában, akkor a gázfogyasztás az OECD országokban zsugorodott volna, míg a globális fogyasztás stagnált volna.

A Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA) 2014-es Középtávú Gázpiaci Jelentése szerint 2020-ig a globális gázfogyasztás évi 2,2%-kal növekszik. Több fontos változás lesz ebben az időszakban: gyorsan nő a gázigény Kínában és a Közép-Keleten, míg Európában és Oroszországban lassul; nő a verseny a volt Szovjetunió utódállamaiból érkező vezetékes gáz és az USA-ból és Ausztráliából érkező LNG között, főképp Európában és Ázsiában; a nem-OECD ázsiai országokban és Latin-Amerikában növekszik a gázimport aránya; kérdéses, hogy Európa függetlenedni tud-e az orosz gáztól.

Az áramtermelésben a gáz szerepe tovább nő (de nem Európában), és új jelenség a tengeri hajózásban a gáz, mint üzemanyag. A Közép-Keleten a gyorsan növekvő áramigény kielégítésére erős versenyben van a gáz és az olaj. Növeli a gáz kínálatot Irán valószínű visszatérése a gázpiacra, továbbá az is, hogy Japánban rövidesen újra indítanak egy sor atomerőművet. Új jelenség az USA-ban a földgáz és az LPG (cseppfolyós gázok) versenye.

1. táblázat. A 2012. és 2013. évi gázmérleg az OECD Európa országaiban, mrd m<sup>3</sup>

| OECD Európa       | 2012 | 2013 |
|-------------------|------|------|
| Belföldi termelés | 274  | 269  |
| + Import          | 611  | 630  |
| – Export          | 384  | 402  |
| – Készletváltozás | -0,3 | -3   |
| = Fogyasztás      | 503  | 501  |

Az OECD Európa (= EU tagállamok + Svájc és Norvégia) gázfogyasztása 500 milliárd m<sup>3</sup> körül stagnál. Az 1. táblázatban az EU tagállamok közötti import-export is megjelenik. Az EU gázimportjának legnagyobb része 3 országból érkezik: Oroszország 121, Norvégia 86, Észak-Afrika 65 mrd m<sup>3</sup>/év.

Az EU-ba érkező földgáz kb. 3/4-e vezetéken, 1/4-e LNG formájában érkezik. Kelet-Közép Európában az orosz gázfüggés 70-100% közötti, míg Nyugat-Európában alacsony. A Nyugat-Európai hurkolt gázvezeték rendszer és az LNG terminálok lehetővé teszik az import diverzifikálását, igazi gázpiac kialakulását, míg a KKE régióban a verseny limitált. A távolabbi jövőben az EU tovább növeli a megújuló energiák részarányát, melyek mind az áramtermelésben, mind a fűtés területén visszaszorítják a földgázt. Az OECD Európá-

ban nem várható nagyobb ütemű gázfogyasztás növekedés. Emellett az orosz gázfüggés csökkentése, mint cél egyre fokozottabb mértékben jelenik meg.

## Az EU reakciói az ukrán-orosz válságra

Az Ukrajnában bekövetkező politikai fordulatok új szintre emelték az Ukrajnán keresztül érkező gáz kockázatát. A Testvériség vezetői eddig is a kockázatos szállítási útvonalak közé tartozott, de az elmúlt évek ellátási-szállítási gondjai elsősorban árvitákból, számlafizetési késlekedésből fakadtak, melyeket néhány napon belül rendezni lehetett. De mára nagyon megváltozott a helyzet. A Krím félsziget elfoglalása, a kelet-ukrajnai felkelők fegyveres harcai, az orosz hatalmi ambíciók megnövekedése és egyúttal Ukrajna anyagi helyzetének romlása más dimenzióba helyezte a kérdést. Az EU és az USA keresi a megoldást, de új javaslatok hangzottak el a V4-ek részéről is.

## Az orosz-ukrán válság energetikai hatásai

Egész Európa energetikai helyzetét átrendezi az orosz-ukrán válság. Rövid- és hosszú távú megoldások egész sora merült föl, de az igazi megoldás még nem látszik. A válság főbb hatásait az alábbiakban foglaljuk össze:

- Az EU földgáz ellátásának biztonsága csökken;
- Az Ukrajnán áthaladó Testvériség vezeték jelentősége csökken, szerepét átveszik más megoldások, azaz az ukrán tranzit leértékelődik;
- Északi Áramlat szerepe nő (55 Mrd m<sup>3</sup>/év) (részben helyettesíti a Testvériséget), felmerülhet az ÉÁ szállítóképességének bővítése;
- Déli Áramlat építését erősíti (mert az ukrán tranzit még bizonytalanabb);
- Egyéb LNG források fokozott importja (USA, Afrika, Arab öböl, Ausztrália);
- Korábbi EU cél, „közös energiapolitika”, ejtve;
- Új EU reakció: „energia unió kell”, egy közös tárgyalóval;
- EU és V4-ek kérése: US szállítson LNG-t Európába és a közép-európai térségbe;

Tekintsük át részletesebben az energetikai hatásokat.

## Energia unió kell

Korábban éveken át hallottuk, hogy „közös energiapolitika kell”, ami nyilvánvalóan nem volt több mint egy szép politikai lózung. Hiszen nyilvánvaló, hogy eltérő klimatikus viszonyok között, eltérő gazdasági, pénzügyi és ásványanyag erőforrás adottságok mellett, eltérő gazdasági és fiskális politikákkal országoként más és más energiapolitika célszerű. Nem említve az olyan különbségeket, mint a nukleáris energia illetve a megújulóknak szélsőséges támogatása, lásd Franciaország és Németország. Így a közös energiapolitikából nem lett több mint néhány közös környezetvédelmi célkitűzés.

2014. tavaszán megszületett egy új lengyel javaslat, mely „energia unió” létrehozására szólítja fel az EU tagállamokat. A Tusk-féle EU energia program 5 pontja a következő:



1. Közös uniós olaj- és gázvásárlás, egy közös tárgyalóval;
2. A tagállamok közötti szolidaritás mechanizmusának erősítése az energiaszállítások megszakadása esetén;
3. Az infrastrukturális beruházások lehető legnagyobb részének EU-forrásokból történő finanszírozása;
4. Az EU gáz- és kőolajszükséglete importjának diverzifikálása, különösen az Egyesült Államokból;
5. Az energiabiztonság megteremtése az EU szomszédjai számára is. Energiaközösség, az EU-n kívüli balkáni országok, valamint Ukrajna és Moldova részére.

A Tusk-féle javaslat egyes elemei már régóta létező célok, például a szolidaritás vagy az import diverzifikálása. Más elemek – például a közös tárgyaló – viszont irracionálisnak tűnnek. A gázt ugyanis nem országok, hanem magántársaságok vásárolják. Nehezen képzelhető el, hogy az olyan óriás vállalatok mint az E.on vagy a GDF Suez kiadják kezükből azt a lehetőséget, hogy kihasználva jelentős súlyukat az átlagnál kedvezőbb áron tudjanak vásárolni. A másik oldalról nézve, az ilyen javaslatoknak mindig az a ki nem mondott célja, hogy a gyengébb tárgyalási pozícióval rendelkező országok olcsóbban jussanak gázhoz az erősek rovására.

## Az USA szállítson LNG-t Európába

Európai és amerikai politikusok egész sora kéri illetve javasolja, hogy az USA masszív LNG szállításokkal törje meg az orosz gázdominanciát Európában. Amerikai egy hatalmas gáz-boom kellős közepén van, miért is ne? Vezető elemzők szerint azonban a helyzet nem ilyen egyszerű. Először is hatalmas infrastruktúra beruházásokra lenne szükség az Atlanti óceán mindkét partján. Amerikában és Európában új vezetékeket, gáz-cseppfolyósító és visszagázosító terminálokat kellene építeni, óriási költséggel. Továbbá az orosz gáz szignifikánsan olcsóbb, mint az amerikai LNG, főképp ha figyelembe vesszük a szállítási költséget, valamint az LNG export által előidézett nagy kereslet árfelhúzó hatását az amerikai gázárakra. Az új amerikai gáztermelő helyek kiépítése tovább növelné Amerikában és Európában a környezetvédelmi aggodalmakat.

Összefoglalóan megállapítható, hogy lenne haszna az amerikai LNG exportnak – növekvő energiabiztonság Európában és a globális gázkereskedelem kiépülése – de azok az állítások, hogy mindez komoly fenyegetést jelentene Oroszországra, az orosz gázexportra, erősen túlzóak, nem megalapozottak. A V4-ek ellátása amerikai LNG-vel még drágább lenne, mert a nyugat-európai LNG terminálokból a gáz eljuttatása tovább emelné a költségeket.

## ETE kitüntettek

A küldött közgyűlésen kerültek átadásra az Egyesület 2014. évi kitüntetések:

**Segner János András Díjat kapott Milanovich László, a Hőszolgáltatási Szakosztály leköszönő elnöke és Müller József, a Csongrád megyei szervezet tagja.**

Milanovich László 2001 óta vezette Egyesületünk legeredményesebben működő szakosztályát, ezzel egyidejűleg tagja volt az Ügyvezető Bizottságnak. Ezt megelőzően 7 évig a szakosztályban alelnök volt. A szakma összefogásában, az e területen működő szakemberek együttműködésének elősegítésében kiemelkedő eredményeket ért el. Meghatározó szerepe volt az évente megrendezett hőszolgáltatási vándorgyűlések rendezésében.

Müller József 1971. óta folytat kimagasló tevékenységet az ETE-ben. A Technológiai rendszerek energetikai felülvizsgálatában, a megtakarítási lehetőségek feltárásában ért el kiváló eredményeket. Ennek részét képezi az általa végzett oktatómunka is.

**Szikla Géza Díjat kapott Győri Csaba, a Hőszolgáltatási Szakosztály vezetőségének tagja, és Prantner József, az Esztergomi Szervezet elnöke**

Győri Csaba a magyar távhő szakma kiemelkedő képviselője, számos hazai rendezvény előkészítője, szervezője és sikeres előadója. 2013-tól a Szakosztály alelnöke.

Prantner József sok éven keresztül az ETE Esztergomi Szervezet titkáráként segítette Mohácsi Miklós, majd Dr. Steier József elnököket a szervezet példamutató tevékenységében. 2013-tól elnökként biztosítja az ott végzett munka folyamatosságát.

**Szabó Imre Díjat kapott Dr. Antal Ildikó az Elektrotechnikai Múzeum igazgatója.**

Dr. Antal Ildikó a villamosenergia-ipar múltjának kiemelkedő kutatója, a témáról a Szenior Klubban nagy érdeklődést kiváltó előadást is tartott. A Szenior Klub tevékenységét a hetente tartott programok feltételeinek biztosításával hosszú évek óta támogatja.

**Energiagazdálkodásért kitüntetést kapott Busa Antal, a Győri Csoport tagja, Péter Szabó István, a Csongrád megyei Szervezet titkára és Vörös Csaba, az Energetikai Szakkollégium volt elnöke.**

Busa Antal aktívan segíti a szervezet programjainak előkészítését, végrehajtását, valamint színvonalas energetikai, tudományos és oktatási tevékenységet végez.

Péter Szabó István kiváló szakmai és szervezőtevékenységet végez, a szervezeti egység titkári feladatait eredményesen látja el. A napkollektor rendszerek fejlesztője, ipari energiagazdálkodási szakértő és egyetemi oktató.

Vörös Csaba az Energetikai Szakkollégium 2013-ban leköszönő elnöke, aki aktívan szervezte a Szakkollégium munkáját. Több sikeres nemzetközi konferenciát rendeztek, az általuk szervezett középiskolás tanulmányi versenyeken több mint ezer diák vesz részt.

A díjátadáson készült fényképek és a korábbi díjazottak megtekinthetők az Egyesület honlapján, a <http://ete-net.hu/index.php/szervezet/az-ete-dijazottjai> címen.

*Korcsog György  
a Díjbizottság elnöke*

## Füstgáz hőhasznosító létesítése a Rákoskeresztúri fűtőműben<sup>1</sup>

**Orbán Tibor**

okl. gépészmérnök, [torban@fotav.hu](mailto:torban@fotav.hu)

**Gurka Szilárd**

okl. gépészmérnök, [sgurka@fotav.hu](mailto:sgurka@fotav.hu)

**László Tamás**

okl. vegyipari mérnök, [tamas\\_laszlo@chello.hu](mailto:tamas_laszlo@chello.hu)

A FŐTÁV stratégiai célja az egységnyi értékesített hőre jutó földgáz-felhasználás csökkentése. Erre a 35 MW csúcsgényű Rákoskeresztúri Fűtőműben jó lehetőség nyílt a fűtési időszakban a kazánokból környezetbe távozó füstgázok hőfokának (120-130 °C) csökkentésével egy füstgáz hőhasznosító rendszer megvalósítása révén. A rendszer a távhőhálózatra kapcsolva a kazánokban keletkező füstgáz lehűtésével előmelegíti a visszatérő vízáramot, ezzel 4% hőtermelési hatáskör-növekedést elérve és mintegy 7 447 GJ/év földgázfelhasználást kiváltva.

