ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata *61. évfolyam 2020. 3. szám*

A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat

Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület

Hőszolgáltatási Szakosztálya

Jegyezze elő naptárába:

22. TÁVHŐ VÁNDORGYŰLÉS

Balatonfüreden, vagy videokonferencia formájában

2020. szeptember 15-16.

További információk:

www.clubservice.hu
clubservice@clubservice.hu

51. NEMZETKÖZI
GÁZKONFERENCIA
2020

51. Nemzetközi Gázkonferencia

2020. október 20-21.

Siófok, Hotel Azúr****

www.gazkonferencia.com

Várunk minden érdeklődőt!

group

földgáz kereskedő

ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata *61. évfolyam 2020. 3. szám*

A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat

Főszerkesztő:
Dr. Gróf Gyula

Olvasó szerkesztő:
Dr. Bihari Péter

Szerkesztőség vezető:
Kaposvári Regina

Szerkesztőbizottság:
Dr. Balikó Sándor, Barta Péter Dávid, Dr. Bihari Péter, Czinege Zoltán, Dr. Csűrök Tibor, Dr. Farkas István, Juhász Sándor, Korcsog György, Kövesdi Zsolt, Dr. Laza Tamás, Mezei Károly, Dr. Mezősi Balázs, Dr. Molnár László, Dr. Nagy Valéria, Németh Bálint, Péter Szabó István, Romsics László, Dr. Seréd Dr. Wopera Ágnes, Dr. Steier József, Dr. Stróbl Alajos, Szabó Benjámin István, Dr. Szilágyi Zsombor, Vancsó Tamás, Dr. Zsebik Albin

Honlap szerkesztő:
Kierblewski Marius
www.ete-net.hu

Kiadja: Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület
1091 Budapest, Üllői út 25., IV. em. 420-421.
Tel.: +36 1 353 2751,
+36 1 353 2627,
E-mail: titkarsag@ete-net.hu

Felelős kiadó:
Bakács István, az ETE elnöke

A szekesztőség címe:
BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.
D épület 208 sz.
Telefon: +36 1 463 2613.
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.
bukiandras@t-online.hu

Nyomdai munkák:
EFO Nyomda
www.efonyomda.hu

Lapunkat rendszeresen szemlézi a megújult

OBSERVER

www.observer.hu

TARTALOM • CONTENT • INHALT

Tudomány * Science * Wissenschaft
Nikolényi István Róbert, Tóth János, Farkas István
Politiofén-fullerén alapú szerves napelemek maximális hatásfokának vizsgálata 3
Study of the maximum efficiency of polythiophene-fullerene based organic solar cells
Untersuchung des maximalen Wirkungsgrades vom organischen Solarzelle auf Basis Politiofen-Fuller

Villamos energia * Electric Power * Elektrizität
Stróbl Alajos
Erőműépítésünk várható két évtizede 9
Our power plant building outlooks for next two decades
Die nächsten zwei Dekaden unseres Kfraftwerkbaues

Épületenergetika * Building energetics * Gebäudeenergietechnik
Zsebik Albin
Javaslatok köz- és lakóépületek energia felhasználásának és felújításának elemzéséhez 18
Recommendations for the analysis of energy consumption and modernisation of public and residential buildings
Empfehlungen für die Analyse des Energieverbrauchs und die Renovierung von öffentlichen Gebäuden und Wohngebäuden

Környezetvédelem * Environmental protection * Umweltschutz
Nagy Valéria
Energia és táj – Energetika és tájhasználat 23
Energy and landscape – Energy management and landscape use
Energie und Landschaft – Energetik und Landschaftverwertung

Energiapiac * Energy Market * Energiemarkt
Szilágyi Zsombor
Koronavírus és az energiapiac 27
Crown virus and the energy market
Koronavirus und Energiemarkt

Kapcsolt energiatermelés * Cogeneration * Kraft-Wärme-Kopplung
Hamvai László
Visszatekintés az MKET elmúlt 20 évére 30
A lookback at the last 20 years of MKET
Rückblick auf die letzten 20 Jahren vom MKET

Hidrogén * Hydrogen * Sauerstoff
Szilágyi Zsombor
Hidrogén a jövő energiahordozója 37
Hydrogen, the future energy carrier
Sauerstoff, der Energieträger der Zukunft

Földgáz * Natural gas * Erdgas
Szilágyi Zsombor
A légkört károsító metán 40
The harmful Methane
Die Atmosphäre beeinträchtigende Methan

Klenen * Klenen * Klenen
Bohunka Dávid Szirtes Máté
KLENEN összefoglaló 41
Summary of the KLENEN conference
Zusammenfassung von KLENEN Konferenz

A folyóirat szerkesztésénél különös figyelmet fordítottunk a környezetvédelmi szempontokra!

A beküldött kéziratokat nem őrizzük 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.

Politiofén-fullerén alapú szerves napelemek maximális hatásfokának vizsgálata

Nikolényi István Róbert
tanársegéd, nikolenyi.istvan@gek.szie.hu

Tóth János
PhD hallgató, toth-janos@outlook.com

Farkas István
egyetemi tanár, farkas.istvan@gek.szie.hu

Jelen munkában a poli(3-alkiltiofén) (P3AT) vezető polimercsalád egyes tagjai HOMO-LUMO energiaszintjeinek meghatározására mutatunk be egy módszert. Az eljárást alkalmazzuk a fenil-C_{61}-vajsav-metil-észter (PCBM) akceptorú napelemek (P3AT:PCBM) maximális hatásfokának vizsgálatára. Eredményeink jellege hasonlóságot mutat egyes mérési eljárásokban meghatározott HOMO-LUMO szint változásokkal. A dolgozatban a vákuumszint eltolódás effektus is tárgyalásra kerül.

*

In this paper a method for determining the HOMO-LUMO levels of some member of poly(3-alkylthiophene) (P3AT) conducting polimer family will be presented. We apply this one for study the maximal efficiencies of solar cells based on [6,6]-phenyl-C_{61}-butyric acid methyl ester (PCBM) as acceptor (P3AT:PCBM). The character of our results is similar to the changes of the HOMO-LUMO levels measured by certain experiments. In the paper the vacuumshift effect will also be discussed.

* * *

Napelemek maximálisan elérhető hatásfokait becslő eredmények az elméleti és gyakorlati kutatások számára egyaránt ösztönzést jelentenek. A leghíresebb és egyben referenciának is tekintett első korlát az 1961-ben publikált ún. Shockley–Quiesser-féle elméleti határ (Shockley, Quiesser, 1961), amely egyetlen p-n átmenetet tartalmazó napelem maximálisan elérhető hatásfokára ad összefüggést a félvezetők tilossáv szélességének függvényében. A számítások alapjait képező fizikai elvek újragondolása (pl. több p-n átmenet alkalmazása (Nemcsics, 2001, 2006), az ún. töltéshordozó-többszörözés lehetősége (Gali, 2017; Nozik, 2002; Vörös et al., 2014), a termikus és fotovillamos elvek ötvözése (Biermann et al., 2016) s.í.t.) valamint ezen elveknek a korszerű nanotechnológiai alkalmazásokban való érvényesülését vizsgáló kutatások (Xu et al.,2015; Li, Dagenais, 2015; Anttu, 2015) a napelemek újszerű kialakításaihoz, generációihoz vezettek.

A polimer alapú (szerves) napelemek maximális hatásfokát Minnaert és Burgelman (2007) egy egyszerű és elegáns formulával vizsgálta (ld. (1) és 1. ábra). A képlet szerint az elméletileg elérhető hatásfokot a donor-akceptor anyagpáros ún. HOMO (legmagasabban betöltött molekula pálya) és LUMO (legalacsonyabb, be nem töltött molekulapálya) energiaszintjei határozzák meg. A szerves napelemek működési elve szerint a beeső napsugárzás hatására a polimerben (mint elektrondonor anyag) elektron-lyuk pár gerjesztődik. Ellentétben a szervetlen napelemekkel, a gerjesztődés után nem kapunk közvetlenül szabad töltéseket, az elektron-lyuk pár, a hidrogén atomhoz hasonlóan, kötött állapotban marad (ún. exciton állapot). A töltésszétválasztáshoz szükség van egy, a donor anyag energiaszintjeihez a saját energiaszintjeivel megfelelően párosuló akceptor anyagra is. (az 1. ábrához hasonlóan). Ezután az exciton a donor/akceptor felülethez vándorol, ahol az elektron átugrik a számára energetikailag kedvezőbb akceptor LUMO nívóra, míg a lyuk a donor anyagban marad a HOMO nívón. Ezután a már szabaddá vált töltések a megfelelő elektródákra kivezethetőek. Az elvileg hasznosítható maximális energiát az előbb említett két nívó különbsége (LUMO (akceptor)-HOMO (donor)) és a donor anyag tilos sávszélessége (LUMO (donor)-HOMO (donor)) határozza meg. Az előbbi mennyiség arányos a mérhető üresjárási feszültséggel.

Minnaert és Burgelman (2007) a formula alapján a PCBM fullerén akceptorú napelemekre határozta meg az ideális donor anyag tilossáv szélességét, illetve a maximális hatásfokot három szcenárió (ideális, optimista és realista) esetére. Fő célkitűzésükként eljárásukat általánosították szerves tandem cellák esetére (Minnaert, Veelaert, 2012).

Dolgozatunkban polimerek HOMO-LUMO energiaszintjeinek meghatározására mutatunk be egy módszert, amelyet a P3AT politioféncsalád egyes tagjai szintjeinek meghatározására alkalmazunk. A módszer kvantummechanikai modellt, a vezető polimerek ún. Hubbard modelljét használja. A rendszer egy kiszemelt modellparaméterét, a tiofén gyűrűben a kén atommal nem szomszédos szén atomhoz tartozó csomóponti potenciál értékét (2. ábra) folytonosan változtatva vizsgáljuk a maximális hatásfok alakulását. Ez a paraméter a tiofén gyűrűhöz kapcsolódó alkil-oldalcsoportok hatását írja le, amelyeknek a politiofén elektromos tulajdonságaira gyakorolt hatása napjainkban is intenzív kutatási terület (Endrődi, 2015; He et al., 2007; Al-Ibrahima et al., 2005; Qiao et al., 2001). Kiindulásként a poli(3-hexiltiofén) (P3HT) irodalomban elérhető Hubbard paramétereit használjuk (Lu és Men, 2008; ed. Farchioni, Grosso, 2001).

Csak az ideális szcenárió esetét tekintjük. Számolásaink Gulácsi és szerzőtársainak korábbi eredményein és módszerein alapulnak (Kovács és Gulácsi 2015, Gulácsi et al., 2014; Gulácsi 2013).

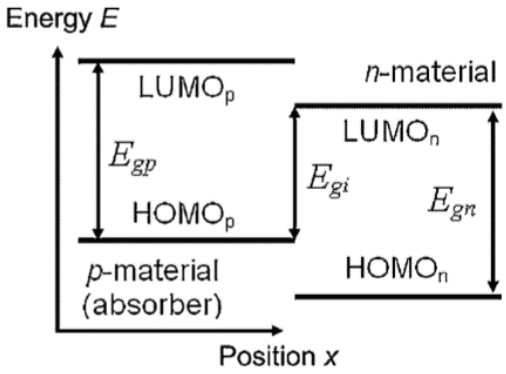
A dolgozat szerkezete a következő: a következő pontban röviden leírjuk a modelleket, fogalmakat, képleteket és jelöléseket. Ezután a kapott diagramokat mutatjuk be. Az ezt követő pontban elemzést és értelmezést végzünk megemlítve a gyakorlatban a donor/akceptor felületen fellépő ún. vákuumszint eltolódást. Majd végül röviden szólunk a lehetséges jövőbeni tervekről.

Felhasznált modellek, képletek, fogalmak, jelölések

Az elérhető maximális hatásfokra vonatkozó, már hivatkozott képlet az ideális szcenárió esetében:

$$\eta_{max} = \frac{E_{g,i}\int_{E_{g,abszorber}}^{\infty} N(E)dE}{\int_{0}^{\infty} EN(E)dE}, \qquad (1)$$

ahol $E_{g,i}$ az akceptor $LUMO_n$ és a donor (abszorber) anyag $HOMO_p$ szintjeinek különbsége, $E_{g,abszorber}$ az abszorber anyag tilossáv szélessége (azaz $LUMO_p$ – $HOMO_p$) az 1. ábra szerint, E az aktuális energiaszint, $N(E)$ pedig az AM 1.5 beeső szoláris fotonfluxus tapasztalati, mért energiafüggése. Ez utóbbit (Hulström et al., 1985) publikáció Appendixe tartalmazza.



1. ábra. **A donor és akceptor anyagok relatív LUMO, HOMO energiaszintjei és az (1) összefüggés értelmezése**
(Minnaert, Burgelman, 2007)

A HOMO szint a legmagasabban betöltött molekula pálya (highest occupied molecula orbital) a LUMO a legalacsonyabb, be nem töltött molekulapálya energiaszintjét (lowest unoccupied molecula orbital) jelenti, hasonlóan a valencia és vezetési sáv szilárdtestfizikai fogalmaihoz. Az (1) egyenlet ún. ideális szcenárióra vonatkozik, amikor is az integrálás végtelenig megy 100% külső kvantum hatásfokkal. Vizsgálatunk kiindulópontjaként Wang és szerzőtársai adatait használjuk a P3HT energiaszintjeihez (Wang et al, 2018): HOMO$_p$ = –4,7 eV, LUMO$_p$ = –2,7 eV, HOMO$_n$ = –6,2 eV, LUMO$_n$ = –3,8 eV értékeket választjuk (P3HT: PCBM bázisú napelem). Az energiaszintek a vákuumszintre vonatkoznak, amelynek értéke a 0 eV. (A vákuumszintre az „Eredmények értékelése" pontban még vissza kell térnünk). Szükséges ugyanakkor még itt szólnunk arról, hogy pl. a LUMO szintek értékeire a szakirodalom igen tág tartományban közöl adatokat (pl. a gyakran alkalmazott CV-cyclic voltammetry-módszer használatakor ez a tartomány −3.53-tól −2.70 eV-ig is terjedhet (Pena et al., 2016). A modell három alapfeltevésből áll: a) csak az egyik anyag abszorbeálja a fotonokat, ez a *p*-típusú donor anyag, a polimer, esetünkben a P3HT, b) minden olyan foton, amelynek energiája nagyobb $E_{g,abszorber}$-nél és csakis ezek nyelődnek el a donorban és váltanak ki fotoeffektust, c) valamennyi fotonelnyelődés a polimerben a folyamat végén szabad elektron és lyuk töltéseket eredményez $E_{g,i}$ hasznos energiával. Mellékfeltételként teljesülnie kell a ΔLUMO = LUMO (donor) – LUMO (akceptor) ≥ 0,2 eV egyenlőtlenségnek is, ami a polimer alapú napelemek működésének (exciton disszociáció) alapfeltétele (Minnaert, Burgelman, 2007).