\*

Strategic goal of Budapest District Heating Company to reduce the specific natural gas consumption of the realized heat. It was a good occasion at Rákoskeresztúr heating station having 35 MW peak capacity to reduce the temperature of flue gases with the installation of an economizer in the heating season. The economizer is heating up the temperature of the back coming current and raising the efficiency of the heat production with 4%. The result is that natural gas is not burned in the boilers giving 7 447 GJ/y energy saving.

\*\*\*

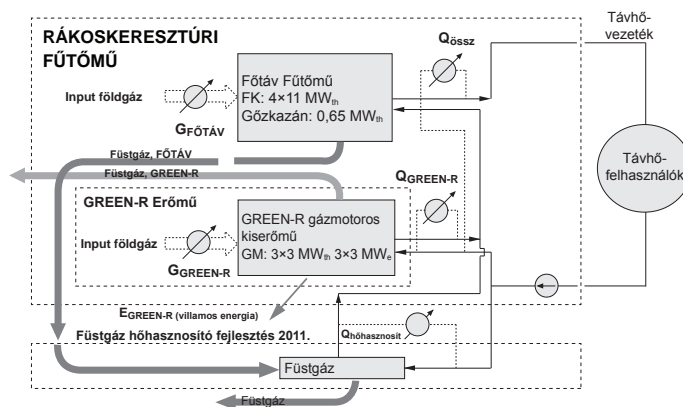
A FŐTÁV Rákoskeresztúri Fűtőművéből Budapest dél-keleti részén, az ún. Rákoskeresztúri hőközetben mintegy 7400 lakossági és egyéb felhasználót lát el távhővel. A felhasználók ellátásához szükséges távhő egy részét a Green-R Zrt-nek a FŐTÁV a telephelyén létesített gázmotoros kiserőművétől vásárolja, míg a másik részét saját fűtőművében állítja elő alapvetően földgázból, illetve a nagy téli hidegben jelentkező csúcsgények esetén kiegészítésként propángázból. A Green-R Zrt. a villamosenergiával kapcsoltan termelt hőt adja el a FŐTÁV részére, az e feletti hőigényt, illetve a távhőrendszer működtetését, beleértve a távhő szállítására szolgáló távhővezetékben áramló forróvíz keringtetését is a FŐTÁV fűtőműve elégíti ki.

A füstgázhasznosító megvalósítása előtt a felhasználóktól távhővezeték visszaérkező lehűlt vizet először a gázmotorok melegítették fel, majd az igények ellátáshoz szükséges mértékig a fűtőmű kazánjai melegítették tovább földgáz és propángáz eltüzelésével. A kazánokból a víz felmelegítését követően a füstgáz mintegy 120-130 °C hőmérsékleten került a kéménybe, majd azon keresztül, további hasznosítás nélkül távozott a környezetbe.

Mint hogy a kazánokból átlagosan 120-130 °C-on kilépő füstgáz jelentős energiataralommal rendelkezik, azt az energetikai rendszerbe visszavezetve növelhető az energetikai hatékonyság. Ennek hasznosítása érdekében a FŐTÁV 2011-ben a Rákoskeresztúri Fűtőművében fejleszt-

tést hajtott végre a meglévő technológiai rendszerhez kapcsolódó füstgáz hőhasznosító rendszer megépítésével.

A Fűtőmű egyszerűsített hősémáját az 1. ábra mutatja:



1. ábra. Rákoskeresztúri Fűtőmű energiaáramlásának egyszerűsített vázlata

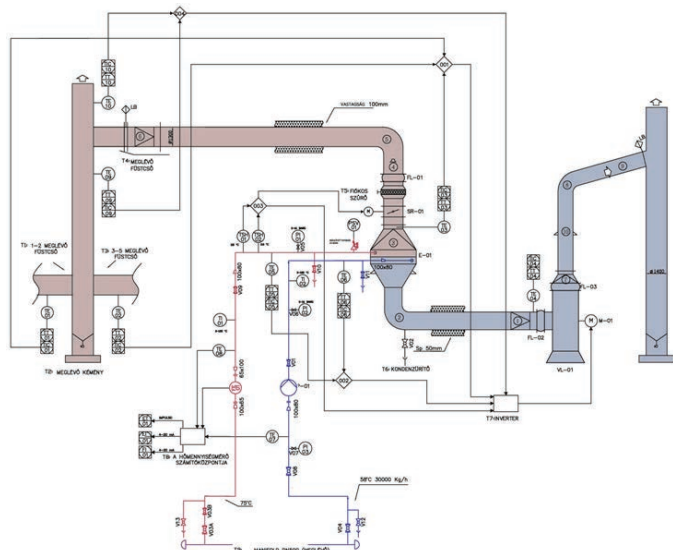
### A fejlesztés ismertetése

A technológia központi eleme egy füstgáz-forróvíz hőcserélő, mely a meglévő forróvízkazánok füstgázrendszeréhez illesztve, a távhőhálózat visszatérő vezetékébe előfűtőként bekapcsolva, a szükséges mennyiségű füstgáz elszívásával és hőenergiájának hasznosításával növeli a visszatérő víz hőmérsékletét. A hőhasznosító rendszert névlegesen 593 kW teljesítményre méreteztük, ami maximálisan 1100 kW hőteljesítmény visszanyerését teszi lehetővé. A hőhasznosító toronyon áthaladó visszatérő víz kilépő hőmérséklete névleges üzemi állapotban 75 °C, maximális terhelés esetén 90 °C (45-55 °C belépő vízhőmérséklet mellett) hőmérsékletre emelhető. A füstgáz hőmérséklete pedig, alacsony hőmérsékletű visszatérő vízhőmérséklet esetén, a füstgázban levő nedvesség részleges kondenzációja mellett 55-70 °C-ra csökken. A füstgáz hőhasznosítóban visszanyert hőenergia mennyiségét a vízdalon beépített hőmennyiségmérővel mérjük.

A meglévő kéményből a füstgáz egy részének elvétele ventilátor segítségével történik, amely a hőcserélő után került elhelyezésre. A ventilátor a hőcserélőn átszívja a füstgázt, majd továbbítja az új, 1. képen látható önhordó kéményre. A hőcserélő utáni részekben a füstgáz hőhasznosító berendezés kialakítása savas kondenzátumnak ellenálló anyagok felhasználásával történt. A keletkező kondenzátum egy – CaCO<sub>3</sub> bázisú granulátumot tartalmazó – semlegesítő egységen átvezetve jut a csatornarendszerbe.

<sup>1</sup> A cikk a Virtuális Erőmű Program megbízásából készült.

A füstgáz hőhasznosító rendszer sematikus képét a 2. ábra mutatja.



2. ábra. Füstgáz hőhasznosító rendszer sémaábrája

A füstgáz hőhasznosítása csökkenti a kazánok terhelését és a felhasznált földgáz mennyiségét, ennek köszönhetően növeli a fűtőmű telepi hatásfokát, a fűtőmű üzemeltetéséhez szükséges anyag- és energiafelhasználás hatékonyságát, továbbá mérsékli a környezet terhelését, a károsanyag-kibocsátás csökkenésével. Az üvegházhatást befolyásoló gázki-bocsátás átlagosan 360 t/év mennyiséggel csökken.

A fűtőmű telepi hatásfoka a rendszer üzembe helyezése óta számottevően (4%-kal) javult.

A füstgáz hőhasznosító berendezés révén füstgázból nyert hőenergiát nem kell a kazánokban megtermelni, így a hozzá szükséges gázt sem kell elégetni. Másképpen fogalmazva a füstgáz hőhasznosítóban nyert hőenergiát, füstgáz hőhasznosító nélkül a forróvízkazánokban eltűzelt földgázból kellene előállítani. E logika mentén egyszerűen meghatározható az a földgáz hőmennyiség, amelyet a füstgáz hőhasznosítás révén a FŐTÁV saját kazánjaiban megtakarított. Mégpedig úgy, hogy a hőhasznosítóban visszanyert és hőmennyiségmérőn mért hőmennyiséget elosztjuk azon fűtőművi hőtermelési hatásfokkal, amellyel hővisszanyerés nélkül azt a hőt meg kellett volna termelnie.

### A fejlesztéssel elért eredmények ismertetése

A füstgázhasznosítás 2011. év decemberi üzembe lépése óta eltelt két évben visszanyert átlagos éves hőenergiát, és a fejlesztés előtti, illetve utáni időszakban felhasznált átlagos éves gázfelhasználást, és a kettő különbségeként jelentkező a füstgáz hőhasznosítás kiépítése révén nyert (a fejlesztést megelőző, 2010. január és 2011. november közötti időszak átlagos 92,53%-os fűtőművi hatásfokával számított) földgázenergia megtakarítást az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat. Rákoskeresztúri füstgáz hőhasznosítás által megtakarított energia

| Rákoskeresztúri füstgáz hőhasznosítás által megtakarított energia        | Me.   | Fejlesztés előtti bázis időszak (2010-11) | Fejlesztés utáni időszak (2012-13) | Fejlesztésből származó hőenergia megtakarítás |
|--|-------|---|------------------------------------|---|
| Füstgázból kinyert hőmennyiség   | GJ/év | 0   | 6891                               | 6891  |
| Füstgázhasznosítás kiépítése nélkül ennyi gázt kellett volna eltűzelnünk | GJ/év | 215 453                                   | 208 006                            | 7447  |



Füstgáz hőhasznosító

A Rákoskeresztúri fűtőmű több éves földgázfogyasztásának hőmennyisége a fejlesztés előtt 215 453 GJ/év volt. A Rákoskeresztúri Fűtőmű földgázfogyasztásának átlagos éves hőmennyisége a füstgáz hőtartalmának kinyerése után 208 006 GJ/év.

A fejlesztés megvalósítása után jelentkező hőmegtakarítás (amennyi földgáz nem került eltűzésre) 7 447 GJ/év.

A projekt hozzájárulása a Virtuális Erőmű programhoz.

Fentiek alapján a felújítás eredményeként 2 068,5 MWh fűtési energia-megtakarítást sikerült elérni.

A VEP szempontjából elfogadható villamos teljesítménycsökkenés:

$$P_{VEP} = Q_{VE} \cdot \eta / \tau_{CS} = (2068,5 \text{ MWh} \cdot 50\%) / 6000 \text{ h} = 172,37 \text{ kW}$$

ahol:

$P_{VEP}$  – a VEP szempontjából értékelt villamos teljesítmény csökkenés,

$Q_{VE}$  – a teljesítmény számítás alapját képező hőenergia megtakarítás,

$\eta$  – átlagos erőműi hatásfok

$\tau_{CS}$  – erőműi éves csúcsidei üzemóraszám

**Összegezve a Rákoskeresztúri fűtőmű füstgázának hőhasznosításával 172,37 kW értékkel járult hozzá a Virtuális erőmű építéséhez.**

# Ganz Ábrahám emlékfélévet zárt az Energetikai Szakkollégium

A 2013/14-es tanév tavaszi félévét az Energetikai Szakkollégium a 200 éve született Ganz Ábrahám emlékének szentelte. Egyesületünk ebben a félévben is tovább növelte nyílt, szakmai programjainak színvonalát, megrendezve 9 előadást, 7 üzemlátogatást és egy fórumot, mely a magyarországi vízerő-hasznosítás helyzetéről próbált átfogó képet adni az érdeklődőknek. A félév zárásaként az említett programokat pár sorban összefoglalva mutatjuk be a szemeszter során érintett energetikai témákat, reményeink szerint így kedvet teremtve következő féléves programjainkhoz.

## Előadásaink

### Európai energia-ipari célok, trendek és ezek technológiai, innovációs kihatásai

*Előadó: Ságodi Attila*

Félévünk nyitóelőadását a MEE Energetikai Informatika Szakosztályával és a MEE Mechwart András Ifjúsági Társasággal közösen szerveztük meg. Az előadás három nagy témakört ölelt fel: az energiaforrás-összetétel változását, a piaci szabályozás módjait, és a technológia-innováció témakört, melynek keretében a hallgatóság megismerkedhetett az okos mérés, illetve hálózatok előnyeivel és hátrányaival. Az egyes nagy témákat az előadó globális, európai és magyarországi szinten is ismertette.

### Ganz Ábrahám élete és vállalatának fénykora: vasöntödéből a mérnöki fejlesztések úttörője

*Előadók: Gábor János, Dr. Jeszenszky Sándor, Dr. Kiss László Iván*

A 2013/2014-es tanév tavaszi félévében Ganz Ábrahám, svájci vasöntőmester előtt tisztelegtünk. Félévünk második előadásából nemcsak életéről kaphattunk átfogó képet, de megismerkedhettünk munkatársával, és a jelenlegi ismereteink alapján kijelenthetjük a Bláthy- Déri- Ziperowsky „triász” transzformátorának elsőbbségét, továbbá megállapíthatjuk, hogy az „aranykorszakban” a Ganz gyár volt a világon az egyik legnagyobb transzformátorokat is tartalmazó hálózatokat szállító vállalat.

### A Mátrai Erőmű intézkedései a szigorodó károsanyag-kibocsátási határértékek betartása érdekében

*Előadó: Orosz Zoltán*

Az előadás témáját a 2016. január 1-től életbe lépő Ipari Károsanyag-kibocsátási Irányelv (IED) adta. Ennek értelmében a határértékek hazánkban is szigorodnak és betartásukhoz különböző intézkedések szükségesek. Orosz Zoltán, a Mátrai Erőmű Zrt. stratégiai osztályvezetője előadásában ismertette az intézkedéseket, az azt megelőző méréseket, vizsgálatokat és az ebből levont következtetéseket.

### Épületenergetikai és – informatikai megoldások a háztartások energiaigényének mérséklésére

*Előadók: Balogh Zoltán, Talamon Attila*

Az előadás célja az volt, hogy bemutassa és összehasonlítsa az épületenergetikai és épületautomatizálási

felújítási lehetőségeket. Az előadásból megtudtuk, hogy ezek ki-egészítői egymásnak, és előadónk is egyetértettek abban, hogy az épületek felújítását az épület hőszigetelésével kell kezdeni, így csökkentve első lépésben az energiaigényeket. Második lépésben a már csökkentett igényeket épületautomatizálási rendszer beépítésével tovább kell racionalizálni, és végső lépésben a már teljesen lecsökkentett energiaigényt kell ellátni megújuló energiák használatával.

### HVDC (High-voltage Direct Current): Nagy villamos teljesítmény átvitele nagy egyenfeszültségen

*Előadó: Kimpián Aladár*

Az előadás témáját a nagyfeszültségű egyenáramú hálózatok témaköre adta. Kimpián Aladár, a BME VIK tiszteleti oktatója előadásában ismertette a HVDC átviteli sémáját, alkalmazásának előnyeit, hátrányait, fejlődésének történeti áttekintését egészen napjainkig, valamint műszaki, illetve gazdasági értékelését.

### A brit döntés háttere: az erőművi beruházások és a villamosenergia-ár kölcsönhatása

*Előadó: Kerekes Lajos*

A brit döntés tulajdonképpen azt takarja, hogy a francia EDF vezette konzorcium (EDF, Areva, továbbá két kínai cég a CGNPC és a China National Nuclear Corporation) atomerőművet építhet Angliában, mely a tervek szerint 2023-ban kezdheti meg működését. A brit kormány 92,50£/MWh-s kötelező átvételi árat biztosít az erőműnek az indítást követő 35 évre. Ennek a döntésnek a hátteréről beszélt az előadónk, megvizsgálva annak előzményeit és körülményeit is.

### Tehetséges hallgatók az energetikában

*Előadók: Az ESZK tagjai*

Ezen az estén az Energetikai Szakkollégium tagjai mutathatták be saját kutatási területüket, TDK-munkájukat, vagy épp szakdolgozat témájukat előadások, illetve poszterek formájában. A spektrum igen széles volt: a hulladékégetőktől kezdve a villamosenergia-rendszer védelmekig jelen volt az energetika szinte minden ága.

### Hogyan lesz fúziós erőművünk 2050-ben?

*Előadó Dr. Pokol Gergő*

Az előadás során képet kaphattunk a fúziós energiát érintő legújabb kutatásokról, fejlesztési irányok eredményeiről, a jelenleg zajló projektek céljáról és helyéről azon az úton, mely 2050-ben egy már a hálózatra termelő energetikai fúziós reaktor felé vezethet. Azonban amíg a technológia nem lesz versenyképes a többi energia előállítási móddal, a széleskörű elterjedésre várni kell, és ez nagyrészt a fúziós kutatásokon kívüli technológiai fejlesztésektől függ.

### FITFormer REG – az alkalmazkodó transzformátor

*Előadó: Hipszki Gyula*

Emlékfélévünk utolsó előadásának témája egy új fejlesztés, a terhelés alatt változtatható áttételű közép/kisfeszültségű transzformátor volt. Hipszki Gyula



előadásában ismertette a Siemens új fejlesztését, kezdve a transzformátorok feltalálásától, az áttétel módosítás elvi jelentőségén át, egészen a gyártási folyamatig, mely során megtudhattuk, hogy a villamosenergia-átviteli hálózatok fejlesztésének egyik lehetséges forгатókönyve tartalmazza a terhelés alatt változtatható áttételű KőF/KiF transzformátorok alkalmazását.

## Üzemlátogatásaink

### MOL Nyrt. Százhalombattai Dunai Finomító és Dunamenti Erőmű

Első üzemlátogatásunk során az érdeklődők délelőtt a MOL Nyrt. Százhalombattai Dunai Finomítóját tekinthették meg, aminek első részében egy kisfilmmel, majd rövid előadás során ismertették a Finomító történetét, illetve a jelen lévő technológiákat. A délután folyamán a nem messze található Dunamenti Erőművet nézték meg.

### Pannonpower biomassza erőmű és a Szentágothai János Kutatóközpontban

A félév második üzemlátogatása során az érdeklődőkkel a PANNONPOWER pécsi biomassza-tüzelésű erőművet tekintették meg, valamint a Szentágothai János Kutatóközpont épületgépészeti rendszeréről tudhattunk meg érdekességeket.

### Bős-Gabcikovo Vízerőmű és Dunakiliti vízlépcső

A félévben megrendezésre kerülő fórummal összhangban hirdettük meg a Bősi Vízerőmű és a Dunakiliti Duzzasztómű üzemlátogatást,

melynek során nemcsak a vízerőművet, illetve a vízlépcsőt tekintették meg, de a létesítmény történetébe is betekintést nyerhettünk.

### Parlament épületgépészete és pincerendszere

Magyarország egyik jelképe az Országház épülete, melyet minden nap tömegek látogatnak. Mégis keveseknek adatik meg a lehetőség, hogy bepillantást nyerjenek a színpalak mögé, és megismerhessék az épület működését, annak gépészeti rendszereit. Ezért az Energetikai Szakkollégium üzemlátogatást szervezett az épületben, annak pincerendszerébe, valamint kazánházába, hogy megismerkedhessünk az épületgépészet elemeivel és működésük teljes folyamatával.

### Paksi Atomerőmű

A Szakkollégium ebben a félévben is megrendezte már hagyományosnak mondható paksi üzemlátogatását. Az eddigi évekhez hasonlóan idén is két programcsoportra lehetett jelentkezni. Az egyik csapat a Látogatóközpontot, blokkvezénylőt és a reaktorcsarnokot, míg a másik a Karbantartó és Gyakorló Központot tekinthette meg.

A programjainkra ellátogatóknak köszönjük az érdeklődést, bízunk benne, hogy rendezvényeink szakmai színvonala elvárásainak maximálisan megfelelt. Kiemelendő, hogy támogatóink hozzájárulása nélkül a fenti rendezvények nem valósulhattak volna meg. Köszönjük támogatásukat és a következő féléves programtervbe javaslataikat örömmel Tagságunk elé terjesztjük.

[www.eszk.org](http://www.eszk.org)

## Sikerrel zárult a XXI. Energetikai Innovációs Superfórum

**A BKIK Energiaipari Szakmai osztálya szervezésében és az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület védnökségével idén 21. alkalommal került megszervezésre az energetikai szakemberek innovációs fóruma. A két napos program blokkjai átfogták a zöld energia, földgáz reneszánsz és a villamos áram termelés, ezen belül az atomenergia kérdéskörét.**

A zöld energia legnagyobb érdeklődést kiváltó előadása az olasz Betarenewables cég PROESA technológiája volt a cellulóz alapú bioetanol gyártás iparszerű megvalósításáról. Tudni kell, hogy az UNIO immár 5 országában kettes szorzóval vehető figyelembe a cellulózból készített bioetanol, így nem túlzás, hogy ez a terület komoly lehetőségekkel rendelkezik. Jellemző, hogy Szlovákiából is komoly érdeklődés mutatkozott.

Az algatechnológia és a Szahara zöldítés magyar koncepciója ugyancsak mutatja, a magyar kutatók innovatív készségét, míg Climate-KIC program olyan pályázati lehetőségeket kínál magyar szakembereknek amelyekkel a legjobb ötletek gyorsan indíthatók.

A gáz reneszánsz rámutatott arra, hogy a hazai földgáz szektor közel a felére zsugorodott és folyamatos a magánforgasztók számának növekedése is. Ez a rendszerhasznála-

ti költségeket jelentősen drágítja, fordulatot igazából a nem hagyományos gázok hazai termelésének beindulása jelenthetné amely azonban komolyabb politikai szándék nélkül nehezen elképzelhető, annak ellenére hogy több – a makói árokhöz hasonló – előfordulással is rendelkezünk. A főgáz által bemutatott csúcslevágás (SNG) technológia gyorsan megtérülő hatékony beruházás, melynek kiterjesztését tervezi a távhőszolgáltató.

A villanyáram piac sajátosságaira mutatott rá Stróbl Alajos, azzal, hogy jelenleg már az áramszükséglet eseténként 50%-a külföldről érkezik, miközben az erőművi fejlesztések (de a meglévők kihasználása is) komoly aggályokat vet föl. Az atomenergia 2024-2026-os újabb blokkjainak belépéséig több ezer megawatt hiány keletkezik, amelyet a német zöld energia tarifa finanszíroz, legalábbis addig amíg ilyen jellegű túlkínálat lesz az európai piacon.

Hatalmas sikert aratott az Opel Ampera, elektromos (hibrid) autója, amelyet tesztvezetés keretében próbálhattak ki a jelenlévők. A hétvégére felajánlott tesztvezetést Zsana Önkormányzatának Képviselője nyerte.

A konferencián jelenlévő mintegy 60 szakember sikeresnek ítélte a rendezvényt közös döntéssel a XXII. Energetikai Innovációs Fórumot 2015. február 25-28 között tartják meg.

## Az ETE 2014. évi rendes Küldöttközgyűlése

**Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület évi rendes Küldöttközgyűlését 2014. május 28-án a Károli Gáspár Egyetem dísztermében tartotta. A közgyűlés napirendje és az előterjesztésre kerülő dokumentumai az egyesület honlapján, [www.ete-net.hu](http://www.ete-net.hu) olvashatók.**

Az ETE tagjai és érdeklődő olvasóink számára az elnöki beszámolóból teszünk közzé rövid kivonatot:

„A mögöttünk hagyott 2013-as év igen nehéz feltételeket teremtett számunkra. A folytatódó gazdasági válság, a szakmai és gazdasági háttérünket is jelentő energetikai vállalatok gazdasági, illetve stratégiai nehézségei miatt a szervezeti aktivitás és rendezvényeink látogatottságának csökkenését eredményezte. Az állami energiapolitika további alakításának 2010-ben megkezdett és 2011-12-ben folytatódó lépései is abbamaradtak: nem készültek el a Nemzeti Energiastratégia végrehajtására vonatkozó Cselekvési Tervek sem, amelyek kimunkálásában, vitájában korábban Egyesületünk aktívan részt vállalt. 2013-ban a kormányzati energetikai cselekvések súlypontjában a „rezsicsökkentés”, illetve egyes korábban privatizált energetikai társaságok visszavásárlása állt, amely nem igényelte Egyesületünk szakmai közreműködését.

2013. egyúttal tisztújítási év is volt Egyesületünk életében. A tisztújítási folyamat egyes szakosztályainknál, illetve területi szervezeteinknél már a múlt év elején megkezdődött, a folyamatot az Egyesület vezető szerveinek, illetve vezető tisztségviselőinek megválasztásával december 3-án zártuk le. Örömmel mondhatom el, hogy a tisztújítás mind az egyes szervezeti egységeknél, mind az Egyesület elnöksége körében a korábbiaknál nagyobb mértékű változásokat, fiatalítást eredményezett. Bízom abban, hogy az Egyesület megújított vezetése képes lesz az ETE szervezeti aktivitását, hírnevét növelni.

2013-ban fejeztük be azt a még 2012-ben megkezdett munkát, amelynek keretében működésünket teljes körűen megfeleltettük az új „Civil” törvény (2011. évi CLXXV. tv.) előírásainak. Sajnos nincs módunk arra, hogy sokáig pihenhessünk babérjainkon. Az új Polgári Törvénykönyv, illetve a végrehajtása tárgyában intézkedő külön törvény számos ponton módosítja az egyesületek működésének rendjét. Legkésőbb 2016. március 15-ig – amit célszerűen úgy valósíthatunk meg, hogy a 2015. tavaszi rendes Küldöttközgyűlés keretében – ismételtelen módosítani kell Alapszabályunkat. Első és laikus ránézésre úgy tűnik, hogy ezek a változások sem lesznek súlyosabbak a korábban említettéknél.