A vezető polimerek energiaszintjeinek meghatározására a kvantummechanika Hubbard modelljét választottuk. Központi eleme az ún. Hamilton-operátor, amelyet ún. másodkvantált formában írunk fel és a polimerbeli elektron energiáját adja meg. Ezt két paramétertípus jellemzi: amikor az elektron az egyik csomóponton tartózkodik, energiáját a megfelelő E_i, ún. csomóponti potenciál, amikor pedig két csomópont között ugrik, akkor az energia változását az ún. t_{ij} hopping mátrixelemek írják le. Csak a szomszédos ugrásokat vesszük figyelembe. Az ötszög láncolatú vezető polimerek Hamilton operátora, pontosabban mondva a Hamilton operátor kinetikus része így a következő lesz a 2. ábra szerinti értelmezéssel (Gulácsi et al., 2014; Gulácsi 2013; ed. Farchioni, Grosso, 2011):

$$\hat{H}_0 = \sum_{\sigma}\sum_{i=1}^{N_C}\{[\tau\hat{c}^{+}_{i+r5,\sigma}\hat{c}_{i+a,\sigma} + t''\hat{c}^{+}_{i+r3,\sigma}\hat{c}_{i+r4,\sigma} + t'\left(\hat{c}^{+}_{i+r1,\sigma}\hat{c}_{i,\sigma} + c^{+}_{i+r5,\sigma}\hat{c}_{i+r1,\sigma}\right) + t\left(\hat{c}^{+}_{i,\sigma}\hat{c}_{i+r3,\sigma} + \hat{c}^{+}_{i,r4,\sigma}\hat{c}_{i+r5,\sigma}\right) + H.c.] + E_5\hat{n}_{i+r1,\sigma} + E_1(\hat{n}_{i,\sigma} + \hat{n}_{i+r5,\sigma}) + E_3\hat{n}_{i+r3,\sigma} + E_2\hat{n}_{i+r4,\sigma}\} \quad (2)$$

ahol

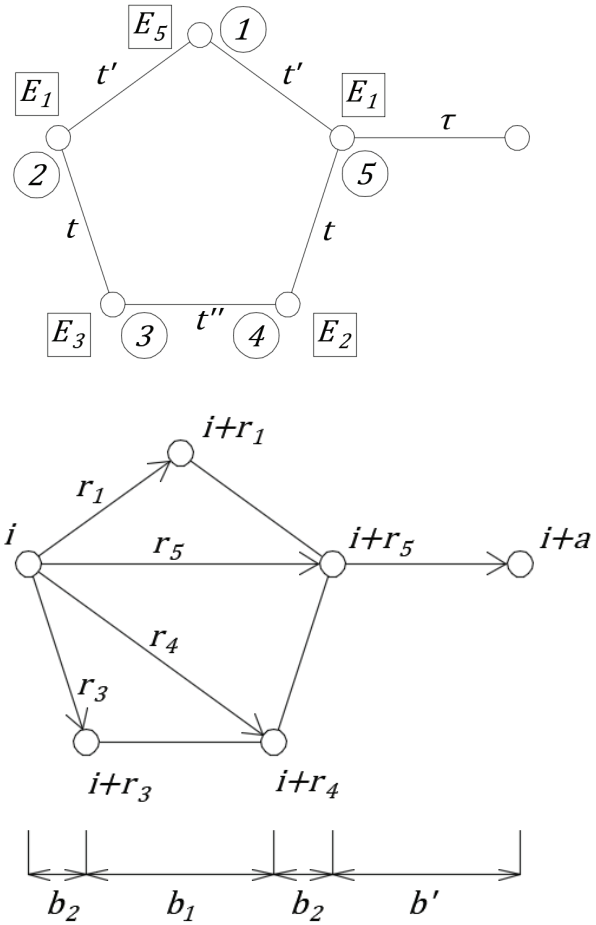
$\hat{c}^{+}_{i+rj,\sigma}$ az $\vec{i}+\vec{r}_j$ csomópontban egy σ spinű elektront keltő operátort,

$\hat{c}_{i+rk,\sigma}$ az $\vec{i}+\vec{r}_k$ csomópontban egy σ spinű elektront eltűntető operátort,

$\hat{n}_{i+rm,\sigma}$ az $\vec{i}+\vec{r}_m$ csomópontban lévő σ spinű elektronszám operátorát jelöli,

a H.c. a felírt tagokhoz hermitikusan konjugált tagok összegét rövidíti, amelyek az elektron fordított irányú ugrásait írja le. A Pauli-féle kizárási elv miatt egy csomóponton ugyanazzal a σ spinnel csak maximálisan 1 db elektron tartózkodhat.

A σ spin értéke kétféle: ↑ ill. ↓ irányú lehet. A 2. ábra a polimer egységcelláját mutatja, a felíráskor a Born-Kármán-féle periódikus határfeltételeket alkalmaztuk, egyszerűség miatt $\vec{r}_2$ =0-nak választottuk, N_C az egységcellák száma.(Valójában a teljes Hamilton operátor még tartalmazza az ún. kölcsönhatási részt is, amely az elektronok közötti taszítást veszi figyelembe. Ám a sávszerkezet meghatározásánál ez a rész nem játszik szerepet, így ezt most nem írtuk le (Gulácsi, 2013).



2. ábra. **A P3AT származékok általános Hubbard modellje, illetve geometriai jelölések és méretek**
(Gulácsi et al., 2014; Gulácsi, 2013; ed. Farchioni, Grosso, 2011)

Ezután a $\hat{H}_0$ Hamilton operátort a *k* hullámszámvektor térbe kell transzformálnunk a

$$\hat{c}_{\vec{i}+r\vec{m},\sigma} = \left(\frac{1}{\sqrt{N_C}}\right)\sum_{k=1}^{N_C} e^{-i\vec{k}(\vec{i}+\vec{m})}\hat{c}_{n,\vec{k},\sigma}$$

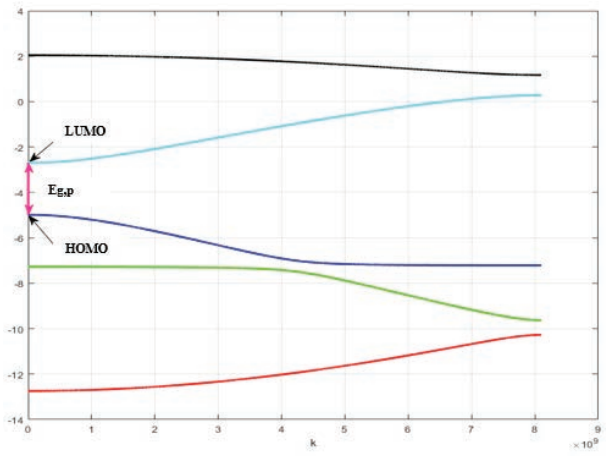
Fourier transzformáció szerint, ahol *k* hullámszám vektor a lánc irányába mutat és diszkrét értékeken fut keresztül: $|\boldsymbol{k}|=k=2m\pi/aN_C$, $m=0,1,2,...,N_C-1$, ahol, $a=|\boldsymbol{a}|$, az ún. rácsállandó értéke. A diszkrét Fourier transzformáció ismert átalakítási eljárásai után a transzformált Hamilton operátor a következő alakba írható:

$$\hat{H}_0 = \sum_{\sigma}\sum_{i=1}^{N_C}\left(\hat{c}^{+}_{1,k,\sigma},\hat{c}^{+}_{2,k,\sigma},...,\hat{c}^{+}_{5,k,\sigma}\right)\tilde{M}\begin{pmatrix}\hat{c}_{1,k,\sigma}\\ \hat{c}_{2,k,\sigma}\\ ...\\ \hat{c}_{5,k,\sigma}\end{pmatrix}, \qquad (3)$$

ahol:

$$\tilde{M} = \begin{Bmatrix} E_5 & t'e^{+i\frac{kb}{2}} & 0 & 0 & t'e^{-i\frac{kb}{2}} \\ t'e^{-i\frac{kb}{2}} & E_1 & te^{-ikb_2} & 0 & \tau e^{+ikb'} \\ 0 & te^{+ikb_2} & E_3 & t''e^{-ikb_1} & 0 \\ 0 & 0 & t''e^{+ikb_1} & E_2 & te^{-ikb_2} \\ t'e^{+i\frac{kb}{2}} & \tau e^{-ikb'} & 0 & te^{+ikb_2} & E_1 \end{Bmatrix} \qquad (4)$$

A polimer sávszerkezetét az $\tilde{M}$ mátrix k-tól függő sajátértékeinek meghatározásával nyerjük, amelyet számítógépes programmal könnyen kirajzoltathatjuk. A 3. ábra mutatja az 1. táblázatban feltüntetett paraméterek szerinti kapott sávszerkezetet.



3. ábra. **A poli(3-hexiltiofén) (P3HT) sávszerkezete a Hubbard modell alapján, hasonlóan (Lu és Men, 2007)**

1. táblázat. A P3HT polimer Hubbard modellbeli paraméterei (Lu és Men, 2008; ed. Farchioni, Grosso, 2001)

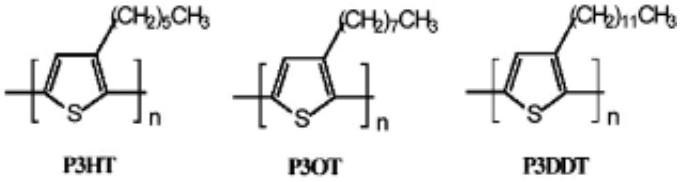
E_1	E_2	E_5	t	t'	t''	τ
−1		−3,8	−3,5	−2,5	−2,8	−3,2
E_{offset} = −3,972						

Az 1. táblázathoz tartozó geometriai adatokat a $b = b_1 + 2\,b_2$; $a = b + b' = b_1 + 2\,b_2 + b'$ és $\vec{r}_2 = \vec{0}$ összefüggések felhasználásával Samuelsen and Mardalen (1997), valamint Bak és szerzőtársai (1961) adatait alapul véve a $b_1 = 1{,}423 \cdot 10^{-10}$ m; $b_2 = 0{,}523 \cdot 10^{-10}$ m és $b' = 1{,}410 \cdot 10^{-10}$ m paramétert választottuk.

A P3HT Hubbard paramétereit Lu és Men (2007) cikke, illetve (ed. Farchioni, Grosso, 2011) könyv 3. fejezete alapján választottuk meg, amelyeket hozzáigazítottuk a pontosabb, 2 eV sávszélességhez a τ paraméter kis megváltoztatásával, valamint a sávszerkezetet eltoltuk a megfelelő negatív tartományba E_{offset} levonásával. A kirajzolt sávszerkezet középső két sávját kell tekintenünk, ami az ún. félig töltött állapotnak felel meg.

A konkrét vizsgálat

Ahogyan a Bevezetés pontban már említettük, konkrét célunk az (1) formula szerinti maximális hatásfok meghatározása a rendszer E3 modellparaméterének függvényében. A P3AT polimercsalád egyes tagjait (4. ábra) az irodalomban a P3HT-re megadott paraméterekből kiindulva vizsgáljuk.

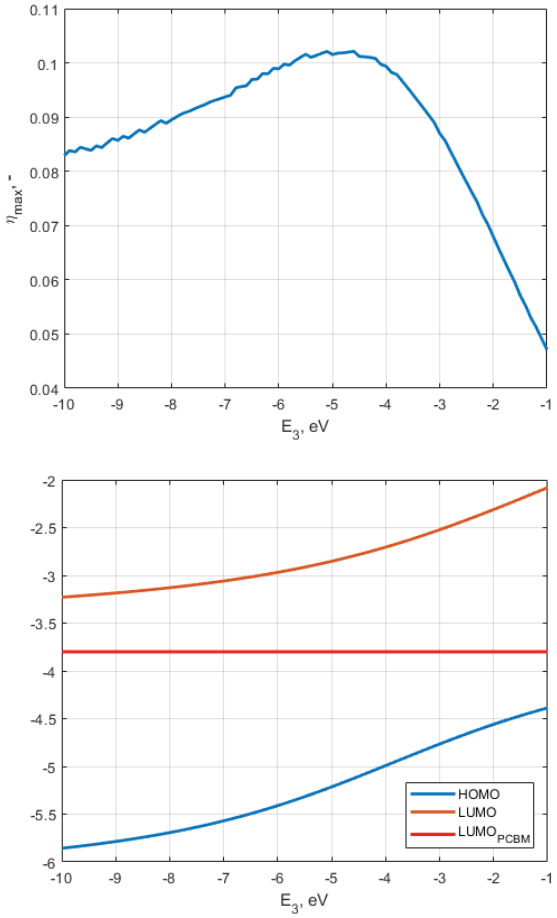


4. ábra. **A P3AT polimercsalád néhány tagja** (Al-Ibrahimi et al, 2005)

A 4. ábrán sorrendben Poli(3-hexiltiofén) P3HT, Poli(3-oktiltiofén), Poli(3-dodeciltiofén) P3DDT. Az oldalcsoportok valamennyien alkil csoportok, az általunk számozott 3. szénatomnál vannak és csupán a hosszúságukban különböznek.

A fenti ábráról látszik, hogy a polimercsalád tagjai csupán a láncban ugyanahhoz a szénatomhoz illesztett oldalcsoportban (a 4. ábrán az alkilcsoport hosszában) különböznek.

Számítási eredményeink a következők:

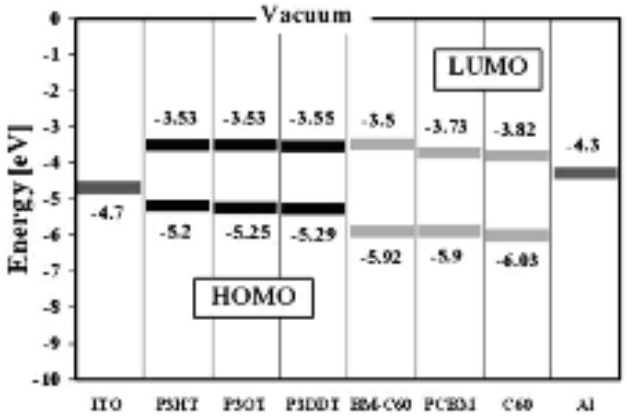


5. ábra. **A maximális hatásfok (felső ábra) valamint a vizsgált polimercsalád HOMO és LUMO szintjei (alsó ábra) változása az E_3 csomóponti potenciál függvényében**

Az 5. ábrán a PCBM piros vonal a referencia LUMO szintjét jelenti A kiindulásnak tekintett P3HT az $E_3 = -3{,}97$ eV értéknél van.