Az új Alapszabályunknak megfelelően 2013-ban újjáalakítottuk a korábban MTT névvel működött Energetikai Tudományos Tanácsunkat, amely egy sikeres rendezvényt tartott a hazai gázellátás helyzetéről, kihívásairól.

Munkatervünknek megfelelően az elmúlt évben is számos konferenciát, szimpóziumot, ankétot, előadást rendeztünk Budapesten, illetve részben más városokban központi, országos, illetve nemzetközi rendezvényként, valamint területi szervezeti egységeink szervezésében. Ezen a korszerű technológiákat, új eljárásokat, fejlett módszereket éppúgy bemutatták az előadók, mint ahogy ismertették az energiatermelőknek, -szolgáltatóknak az ellátásbiztonság érdekében kifejtett törekvéseit. A rendezvények lehetőségét biztosítottak szakembereinknek véleményük, észrevételeik megtételére, a szakmai problémák megvitatására.

A rendezvényeinken foglalkoztunk a magyar energetika aktuális kérdéseivel. Fontos szerepet kapott a klímaváltozás és energiahatékonyság összefüggés rendszere. Kiemelt figyelmet fordítottunk a jövő energetikai fejlesztéseit meghatározó energiastratégia és energiapolitika kialakítására.

Szervezeti egységeink rendezvényeit is az energiatudatosság, klímavédelem és energiastratégia célkitűzéseinek ismertetése, a vonatkozó szakmai ismeretek terjesztése céljából szervezték.

2013-ban is kéthavonta megjelentettük az Energiagazdálkodás folyóiratunkat, amelyet néhány éve tartalmilag és költségcsökkentési céllal sikeresen átalakítottunk. A lap eddigi főszerkesztője, dr. Zsebik Albin el-

nőkhelyettesünk e tisztségéről ez év elején lemondott, helyette Dr. Gróf Gyula elnökségi tagunk „viszi tovább” a folyóiratot. Ezúttal is szeretném megköszönni Zsebik Albin 13 évi sikeres főszerkesztői munkáját.

Honlapunk, az [ete-net.hu](http://ete-net.hu) is jobban teljesített az elmúlt időszakban, aktuálisabb lett, azonban még bőven van tennivaló annak érdekesebbé, aktuálisabbá tétele érdekében. Ebben szervezeti egységeink aktívabb közreműködésére is számítok.

Egyesületünk hosszú évek óta együttműködik szakmai társegyesületekkel. Ezek köréből a Magyar Elektrotechnikai Egyesület, a Magyar Energetikai Társaság, továbbá a GTTSZ és az Energetikai Szakkollégium emelhető ki. A Szakkollégium korábban gazdaságilag-szervezetileg is az ETE részeként működött, de néhány éve jogilag önálló egyesületté vált. Mi változatlanul társult szervezetünknek tekinthetjük. 2013-ban együttműködési megállapodást kötöttünk a Magyar Mérnöki Kamarával.

Beszámolómban kitérek a 2014-es év fő feladataira is.

Komoly reményeink vannak arra, hogy ez az év minden szempontból jobban sikerül. A ország gazdaságának javuló tendenciái biztatást jelentenek számunkra is gazdasági környezetünk feltételeit tekintve. Az év fontos bejelentéssel kezdődött a Paksi Atomerőmű bővítésére létrejött nemzetközi egyezményrel. Egyesületünk üdvözölte ezt, ugyanakkor ez újabb feladatokat és kihívásokat jelent számunkra is.

Abban is bízunk, hogy folytatódik az energiastratégiában lefektetett célok megvalósítása érdekében a konkrét intézkedések kialakítása, ebben a munkában is szeretnénk javaslattevő-veleményező szerepet betölteni a konkrét intézkedési, illetve cselekvési tervek meghatározása során.

Köze kell működni az állami energiapolitika aktualizálásában, kimunkálásában. A Nemzeti Fejlesztési Minisztériummal együttműködve nagy jelentőséget tulajdonítunk a Paksi Atomerőmű bővítése ügyében a szakmai tájékoztatásnak.

A szervezeti feladatok közül elsősorban a megújult Energetikai Tudományos Tanács munkájának intenzívebb tételét szeretném kiemelni, hiszen ez a Tanács a legalkalmasabb arra, hogy Egyesületünk nyilvánosan is képviselendő szakmai véleményét, legfontosabb üzeneteit kialakítsa.

Ei szeretnénk élni, hogy a Paksi Atomerőmű Csoport/Nukleáris Szakosztály, a Villamos Energia Szakosztály, a Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei csoportunk, illetve a Tiszaújvárosi szervezetünk valóban megújuljon és hatékony munkát végezzen.

A szervezeti feladatok között említtem meg a hatályos Ptk-nak megfelelő új Alapszabály tervezetének elkészítését és belső vitájának lefolytatását annak érdekében, hogy az a 2015. évi rendes küldöttközgyűlésünkre benyújtható legyen.

A rendezvény-programunkban szereplő konferenciák, fórumok megrendezése kiemelt feladatunk, ezek köréből kiemelem a Nemzetközi Gázkonferenciát, a Paksi Atomerőmű bővítésével kapcsolatos konferenciát és egy villamos energia nagykonferencia előkészítését is.

A társadalmi kapcsolatok terén kiemelem a társegyesületekkel folytatott együttműködésünk intenzívebb tételét és különösen az ifjúság, elsősorban az egyetemi ifjúság körében végzett munka újjászervezését.

Erősíteni kell Egyesületünk megjelenését a szakmai társadalomban és a médiában is.

A tavaly elfogadott szabályzatunknak megfelelően meg kell kezdeni a tagrevíziós munkát a tagdíjat nem fizető tagok felszólításával.

Meg kell vizsgálni és dönteni kell az „Energiagazdálkodás” kiadásáról, további költségcsökkentések megvalósítása érdekében.

Végezetül köszönetet szeretnék mondani szervezeti egységeink tisztségviselőinek és tagjainak, akik szervezési és szakmai munkájukkal segítettek kitzított feladataink megvalósítását, a rendezvényeinken résztvevők, szakfolyóiratunkat olvasók szakmai ismeretének bővítését, véleményeikkel, javaslataikkal az országos energiapolitikai célkitűzések formálását.”

*Bakács István elnök*

# A Panel III program

A Nemzeti Fejlesztési Minisztérium honlapján jelent meg 2013. december 10-én kivonat abból a sajtótájékoztatóból, amelyen a Panel III programot mutatták be.

A 2020-ig tervezett programban 380 ezer panellakás energia megtakarítás célú felújítására kerül sor, és ezzel kiteljesedhet a mintegy 700 ezres panellakás állomány felújítása. A program 2014. februárban indul, a Nemzeti Épületenergetikai Stratégia elfogadása után. A program kiemelt mutatói:

- a program egymillió lakost érint,
- komplex felújítás a cél,
- legalább 40%-os energia megtakarítást (és fűtési rezsiköltség csökkenést) kell elérni,
- lehetőleg megújuló energiákat kell felhasználni,
- 2020-ig 13 PJ energia megtakarítás érhető el,
- 500 milliárd Ft megrendelést jelenthet az építőiparnak (ez lakásonként 1,3 millió Ft-ot jelent).

Már 2014. júniusában járunk, és a februárra ígért indításból eddig semmi sem lett. Az NFM májusi tájékoztatása szerint a 2009/125/EK és a 2010/30/EU irányelvek módosítása, a 2004/8/EK valamint a 2006/32/EK irányelvek hatályon kívül helyezése miatt a Nemzeti Épületenergetikai Stratégia készítése mellett készül a III. Nemzeti Energiahatékonysági Cselekvési Terv is, és ezek elfogadása után indul el a Panel III. program. Úgy látszik, hogy decemberben még nem voltak láthatók ezek a további előkészítő feladatok. A program ezek szerint valamikor, később fog elindulni, remélhetően még 2014-ben. Ha a program eredeti célja – 380 ezer lakás felújítása – nem változik, akkor a késés viszont azt is eredményezi, hogy 2020-ig évente több, mint 70 ezer lakás felújítását kell előkészíteni, elvégezni. Az NFM most nem ismételte meg a Panel III. program decemberi célkitűzéseit, reméljük, nem kényszerülnek a program mérséklésére.

Kiemelt fontosságú, hogy a gazdasági élet minden területén legyen az országnak hosszú távú cselekvési terve, ahogy az Európai Uniónak is van. Azt is tudjuk, hogy egy 15...20 éves cselekvési tervet azért veszélyeztet a gazdaság alakulásában bekövetkező váratlan esemény, 2008 óta például a gazdasági válság szinte minden európai fejlesztési tervet visszavetett, korrekcióra kényszerített. Hasonló sorsra juthatnak a nemzeti cselekvési tervek is, de a panel lakások felújítása valóban nagy léptékű terv ahhoz, hogy illeszkednie kell más nemzeti tervekhez.

Ma 4,27 millió lakás van az országban. A lakások 18,4%-a távfűtéssel ellátott. Összesen 726 ezer lakás épült iparosított technológiával: panel, alagút-zsalus technológia, nagyblokkos építés stb. A (házgyári) panelből épült lakásállomány 508 ezer. A hivatkozott sajtótájékoztató szerint már elkészült 320 ezer lakás korszerűsítése. A lakások korszerűsítését célzó állami támogatások jegyzékét áttekintve mintegy 9 ezer lakás megújításában volt állami támogatás. A többi lakásnál önkormányzati, magán- és banki hitel biztosította a forrást.

A panel épületek hőszigetelése silány, a nyílászárókon, a tetőn a hőveszteség hatalmas. A házak megépítésekor a fűtést méretlenül biztosították, a lakó fűtési átalányt fizetett, az épületek túlfűtése mindennapos volt. A lakásoknál célszerű egy beruházási ütemben a hőszigetelést és a nyílászáró cserét kiegészíteni a fűtési rendszer korszerűsítéssel. A fokozott légzárás pedig indokoltá teszi a lakások gépi szellőztetését, bár erre általában már nem szokott pénz jutni.

A Panel III programnak azért van nem kifejezetten dicsőséges előzménye. A kormány 2010 nyarán meghirdette azt a tömeges lakás felújítási programot, amellyel 2011-ben 100 ezer, majd pár év múlva évente 150-200 ezer lakás energiatakarékossági célú korszerűsítése a feladat. A program első sorban az energia takarékoságát (hőszigetelés, nyílászáró csere, fűtés szabályozás és mérés) célozta, de sor kerülhetett volna az épületgépészeti korszerűsítésre is. 70-80%-os energia megtakarítást is elérhetőnek tartottak. A programot az EU források átcsoportosításával, az energia megtakarítással felszabaduló széndioxid kvóta értékesítésével, banki hitellel és a lakók önrészeivel tervezték finanszírozni. Százezer lakásra az állami pénzforrás 100 milliárd Ft, a szükséges önrészből szintén 100 milliárd Ft jelent meg a sajtóban. Nagyon fontos eleme lett volna ennek a programnak az a több tízezer új munkahely, amelyet a munkák elvégzése hoz létre.

Már 2010-ben, majd 2011-ben többször csökkentették a program tartalmát és kereteit. Végül is az Új Széchenyi Terv az épületenergetikai fejlesztések megújuló energiaforrás hasznosítással kombinálva címmel 2011-2013. évre

összesen 8 milliárd forintot irányoz elő. Ezekkel az állami forrásokkal még közelébe sem kerültünk az eredeti célkitűzéseknek. Nem lett szinte semmi sem abból a 200 ezer új munkahelyből sem, amit az eredeti program ígért.

Így jutottunk el a decemberi Panel III program meghirdetéséhez.

Tekintsük át az új program egyes célkitűzései körülményeit:

- A lakások megújítására vonatkozó tömeges igény valós. Mutatja ezt a mintegy 300 ezer (nemcsak panel) már levégzett lakásfelújítás, szinte kizárólag saját erőből, önkormányzati pénzből és bankhitelből.
- A rezsielőcsökkentések eredményeként a távfűtések díja is csökkent, ezzel a felújítási beruházások megtérülési mutatói romlottak.
- A Panel III programban az egy lakásra előirányzott 1,3 millió Ft beruházási keret elég szűk, ebből a fal-, tető hőszigetelés és a nyílászáró csere talán kihozható, erősen tipizált kivitelezés és szigorú ellenőrzés mellett.
- A munkahely teremtési célnál azért ne felejtjük el, hogy ma 900 ezer munkanélkülinek/köz munkásnak nincs szakképzettsége, őket igényes építőipari munkákra igencsak óvatosan kellene bevonnani. Az is becsülhető, hogy nem minden munkanélküli vonható be a foglalkoztatottak körébe. 2014-es adatok: 600 ezer munkavállaló dolgozik külföldön, és a kivándorlást kérők száma is meghaladta a 460 ezret; a képzett, dolgozni akaró állástalanok már nincsenek itthon.
- Kevesebbet beszélünk a lakosságot terhelő fejlesztési pénzhányad előteremtéséről. Márciusi újságcikk: a magyar lakosság 52 százalékának nincsen semmilyen megtakarítása sem. A munkanélküliektől sem várható el, hogy elővegyék a rájuk jutó pénzt, de féltő, hogy a nyugdíjasok aktivitása sem lesz a kellő mértékű. Szintén hazai adatok:
  - 4251 milliárd forintnyi volt a lakáshitel állomány 2010. júliusban,
  - 14447 lakossági jelzáloghitel tárgyaltak újra,
  - 738 882 lakossági jelzáloghitel volt 2010. elején, ebből 701 967 ingatlan terhelte jelzáloghitel.