A kapott baloldali grafikonról leolvasható, hogy a maximális hatásfok optimuma kb. $E_3 = -4{,}6$ eV értéknél található, ami a hexilcsoportnál kissé erősebb akceptor funkciójú oldalcsoport szintetizálását jelentené. Ugyanakkor a P3HT-re adódó kb. 10% max. hatásfok egészen $E_3 = -6$ eV-ig lényegében ugyanakkorának vehető. Ebben a tartományban a gyakorlatilag kedvező hatásfokot nem az energiaszintek, hanem egyéb, pl. morfológiai tulajdonságok dönthetik el. Látszik továbbá, hogy a P3HT pont ennek a maximális szakasznak a „kezdetén" van, a hexilcsoportnál gyengébb akceptorú oldalcsoportok esetében a maximális hatásfok csökkenése lineárisnak vehető.

A jobboldali ábra szerint a HOMO-LUMO szintek együttesen növekednek és kb. $E_3 \leq -3$ eV tartományban a HOMO szint esése kissé nagyobb. Ezt a jelleget látszik alátámasztani Al-Ibrahimi és munkatársainak a CV (cyclic voltammetry) mérési módszerrel meghatározott, más kezdeti adatokról induló energiaszint értékei a 6. ábra alapján:

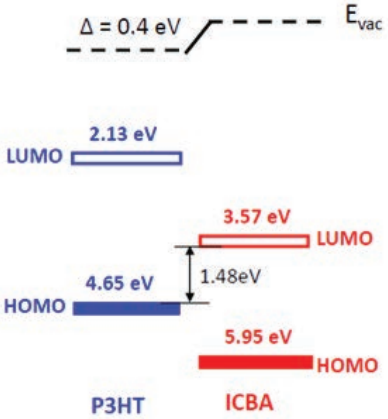


6. ábra. **A P3HT, P3OT,P3DDT politiofén származékok ill. BM-C60, PCBM ill. C60 fullerének HOMO és LUMO szintjei a CV módszerrel mérve (az ITO és Al elektródák munkafüggvényeivel)**

Az eredményeink értékelése

A kapott eredményekkel kapcsolatban a következőket kell megemlítenünk: *a)* a kapott grafikon a P3AT polimercsalád említett néhány tagjának HOMO-LUMO szint változását adta jellegre vissza. Ám a mérési eredmények erősen függhetnek a mérési módszerektől is. Pl. a P3DDT LUMO szintje magasabbnak is adódhat a P3HT-énál (Huang et al., 2010). *b)* az optimális paraméterrel jellemzett donor anyagot csupán az energiaszintek helyzetei szerint határoztuk meg. Ezért valójában még nem lehet kijelenteni, hogy ez az új anyag a P3HT-nál jobb donor lenne, mert ez még egyéb, lényeges anyagi (morfológiai, transzporttulajdonságbeli) jellemzőktől is függ (Minnaert, Burgelman, 2007b), *c)* az E_3 paraméter változtatásakor a többi paraméter értékét változatlan szinten tartottuk. Amennyiben E_3 változását új oldalcsoportnak feleltetjük meg, akkor pl. hosszabb alkilcsoport szintetizálása a szomszédos tiofén gyűrűknek a közös C-C kötés körüli elfordulásához vezethet (Al-Ibrahim, 2005) és ennek a τ paraméterre lehet hatása. Ugyanakkor a Hubbard modell az E_3 csomóponti potenciált nemcsak oldalcsoporttal azonosíthatja, különböző típusú rendezetlenségek hatására is változhat értéke (két dimenziós modell esetén pl. Trivedi et al., 2005)). *d)* példánkban a donor anyag energiaszintjeit az akceptorétól függetlenül határoztuk meg. Nem nyilvánvaló azonban, hogy ezek a szintek változatlanok maradnak akkor is, amikor őket „napelemmé" egyesítjük, azaz a közös donor/akceptor határfelület kialakulása után is. Guan és munkatársai (2010, 2011) a P3HT:PCBM, P3HT:ICBA, P3HT: C_{60} keverékek esetén mérték közvetlenül a $LUMO_n - HOMO_p$ effektív tilos sávszélességet ultraibolya (UPS) és inverz fotoemissziós spektroszkópiai (IPES) módszerrel. Azt találták, hogy a méréssel kapott sávszélesség nagyobb lett a külön-külön mért HOMO és LUMO értékek különbségéből adódottnál. Ez a különbség a donor/akceptor határfelületen kialakuló határfelületi dipólus kialakulására vezethető vissza. Ez a dipólus „felfelé" eltolja az akceptor anyag szintjeit a donoréhoz viszonyítva, ami az egyes anyagok vákuumszintjeinek eltolódását vonja maga után. Ezt a jelenséget, úgy tűnik, mindig figyelembe kell venni.

A 7. ábra a vákuumszintek eltolódását a P3HT:ICBA (poly(3-hexylthiophene):indene-C60 bisadduct) keverék esetét mutatja, a 2. táblázat a kísérleti eredményeket foglalja össze külön-külön, illetve párosításban a vizsgált donor és akceptor anyagokra. Hasonló eredményt kaptak P3HT:PCBM rendszer vákuumszint eltolódására (ΔE=0,57 eV) Kim és munkatársai (Kim et al., 2015). A jelenség modellezhetősége várhatóan több kísérleti eredmény egybevetése után lehetséges majd.



7. ábra. **A P3HT:ICBA (poly(3-hexylthiophene):indene-C60 bisadduct) keverék vákuumszint eltolódása**

A 7. ábra szerint a LUMO(ICBA)-HOMO(P3HT) különbség az eltolódásnak megfelelően növekedett (Guan et al., 2011)

A kísérleti eredményeket a kiindulási p- és n-típusú anyagokra külön-külön, illetve a kombinált párosításokra 2. táblázat mutatja be.

A 2. táblázatban IE: az ionizációs potenciál nagysága (-HOMO), EA: az elektron affinitás nagysága (-LUMO) [eV] egységekben. A 4.oszlop az „elméleti" effektív donor-akceptor tilos sávszélesség *($E_{g,i}$)*, amely a 3. és 2. oszlopok megfelelő különbségeiből adódnak, az 5. oszlop a ténylegesen mért értékek zárójelben a különbségből adódó, feltételezett határfelületi dipólus potenciálja. 6.oszlop pedig a sötétben, Kelvin szondával mért határfelületi dipólpotenciál (Guan et al., 2011).

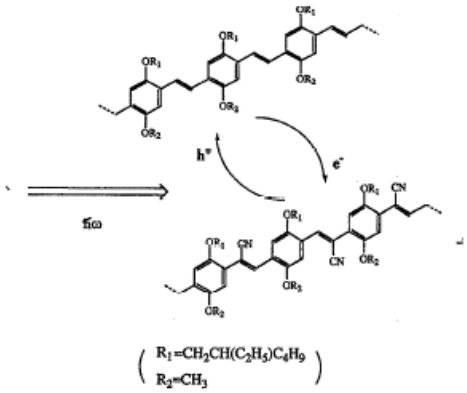
Jövőbeni lehetőségek

A Hubbard modell alkalmazása különösen ígéretesnek tűnik az ún. „teljesen polimer napelemek" vizsgálatainál, azaz olyan heteroátmenetes napelemeknél, ahol mind a donor, mind pedig az akceptor anyag polimer (Yu et al.,1995), sőt, ugyanannak a polimernek két származéka. Egy nevezetes példa a MEH-PPV: CN-PPV donor-akceptor párosra épülő napelem, ahol mind a két polimer ugyanannak a polifenilén-vinilén „gerincnek" csupán oldalcsoportokban különböző származékai (Yu és Heeger, 1995). Ebben az

2. táblázat. Kísérleti eredmények

Sample	IE	EA	E_{vac} alignment D/A gap	UPS/IPES gap (Δ)	KP dipole (in dark)	Equilibrium D/A gap
P3HT	4.65	2.13	–	–	–	–
PCBM	5.80	3.80	–	–	–	–
ICBA	5.95	3.57	–	–	–	–
CuPc	5.2	3.1	–	–	–	–
C_{60}	6.35	4.0	–	–	–	–
P3HT:C_{60}	–	–	0.65	1.1 (0.5)	0.33	0.98
CuPc:C_{60}	–	–	1.1	1.63 (0.53)	0.26	1.36
P3HT:PCBM	–	–	0.85	1.46 (0.6)	NA	~1.2
P3HT:ICBA	–	–	1.08	1.68 (0.6)	NA	~1.4

esetben a donor és akceptor anyagok ugyanazzal a Hubbard paraméterezéssel vizsgálhatóak (lásd 8. ábra).



8. ábra. **A fotogerjesztés és töltéstranszport folyamata, valamint a donor-akceptor anyagok szerkezete a MEH-PPV:CN-PPV szerves napelemben (Yu és Heeger, 1995)**

Összefoglalás

Dolgozatunkban egy számítási módszert mutattunk be polimerek energiaszintjeinek (sávszerkezetének) meghatározására. A módszer a polimerek Hubbard modelljére épült és a P3AT politiofén származékainak esetére alkalmaztuk numerikusan a szakirodalomban megadott paraméterek szerint. Az eljárás felhasználható polimer alapú napelemek maximális hatásfokának becslésére. Segítsége pl. adott donor anyagok között kiválasztási szempontot adhat ill. új szintetizálási irányba mutathat. Figyelembe kell azonban venni más anyagi pl. morfológiai, transzporfolyamatbeli szempontokat is, továbbá a határfelületen létrejövő határfelületi dipólus hatását is, amely az akceptor anyag energiaszintjeit a donoréhoz képest nem elhanyagolható módon megemeli.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki Gulácsi Zsolt Professzor Úrnak szívélyes segítségéért.

Irodalmi hivatkozások

W. Shockley and H. J. Queisser (1961): Detailed Balance Limit of Efficiency of p-n Junction Solar Cells, Journal of Applied Physics. 32 (3): pp. 510–519.

Nemcsics Á. (2006): Vékonyrétegekről, nanostruktúrákról a napelem ürügyén, Fizikai Szemle, 9, pp. 293-299

Nemcsics Á. (2001): A napelem és fejlesztési perspektívái, Akadémiai Kiadó, Budapest

Gali Á. (2017): Harmadik generációs napelemek, Magyar Tudomány, 5. pp 540-544

A. Nozik (2002): Quantum dot solar cells, Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures,Vol. 14, Issues 1–2,pp. 115-120

M. Vörös, S. Wippermann, B. Somogyi, A. Gali, D. Rocca, G. Galli, G.T. Zimanyi (2014): Germanium nanoparticles with non-diamond core structures for solar energy conversion,J. Mater. Chem. A. pp.9820-9827

D. M. Bierman, A. Lenert, W. R. Chan, B. Bhatia, I. Celanovic, M. Soljacic, E. N. Wang, (2016): Enhanced photovoltaic energy conversion using thermally based spectral shaping, Nature Energy, Vol 1., pp. 1-7.

C A. Nelson, N R. Monahan X.Y. Zhu (2013) :Exceeding the Shockley–Queisser limit in solar energy conversion, Energy & Environmental Science,Issue 12.

Y.Xu, T.Gong, J. N. Munday (2015): The generalized Shockley-Queisser limit for nanostructured solar cells, Scientific Reports 5, DOI: 10.1038/srep13536

N. Anttu (2015): Shockley-Queisser Detailed Balance Efficiency Limit for Nanowire, Solar Cells, ACS Photonics, pp 446-453. A-H, DOI: 10.1021/ph5004835

T. Li and M. Dagenais (2015.): Modified Shockley-Queisser Limit for Quantum Dot Solar Cells, IEEE

B. Minnaert, P. Veelaert (2012): Guidelines for the Bandgap Combinations and Absorption Windows for Organic Tandem and Triple-Junction Solar Cells , Materials 2012, 5, pp.1933-1953; doi:10.3390/ma5101933

B. Minnaert , M. Burgelman (2007a): Efficiency potential of organic solar cell, Prog. Photovolt: Res. Appl. 2007; 15:741–748 DOI: 10.1002/pip

B. Minnaert , M. Burgelman (2007b): Influence of the energy levels ont he efficiency of organic bulk heterojunction solar cells, 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference, Italy

Endrődi B. (2015): Szerkezeti tényezők hatása a vezetőpolimerek termoelektromos tulajdonságaira, Doktori (PhD) értekezés, SZTE TTIKE

M. Al-Ibrahim, H.K. Roth, M. Schroedner, A. Konkin,U. Zhokhavets, G. Gobsch, P. Scharff, S. Sensfuss (2005): The influence of the optoelectronic propertiesof poly(3-alkylthiophenes) on the device parametersin flexible polymer solar cells, Organic Electronics Vol. 6. pp 65-77.

J. He , Zh. Su , B. Yan , L. Xiang , Y. Wang (2007): The Effects of Different Side Groups on the Properties of Polythiophene, Journal of Macromolecular Science, Part A ,Pure and Applied Chemistry ,Vol. 44, Issue 9. pp. 989-993.

X. Qiao, X. Wang, Zh. Mo (2001):The effects of different alkyl substitution on the structures and properties of poly(3-alkylthiophenes), Synthetic Metals Vol.118, pp. 89-95.

Ch.K. Lu and H.F. Men (2007): Hole doping by molecular oxygen in organic semiconductors: Band-structure calculations, Physical Review B 75,

Organic Electronic Materials, Conjugated Polymers and Low Molecular Weight Organic Solids, edited by R. Farchioni and G. Grosso (Springer, Berlin, 2001.)

Gy. Kovács, Zs. Gulácsi (2015): Pentagon chain in external fields, Philosophical Magazine, Vol. 95, No. 32, pp. 3674-3695, http://dx.doi.org/10.1080/14786435.2015.1094191

M. Gulácsi, Gy. Kovács, Zs. Gulácsi (2014). Flat band ferromagnetism without connectivity conditions in the flat band, Europhys. Lett. 107, 57005

Zs. Gulácsi (2013): Exact ground states of correlated electrons on pentagon chains, International Journal of Modern Physics B Vol. 27, No. 14 pp.1330009, World Scientific Publishing Company DOI: 10.1142/S0217979213300090

R.Hulström ,R.Bird, C.Riordan (1985): Spectral solar irradiance data sets for selected terrestial conditions, Solar Cells 15, pp. 361-391.