2010 óta a helyzet csak nagyon kicsit javult. Ezek az adatok a lakosság hitelképességét talán rosszabb színben mutatják, mint amit az energiatakarékossági programot tervezők vélték. Kérdéses tehát az, hogy adja elő az átlag egy millió Ft körüli saját részt az országban a közel egymillió „rossz” banki adós, a nyugdíjas. A bankhitelek után számtal különböző banki költségek és kamat is kissé riasztó, ha állami beavatkozással nem csökkentik ezeket.

- Megújuló energiahordozók használata általában fontos cél. A 2020-ra előirányzott hazai megújuló hasznosítási célok teljesítése jól halad, de még van sok tennivaló. A panel lakások felújításához a szűkös pénzügyi fedezet mellett nem látszik célszerűnek megújuló energiaforrások (napenergia, hőszivattyú) használatát hozzákapcsolni, mert köztudott, hogy a megújuló használatának beruházásigénye magas, és a megtérülési ideje is tíz év felett van.
- Hatékonyság és minőség: előminősített pályázatírók, ahol lehet, tipizálás, átvilágított kivitelezők, szigorított műszaki ellenőrzés: mindegyik kitűnő feltétel, szükségesek is a gyors, hatékony és költségkereten belüli megvalósításhoz.

Évente 60...100 ezer, vagy még több lakás felújításához fel kell készülni a kereskedelemnek, a vállalkozásoknak, az építőanyag iparnak, de az építész és épületgépész tervezőknek, műszaki ellenőröknek is. Az építési hatóságoknál is az engedélyezési eljárásokat sokkal gyorsabb ütemben kell lefolytatni. Ha ezek az infrastruktúrák felkészületlenek, akkor vagy rossz minőségű munka születik, vagy a nagyléptékű fejlesztési program csúszik. A kormány a céljait egyértelműen megfogalmazta. Nem látszanak még azok a banki termékek, amelyek kimondottan ezt a fejlesztési célt finanszíroznák: lényegesen kedvezőbb feltétellel, mint bármilyen más beruházási célt. Mihelyt a költségvetés tudja vállalni a 100 ezer nagyságrendű lakás felújítás költségvetési hányadát, a kormány programot minden lehetséges fórumon bemutatná, mindenképp előtt az érintett mintegy 380 ezer panel lakás lakóinak, az önkormányzatoknak, a társasházi közösségeknek. Gyorsan felmérném, hogy a program eddig ismert keretszámainak teljesítéséhez szükséges humán és technikai alapok hol mutatnak szűk keresztmetszetet, és azok feloldására kiegészítő kormány akciókat indítanék.

A kitűzött cél hatalmas, a feladatok sora bőséges, a megvalósítás nem lehetetlen. Esetleg megismétlődik a 2010-ben indult eseménysor?

Szilágyi Zsombor

## Az energiaügyek, valamint a fejlesztés- és klímapolitika új irányítói

A Kormány az energiaügyek, a fejlesztés- és klímapolitika, valamint a kiemelt közszolgáltatások állami irányítását a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium két államtitkársága között osztotta meg. Az Energiaügyért Felelős Államtitkárságot Dr. Aradszki András államtitkár, a Fejlesztés- és klímapolitikáért, valamint Kiemelt Közszolgáltatásokért Felelős Államtitkárságot Szabó Zsolt államtitkár vezeti.

A munkamegosztást, a felelősségi területek kijelölését lapzártunk ideje alatt pontosítják. Ezt követően nevezik meg a részterületekért felelős helyettes államtitkárokat.

### Energiaügyért Felelős Államtitkárság



**Dr. Aradszki András államtitkár**

*Névjegy:*  
Születési idő: Békéscsaba, 1956. május 22.

*Végzettség:*  
1982 – jogász, JATE Állam- és Jogtudományi Kar

*Szakmai életút:*  
2014- energiaügyért felelős államtitkár

2010- országgyűlési képviselő  
2006-2010 Érd Megyei Jogú Város társadalmi alpolgármestere  
1991-2014 MOL Nyrt. jogtanácsosa  
1988-1991 Dunai Kőolajipari Vállalat jogtanácsosa  
1987-1988 Csongrád megyei Tanács VB. Igazgatási Osztály osztályvezető- helyettese  
1983-1986 Százhalombatta Városi Tanács VB. Hatósági Osztály osztályvezető- helyettese  
1982-1983 Kecskeméti Járási és Városi Földhivatal csoportvezetője

*Bizottsági tagságok:*

2014- Országgyűlés Törvényalkotási, valamint a Fenntartható fejlődés bizottságok tagja  
2010- Országgyűlés Gazdasági, valamint a Fenntartható fejlődés bizottságának tagja  
1998-2006 Jogi és Ügyrendi bizottság külsős tagja (Érd)  
1992-1996 Jogi és Ügyrendi bizottság külsős tagja (Százhalombatta)  
*Nyelvismeret:* angol  
*Családi állapot:* nő, két gyermek édesapja

### Fejlesztés- és klímapolitikáért, valamint Kiemelt Közszolgáltatásokért Felelős Államtitkárság



**Szabó Zsolt államtitkár**

*Névjegy:*  
Születési hely, idő: Eger, 1963. október 20.

*Végzettség:*  
2006- vadgazda szakmérnök  
1994- okleveles könyvvizsgáló  
1986- üzemszervező mérnök, GATE Szervező kar, Gyöngyös

*Szakmai életút:*

2014- fejlesztés- és klímapolitikáért, valamint kiemelt közszolgáltatásokért felelős államtitkár  
2010- országgyűlési képviselő  
2010-2014 Hatvan város polgármestere  
2006-2010 önkormányzati képviselő Hatvanban, a FIDESZ önkormányzati frakciójának vezetője. Választókerületi elnöki feladatokat lát el Hatvan és térségében.  
1995 óta adószakértői és könyvvizsgáló tevékenység végzése  
1990 óta számviteli tanácsadói tevékenység végzése  
1990 óta az Aranyfácán Konzervgyárnál, előtte a Jászszentandrás Haladás Mgtsz-ben dolgozott.

*Bizottsági tagságok:*

2013-2014 Heves megyei ügyi miniszteri biztos  
2010- az Országgyűlés Fogyasztóvédelmi Bizottságának alelnöke, az Élelmiszer-biztonsági Albizottság elnöke  
*Nyelvismeret:* angol  
*Családi állapot:* házas, három gyermek édesapja

## Idei Heller László díjasok

A Magyar Kapcsolt Energia Társaság 2014. március 18-19-én Siófokon tartotta XVII. konferenciáját, ahol sor került az MKET által alapított Heller László Díj átadására is.

A megtisztelő díjat ez alkalommal két személy nyerte el,

*Hamvai László aranydiplomás villamosmérnök és Korcsog György okleveles gépészmérnök.*

Hamvai László 1957 óta az ERBE cégnél tevékenyen részt vett a magyarországi – szinte összes – nagy (alap) erőmű építésében. A 90-es évek végétől a kapcsolt energiatermelés területén szervezési munkájával elősegítette a gázmotor, a gázturbina munkabiztonság létrehozását, működését, továbbá lelkesedéssel és hozzáértéssel szervezte az MKET éves konferenciáit. Műszaki publikációival hozzájárult a kapcsolt termelés elismeréséhez, fennmaradásához.

Korcsog György az Április 4. Gépgyárban kezdte energetikai tevékenységét, majd a Mátrai Erőműben az erőműves szakma mellett kötelezte el magát. 1981-től a kapcsolt energiatermelés és a hőszolgáltatási célú hőtermelés jelentette a fő feladatot számára a Debreceni és Nyíregyházi Erőmű irányításában. Elkötelezetten támogatta a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelést, a városi távhőszolgáltatás mellett az ipari igényeket is jó hatásokkal biztosították a két városban. Ebben az időben valósult meg az első 7,1 MW-os használt gőzturbina telepítése a debreceni telephelyre, valamint Debreceni és Nyíregyházi Kombinált Ciklusú Erőmű, melyek beruházásában, irányításában meghatározó szerepet töltött be 1996 és 2007 évek között.

Ezúton is gratulálunk Nekik és további sikeres munkát, jó egészséget kívánunk!



## Dr. Aszódi Attila kormánybiztos



Lapunk 2013. évi 6. számában az ETE Atomenergia Szakosztályának elnökeként mutattuk be dr. Aszódi Attilát. Most – ismételt bemutatását mellőzve –, a Paksi Atomerőmű teljesítményének fenntartásáért felelős kormánybiztossá történő kinevezéséhez gratulálunk és felelősségteljes munkájukhoz sok sikert kívánunk!

Úgy véljük, kormánybiztosi feladatait a Kormány 1358/2014. (VI. 30.) számú határozatának közzétételével tudjuk leghitelesebben ismertetni<sup>1</sup>.

„1. A Kormány a központi államigazgatási szervekről, valamint a Kormány tagjai és az államtitkárok jogállásáról szóló 2010. évi XLIII. törvény 31. § (1) bekezdésében meghatározott feladatkörében eljárva, valamint a Magyarország Kormánya és az Oroszországi Föderáció Kormánya közötti nukleáris energia békés célú felhasználása terén folytatandó együttműködésről szóló Egyezmény kihirdetéséről szóló 2014. évi II. törvényben foglaltakra figyelemmel – 2014. július 1. napjától – dr. Aszódi Attilát a Paksi Atomerőmű teljesítményének fenntartásáért felelős kormánybiztossá nevezi ki.

2. A kormánybiztos az 1. pont szerinti feladatkörében

a) biztosítja Magyarország és az Oroszországi Föderáció közötti megállapodás értelmében kötendő, a Paksi Atomerőmű fenntartandó blokkjainak tervezési, beszerzési és kivitelezési szerződés tárgyalása során a szakmai irányítást és koordinációt,

b) biztosítja Magyarország és az Oroszországi Föderáció közötti megállapodás értelmében kötendő, a Paksi Atomerőmű fenntartandó blokkjainak üzemeltetési és karbantartási támogatásról szóló szerződés tárgyalása során a szakmai irányítást és koordinációt,

c) biztosítja Magyarország és az Oroszországi Föderáció közötti megállapodás értelmében kötendő, a Paksi Atomerőmű fenntartandó blokkjainak nukleáris fűtőanyag-ellátás biztosítására, a használt üzemanyag kezelésére (beleértve az újrafeldolgozást is) és a nukleáris hulladék kezelésére vonatkozó szerződés tárgyalása során a szakmai irányítást és koordinációt,

d) kidolgozza Magyarország és az Oroszországi Föderáció közötti megállapodás értelmében atomenergia békés célú felhasználást célzó alap- és alkalmazott kutatás elősegítésének programját,

e) javaslatot tesz Magyarország és az Oroszországi Föderáció közötti megállapodás értelmében radioizotópok előállítására irányuló együttműködésre, illetve ipari, orvosi és mezőgazdasági célú felhasználásra.

3. A kormánybiztos feladatkörében eljárva ellátja a Paksi Atomerőmű új blokkjai teljesítményének fenntartásával összefüggő valamennyi feladat, így különösen a tervezéséhez és megépítéséhez szükséges pontos kiinduló adatok, elkészítendő tervdokumentáció, a megvalósítás tervezett időkerete, valamint a minőségbiztosítási programok szakmai irányítását, és az ezzel összefüggő hatástanulmányok elkészítésében való részvételt és szakmai irányítást.

4. A kormánybiztos e tevékenységének ellátásáért a központi államigazgatási szervekről, valamint a Kormány tagjai és az államtitkárok jogállásáról szóló törvény alapján államtitkári javadalmazásra jogosult.

5. A kormánybiztos munkáját legfeljebb negyven fős titkárság segíti, amelynek elhelyezéséről a Miniszterelnökség gondoskodik. A Miniszterelnökség mindenkori engedélyezett létszáma ezzel a negyven fővel meghaladható.

6. A Kormány felhívja az irányítása alatt álló szerveket, intézményeket, hogy a kormánybiztos feladatának ellátásához szükséges adatokat, információkat, elemzéseket bocsássák a kormánybiztos rendelkezésére.”

<sup>1</sup> Forrás: Magyar Közlöny 2014. évi 89. sz. Közzététel 2014. július 1.

## Gábor Dénes-díj 2014

A korábbi évekhez hasonlóan, ez évben is meghirdetésre kerül a Gábor Dénes-díj, mely a civil szféra egyik legnevesebb műszaki alkotói elismerése ma Magyarországon. A díjjal nemcsak a hazai műszaki és természettudományi felsőoktatás képviselőit, a jelentősebb ágazatok, illetve iparágak (távközlés/információs technológiák, gépipar/járműipar, számítástechnika, biotechnológia/gyógyszeripar, mezőgazdaság/környezetvédelem, stb.) kutató-fejlesztő szakembereit kívánjuk elismerni és további alkotó munkára ösztönözni, hanem a határainkon túl élő magyar származású szakembereket is. Olyan jelenleg is tevékeny, az innovációt aktívan művelő (kutató, fejlesztő, feltaláló, műszaki-gazdasági vezető) jelölteket várunk, akik a műszaki szakterületen jelentős, a gyakorlatban az elmúlt 5 évben bevezetett, konkrét tudományos és/vagy műszaki-szellemi alkotást hoztak létre; kiemelkedő tudományos, kutatás-fejlesztési tevékenységet folytatnak; megvalósult tudományos, kutatás-fejlesztési, innovatív tevékenységükkel hozzájárultak a környezeti értékek megőrzéséhez, a fenntartható fejlődéshez; illetve személyes közreműködésükkel megalapozták és fenntartották intézményük innovációs készségét és képességét.

Ennek értelmében 2014. decemberében, ismét ünnepélyes keretek között több kategóriában kerül átadásra a Gábor Dénes-díj. A kritériumokat tartalmazó részletes pályázati felhívás és az egyes kategóriákra vonatkozó kiírások, valamint háttéranyagok a <http://www.novofer.hu/alapitvany/tartalom/menu/80> weboldalon érhetőek el.

A pályázatok leadási határideje: 2014. október 10.

A NOVOFER Alapítvány Kuratóriuma kéri a gazdasági tevékenységet folytató társaságok, a kutatással, fejlesztéssel, oktatással foglalkozó intézmények, a kamarák, a műszaki és természet-tudományi egyesületek, a szakmai vagy érdekvédelmi szervezetek, illetve szövetségek vezetőit továbbá a Gábor Dénes-díjjal korábban kitüntetett szakembereket, hogy jelöljék GÁBOR DÉNES-díjra azokat az általuk szakmailag ismert, kreatív, innovatív, jelenleg is tevékeny, az innovációt aktívan művelő (kutató, fejlesztő, feltaláló, műszaki-gazdasági vezető) szakembereket, akik a műszaki szakterületen:

- kiemelkedő tudományos, kutatási-fejlesztési tevékenységet folytatnak,
- jelentős, a gyakorlatban az elmúlt 5 évben bevezetett, konkrét tudományos és/vagy műszaki-szellemi alkotást hoztak létre,
- megvalósult tudományos, kutatási-fejlesztési, innovatív tevékenységükkel hozzájárultak a környezeti értékek megőrzéséhez, a fenntartható fejlődéshez,
- személyes közreműködésükkel megalapozták és fenntartották intézményük innovációs készségét és képességét.

Dr. Gyulai József, a kuratórium elnöke

## Útravalóul

*Az Energiagazdálkodás szakfolyóirat szerkesztő bizottságának tagja Szabó Benjámín István, akit 1967-ben, majd az építés elhalasztás után 1972-ben az akkori nehézipari miniszter az atomerőmű megépítéséhez kapcsolódó feladatok összefogására miniszteri megbízottnak nevezett ki. Ezt a feladatot 1976 után, mint az üzemeltető vállalat igazgatója is ellátta. A feladatokat a tárcán belül irányította, más minisztériumhoz tartozó (Építési, Kohó és gépipari tárcák) vállalatok felé közvetlen intézkedési joga nem volt.*

*1978-ban – elsősorban a rendkívül más, a korábbiakhoz új feladatok miatt –, a Beruházás zsákutcába került. Ekkor a Kormány Szabó Benjámín Istvánt a helyszíni munkák irányítására az első reaktor blokk üzembe helyezéseiig független kormánybiztosnak nevezte ki. Ettől kezdve más tárcák vállalatai felé is utasítási joga volt.*

*Megkértük Szabó Benjámín Istvánt, hogy tapasztalatai alapján készítsen rövid útravalót az új kormánybiztosnak.*



Kölcson veszem Dr. Antal Ildikótól, a Magyar Elektrotechnikai Múzeum vezetőjétől, nemrég hallott előadása címét, amely az 1800-as évek második felétől követi végig a hazai villamos energia fejlődését: „Ha áram van, minden van”. A folyóirat olvasóinak nem kell részletezni, hogy ez alatt mi mindent kell érteni (életet, élehetőséget, hatalmas vagyoni értékeket stb.).

A kérésnek eleget téve az útravalót azzal szeretném kezdeni, hogy Magyarországon a nyolcvanas évek elejétől üzembe helyezett négy reaktor blokk közül, már kettőnek biztosan ötven évre van engedélye. Az ez évben megkötött kormányközi egyezmény alapján építendő reaktor blokkok a XXI. század 20-as éveiben kerülhetnek üzembe és tudomásom szerint a tervezett üzemidejük eleve hatvan év. Ezért mindkét beruházást nevezhetjük országos és évszázados léptékű, alapvető élethez szükséges kielégítő beruházásnak.

Ebből kiindulva, véleményem szerint az adott állam mindenkor felelős vezetése alapvetően felelős az ország villamos energia ellátásának biztonságáért, és ezen belül azért, hogy az elhatározott atomerőmű a nemzetközi előírásoknak megfelelően, lehetőleg az előirányzott költséghatáron belül kerüljön üzembe. Én, mint az első magyar atomerőmű megépítésének egyik összefogó irányítója, először, mint miniszteri biztos, az építés korszakában pedig kormánybiztos, Dr. Aszódi Attila nemzetközi szinten elismert szakember kormánybiztosi kinevezését, időszerűnek és elengedhetetlenül fontosnak tartom. Ez lehet a biztosítéka a további szakmai és kivitelezési felsőszintű döntések időbeni és körültekintő meghozatalának.

A két atomerőmű hazai megépítésénél véleményem szerint a legfőbb azonosság, hogy mind a kettőt a magyar kormány vállalta fel, és mindkét atomerőmű tervezője, fő szállítója ugyanaz az ország. Azonban tudomásul kell venni, hogy eltelt negyven év. Az első magyar atomerőmű megépítése során mindkét ország a maitól eltérő szakmai háttérrel és gondolkodással, társadalmi, politikai, ipari felépítéssel, és jelentősen más belső irányítási rendszerrel rendelkezett.

Ma a munkák előrehaladása során kell a további intézkedéseket meghozni teljes mértékben a jelenlegi hazai törvények, előírások, szakmai és ipari háttér, ismereteiből és lehetőségeiből kiindulva.

Az elmondottak alapján tanácsot adni részemről az általam emberileg is nagyon tisztelt, most kinevezett kormánybiztosnak felelőtlenség lenne.

Az elmondottak mellett az előirányzott atomerőmű megépítésében résztvevő szakembereknek, akik még koruknál fogva nem vehettek részt az első beruházás beindítási munkáiban, a múlt ismerete segíthet. Az akkori helyzetről, a meghozott döntésekről pontosan tájékozódni

lehet több, azóta megjelent írásműből és a különböző helyeken tárolt anyagokból, többek között az általam 2005-ben megírt ATOMKORKÉP című könyvből, amely végig követi az eseményeket a kormányközi egyezmény aláírásától az első reaktorblokk üzembe helyezéséig, eredeti dokumentumokkal alátámasztva.

A múltból én itt és most példaként egy alapvető tevékenységi kört ismertetnék egy kicsit részletesebben, mert a most elhatározott reaktor blokkok létesítési feladatainak sorrendjében ez áll legelől:

Alapvető, hogy az orosz részről megtervezendő „műszaki terv” készítéséhez átgondolt, pontos kiinduló adatokat szolgáltatassunk.

Ezen összefoglaló alapterv elkészítésére vonatkozó szerződés műszaki tartalma széleskörűen és pontosan határozza meg a feladatokat. A tervezés időszakában biztosítani kell a rendszeres véleménycserét és nagyon fel kell készülni a majd részünkre átadandó tervanyag elfogadására. Ez csak akkor lehetséges, ha a mai magyar műszaki kutató, tervező intézetek, a szakmailag érintett műszaki társadalom minél egyértelműbben magáénak fog érezni egy-egy részfeladatot és annak vizsgálatában tevékenyen részt vegyen. Ez a terv még részletes építési, gépészeti megoldásokat nem tartalmaz.

A mi időnkben a műszaki terv 13 vasos kötetből állt:

„I. Kötet. Általános.

II. Kötet. Technológia.

III. Kötet. Technológiai szállítás és karbantartás gépi berendezései.

IV. Kötet. Vízüzem, radioaktív kezegek tisztítása és hulladéktárolás.

V. Kötet. Fűtés, szellőztetés és klimatizálás.

VI. Kötet. Villamos és hírközlés.

VII. Kötet. Technológiai ellenőrzés, automatikus szabályozás és távirányítás.

VIII. Kötet. Sugárvédelmi ellenőrzés.

IX. Kötet. Az atomerőmű biztonságának műszaki értékelése.

X. Kötet. Építészeti.

XI. Kötet. Dízel-generátor állomás.

XII. Kötet. Fő hőtechnikai berendezések szerelésének organizációja.

XIII. Kötet. Indítási, üzembe helyezési munkák organizációja.”

Ezekben a napokban volt negyven éve, hogy ezt a tervdokumentációt az első két reaktorblokkra megkaptuk és fél éves belső elemzések, viták után az év decemberében került sor a terv megvédésére húsz napon keresztül.

Erről a könyvemben a következő rövid összefoglaló értékelést írtam:

„A tervek át tanulmányozása során különböző intézményektől, vállalatoktól, főhatóságoktól több száz oldalnyi észrevétel, kérdés érkezett, bizonyítva ezzel a teljes hazai szakmai bázis érdeklődését, felkészültségét.

A védésnek több szempontból nagy jelentősége volt. Azt megelőzően a magyar szakemberek széles köre (kutatók, tervezők, beruházók, kivitelezők, engedélyező felügyelők, majdani üzemeltetők) a zsűriken és azon kívül is, kisebb nagyobb csoportokban tanulmányozták a terveket, megvitatták, megfogalmazták a kérdéseiket, észrevételeiket. Ez idő alatt a hazai vélemények összecsiszolódtak, kikristályosodtak. Úgy gondolom, hogy rajtam kívül is sokan úgy emlékeznek erre a néhány hétre, mint egy nagyon hasznos közös műhelymunkára. Az új technika részletesebb megismerése nagyon felvillanyozta a magyar mérnöktársadalmat. Gondoljunk bele, a különböző szintű engedélyezési eljárásokon keresztül szinte minden magyar hatóság, a tervezésben, pedig több tucatnyi intézet volt érdekelve. A berendezésgyártás és kivitelezés, pedig kisebb-nagyobb mértékben kb. száz vállalatot érintett.

Nem tudom, hogy Magyarországon mikor lesz hasonló átfogó technikai mozgósítást eredményező esemény, minden esetre nagyon kíváncsi vagyok, hogy e század szülöttei is felépíthessék a maguk Paksi Atomerőművét.”

Befejezésül csak annyit, hogy nagy örömmel vágyom teljesülni látszik.

Szabó Benjámín

## Elhunyt Dr. Potecz Béla

*a villamosenergia-rendszer gazdaságos irányításának szakértője és megvalósítója*

1936-ban született, a Bánki Donát Gépipari Technikumból került a Budapesti Műegyetemre, ahol 1959-ben hőerőgépész-mérnöki oklevelet kapott. A hálózati kérdések mélyebb megértése érdekében 1972-ben erőáramú villamosmérnöki szakdiplomát is szerzett. 2009-ben vette át a Műegyetemen aranydiplomáját.

Pályafutását az Erőmű Trösztnél, az Országos Villamos Teherelosztóban kezdte, itt mérnök, osztályvezető, főosztályvezető-helyettes beosztásokban dolgozott 1987-ig. Ebben az időszakban alakult ki az egységes magyar villamosenergia-rendszer. Részt vett a felmerülő elméleti és gyakorlati problémák megoldásában. Ezt követően az Magyar Villamos Művek Tröszt (MVMT) Termelési Igazgatóságán főosztályvezető volt 1992-ig. Ekkor került vissza újból a teherelosztóba, az Országos Diszpécser Szolgálat vezetőjeként.