Y. Wang, J. Chen, H. D. Kim, B. Wang, R. Iriguchi. H. Ohkita (2018): Ternary Blend Solar Cells Based on a Conjugated Polymer With Diketopyrrolopyrrole and Carbazole Units, Frontiers in Energy Research, Solar Energy

P. A-Peña, A. B.-Calderón, H. Hu,I.González,V. M. U.Saldivar (2017): Measurements of HOMO-LUMO levels of poly(3-hexylthiophene) thin films by a simple electrochemical method, J. Solid State Electrochem, DOI 10.1007/s10008-017-3587-2

E.J.Samuelsen, J.Mardalen (1997): Structure of Polythiophenes Handbook of Organic conductive Molecules and Polymers: Vol.3. conductive Polymers:Spectroscopy and Physical Properties. Edited by H.S.Nalwa, John Wiley & Sons Ltd.

B. Bak, D. Christensen, L. H.Ygaard, J. R.Andersen (1961): The Structure of Thiophene , Journal of Molecular Spectroscopy 7, pp. 58-63

X. Qiao, X. Wang, Zh. Mo (2001):The effects of different alkyl substitution on the structures and properties of poly(3-alkylthiophenes), Synthetic Metals Vol.118, pp. 89-95

J. He , Zh. Su , B. Yan , L. Xiang , Y. Wang (2007): The Effects of Different Side Groups on the Properties of Polythiophene, Journal of Macromolecular Science, Part A ,Pure and Applied Chemistry ,Vol. 44, Issue 9 .pp. 989-993

N. Trivedi, P. J. H. Denteneer, D. Heidarian ,R. T. Scalettar (2005): Effect of interactions, disorder and magnetic field in the Hubbard model in two dimensions, PRAMANA Journal of Physics, Indian Academy of Sciences Vol. 64, No. 6, pp. 1051-1061

Z-L.Guan, J. B. Kim, Y-L. Loo, A. Kahn (2011): Electronic structure of the poly(3-hexylthiophene):indene-C60 bisadduct bulk heterojunction, Journal of Applied Physics 110, 043719;

Z-L. Guan, J. B. Kim, H Wang, Ch. Jaye, D. A. Fischer, Y-L. Loo, A. Kahn (2010): Direct determination of the electronic structureof the poly(3-hexylthiophene):phenyl-[6,6]-C61butyric acid methyl ester blend, Organic Electronics Vol.11, pp.1779-1785

J-H. Kim, J-A. Hong, D-G.Kwon, J.Seo,Y. Park (2014): Energy level alignment in polymer organic solar cells at donor-acceptor planar junction formed by electrospray vacuum depositon, Applied Physics Letters Vol.104, pp.163303-1-163303-4 G. Yu, H. Nishino, A.J. Heeger, T.-A. Chen, R.D. Rieke (1995): Enhanced electroluminescence from semiconducting polymer blends, ELSEVIER Synthetic Metals 72 pp. 249-252 (P3HT:PPV)

G.Yu and A.J. Heeger (1995): Charge separation and photovoltaic conversion in polymer composites with internal donor/acceptor heterojunctions , J. Appl. Phys. 78, 4510 ; doi: 10.1063/1.359792 (MEH-PPV:CN-PPV)

Elhunyt Varga Sándor

Dr. Varga Sándor tagtársunk, aki hosszú éveken keresztül kiemelkedő tevékenységet folytatott Egyesületünkben, 2020. február 1-én, életének 89. évében elhunyt.

Dr. Varga Sándor 1931. április 18-án Budapesten született. Tanulmányait az Állami Gimnáziumban kezdte, ahol 1949-ben érettségizett. Vegyészmérnöki oklevelet 1953-ban a Veszprémi Vegyipari Egyetemen, az Ásványolaj-Szénfeldolgozóipari tagozaton folytatott tanulmányai alapján kapott. 1963-ban ugyanitt műszaki doktori oklevelet szerzett.

Az egyetemi tanulmányai után a Fővárosi Gázműveknél üzemvezetőként, majd az Országos Tervhivatalban iparági főmérnökként, később a Nehézvegyipari Kutatóintézetben tudományos munkatársként dolgozott. A fűzfői Nitrokémia Vállalatnál és a Budapesti Vegyi Műveknél a növényvédő és gyomirtó szerek gyártásának üzemi megvalósítását szervezte. Ezt követően 20 éven keresztül az Országos Energiagazdálkodási Hatóságnál gázipari, olajipari és főenergetikusi előadóként dolgozott, majd az Energiatakarékossági osztályt vezette. Az Ipari Minisztériumban nyugdíjazásáig (1988.) az országos főenergetikusi teendőket látta el. Volt munkatársai tisztelték szakmai tudásáért és emberséges vezetői viselkedéséért.

Életpályája szorosan kapcsolódik az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesülethez, amelynek 1954-től volt aktív tagja, az ország energetikusait összefogó szakosztály egyik létrehozója és vezetője. A szakosztály, és személyesen Dr. Varga Sándor évtizedeken keresztül segítette az országos főenergetikusi hálózat munkatársainak továbbképzését, ismeretszerző tevékenységét. Aktív tagja volt a hazai és nemzetközi ipari energiagazdálkodási konferenciák szervező bizottságának.

Dr. Varga Sándor 1972-től volt az Energiagazdálkodás szakfolyóirat rovatvezetője, tudósítója a szakmai konferenciákról. A kilencvenes években a folyóirat szerkesztői tevékenységét végezte, majd a Felelős szerkesztői feladatokat látta el.

Felelős szerkesztőként a lapszerkesztői stafétabotot a 2000. évi utolsó lapszámban a következőkel adta át: „Az elmúlt 41 év során igyekeztünk bővíteni az energetikával kapcsolatban tevékenykedő szakemberek tájékoztatását, egyidejűleg fórumot teremtve szakmai közleményeiknek, szakcikkeiknek.” Megköszönte az olvasók és szerzők baráti segítségét és támogatását, s kérte maradjanak továbbra is hűek lapunkhoz.

Kérését az Olvasók és Szerzők is megfogadták. A jó példát követve, viszszük tovább a szerkesztői stafétabotot.

Most, hogy eltávozott közülünk, Egyesületünk elnöksége és szakfolyóiratunk szerkesztő bizottsága sok éven keresztül tartó aktív egyesületi és folyóirat szerkesztési munkáját megköszönve részvétét fejezi ki gyászoló családjának és fájdalommal búcsúzik. Emlékét megőrizzük, nyugodjon békében!

Erőműépítésünk várható két évtizede[1]

Dr. Stróbl Alajos
okl. gépészmérnök, strobl.alajos39@gmail.com

Századunkban egyre nagyobb nehézséget okoz az energetikai beruházások két évtizedes előre jelzése, mert túl sok a független változó a kialakult célfüggvények mennységi mutatóinak becsléséhez. Nemzetközi és hazai szakértői csoportok hivatásból vagy megbízásból foglalkoznak ilyen prognózisokkal, amelyekből azonban a szakmát követő érdeklődők nem könnyen vonnak le megbízhatóbb következtetéseket egyetlen témára, az erőműépítésre. Tapasztalataim és ismereteim alapján mégis megkísérlek egy összefoglalót adni arról, hogy mi várható a magyarországi villamosenergia-ellátás forrásoldalán 2040-ig. Mint minden jövő, ez is bizonytalan, és az írás erősen szubjektív, tehát ne a pontos számokat, hanem az irányzatokat nézze a kedves olvasó.

*

In this century, the prognosis of energy investment for the next two decades is encountering an increasing difficulty, as there are too many independent variables with which to estimate the quantitative indicators of the objective functions. Although international and domestic expert groups deal with such forecasts either by profession or by commission, those interested in the profession do not easily deduct reliable conclusions about the topic of power plant construction. However, based on my experience and knowledge, I will attempt to sum up what may be expected in Hungary on the resource side of electricity supply until 2040. As there is no such thing as a certain prediction, and writing is subjective, please look out for trends and not for exact numbers.

* * *

A Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) részletes tavalyi kitekintéséből [1], a Magyar Villamosenergia-ipari Rendszerirányító (MAVIR) szokásos évi kapacitáselemzéséből [2] és az illetékes minisztérium által kiadott Nemzeti Energiastratégiából (NES) [3] kiindulva mindenki tájékozódhat a következő húsz év erőműlétesítési irányzatairól. Nem bírálni vagy pontosítani szeretném a három szakirodalmi forrás megállapításait, hanem csak tömöríteni. E három fő forrás és a sokévtizedes tapasztalat alapján egyéni nézőpontot tálalok soksok számmal a hazai erőműparkunk jövőjéről, ám nagy bizonytalansággal és kételyekkel telve. A koronavírus-krízis korai hatására is kitérek, bár ott még eddig kevés a tapasztalat.

Nemzetközi kitekintés

Az IEA évente ad ki előrejelzéseket a világ energetikájáról, amelyből csak a villamos energiára vonatkozót emelem ki annak érdekében, hogy a fő nemzetközi irányok követése mellett számokkal jelezhessem az egyes helyeken várható fejlődéseket. Természetesen többféle forgatókönyvet kidolgoztak, ám ezek közül csak egyet, a nemzetek fő energetikai stratégiájára vonatkozót emelem ki. [1]

A *villamosenergia-termelés* (1. táblázat) 2018-ban és annak évi átlagos változása 2040-ig a világ egésze mellett a hat legfontosabb országra, országcsoportra számokkal követhető. E hat kiemelt körzet adja a világ villamosenergia-termelésének ma több mint a 70%-át, tehát meghatározónak tekinthető a jelzésük. Összességében a világ villamosenergia-igénye a következő huszonkét évben átlagosan 2%-kal növekedhet. Az természetes, hogy Indiában és Kínában ennél sokkal nagyobb ütemben, viszont Oroszországban csak fele ekkora tempóban. Az USA-ban és az EU-28-ban viszont alig negyed-ötöd akkora sebességgel, sőt Japánban nem is vesznek fel növekedést. A fejlődő országokban várható a nagyobb, a fejlettekben a kisebb ütemű emelkedés.

A *villamosenergia-termelés összetétele* az átalakításhoz felhasznált energiahordozók szerint változó (2. táblázat). Feltűnhet, hogy a szén minden helyen háttérbe szorul, és a megújulók mindenütt előre törnek. A hasadóanyag szerepe csak Indiában és Kínában nő egy kicsit a következő két évtizedben, ám a világon általában inkább visszaszorul. A fejlettebb országokban a földgáznak a jelentős aránya megmarad.

A *megújuló forrásokból* a villamosenergia-termelés összetétele is fontos (3. táblázat), hiszen ezek a források jelentik a mai felfogások szerint a jövőt. Jól látható, hogy általában az időjárástól függő két megújuló forrás – a szél- és napenergia – használata fog növekedni. Oroszországban a vízenergia marad a meghatározó, és Kínában a víz lesz továbbra is a döntő. Érdekesség, hogy még Európában is növelni akarják a vízenergia felhasználását. A biomassza a villamosenergia-termelésben elég kicsi marad.

1. táblázat. Villamosenergia-termelés a világon [1]

	Villamos energia 2018-ban, TWh	Éves változás 2018 – 2040
Világ	26 603	2,0%
Kína	7 170	2,4%
USA	4 445	0,5%
Európai Unió	3 279	0,4%
India	1 618	4,8%
Oroszország	1 085	1,0%
Japán	1 069	0,0%

A *kapacitáskihasználás* (4. táblázat) jelzi a következő fontosabb mondanivalót, és elegendő csak az európai változást feltüntetni a világ egészét jelző számok mellett. Nem terheltem az olvasót a villamos teljesítőképességek bemutatásával, mert ez már nagyon elnyújtaná az írást. A termelt villamos energia és a beépített villamos teljesítőképességek hányadosa, azaz az évi kihasználás már mutatja a fejlődést. Mivel sok kisebb kihasználású, megújuló forrásra épített erőmű lesz a jövőben, ezért az összes teljesítőképesség jobban növekszik, mint az energia: évi átlagban a világon 2,7%-kal, az Európai Unióban 1,2%-kal. Ez utóbbi háromszorosa az energiaigény változási ütemének. A 2018 és 2040 közötti módosulások a fő jellemzők. Az atomerőművek kihasználása nő, a szénerőműveké csökken – különösen az EU-ban. Érdekesség, hogy az atom- és szénerőműves kihasználás után a biomasszával üzemelő erőműveknél adódik a legnagyobb érték, és itt növekedés várható. A vízerőművek viszonylag kis kihasználása is növekedik, de ennél sokkal jobban a szélerőműveké – főleg az EU-ban, ahol már megelőzi a

[1] A cikk a 2020. május 7-én elmaradt debreceni egyetemi előadásom alapján készült.

2. táblázat. Villamosenergia-termelés összetétele világon [1]

	Világ		Kína		USA		Európai Unió		India		Oroszország	
	2018	2040	2018	2040	2018	2040	2018	2040	2018	2040	2018	2040
Atom	10%	8%	4%	8%	19%	11%	25%	17%	2%	5%	19%	18%
Szén	38%	25%	66%	41%	28%	15%	20%	2%	74%	47%	17%	10%
Földgáz	23%	22%	4%	7%	35%	37%	19%	15%	4%	4%	46%	47%
Megújuló	26%	44%	26%	43%	17%	37%	33%	66%	19%	44%	18%	25%
Egyéb	3%	1%	0%	1%	1%	0%	3%	0%	1%	0%	0%	0%

3. táblázat. Megújuló forrású villamosenergia-termelés összetétele világon [1]

	Világ		Kína		USA		Európai Unió		India		Oroszország	
	2018	2040	2018	2040	2018	2040	2018	2040	2018	2040	2018	2040
Víz	17%	15%	17%	14%	7%	7%	10%	12%	9%	7%	17%	17%
Bio	2%	4%	1%	3%	2%	2%	7%	9%	3%	3%	0%	2%
Szél	5%	13%	5%	13%	6%	15%	12%	35%	4%	11%	0%	4%
Nap	2%	11%	3%	13%	2%	12%	4%	10%	3%	23%	0%	0%
Egyéb	0%	1%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	2%

vízerőművekét. Mindenütt a naperőművek vannak az utolsó helyen, bár a számok növekedést jeleznek. Látszik, hogy kontinensünk nem egy napos földrész, mert itt csak 12-13%-ra számíthatunk. Az átlagos kihasználás azonban mindenütt tetemesen mérséklődni fog: a világon 42%-ról 36%-ra, az EU-ban 36%-ról 30%-ra. Éppen ez okoz gondot a befektetőknek, hiszen ők a létesítményeik lehető legnagyobb hasznosítására törekednek, mert ekkor térülhet meg tőkéjük a legjobban.