Pályafutásának első évtizedeiben a központi irányítású villamos-energia ellátás volt a jellemző. Ennek egyik alapvető kritériuma a „legkisebb költség elvének” érvényesítése. Gyakorlati megvalósítása pedig az erőművek üzemmenetének ezen elv alapján történő meghatározása. Munkájában, majd doktori dolgozatában is ennek a problémának a megoldásával foglalkozott. 1969-ben védte

meg műszaki doktori disszertációját, amelyben a „növekmény-arányos teherelosztás” elvét adaptálta a hazai erőművek napi üzemviteli menetrendjének meghatározásához. De nem csak elvileg foglalkozott a kérdéssel, hanem a módszert a gyakorlatba is átültette. Mai fogalmaink szerint egy „analóg számítógépet” készítettek, melynek elemei az egyes erőművek üzemállapotonkénti növekmény-költség függvényeit reprezentálták. Megszervezte a rendszeres méréseket az erőművekben és a megfelelő adatszolgáltatást is. Ez a rendszer évtizedekig működött. A digitális technika fejlődése lehetővé tette a módszer átültetését az egyre fejlettebb folyamatirányító számítógépes rendszerekre, mely munkában vezető szerepet töltött be.

Munkájának legnagyobb szakmai elismerése volt, hogy Lévai András professzor az általa szerkesztett „Hőerőművek II.” összefoglaló mű és tankönyv vonatkozó fejezetének megírását órá bízta. Részt vett a CENTREL együttműködés létrehozásában és a nyugat-európai UCPTÉ rendszerhez történő sikeres csatlakozás előkészítésében.

Az OMFB felkérésére részt vett számos szakmai tanulmány készítésében. Előadásokat tartott a Mérnöktovábbképző Intézet tanfolyamain, valamint oktatott

a Kandó Kálmán Műszaki Főiskolán. Szakmai folyóiratokban önálló, illetve társszerzőként 48 szakkikket publikált, részt vett szakkönyvek írásában. Az MVM Közlemények kalorikus rovatvezetője, majd szerkesztőbizottsági tagja volt. Tagja volt az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesületnek (ETE) és a Magyar Elektrotechnikai Egyesületnek (MEE) is. 1978 és 1988 között az ETE Erőművi Szakosztály Együttműködő Energiarendszerek munkabizottsági vezetője volt. 1997-ben vonult nyugdíjba, de 2006-ig az Országos Teherelosztóban tevékenykedett. Segítette a MAVIR versenypiaci felkészülési projektjét, hozzájárulva annak sikeres megvalósulásához.

Munkája elismeréseként Kiváló Újító, miniszteri Kiváló Dolgozó, ETE Kiváló Aktíva kitüntetések, Segner János András-díj, és a Munka Érdemrend ezüst fokozatának birtokosa volt.

Alkotó életének egyetlen munkahelye, második szerelme a villamosenergia-iparág volt. Hitt a mérnöki munkában, hivatásában, azt egész életében szenvedélyesen szolgálta. Szakmai meggyőződésében hajthatatlan volt, például végig következetesen érvelt a nagymarosi erőmű mellett.

Munkájára és magánéletére is a hűség volt jellemző. Hűség a családjához, szeretteihez, hűség a munkájához, hűség a hivatásához, az iparág-hoz, ezáltal hűség a hazához.

2014. július 7-én iparági munkatársai, tisztelői és szeretett családjá kísérték utolsó útjára a Farkasréti temetőben.



1936-2014

## Elhunyt Dr. Veres Gergely

2014. augusztus 15-én, 82 éves korában elhunyt Dr. Veres Gergely, aki mérnök generációkat oktatott különféle energetikai tárgyakban és Heller professzor közvetlen munkatársa volt.

Dr. Veres Gergely 1932. június 5-én, Újfehértón született. Gimnáziumban érettségizett, majd a BME Gépészmérnöki Karán 1954-ben szerzett gépészmérnöki oklevelet. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen műszaki doktori és Ph.D. fokozatot szerzett, a „Műszaki tudomány kandidátusa” fokozatot alkotó tudományos munkásságának hivatalos elismerésével nyerte el az MTA-tól.

Oktatói és kutatói munkáját 1954-től 1996-ig a BME-n a Fizikai Intézetében, az MTA energetikai kutatócsoportjában, az Energiagazdálkodási Tanszéken, az Hőenergetika Tanszéken, a Hő- és Rendszertechnikai Intézetben, majd az Energetika Tanszéken végezte.

Szakmai pályafutása során – egyetemi és akadémiai oktatói-kutatói munkájával párhuzamosan több intézményben – 1954-1964-ig az Erőmű Tervező Irodában, 1964-1970-ig a Gépipari Technológiai Intézetben, 1970-től 1992-ig a Magyar Alumíniumipari Tröszt központi műsza-

ki felső vezetésében, 1992-től néhány vállalat felső vezetésében – végzett műszaki-gazdasági tanácsadói tevékenységet. Eseti tanácsadással több tucat hazai és külföldi céget segített műszaki fejlesztési problémák megoldásában, különös tekintettel az ipari erőművekkel és komplex energetikai technológiákkal kapcsolatban felmerült problémákra.

Oktatói, kutatói és ipari tevékenysége energetikai és komplex energotechnológiai problémák megoldásához kapcsolódott. Ipari K+F tevékenysége hangsúlyosan kötődött a magyar alumíniumiparhoz és a gyenge minőségű magyar földgázkincs hatékony felhasználásához és általában a magyar energiaipar fejlesztéséhez, különös tekintettel az energetikai berendezések műszaki-biztonsági kérdéseire.

Munkásságának korai szakaszában a nukleáris fizika és technológia speciális kérdéseivel foglalkozott. Érdeklődése kiterjedt a szilárd testek fizikájának és technológiájának egyes problémáira is. Ezen a területen az egész világon elismert és hasznosított szabadalmakat kapott.

Munkásságának második részében nagy hatékonyságú erőművi körfolyamatok, hőerőgé-

pek és energetikai rendszerek kifejlesztésén fáradozott. A kapcsolt hő- és villamosenergia termelő rendszerek fejlesztésében úttörő szerepet vállalt.

Elért eredményeinek bemutatására számottevő szakírói munkát is végzett. Hazai és külföldi folyóiratokban számos közleménye jelent meg. Előadásaihoz kapcsolódó egyetemi és Mérnöki Továbbképző Intézeti jegyzetek, tankönyv-részletek sorát adta közre. A tudományos és felsőoktatási könyvkiadók tucatnyi szakkönyv szaklektori teendőinek ellátására kérték fel több mint 40 éves szakmai pályafutása során.

1996-ban a rendszeres egyetemi oktatói és kutatói munkától visszavonult. A BME kötelékében – eseti felkérésekre – tudományos tanácsadóként tovább tevékenykedett, segítve a doktorjelöltek munkáját, a végzős hallgatók diplomatervezési feladatainak elkészítését. Fakultatív előadásokat tartott speciális témakörökből a mérnöki továbbképzés és a posztgraduális képzés keretében a hazai és külföldi hallgatók számára továbbá különböző projekteknek eseti tudományos tanácsadóként nyújtott segítséget a gázturbinákkal és kompresszorokkal kapcsolatos különleges innovációs feladatok megoldásában.

Kutatói, egyetemi oktatói és műszaki-gazdasági tevékenységét akadémiai és állami kitüntetésekkel ismerték el. Több cikluson keresztül tagja volt az MTA Energetikai Bizottságának.

Emlékét megőrizzük, nyugodjon békében!



1932-2014

# PRE-PAY DIFFERENTLY! EGY MAGYAR ÜZENET A SMART VILÁGNAK.

PrePay  
Differently

A világ azzal a sztereotípiával jellemez minket, magyarokat, hogy mi azok vagyunk, akik utolsóként lépnek be egy forgóajtón, és biztosan elsőként jönnek ki a másik oldalon. Hosszasan töprenghetünk azon, hogy ez pozitív képet fest-e rólunk vagy sem, de a jellemzés legfontosabb üzenete, hogy azt tartják, tudunk élni azzal a néhány lehetőséggel, amelyet oly szűken mér számunkra a sorsunk.

Ezek a gondolatok foglalkoztatnak akkor is, amikor a különböző magyarországi **SMART energia fórumok** előadásait hallgatom, miközben felmerül bennem a kérdés: vajon tudunk-e valamit hasznosítani ebből a tulajdonságunkból, lehetünk-e nyertesei mi magyarok az egyre erősödő SMART invázióknak?

Magyarországon a smart témával foglalkozó rendezvények talán legnagyobb érdeklődést kiváltó eseménye a nemrégiben megrendezett „**Smart Future Forum 2014**” konferencia volt.

A rendezvény alkalmat adott a hazai smart kísérletek számos képviselőjének, beleértve a szakma jeles szakértőit is, hogy bemutathassák elképzeléseiket, kísérleteiket és ismertethessék álláspontjukat a magyar smart energia menedzsment megvalósíthatóságának esélyeiről, lehetőségeiről.

A smart elméleti előadások mellett megismerhettük néhány gyakorlati pilot projekt eredményét is. Érdekes volt megfigyelni, hogy az ismertetések többsége arról szólt, hogy an-

nak a technikának a többsége, amelyet a pilot projekt kapcsán teszteltek, műszaki értelemben jól vizsgázott. Ez az a pillanat, amikor a kevésbé tájékozott megfigyelőben megfogalmazódik egy kérdés, vajon érdemes volt-e elkölteni ennyi pénzt és ennyit fáradozni annak a bizonyosságnak a megszerzéséért, ami azt igazolja, hogy működik az a technika, amit a gyártók erre a célra nem kis pénzért eladtak?

A válasz az érintettek és nem érintettek részéről nyilván másképp fogalmazódik meg, sok mindenben eltér, de egyben azért egybe kellene csengenie. Fel kell ismernünk, hogy itt egy olyan új világ küszöbén állunk, ahol elkerülhetetlen az energiaszolgáltatás alapjainak újragondolása, új megközelítések, új struktúrák, új elszámolási rendszerek kialakítása és bevezetése szükséges, és ne felejtjük el a csúcstechnika is csak eszköz és nem cél!

Kiemelkedett a bemutatók közül a GDF SUEZ „**PrePay Differently**” röviden **PPD** rendszere, amely felvállalta olyan elszámolási probléma megoldását, amelyet az energiaszolgáltató ipar évtizedek óta szemérmesen kerülgel.

## MIT TUDHATTUNK MEG?

Az elmúlt néhány év alatt a gázipar szolgáltatóinak és fogyasztóinak, a törvényi elvárások teljesítése közben, lehetőségük volt tapasztalatokat gyűjteni a gázmérő gyártók által eddig kínált előrefizetős gázmérőiről.

A szerzett tapasztalatok azt mutatták, hogy érdemes újragondolni az eddig megismert előrefizetős megoldásokat. Ezt belátva, a gáziparban mindig is úttörő szerepet vállaló Égáz-Dégáz Földgázelosztó Zrt. a GDF SUEZ vállalatcsoport tagja 2013-ban háromoldalú fejlesztési együttműködést kötött a Fiorentini Hungary Kft. és az Elster-Instromet Vertriebsges.m.b.H. cégekkel, egy olyan jelenkor elvárásainak megfelelő rendszer kifejlesztésére, amely azon túl, hogy a technikai lehetőségek határáig fogyasztóbarát, megteremtheti azokat az anyagi forrásokat, amelyek jelentős mértékben képesek hozzájárulni a rendszer üzemeltetéséhez.

## FELISMERÉS

A fejlesztők legelőször azt ismerték fel, hogy meg kell szabadítani a szolgáltató ipart az előrefizetés pejoratív üzenetétől, amely már-már megbélyegző egyes fogyasztók számára. Olyan rendszert kell felépíteni, amely ad és nem kényszerít!

Ezért lett a rendszer alapmottója „**PrePay Differently**” röviden **PPD** és magyarul „**Fizessünk előre, de másképpen**”.

A **PPD** rendszer a fogyasztók befizetéseit elővásárlásként, fogyasztónként elkülönített energia számlán kezeli. Ezzel megteremti a fogyasztók számára azt a lehetőséget, hogy elővásárlásaikat mindig a legkedvezőbb áron tehessék meg, szabadon választható időközönként és szabadon választható mértékben. A fogyasztók a vásárlásaikhoz természetesen minden ismert modern fizetési eszközt igénybe vehetnek ATM automata, internet, okos telefon, stb.



**PRE-PAY  
DIFFERENTLY**  
OKOS ENERGIA MENEDZSMENT RENDSZER

www.okosfogyasztó.hu

## A PPD RENDSZER NYERTES POZÍCIÓT KÍNÁL MINDKÉT FÉL SZÁMÁRA

A PPD rendszer egy olyan teljesen új nyertes-nyertes pozíciót kínál a fogyasztónak és kereskedőnek, amely hosszútávra biztosítja a felek zavartalan egymást segítő együttműködését. Elég, ha arra gondolunk, hogy a kereskedő és fogyasztó között, aktuális ajánlatok útján lehetővé válik a szezonális és az aktuális energiatermeléssel, szállítással is összefüggő energiaár-változások esetenkénti előnyeinek megosztása.

A PPD rendszer alapfilozófiája nyilvánvalóan az egész gázfogyasztó társadalom számára (közel 3 millió magyarországi gázfogyasztó) olyan XXI. századi gázvásárlási feltételeket teremthet, amely túlzás nélkül egyedülálló.

Természetesen szót kell ejteni a **PPD** rendszert megvalósító technikai eszközökről, műszerekről is. A háromoldalú megállapodás megteremtette a lehetőséget a Fiorentini Hungary Kft. és az Elster-Instromet Vertriebsges.m.b.H. számára, hogy a megálmodott rendszer működtetéséhez a legoptimálisabb műszaki megoldást dolgozzák ki.

A fejlesztési munka eredményeként összeépítésre került, az Elster BK-G Encoder gázmérő család kiemelkedő „SMART” tulajdonságú tagja, a Fiorentini Hungary Kft. Fiometry Elektronikai Divíziójának M-Bus-GPRS technológiájú FTB minie kommunikációs topmodelljével.

## ISMERŐS MEGJELENÉS, KÜLSŐ

Ez a technika, amely külsejét illetően kevéssé tér el a fogyasztók által megszokott „gázmérőtől” nyilvántartja, és folyamatosan követi a vásárlások révén a fogyasztó rendelkezésére álló gázmennyiséget és szükség esetén SMS-ben vagy bármilyen más módon tanácsolja a fogyasztónak az újabb vásárlás megkezdését. Amennyiben ez elmarad, a műszer a gázmérőbe épített szelepet elzárja és ennek következtében felfüggeszti a további gázfogyasztás lehetőségét, a következő gázvásárlásig.

Nagyon fontos, hogy a műszer a fogyasztó számára tradicionálisan leolvasható számlálószerkezeten mutatja a gázfogyasztást, elkerülve az LCD kijelzők néha nehézkes leolvashatóságát. Azonban a mérőállás elektronikus leolvasása egy szabadalommal védett, a mérő számlálófejébe épített abszolút encoder optikai leolvasó rendszeren keresztül történik, amely a hibás mérőleolvasás szinte összes esélyét kizárja!

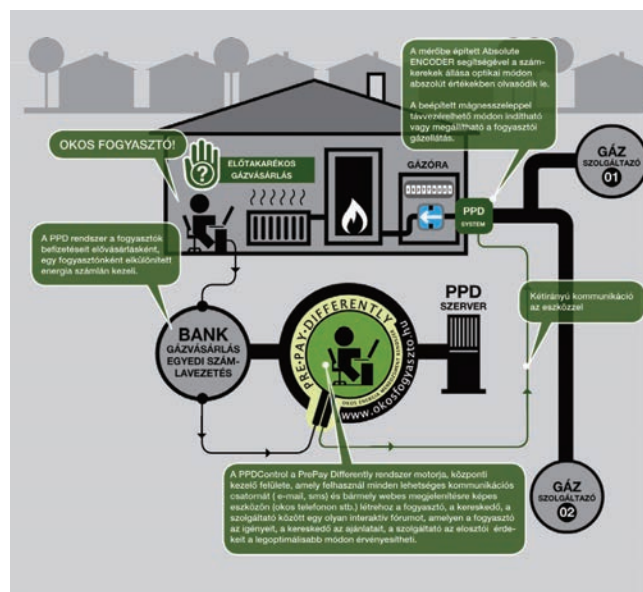
Az FTB minie kommunikációs egység a kommunikációs zavarok maximális kizárhatósága érdekében önálló GSM/GPRS vonalon kapcsolódik az adattovábbítás és utasítás átvétel időszakában az elosztói engedélyes szerveréhez.

Az FTB minie önállóan végzi a mérő leolvasását, rendszerdiagnosztikát, szabotázs felügyeletet, továbbá ellenőrzi a befizetett gázmennyiség és fogyasztás viszonyát, működteti a beépített elzáró szelepet, amelyhez önálló áramforrás biztosítja az energiát a mérő teljes hitelesítési periódusában (jelenleg 10év).

## BÍZTATÓ JÖVŐKÉP

Tehát a kérdésre, „hogyan vajon tudunk-e valamit hasznosítani a világ által ránk ragasztott sztereotíp tulajdonságunkból, lehetünk-e nyertesek mi magyarok az egyre erősödő SMART invázióknak?” biztató pozitív válasz az Égáz-Dégáz Földgáz-elosztó Zrt. elosztási területén, pilot jelleggel bevezetett „PrePay Differently” röviden PPD rendszer.

Kovács Miklós  
2014. május 30.



## Európa legjobbja a Dalkia pécsi szalmatüzelésű erőműve

Brüsszelben 2014. április 3-án számunkra fontos esemény történt: COGEN Europe a Piacfejlesztési kategóriában Európa legjobbjának választotta pécsi PannonPower biomassza tüzelésű erőművet, amely a tavaly átadott szalmatüzelésű blokk révén a 150 ezer lakosú Pécs energiaellátását teljes egészében megújuló energiaforrásra állította át. A Dalkia Energia tulajdonában álló Pannonpower projektje példaértékű, és jól demonstrálja, hogy a megújuló alapú kogenerációs energiatermelés – a hő és a villamos energia párhuzamos előállítás – járható és fenntartható út Magyarországon és Európában egyaránt. A COGEN Europe döntése során kiemelten kezelte, hogy az évi 240 ezer tonna mezőgazdasági melléktermék beszerzése Pécs környékén évi 4 milliárd forintnyi többletbevételhez juttatja a gazdálkodókat és a begyűjtés és a szállítás 170 embernek teremt munkalehetőséget, ami tökéletesen példázza a megújuló energiaforrások felhasználásának helyi gazdaságra kifejtett pozitív hatásait.

A Pannonpower pécsi erőműve több tekintetben is egyedülálló. „Európában ez a legnagyobb szalmatüzelésű biomassza erőmű, amely a kapcsolt technológiát alkalmazza, ráadásul mindezt kiemelkedő, éves átlagban 57 százalékos, hatásfokkal teszi” – mutatott rá Jean-Luc Bohic, a Dalkia közép-európai régióért felelős műszaki igazgatója, aki a blokk építését Magyarországon felügyelte.

A műszaki igazgató hangsúlyozta, hogy a használt technológia hazai viszonyokhoz történő igazítása jelentős műszaki átalakításo-

kat igényelt: a régiós tüzelőanyag-ellátási lehetőségek felmérése után az alapvetően száraz gabonaszalma bálák tüzelésére optimalizált berendezéseket és üzemeltetési eljárásokat úgy kellett átalakítani, hogy az új blokkban magasabb nedvességtartalmú, és egyéb szántóföldi növények – kukorica, napraforgó – szármaradványaiból álló bálák is felhasználhatók legyenek.

Az itthon több mint 20 éves múltra visszatekintő lokális energiaszolgáltató szakemberei abban bíznak, hogy a beruházás hasonló fejlesztések katalizátora lehet a jövőben. „A Pécsset általunk kialakított energiatermelési modell változatlan szabályozás, hasonlóan stabil villamosenergia- és hőpiac, valamint megfelelő mezőgazdasági potenciál mellett akár kisebb méretben máshol is megvalósítható Magyarországon, és az előnyöket képes minden esetben biztosítani” – emelte ki Renaud Capris, a Dalkia Energia vezérigazgatója.

A Magyarországon 67 ezer fogyasztót távhővel ellátó Dalkia Energia vezérigazgatója szerint fontos, hogy a pécsi beruházás ne egy egyedüli kezdeményezés legyen, hanem modellként szolgáljon a magyarországi adottságokat kihasználó, a távhőszektort hatékonyabbá tevő folyamatnak. „A pécsi energiaellátási modell jó példája annak, hogy az ország adottságai mellett a biomassza beemelése a távhőszolgáltatásba megtérülő és minden érintett számára előnyöket rejtő lehetőség. A megközelítés és a technológia kisebb, akár csak 1000 fogyasztót ellátó rendszerek esetében is eredményesen alkalmazható” – hangsúlyozta Renaud Capris.

### TÁVHŐ VÁNDORGYŰLÉS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület Hőszolgáltatási Szakosztálya

a 27. TÁVHŐ VÁNDORGYŰLÉST

2014. szeptember 16-17. között tartja **Egerben**

A vándorgyűléseken elhangzó előadások hagyományosan a távhőszolgáltatás műszaki-technológiai kérdéseivel foglalkoznak. Ezt a gyakorlatot folytatja a soron következő őszi esemény is.

A 27. Vándorgyűlés tematikája

#### „A technológia-transzfer és a Működési környezet”

köré csoportosul és kiemelten kíván foglalkozni a **felhasználói elégedettség növelése** érdekében bevezetett **technológiai fejlesztések eredményeivel**, valamint napjaink állandó elvárásával, az innovációval.

Be kívánjuk mutatni az elmúlt időszakban elvárt és elért eredményeket, a távhőszolgáltatásban megvalósult fejlesztéseken keresztül néhány kiemelkedő projekt, mint a legjobb gyakorlatok prezentálásával.

A hőtermelés témakörében jelentős feladat annak meghatározása, hogy műszaki-gazdasági és társadalmi szinten optimális megoldás körvonalazódjon a kapcsolt energiatermelés vs. közvetlen hőtermelés relációjában. Áttekintjük a várható trendeket.

Napirenden szerepel még, hogy foglalkozzunk az energiagazdálkodás időszerű kérdéseivel, a távhő helyével és szerepével a szabályozások ismeretében, a Távhő Cselekvési Terv kidolgozására és végrehajtására tett, vagy nem tett intézkedésekkel, az innováció és tudásmenedzsment szerepével a fejlesztések és beruházások folyamataiban, valamint a további fejlesztések trendjeivel, az innovációval és technológia-menedzsmenttel is.

A Vándorgyűlésre tisztelettel meghívjuk és várjuk az érdeklődőket.

*Gerda István, szakosztályelnök*

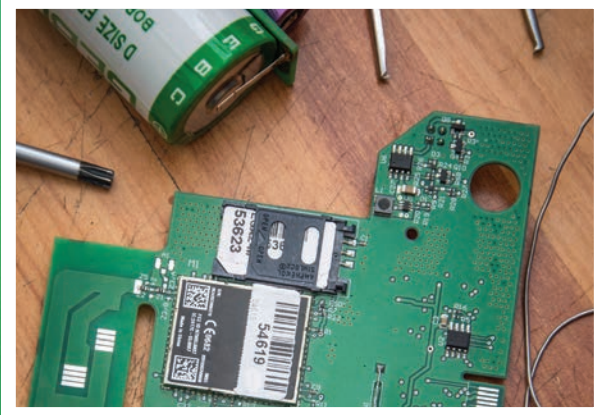


**PRE·PAY  
DIFFERENTLY**  
OKOS ENERGIA MENEDZSMENT RENDSZER

A PPD rendszer a fogyasztók befizetéseit elővásárlásként, fogyasztónként elkülönített energia számlán kezeli. Ezzel megteremti a fogyasztók számára azt a lehetőséget, hogy elővásárlásaikat mindig a legkedvezőbb áron tehesék meg. Így kihasználhatóvá válik számukra is a szezonális és az aktuális energiatermeléssel, szállítással is összefüggő energiaárváltozások előnyei. Továbbá lehetőség nyílik a kereskedő számára, hogy akár naprakész ajánlatokkal erősítse, vagy megtartsa pozícióját a fogyasztók piacán.

*Kovács Miklós*

Kovács Miklós  
+36 30 934 8567  
PPD hardver és rendszer konstruktőr



# PPD RENDSZER MŰKÖDÉSE



TOVÁBBI INFORMÁCIÓKÉRT  
**KATTINTSON!**  
[www.okosfogyaszto.hu](http://www.okosfogyaszto.hu)

# Gyere el a múzeumba!

**A kiállítás**  
korhatár nélkül,  
fényképes  
igazolvánnyal  
**ingyenesen**  
**látogatható.**

Nyitva tartás:  
hétfő-péntek: 8.00-15.00  
szombat: 9.00-13.00  
vasárnap: ZÁRVA

Érdeklődni lehet: 75/50-74-32

MVM Paksi Atomerőmű Zrt.  
7031 Paks, Pf. 71. hrsz. 8803/15  
telefon és fax: 06-75-505-000; 1/355-1332  
weboldal: [www.atomeromu.hu](http://www.atomeromu.hu)  
Facebook profil:  
[www.facebook.com/paksiatomeromu](http://www.facebook.com/paksiatomeromu)



## Atomenergetikai Múzeum



mvm paksi atomerőmű