4. táblázat. A teljesítőképességek kihasználási óraszáma, h/a [1]

	Világ		Európai Unió	
	2018	2040	2018	2040
Nukleáris	6500	7200	5050	6500
Szén	4900	4800	4050	2950
Földgáz	3500	3350	2900	1900
Biomassza	4350	5100	4700	5100
Víz	3250	3350	2200	2400
Szél	2250	2850	2200	3200
Nap	1200	1500	1080	1150
Átlagos	3686	3156	3108	2621
	42,1%	35,9%	35,5%	29,8%

A végső energiafogyasztás összetételét (5. táblázat) szintén meg kell tekinteni annak érdekében, hogy felismerjük: mekkora a villamos energia fogyasztásának részaránya az összes végső energiahordozó-felhasználás mellett. Ezt azért is érdemes szemügyre venni, mert hazánkban a villamos energia részaránya mostanában csak 17% az összes „elfogyasztott” végső energiában, de reméljük, hogy mi is 20% fölé kerülünk a következő két évtizedben. A világon a villany aránya a korábbi 19%-ról öt százalékponttal, az európai 21%-ról nyolccal növekedhet. Természetes az is, hogy az olajfinomítási termékek fogyasztása – a nem energetikai hasznosítással együtt – erősen csökkeni fog 2040-ig, különösen a földrészünkön. Ez az elsősorban közlekedési célú fogyasztás fog leginkább módosulni két évtized alatt. Földgázból a világon nő, az EU-ban közel állandó marad a részarány, szénféleségekből pedig mindenütt csökken. A bioenergia – lényegében a fa – részaránya elég nagy marad, sőt nálunk nő annak ellenére, hogy itt csak a kereskedelmi energiahordozókat tüntették fel.

Külön kihangsúlyoztam ebben a táblázatban, hogy a következő bő két évtizedben mekkora évi átlagos növekedési ütem várható ez egyes energiahordozóknál és összességében. Leginkább az egyéb megújulók kis mennyisége növekedik majd, de nagy lesz tempó a villamos energiánál is. Szénből (kokszból, brikettből stb.) mindenütt kevesebbet igényelnek majd a fogyasztók. Az átlagos változás

5. táblázat. Az összes végső energiafelhasználás a világon és az EU-ban [1]

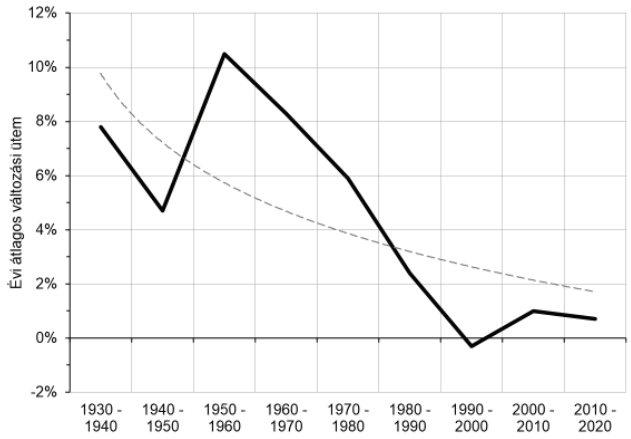
	Világ				Európai Unió			
	Tény 2018 Mtoe	Éves változás 2018-40	Energiahordozó részaránya		Tény 2018 Mtoe	Éves változás 2018-40	Energiahordozó részaránya	
			2018	2040			2018	2040
Villany	1 915	2,2%	19%	24%	241	0,6%	21%	29%
Távhő	296	0,2%	3%	2%	49	-0,3%	4%	5%
Bioenergia	1 050	0,8%	11%	10%	97	1,2%	8%	13%
Egyéb	51	5,2%	1%	1%	3	2,5%	0%	2%
Szénféleségek	984	-0,1%	10%	8%	34	-2,0%	3%	2%
Olajtermékek	4 043	0,5%	41%	36%	479	-2,5%	41%	29%
Földgáz	1 615	1,7%	16%	19%	253	-1,0%	22%	21%
Összesen	9 954	1,1%	100%	100%	1 156	-0,9%	100%	100%

2040-ig a világon évente +1,1% lehet, míg az Európai Unióban 0,9% évi átlagos csökkenés várható. Mi vagyunk a takarékos kontinens, nem csak azért, mert energiahordozóban szegényebbek vagyunk, hanem inkább a klímaélharcos címre való törekvésünk miatt.

Villamosenergia-ellátás

Hazai vizekre térve előbb a villamosenergia-igényünk alakulását kell jelezni akkor, amikor az erőműépítés a téma. Nagyon sok függ attól, hogy sokat mondunk, vagy túl óvatosak vagyunk. Húsz évre nehéz prognózist adni. Elődjeink a múlt század hetvenes éveinek végén vagy a nyolcvanasok elején még az ezredfordulóra 110-120 TWh évi igényt jövendöltek, aztán még a negyvenet sem értük el. Viszont sokat ráfizettünk az ismert tervek (Bükkábrány, Bicske, eocén- és liászprogram, az akkori Paks II., Bős-Nagymaros stb.) miatt, meg is buktunk. Legyünk hát körültekintők és óvatosak!

Előbb nézzünk visszafelé, hogy a fejlődésünk rögződjék (1. ábra)! Mindig voltak fellendülések, de mindig voltak válságok (háború, forradalom, olajválság, pénzügyi recesszió, most koronavírus-krízis), tehát a fejlődés soha nem volt egyenletes, és a jövőben sem lesz az. Ha nagy nehezen egy trendgörbét akarunk az évtizedek átlagos fejlődési ütemének cakkos vonalára fektetni, akkor jelentős mérséklődést tapasztalunk. A MAVIR minden évben jelez többféle igénynövekedést, és minden évben mást – másfél évtizeddel előre. Korábban kétévente kellett ezzel foglalkoznia, de akkor voltak elegen a jelentkezők erőművek létesítésére. A tavalyi tanulmányában 0,5-1,1 %/a igénynövekedéseket jeleztek [2]. Ugyanakkor a NES tavaly elkészített, és az idén kiadott változatában 1,9 %/a-nál is nagyobb növekedési ütem szerepel (pl. 2040-re kb. 67 TWh villamosenergia-fogyasztás), ami elég nagynak mondható [3]. Persze ott országos energetikáról volt szó, nem csak a villamos energia várható igényeiről.



1. ábra. **A hazai villamosenergia-igény változási üteme évtizedenként**

Mivel fontos jelzőszámhoz érkeztünk, ezért érdemes lehet megtekinteni az évszázadunkban eddig tapasztalt tényeket (6. táblázat). Itt nem az összes felhasználás a lényeg, hanem a bruttó fogyasztás, amely a nettó termelés és az importszaldó összege. A nettó fogyasztásra nem térek ki, mert nem foglalkozom a villamos hálózat veszteségeivel. Ebből a táblázatból azt kell kiemelni, hogy az első évtizedben még évi átlagban 1% volt a fogyasztás növekedése, de évtizedünk közepétől ennél kevesebbre számítunk. Egyelőre még csak becsülve az idei visszaesést, mintegy 0,6 %/a növekedés írható az elmúlt öt év számlájára. Látszik az is, hogy az első évtizedben viszonylag kicsi volt az importszaldó aránya, később ez megnőtt, így a hazai erőművek villamosenergia-termelése az ezredfordulón több volt, mint tavaly, vagy az idén lesz.

Célszerű azt is megszemlélni, hogy nálunk mikét változott a *bruttó villamos fogyasztás összetétele* az erőművekben átalakított energiahordozók szerint (7. táblázat), mert a jövőben nagy változások várhatók ezen a területen. Paks nettó termelési részaránya 35-36% körül volt, a széné lecsökkent a közel 14%-ról 9%-ra, a megújuló forrást használó erőművek kiadott termelés viszont majd' megkétszereződött. Növekedett a földgáztüzelésű erőművek szerepe is. Csak feltételezés, hogy az importszaldó részarány a két évvel ezelőtti 33%-ról idén 28%-ra mérséklődik majd, tehát a válság hatása nem annyira a hazai erőművek termelésében jelentkezik, hanem a behozatalban.

Ezek után már az idénre feltételezett értékekből becsülhető a tíz és húsz év múlva *várható bruttó villamosenergia-fogyasztás* alakulása (8. táblázat). Átvettem az előző táblázatból a 2020. évi értékeket, és megbecsültem az átlagos növekedést. Az idei visszaesésre is gondolva 2030-ig 1,1 %/a változást jeleztem, századunk negyedik évtizedére pedig kisebbet, 0,9 %/a-t. Ez több mint kétszerese az EU-28-ra vonatkozó prognózisnak, megfelel a MAVIR becslésének, ám elmarad a NES adatától. Fontosabb itt azonban az energiahordozók szerinti részletezés. Az importszaldó a tavalyi, közel 30%-ról 20%-ra csökkenhet a most kezdődő évtized végére a NES-nek megfelelően, majd 2040-ra tovább, 18%-ra. Növekedni fog tehát a hazai erőművek szerepe a villamosenergia-ellátásban. Paks a bővítéssel közel 60%-ot adhat (a nettó termelésből közel 75%-ot), majd a régi egységek leállítása után is elérheti a 40%-ot. A szén eltűnik, a gáz előbb mérséklődik, majd később újra nagyobb szerepet kaphat. Legjobban a megújuló forrásokat használó erőművek kiadott villamos energiájának aránya nő: közel 9%-ról kb. 13%-ra, majd a 30%-ot megközelítőre. Ez ma az európai irányzat is – kivéve „átmenetileg" a hasadóanyagos termelést.

A *megújuló forrásból termelt, majd kiadott villamos energiát* külön ki kell emelni, ha már a világon és főleg Európában ez az irányzat. Külön bemutatom a tényeket (9. táblázat) és a feltételezett jövőt (10. táblázat). Az elmúlt öt évben a megújuló forrással üze-

6. táblázat. A magyarországi villamos energia éves adatai, GWh

		2000	2010	2015	2017	2018	2019	2020*
1	Nettó termelés	32 444	34 613	28 068	30 540	28 817	30 887	30 800
2	Bruttó termelés	35 191	37 371	30 185	32 683	31 070	33 075	32 800
3	Importszaldó	3 440	5 195	13 687	12 876	14 348	12 585	12 000
2+3	Összes felhasználás	38 631	42 566	43 872	45 559	45 418	45 660	44 800
1+3	Bruttó fogyasztás	35 884	39 808	41 755	43 416	43 165	43 481	42 800
Átlagos évi fogyasztásváltozás		1,0%		0,6%				

* előzesen becsült idei adatok

7. táblázat. A bruttó hazai villamosenergia-fogyasztás múltbeli összetétele, [4]

	2016		2017		2018		2019		2020*	
	TWh	%	TWh	%	TWh	%	TWh	%	TWh	%
Atom	15,14	36,3%	15,17	35,5%	14,80	34,3%	15,36	35,3%	15,40	36,0%
Szén	5,77	13,8%	5,11	11,9%	5,02	11,6%	4,37	10,0%	3,90	9,1%
CH-k	5,45	13,1%	6,87	16,1%	6,25	14,5%	7,55	17,3%	7,10	16,6%
Megújuló	1,89	4,5%	2,01	4,7%	2,08	4,8%	2,90	6,7%	3,70	8,6%
Egyebek	0,74	1,8%	0,74	1,7%	0,67	1,6%	0,71	1,6%	0,70	1,6%
Nettó termelés	28,99	69,5%	29,90	69,9%	28,82	66,8%	30,89	70,9%	30,80	72,0%
Importszaldó	12,72	30,5%	12,88	30,1%	14,35	33,2%	12,68	29,1%	12,00	28,0%
Bruttó fogyasztás	41,71	100%	42,78	100%	43,17	100%	43,57	100%	42,80	100%

* előzesen becsült idei adatok

8. táblázat. A bruttó hazai villamosenergia-fogyasztás jövőbeni várható összetétele

	2020		2030		2040	
	TWh	%	TWh	%	TWh	%
Hasadóanyag	15,40	36,0%	28,10	58,8%	20,60	39,6%
Szénféleségek	3,90	9,1%	0,00	0,0%	0,00	0,0%
Szénhidrogén	7,10	16,6%	3,40	7,1%	6,40	12,3%
Megújuló források	3,70	8,6%	6,10	12,8%	14,90	28,7%
Egyéb energiafajta	0,70	1,6%	0,60	1,3%	0,80	1,5%
Nettó termelés	30,80	72,0	38,20	79,9%	42,70	82,1%
Importszaldó	12,00	28,0%	9,60	20,1%	9,30	17,9%
Bruttó fogyasztás	41,71	100%	42,78	100%	43,17	100%
Évi változások	1,1%					
			0,9%			

9. táblázat. Nettó villamosenergia-termelés megújulókból – tények [4]

	2016		2017		2018		2019		2020*	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GxWh	%
Víz	220	11,7%	188	9,3%	180	8,7%	193	6,7%	200	5,4%
Szél	633	33,6%	692	34,4%	570	27,4%	739	25,5%	730	19,7%
Nap	37	2,0	46	2,3%	185	8,9%	760	26,2%	1 530	41,4%
Bio	822	43,6	878	43,6%	910	43,8%	978	33,7%	1 000	27,0%
Hulladék	102	5,4%	109	5,4%	118	5,7%	127	4,4%	130	3,5%
Egyéb	72	3,8%	100	5,0%	114	5,5%	103	3,6%	110	3,0%
Összesen	1 886	100%	2 013	100%	2 077	100%	2 900	100%	3 700	100%

* előzesen becsült idei adatok

10. táblázat. Nettó villamosenergia-termelés megújulókból – várható értékek

	2020		2030		2040	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Víz	200	5,4%	200	3,3%	300	2,0%
Szél	730	19,7%	1 300	21,3%	3 900	26,2%
Nap	1 530	41,4%	3 300	54,1%	6 100	40,9%
Biomassza	1 000	27,0	1 000	16,4%	2 500	16,8%
Hulladék	130	3,5%	190	3,1%	1 900	12,8%
Egyéb	110	3,0%	110	1,8%	200	1,3%
Összesen	3 700	100,0%	6 100	100,0%	14 900	100,0%
Évi változások	5,1%					
			9,3%			

melő erőművekből hálózatra adott villamos energia közel megkétszereződött. A víz részaránya a felére csökkent, és a szél szerepe is mérséklődött, hiszen nem épült új szélerőmű. A napelemeké viszont hatalmas lett, így ez a típus vezet már az idén. Nagy maradt a biomasszás megoldás aránya is. A megújuló kommunális és egyéb hulladékokból keveset fordítottak továbbra is villamos energia termelésére.

A *megújulók jövője* a villamosenergia-ellátásban derűsnek látszik. Csak a nagy vízerőművek építése maradhat el a következő húsz évben. Ha feloldják a tiltást, akkor a szélerőműves termelés kialakult részaránya szinten tartható lesz. A napelemekkel hálózatra adható villamos energia viszont két évtized alatt négyszeresére növekedhet. A század negyedik évtizedében ismét több biomasszára és hulladékra épített erőművekkel számolhatunk, és ezek a források a szabályozhatóság tekintetében is előnyösek, míg az időjárástól függőknél a rendelkezésre állásban jelentős bizonytalanság rejlik. Látható, hogy az évi átlagos növekedési ütem ezen a területen a húszas években is nagy lehet, ám különösen a harmincasokban várható nagyobb fejlődés.

Erőműépítések

A villamos energia jövőjének tisztázása után rátérhetek a teljesítőképességek, a teljesítmények elemzésére, azaz az erőműépítésre. Meg kell azonban mondani, hogy elsősorban nem az energiaigények növekedési üteme indokolja az új erőművek építését, hanem inkább a meglévő erőművek várható leállítása. Kisebb mértékben persze a politikai, gazdasági önállóság elérése, sőt az optimális biztonság is.

A tulajdonos leállíthatja erőművét, ha tartósan nem hoz neki hasznot, vagy tetemes felújítást igényel. Vannak még hatvan éve üzemelő gépegységek a hazai erőműparkban, és az üzemeltetési engedélyek alapján úgy látszik, hogy másfél évtized alatt közel 4000 MW eshet ki a rendszerből [2]. Az üzemeltetési engedély persze meghosszabbítható lenne, de azért nem megnyugtató, hogy két évtized alatt a meglévő hazai névleges villamos teljesítőképesség (BT) a felére csökkenhet, ha nem épülne erőmű. Az elmúlt évtizedben nem sokat változott erőműparkunk kapacitása, és egyre nagyobb lett az ún. állandó hiány (ÁH), így aztán az állandóan rendelkezésre álló (RTa) sem nőtt. Meg kell jegyezni, hogy az évtizedünk elején, 2011-ben még 10 109 MW volt a BT és 9140 MW az RT_a. Megkezdődtek tehát a leállítások (pl. Dunamenti „F" rész). A közeljövőben elsősorban az ÁH-ban lévő erőműveket (pl. Oroszlányt, Tisza II.-t) vehetik ki a mérlegből, de Mátrában is elkezdődhet a leállítás. Piaci hatásokról nem is beszélve. Mindenképpen erőműveket kell építeni húsz év alatt hazánkban azért, mert aligha számíthatunk arra, hogy a szomszédjaink befektetői exportra építenek majd annak érdekében, hogy nekünk eladhassanak. A Balkán-félszigeten nagyon sok szénerőmű leállhat, de keleten és északon is számíthatunk ilyen irányzatra.

Az erőműépítésben megkülönböztethetők a nagyságok (nagy- és kiserőművek, háztartási méretűek), a felhasznált energiahordozók (ezzel a technológiák), és fel kell készülnünk arra is, hogy hamarosan új megoldásokra, technológiákra szükség lesz (például hosszú idejű tárolásra), ha sok lesz az időjárástól függő erőmű az országban. Változhat a befektetői összetétel is – az állami (pl. MVM) vagy a magántársasági (hazai vagy külföldi) beruházók aránya. Végül arról is szó van, hogy a fogyasztó magának építhet már erőművet. Nézzük az erőműépítést technológia, energiahordozó szerint!

Atomerőmű és tartaléka

Új atomerőműves egységeket helyeznek üzembe Pakson a húszas évek második felében a 2014-ben megkötött szerződés szerint. Bár sokan ebben is kételkedhetnek, de mégis komolyan kell venni az építést. Az orosz egység bruttó névleges beépített teljesítőképessége 1256 MW (a nettó még nem ismert) a névleges környezet, például a hűtővíz-hőmérséklet mellett. Hideg időben a tényleges teljesítőképesség nagyobb, melegebb hűtővíznél kisebb, és a különbség kb. 5% lehet. Ezt a beruházást minden szakirodalom komolyan veszi, így 2030-ra az üzemével számolni lehet. Az oroszok otthon már üzembe helyeztek egy ilyen egységet (a Leningrádi Atomerőműben), de hasonló készült el Fehéroroszországban is, továbbá épülnek ilyen nagy egységek Kínában, Indiában, Iránban és Törökországban. Ezek hamarabb fognak üzemelni, mint a mieink. Remélhető, hogy adott telephelyen másfél évtized alatt elkészítik az oroszok nálunk is – a mi közreműködésünkkel – a legnagyobb beruházást kétévtizedes erőműlétesítésünkben. A negyedik évtizedben aztán már vagy még valószínűleg nem épül új atomerőműves egység új telephelyen Magyarországon.

Ezekhez a nagy egységekhez kellenek a perces (tercier) tartalékok. Az előírások szerint a szabályozási zónánkban a legnagyobb kieső egység-teljesítményhez nekünk kell negyedóra alatt a

11. táblázat. Bruttó villamos teljesítőképességek – tény, MW, [2]

	2000	**2010**	**2015**	**2018**	**2019***	**2020***
Hasadóanyag	1 851	2 000	2 000	2 013	2 013	2 013
Szénféleségek	1 914	1 526	1 271	1 166	1 166	1 166
Földgáz	3 786	4 758	3 990	4 012	3 569	3 569
Olajtermékek	580	410	530	530	530	530
Biomassza, hulladék	34	216	282	380	380	380
Nap	0	0	39	336	800	1 000
Szél	0	295	325	325	325	325
Víz	48	50	57	57	57	57
Egyéb forrás	69	62	64	60	60	60
Összes beépített, BT	8 282	9 317	8 558	8 879	8 900	9 100
Állandó hiány, ÁH	469	904	1 295	1 463	1 500	1 500
Rendelkezésre, RT_a	7 813	8 413	7 263	7 416	7 400	7 600

* előzetesen becsült adatok

tartalékot beindítani. Ilyen tartalékok most vannak az 500 MW-hoz, mert az UCTE-hez való csatlakozáskor ezt megkövetelték. Az állam – az MVM – utolsó nagyerőműves beruházása ez volt a múlt század végén (Lőrinci, Litér, Sajószöged). A privatizáció után csak ezt engedélyezték. Ezek az olajtermék-tüzelésű egységek azonban vizsgálatunk végéig már helyettesítésre szorulnak. Voltak egyéb gázturbinás fejlesztések is hazánkban azóta, de más célból, ám mégis tartalékok lettek. A Dunamenti Erőmű G1 és G2 egysége gőzszolgáltatásra épült, ma tartalék, de 2040-re már nem biztos, hogy megmarad. Ajkán hazai nagyberuházót rávettek arra, hogy a világ legjobb hatásfokú gázturbináit – aeroderivatív (repülőgéphajtóműves), Rolls-Royce típusokat – építse be rendszerszabályozási okokból a régi olajerőművek (Duna, Tisza) kiváltására; ám ez elmaradt, és az egységeket az állam (GTER) tartaléknak átvette. A Mátrai Erőműben a német tulajdonos – otthoni példát látva – egy-egy gázturbinát épített be a két legjobb lignittüzelésű egységekhez a hatásfok javítása és a teljesítőképesség megnövelése érdekében; ám a kétféle tüzelőanyag nagyon eltérő növekményköltsége miatt az összetett körfolyamat igen ritkán jár, és a két gázturbina már főleg tartalék. Számos kiserőmű kiszorult a kapcsolt termelésből, és ezek is inkább a rendszerirányító piacához csatlakoztak. Most még van elég tartalékunk, de ezek leállhatnak, és együtt sem elegendők a nagyobb egység-teljesítőképességhez. Az új blokkokhoz 1250 MW perces tartalék kellene, amelyet be lehetne ugyan szerezni külföldről, de ott sem építenek olcsóbban és a hálózati átvitel is sokba kerülhet, ezért jobbnak látszik – sőt, biztonságosabb – itthon megépíteni a szükséges tartalékot.

Gázturbinák

Az elmúlt harminc évben minden hazánkban üzembe helyezett *nagyerőmű gázturbinás* volt, részben összetett körfolyamattal (CCGT), részben nyílt ciklusú (OCGT) egységekkel. Előbb az MVM épített kapcsolt termelésre és tartaléknak gázturbinás nagyerőműveket, majd a külföldiek létesítettek gázturbinára támaszkodó erőműveket: a britek Csepelen, a belgák a Dunamentiben, a franciák Kispesten és Újpesten, a németek Debrecenben és Gönyűn. Tíz év óta azonban már ők sem ruháznak be, hiszen bizonytalan lett a megtérülés, sőt a földgázellátás jövője sem tisztult még ki. A kondenzációs termelésben üzemelő három négyszázas CCGT erőmű kihasználása eltérő volt az elmúlt két évben: Gönyű 61-62%, Dunamenti G3 25-26%, Csepel 14-15%. Ez utóbbi blokk még a múlt században épült, így jelen évszázadunk négy évtizedének nem biztos támasza. A Kelenföldi Erőműben csak 25% kihasználású a több mint negyed évszázados gázturbina, bár Kispesten (41-43%) és Újpesten (48-52%) jobb. Utóbbiban van ipari gőzszolgáltatás, nem csak távfűtés. A fővárosi hőigények növekvő ellátásához Budapesten új gázturbinák kellenének a következő két évtizedben. Szó van arról, hogy a Mátra Erőműben az új tulajdonos esetleg gázturbinás egységgel tarthatja majd fenn a villamosenergia-termelést – kihasználva a meglévő adottságokat, de megtartva a két kis gázturbinát és a naperőművet. A MAVIR gyakran jelzi, hogy a privatizáció után amerikai tulajdonba került Tisza II. Erőmű megmaradó gőzturbinához CCGT egységek telepíthetők, és így ismét feléledhet az erőmű tízéves álmából [2]. Nem túl meggyőző az érvelés beruházó hiányában, mint Szeged és Almásfüzitő esetében is volt. Egyedül Debrecenben helyezheti üzembe ismét a francia tulajdonos a 95 MW-os, álló egységet, de ez sem biztos. Várható azonban, hogy kondenzációra, kapcsolt termelésre és tartalékra épülnek gázturbinás erőművek hazánkban – főleg a harmincas években. Ez ugyanis európai irányzat, amelyhez igazodnunk illene, és szinte nincs más választásunk a hagyományos erőműépítésben.

Vannak és lesznek persze *gázturbinás kiserőművek* is, mint például Észak-Budán. Ezek főleg kapcsolt termelésűek. A még kisebb földgázzal üzemelő egységek már inkább gázmotorosak, amelyek azonban már alig épülnek. A nagy ipartelepeken még lehet számítani saját termelésekre, de ez nagyon bizonytalanul jelezhető.

Megújuló forrású erőművek

Megújuló energiaforrásra kétféle kiserőmű építhető még Magyarországon: időjárástól függőek és szabályozhatók. Az előbbiekhez tartozik a napelemes, a szélerőműves és kisebb mértékben a vízturbinás megoldás; az utóbbihoz a biomassza-tüzeléses, a hulladék energetikai értékelésére alkalmas és a geotermikus hőerőművek.

A *napelemes* (fotóvillamos, PV) villamosenergia-termelés terjed a legjobban ma nálunk. Az MVM ilyeneket épít (évente akár 110 MW-ot is), és a lakosság, a középület-tulajdonos is ilyent szerel fel a háztetőkre vagy a parkolókra. A tízes évek második felében indult be a fejlődés, és 2019 első negyedében már mindegy 950 MW volt üzemben [2]. A többség a háztartási méretű napelempark, amelynek létesítését támogatják. Ezek főleg tetőkre épülnek. Jelentős már a szabad területre telepített PV-park is. A MAVIR méréseibe bekapcsolt napelemek legnagyobb teljesítménye tavaly 530 MW volt, idén áprilisban már 850 MW-ot mértek a déli órákban [2]. A háztartási és a nagyobb teljesítőképességű földi napelemek kiadott teljesítőképessége idén feltehetően 1500 MW fölé kerülhet. A létesítést támogatják, a háztartásiakat az ismert METÁR-rendszerben, a nagyobbakra pedig az EU is nyújt segítséget. Az ITM azzal számol, hogy a fő változatban húsz év múlva már 12 000 MW lesz üzemben [3]. Nekem ez egy kicsit soknak tűnik, és talán a fele is elég lenne, főleg akkor, ha a nyári terhelési igényekre gondolunk. A fő gondot a kis kihasználás, az időbeni korlát, a kapacitás elég kis értéke jelenti. Télen lapos szögben süt a nap, ha fenn van, de délután négy-öt óra után lemegy, a csúcsigény pedig csak ezután jelentkezik. Nyáron jó a naperőmű, de egy júliusi vagy augusztusi vasárnap délben elég kicsi a rendszerterhelés. Tavaly a legforróbb júliusi vasárnapon csak 5000 MW-ot mértek. Ha ez meg is nő a következő évtizedben 20-25%-kal, akkor is nehéz lesz a teljes naperőműparkot üzemeltetni – atomerőművel és más megújulókkal együtt. Az igaz, hogy a fajlagos beruházási költség itt csökken a legjobban, és ez a típus telepíthető a leggyorsabban. Ám teljesítőképessége évről évre csökken, és az élettartama sem túl hosszú. Szeretni lehet a naperőműveket, de villamosenergia-ellátásunk többségét rájuk bízni nem. A kis, saját termelések szaporodása szintén gondot jelent, elsősorban az elosztóhálózati üzemeltetésben, a villamos feszültség határok között való tartásában. Kisebb tárolókat igen drágán lehetne ott felszerelni. Az általam felvett számot ezért nagynak, inkább a felső határnak tekintettem. Ha a negyedik évtizedünkben jelentős idényjellegű tárolást tudnánk kiépíteni, akkor a nehézségek uralhatók. Tudni kell azonban, hogy országunk nem tartozik a leginkább napsütöttek közé, így a napelemek kihasználása 1000-1200 h/a között lehet, amelynél csak a tartalékoké kisebb. Jelentős a területigény a földön, az elrendezéstől függően ma mintegy 2,5-3 hektár MW-onként, tehát a „termelésből” kivont, egyéb módon hasznosítható területekre is kell gondolni. Épüljenek napelemek, de ne csak azok, és ne vigyük ezt a típust túlzásba!

A *szélerőművekkel* még nehezebb a helyzete itthon. Századunk elején még épültek ilyenek, eljutottunk nettó 325 MW-ig, és ott is maradtunk. A második szélerőmű-pályázat kiírása nem a leg-

jobban sikerült, így azt visszavonták, majd négy évvel ezelőtt adtak egy távolsági korlátot (12 000 m), amellyel lehetetlenné tették a további hazai létesítést. A németek is bevezettek tavaly ősszel egy korlátot (1000 m), amely eléggé visszavezette a fejlődésüket, de nem állította le. Az élettartam itt sem nagyon nagy (kb. 25 év), ezért a leginkább szeles helyeken épített régi egységeket ki lehet újakkal váltani, nagyobb egység-teljesítőképességűekkel. A kihasználás a hazai környezetben elég nagy lehet (22-24%), kétszerese a napelemekének. A kapacitásértékük is jobb, mert nagyobb a valószínűsége a téli esti csúcsidőkben a szél meglétének, mint a napsütésnek. A szélturbinák erős szélnél – 25 m/s (90 km/h) felett – leállnak, így a túlterhelődés lehetősége nem áll fenn. Karbantartási igényük nagyobb, mint a fotóvillamos megoldásé. Általában több egységet építenek egy szélerőmű-parkban, nálunk 25 MW a legnagyobb 13 egységgel. A területfoglalásuk nem jelentős, sok szélerőműparkban az árbócok közelében tehenek legelnek. Tartósabb az időjárásfüggőségük, nem korlátozódik rendszeresen átlagban napi 12 órára, mint a naperőműveknél. A széljárás elég jól kiszámítható előre. Tavaly a legnagyobb nettó szélerőmű-teljesítmény 327,1 MW-ot tett ki. Amennyiben a távolsági korlátot feloldják vagy szűkítik, akkor a következő húsz év végére akár 3000 MW-os együttes hazai szélerőműparkra számíthatunk a leginkább széljárta területeken – a Kis-Alföldön vagy a Mátra-Bükk alján.

A *vízerőműveink* kicsik, a legnagyobb is kisebb 30 MW-nál, és összesen csak 57 MW-ot jelentenek. További kis vízerőművek épülhetnek a Rábára, a Kőrösökre vagy a Sajóra, de a Tisza újból szóba jön (Csongrád). Ezek az erőművek is időjárás-, pontosabban vízjárásfüggők, de azért kis mértékben szabályozhatók, ha a felvízszint módosítható. Tavaly az átfolyós vízerőműveink legnagyobb együttes teljesítménye 21 MW, a tárolós típusoké 24 MW volt. Ne számítsunk arra, hogy majd húsz év alatt a Dunára nagy vízerőművek épülnek (pl. Nagymarosra 160 MW), hiszen ma nem olyan a helyzet, hogy visszatér a negyven évvel ezelőtti hangulat. Legfeljebb összesen közel 100 MW együttes vízerőműves teljesítőképesség remélhető 2040-ben, ami nem sok.

A *biomasszát* tüzelő erőművek két csoportra oszthatók: a fásszárú és a lágyszárú biogén tüzelőanyagot felhasználókra. Az előbbi lényegében tűzifát jelent, amelyből elég sok van az országban, az utóbbi szalmát és egyéb maradványokat. A fatüzelésre jellemző például a Pannongreen közel 50 MW-os fluidágyas tüzelésű erőműve, a szalmatüzelésre a Pannonhő 35 MW-os rostélytüzelésű megoldása (mindkét kiserőmű Pécsett). Van még biomasszatüzelés Ajkán, Tatabányán, Mátrában (lignittel együtt) és másutt. Az önálló egységek ma kiserőművek. A MAVIR 2018. évi statisztikájában közel 380 MW-tal szerepelnek a biomasszatüzelések, így a közeljövőben akár a 400 MW elképzelhető. A legnagyobb együttes nettó teljesítményük tavaly közel 160 MW-ot tett ki. Ezeknél a technológiáknál szabályozható hőerőművekről van szó, mert a felhasznált energiahordozó tárolható. Nem olcsó a létesítés és a karbantartás, de a fenntartáshoz hozzájárulnak („barna prémium"), a létesítéshez nem. A jövőben ez a típus jelentősen fejlődhet, elsősorban régebbi erőművek átalakításával és a telephelyek hasznosításával (pl. Mátra). Kedvező esetben húsz év alatt 700-900 MW-ra is megnőhet hazánkban a biomassza-tüzelésű erőművek kapacitása, azaz megkétszereződhet ez a szabályozható típus nyújtotta lehetőség.

A *hulladék* erőműves hasznosításában elég le vagyunk maradva, és összesítve alig 36 MW kapacitással számolhatunk. A tavalyi legnagyobb nettó villamos teljesítmény 27 MW volt. A legrégibb az Észak-Pesti Hulladékhasznosító Erőmű, melyet két évtizede felújítottak. Évtizedek óta foglalkoznak újabb ilyen erőművek létesítésével – például Dél-Pesten, de sohasem volt erre pénz. Nálunk az évente keletkező 3,8-4 millió tonna települési és csomagolási hulladékból a „nagy" hulladékégető erőművünk évente csak mintegy 0,4 millió tonnát hasznosít energetikailag (hő- és villamos energia termelésére). Az anyagjellegű újrahasznosítás aránya 35% körül van (ideértve a 8%-os komposztálási arányt is). A hulladék közel fele a szemétlerakóra kerül. A fejlettebb európai országokban már nagyon sok korszerű hulladékégető erőmű üzemel (Lengyelországban hat ilyen van). Itt lenne az ideje, hogy a hulladékgazdálkodás nálunk is lendületet kapjon. Az égetéssel a szemét termikusan ártalmatlanítható, a mennyisége csökkenthető, és a keletkező füstgáz jól megtisztítható. Elvárható lenne tehát, hogy a következő húsz évben nálunk is 150-180 MW közé növekedjen a hulladékot hasznosító erőművek együttes villamos teljesítőképessége, tehát a jelenleginek négy-ötszörösére. A fővárosban egy nagyobb, vidéken 4-5 kisebb épülhetne. Az ilyen erőmű is szabályozható, ha szükséges, és ami a legfontosabb: csökkenne a szemétlerakás.

Geotermikus (földhőt hasznosító) erőművünk csak egy van: Turán üzemel két év óta egy 3 MW-os. Kedvező esetben akár 50 MW-ig is kiterjeszthetnénk ezt a hasznosítást, de ez sem jelentene nagy hozzájárulást a villamosenergia-ellátásban. Inkább a hő, a távhő területén van nagyobb jövője ennek a primer energiahordozónak.

Tárolós erőművek

A villamos energia közvetlenül nem tárolható, ezért előbb át kell alakítani. Elvben négy alapvető típus különböztetendő meg a tárolt energiahordozó szerint: helyzeti energiát, vegyileg kötött energiát, hőt és gázt tároló megoldások. Mindegyiknél vannak további felosztások, alváltozatok. Nagy a különbség a nagyság, a tárolási idő, az élettartam és főleg a költségek tekintetében. Nálunk feltétlenül kell a következő húsz évben tárolós rendszer, kérdés inkább ma az, hogy milyen, mekkora és mikor.

Két megoldása van a *helyzeti energia* tárolásának: vizet magasban, levegőt nagy nyomáson. Az egyik nagyon elterjedt, a másik nem, bár van belőle prototípus.

A *szivattyús, tárolós vízerőműveket* (SZET) használnak leggyakrabban – évtizedek óta – az alaperőművek nagyobb kihasználása érdekében. A „felesleges" többlet villamos energia felhasználásával vizet lehet szivattyúzni magasabban fekvő tárolóba, és a szükség esetén a tárolt vizenergiát vízturbinák és generátoraik segítésével ismét villamos energiává lehet alakítani. A tárolás időtartama a tároló nagyságától függően 8-12 óra. A tárolási hatásfok a villamos hálózat veszteségeivel 75-80% lehet. Ahol vannak atomerőművek és a természeti adottság is kedvező, ez a leggyakoribb megoldás. Németországban 10 GW ilyen van. Szlovákiában is építettek egyet. Kisebb emelőmagasság elegendő lehet. Lengyelországban épült egy ilyen, aztán az atomerőművük építését abbahagyták. Litvániában is építettek SZET-et, de aztán az EU-hoz való csatlakozás miatt az atomerőművüket leállították, és most a szomszédban, a fehérorosz atomerőműhöz hasznosítják. Sok helyen (Skandinávia, az Alpok országai) a természetes vízfolyást is kihasználják. Nálunk több mint hatvan éve foglalkoznak SZET létesítésével, de mindig elmaradt, pedig több helyet vizsgáltak (Prédikálószék, Zemplén, Mátra stb.), ám vállalkozó nem akadt. Most lenne rá szükség, ha Paks nyolc blokkal tartósan üzemelne, névlegesen 4520 MW teljesítőképességgel. Előre látható azonban, hogy ilyen helyzet csak 3-4 évig állhat fenn 2030 körül. Bár a SZET így is hasznos lenne, de gazdasági hasznáról nehéz beruházókat, bankokat meggyőzni.

A *levegőtárolós, gázturbinás* (LGT) technikában időben elválasztják egy gépegységben a kompresszor és a turbina munkáját. A kompresszor levegőt sűrít egy földalatti nagy tartályba 70 bar körüli nyomásra, majd a tárolt levegő gázturbinán át ismét alkalmas villamos energia termelésére, persze tüzeléssel. Egy ilyenben voltam a nyolcvanas évek közepén (Huntorf, Németország), ahol működött a dolog, de azt mondták, hogy több ilyent nem csinálnak, mert nem eléggé hatékony és gyors. Próbálkoztak rekuperációval is, de az sem vált be. Ma már nem téma ez a tárolási mód.

Az *akkumulátoros* megoldás a leggyakoribb tárolási mód vegyileg kötött energia használatával a villamos energia tárlására. Minden autóban van. Legújabb fejlesztésekben lítium-ionos rendszert használnak és nagyobb egységek is épültek. Van már több ilyen hazánkban, amelyeket a primer szabályozáshoz használnak (frekvencia szabályozása, ahol most hazánknak kb. 28 MW-ot írnak elő). Itt csak néhány órás, legfeljebb napi tárolás jön szóba, és korlátozott a tárolóképesség is (pl. 10 MWh). A villamos járművek elterjedésekor később r tárolás talán jól megoldható, hogy a ki nem használt járműakkumulátorokat a villamos rendszer is használhatja, ha kellően ösztönzik a tulajdonosokat a töltésre és kisütésre. Nagy atomerőműves rendszerekhez és tömeges időjárásfüggő megújulókhoz ez a megoldás nem látszik ma észszerűnek.

Villanyból hőt könnyű előállítani, és a hő jól tárolható. Használják is ott, ahol hőre (fűtésre, melegvíz-készítésre) van szükség, és gyakran „felesleges" többlet megújuló forrás adódik. Dániában a nagy szélenergia-többletből néha nyáron is csinálnak hőt, és azt elteszik télire. A hőből viszont lehet újra villanyt is termelni. Német fejlesztők azt találták ki, hogy leálló régi hőerőművek mellett nagy sótartályokban 400°C-on hőt lehet tárolni villamos energia segítségével, és ebből aztán a régi erőmű egységeivel újra villany termelhető. A hatásfok persze rossz, viszont nagy a tárolási mennyiség és hosszú lehet a tárolási idő. Az eljárást még nem használják, és kétséges, hogy két évtized múlva életképes lesz-e. Fiatal fejlesztőinket talán mégis érdekelheti a téma, ha a hazai mérnöki tudomány jó hírét a jövőben büszkén akarjuk öregbíteni.

Villanyból gázt (P2G[2]) kell előállítani – jelezték a szakemberek. A gáz legyen éghető: hidrogén vagy metán. A vízbontás és a metánná alakítás vegyi technológiái adottak, ismertek és megbízhatóak, tehát az éghető gáz előállítható és tárolható. Nagy mennyiségeket hosszú ideig lehet tárolni, bár a hatásfok itt is nagyon rossz, de hát „felesleges" többlet megújulót (az ingyen természeti kínálatot) használnak – szél- és naperőműveket. Valószínűleg ez a jövő, ha e két időjárásfüggő energiaforrás használata elterjed. Lehet, hogy már a harmadik évtizedben gazdaságilag érett megoldások rendelkezésre állnak majd, de a negyedikben szinte biztosan. Nem lenne véletlen, ha unokáim már több száz megawattos ilyen erőművekkel foglalkoznának itthon. Ma még nem javaslom, hogy közbeszerzési pályázatot írjanak ki hidrogénnel üzemelő nagy gázturbinára. Nehéz megbecsülni, hogy piaci alapon hogyan fog fejlődni a legkorszerűbb hosszú távú tárolásra alkalmas erőműpark nagysága a következő években, óvatos jelzésekre merek csak a következőkben számot adni.

A várható teljesítőképesség és csúcsteljesítmény

Az előzőek alapján jelezhető (12. táblázat), hogy miként alakulhat egy és két évtized múlva a magyarországi erőművek együttes, bruttó beépített, névleges villamos teljesítőképessége. Kerekítve: a harmadik évtized végére 13 000 MW, majd 2040-re már 17 000 MW adódhat, azaz közel kétszer akkora, mint jelenleg. Az évi átlagos növekedések jóval nagyobbak, mint az energiánál. Ez abból ered, hogy a legkisebb kihasználású időjárásfüggő típusokat építhetjük be a legnagyobb valószínűséggel. A NES fő változatában nem sokkal többet, 18 000 MW-ot tételeztek fel 2040-re, bár más összetételre számítva [3]. Amennyiben arra gondolunk, hogy húsz év alatt mintegy 5000 MW ma üzemelő erőművet leállíthatnak, kivehetnek a mérlegből, akkor meglepően nagy termelő kapacitás, legalább 12 000 MW-ot kitevő új erőmű építésére lehet szükség két évtized alatt, azaz évente 600 MW-ra. Mivel az állam húsz, a magántársaságok tíz éve nem helyeztek üzembe itthon új nagyerőművet, nehéz elgondolni, hogy milyen feladat vár majd most rájuk. Kérdés, hogy elég-e a kiserőműveket létesítőkre számítani.

12. táblázat. Bruttó villamos teljesítőképesség – várható, MW

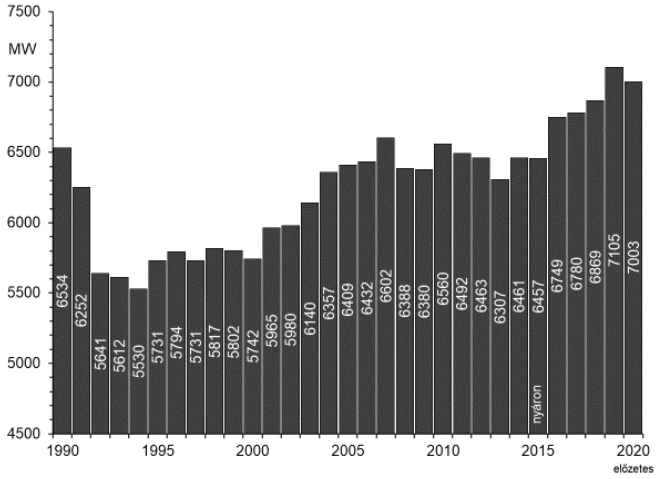
	2020	**2030**	**2040**
Hasadóanyag	2 010	4 520	2 510
Szénféleségek	1 170	0	0
Földgáz	3 570	1 860	3 000
Olajtermékek	530	1 250	1 250
Időjárásfüggő megújulók	1 330	4 600	9 000
Szabályozható megújulók	430	650	1 000
Egyebek	60	120	240
Összes beépített (BT)	9 100	13 000	17 000
Állandó hiány	1 500	1 000	1 000
Rendelkezésre álló (RT_a)	7 600	12 000	16 000
Évi BT-változás	3,6%		
		2,7%	

A meglévő atomerőművünk teljesítőképessége előbb 125%-kal megnövekszik, majd két évtized múltán alig 25%-kal lesz nagyobb, mint idén. Lignit-, barnaszén- és feketeszéntüzelésű erőműveink már valószínűleg nem lesznek hazánkban a következő évtized végére, ha a klímavédelmi szigorításoknak meg akarunk felelni. A földgáztüzelésű erőműveink egy része leállhat, tehát 2030-ban csak mintegy fele akkora kapacitást képviselhetnek, mint ma, de aztán a negyedik évtizedben ismét többen lehetnek, így nagyáguk megközelítheti a jelenlegit. A perces tartalék (pl. olajfinomítási termékek tüzelésére készítve) a paksi nagyblokkokkal együtt többet adhatnak. Leginkább az időjárástól függő kiserőművek együttes teljesítőképessége nőhet meg, mondjuk hétszeresére. Ellentétben a NES jelzésével, itt csak ennek mintegy kétharmadára tettem a naperőműveket, mert bízom abban, hogy nagyobb kihasználású szélerőműveket is építeni fognak még hazánkban. A szabályozható megújulók nagysága kétszeresére nőhet, főleg a harmincas években építhetők hatására. Végül az egyebeknél óvatosan csak viszonylag kevés tárolós erőművek számoltam.

Nagyon bizonytalan az állandó hiányok mértéke. Feltételeztem, hogy a jelenlegi szinthez képest kevesebb kapacitást fognak csak papíron nyilvántartani. Az állandóan rendelkezésre álló bruttó teljesítőképesség (RT_a) a következő évtizedben átlag 4,7 %/a sebességgel, később 2,9 %/a-val növekedhet, azaz jobban, mint a névleges.

Végül áttérhetünk az évi villamos *csúcsteljesítményekre,* ahol előbb azt kell megtekinteni, hogy az elmúlt harminc évben ez miként változott (2. ábra). Bizony nem volt egyenletes a változás, pedig a biztonságot optimálva ehhez kellene mindig igazítani a rendelke-

[2] P2G = Power to Gas



2. ábra. **Az évi bruttó villamos csúcsterhelés elmúlt harminc éve**

zésre álló teljesítőképességeket, ami szinte lehetetlen. Három évtizeddel ezelőtt már 6500 MW felett voltunk, most 7000-7100 MW-nál tartunk. Évi átlagban tehát 20 MW-nál is kisebb évi ütemben fejlődtünk. Persze, ha a legkisebb és a legnagyobb éves értéket vesszük, akkor egy negyed évszázados fejlődés évi átlagban már 1%-ot jelez. Érdekes viszont, hogy 2015-ben is kisebb volt a csúcs, mint 25 évvel korábban. Nem egészen indokolható, hogy 2015-2019 között, négy év alatt miért nőtt 10%-kal a csúcs. Feltehetően javítható még a csúcsgazdálkodásunk. Egy év kivételével mindig télen volt a pillanatnyi villamos terhelés a legnagyobb értéke, de ez is megváltozhat, mert úgy tűnik, hogy melegedünk, ezért a csúcs gyakrabban jelentkezhet nyáron.

A tavalyi és az idei – egyelőre a januári – csúcs kielégítését a tények alapján fel lehet osztani erőműcsoportokra (13. táblázat). A hazai erőművek 4600 körüli bruttó teljesítménnyel csak a csúcsteljesítmény kétharmadát adták, tehát jelentős volt a külföldi kisegítés, amiben a kereskedők piaci céljai nagy szerepet játszottak. Az időjárástól függő megújulók itt szélerőművet jelentettek, hiszen a csúcs jelentkezésekor a nap már lement. Hiába növeljük meg hatalmas mértékben például a napelemes teljesítőképességet, azzal nem sokra megyünk. Jobb lenne biztonságosabb megoldást, hagyományos hőerőműveket választani, például földgáztüzelésű gázturbinásokat. A szabályozható megújulók ebben a tekintetben

13. táblázat. Az éves bruttó villamos csúcsterhelések, MW

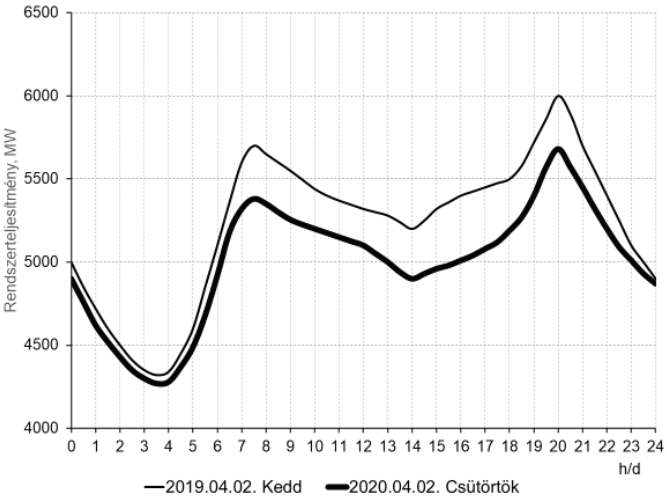
	Tény		Várható	
	2019	**2020**	**2030**	**2040**
	XII. 5.	**I. 15.**	**tél**	**tél**
Hasadóanyag	2 048	2 044	4 600	2 560
Szénféleségek	648	662	0	0
Szénhidrogének	1 535	1 372	1 000	2 900
Egyéb hagyományosak	85	80	120	200
Időjárásfüggő megújulók	103	218	220	240
Szabályozható megújulók	239	220	260	800
Hazai erőművek összesen	4 658	4 596	6 200	6 700
Importszaldó	2 447	2 407	1 600	1 800
Összes bruttó csúcsterhelés	7 105	7 003	7 800	8 500
Évi átlagos változások		1,0%		
			0,9%	

értékesebbek, mint a naperőművek. Természetesen csúcsidőben nem fognak atomerőműves blokkot karbantartani (még a 15-18 hónapos átrakási ciklus ellenére sem), de látható a táblázatból, hogy az importszaldó kapacitásértéke megmaradhat a jövőben. Nagy kérdés, hogy a térségben ki, mikor és mennyi szabályozható, biztonságosan igénybe vehető erőművet épít majd. Amennyiben feltételezhető a javuló csúcsgazdálkodás, akkor a jövőre kezdődő új évtizedben évi átlagban 1,0% növekedés várható ezen a területen, és valamivel kisebb, 0,9% a következő dekádban. Természetesen nem állíthatom, hogy a csúcsterhelés egyenletesebben fog emelkedni, mint a korábbi években. Lehetnek időjárási szélsőségek, válságok, ám gyors fellendülések is. A biztonságot jelentősen megnövelné persze, ha nagyobb, idényjellegű tárolási megoldásokat létesítenénk, ám a fogyasztói befolyásolás hatása sem elhanyagolható.

A koronavírus-válság előzetes energetikai hatásáról

A márciusban kitört koronavírus-válság következményei máris jelentkeztek a hazai villamosenergia-ellátásban, hiszen ez a világjelenség a magyar gazdaságot is erősen érinti, és ezzel módosul a villamos teljesítmény és energia. Egyelőre kevés adatot lehetett május elejéig összegyűjteni, de már ez is jelez valamit. Meg kell azonban jegyezni, hogy 2020 első negyedévében – az előző év azonos időszakához képest – a villamosenergia-felhasználás 2,3%-kal növekedett (a hazai termelés közel 8%-kal nagyobb volt, ám az importszaldó több mint 10%-kal kisebb). Akkor úgy nézett ki, hogy a gazdasági növekedés hatására energiaigényünk is nő.

A helyzet megváltozását jelzi egy-egy április elejei munkanap napi terhelési görbéinek összehasonlítása (3. ábra) a krízis jelentkezésekor. A két körbe kísértetiesen hasonló változást mutat: gyors reggeli felfutást minimumról a 7-8 óra közötti csúcshoz, majd erős visszaesést 14 óráig, és napi csúcsterhelést mindkét esetben este nyolckor. A nappali órákban volt tetemes az eltérés – feltehetően a koronavírus-krízis hatására. A nappali terhelés tehát mintegy 300 MW-tal alacsonyabban futott, mint a tavaly, ami mintegy 5-6%-os mérséklődést jelentett.



3. ábra. **Tavaszi hétköznapi villamos terhelés 2019-ben és 2020-ban, [4]**

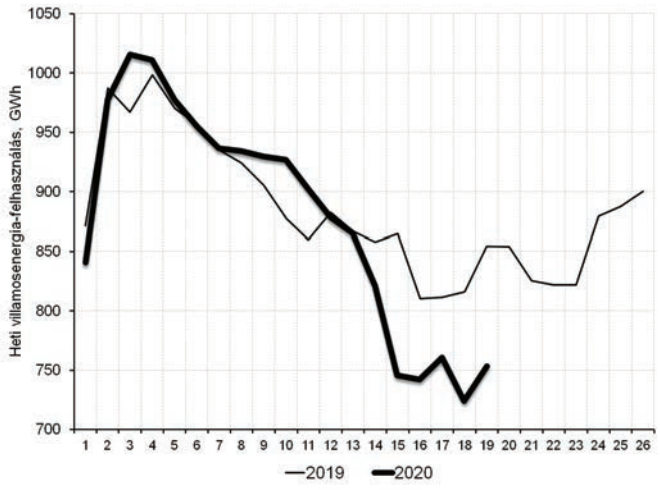
Természetesen a húsvéti ünnepeken most is nagy volt a terhelés visszaesése. Idén a hosszú húsvéti hétvén – naponta néhány órán

át – exportáltunk is, így exportszaldónk volt importszaldó helyett. Sőt az ünnep hétfőjén még az atomerőművet visszaterhelték hajnalban, majd délben is, amikor erősen sütött a nap. Jellemző nehézség adódott a teherelosztásban: kis villamos terheléseknél az atomerőművet kell visszaterhelni, amikor sok az üzemelő napelem, és erős a napsugárzás. Ez a jövő gondja lehet – már 2030-ban, majd 2040-ben.

Idén egyéb érdekesség tapasztalható egy héttel húsvéthétfő után. Hajnali fél hatkor a nagy „kilencszázas" lignittüzelésű Mátrai Erőmű teljesítménye nettó 159 MW volt, ami egy blokk minimális terhelésének megfelelő. Az összes hazai, több ezer megawattos együttes kapacitású földgáztüzelésű erőműpark 231 MW-ot adott csak a villamos hálózatra, amely a legnagyobb CCGT-egység névleges teljesítményének 60%-át jelenti. A fosszilis energiahordozókból alig termeltünk, bár ez környezetvédelmi szempontból előnyös. Ugyanakkor az egész hazai erőműpark bruttó teljesítménye több mint egy órán át 3000 MW alatt maradt. Mi lehet később, tíz vagy húsz év múlva akkor, ha például a nagy atomerőmű-egységek és 6000 – 12 000 MW napelemes teljesítőképesség mellett beüthet tavasszal, nyáron egy új krízis okozta igényvisszaesés?

Bemutatható az egész *áprilisi hónap* villamosenergia-mérlege is. Tavaly ekkor a hazai bruttó termelés 2588 GWh, az importszaldó 1003 GWh (28% részarány) volt, tehát az összes felhasználás 3591 GWh-val az adott év legkisebb havi értékét jelezte. Idén áprilisban a hazai termelés 2606 GWh, az importszaldó 659 GWh (20% részarány) volt, igy a teljes havi villamosenergia-felhasználás 3265 GWh-ra adódott, azaz 9,1%-kal kisebbre, mint 2019-ben. A hazai termelés ugyan nem változott jelentősebben, de az importszaldó igen. Úgy tűnik, hogy krízis nem az erőműveket, mint inkább a nemzetközi kereskedelmet, a behozatali többletet szorította vissza. Az évnek az egyharmadát tekintve az összes villamosenergia-felhasználásunk idén 0,4%-kal kisebb volt, mint tavaly. A krízis hatása látszik, változott a helyzet, az irány: már nem növekedik, mint márciusban gondoltuk, hanem csökken a villamosenergia-fogyasztásunk.

Bővebb, hitelesebb értesülést jelez a heti villamosenergia-felhasználás változása az idei első félévben a tavalyihoz viszonyítva (4. ábra). A tizedik hétig idén több volt a felhasználás, mint tavaly, aztán a 11. héttől jelentkezett hazánkban mértékadóbban a koronavírus-válság, és hatása azonnal meglátszott. Tavaly a legkisebb heti



4. ábra. **Heti villamosenergia-felhasználás 2019-ben és 2020-ban, [4]**

átlagos fogyasztás a 16-18. héten adódott 812,8 GWh-tal. Húsvét idén korábban volt, így most, a 15-17. héten átlagban 749,3 GWh-t mértek, tehát a csökkenés 7,8%. E május elején megírt cikkben további változás nem még jelezhető, de feltételezhető, hogy az első félévben sokkal kevesebb villamos energiát fogunk fogyasztani, mint tavaly.

Összefoglalás

Erőműveket kell itthon építeni a következő húsz évben, mert a hazai erőműpark mai beépített teljesítőképessége a felére csökkenhet, ugyanakkor az igények növekednek, a minőségi előírások szigorodnak, a biztonsági kívánalmak nagyobbak lesznek és nem nagyon számíthatunk a behozható villamos energia növekedésére. Erőműveink névleges bruttó beépített névleges villamos teljesítőképessége most 9 GW körül van, ám húsz év múlva már 17 GW-ra is lehet számítani. A villamosenergia-igény növekedés nem lesz ugyan nagyobb évi egy százaléknál, sőt az éves csúcsterhelés sem nőhet ennél nagyobb ütemben, de az erőműpark összetétele erősen megváltozhat. Fosszilisek helyett megújulók jönnek. Nagyon sok erőmű – elsősorban a napelemes – az időjárásfüggő megújuló forrásra épülhet a mai európai és világméretű irányzatoknak és a klímavédelmi követelményeknek megfelelően. Nem lehet véletlen, hogy 2040-ben a hazai erőműves teljesítőképesség kétszer akkora lehet, mint az akkor várható csúcsteljesítmény. Az ellátási biztonság kívánalma azt jelenti, hogy ne nagyon számítsunk a környező országokból való behozatalra. Legalább is nem olyan mértékben, mint eddig. Atomerőmű mellett gázturbinás erőműveket kell építeni. A megújuló forrásokra építhetők közül a szabályozhatókat (biomassza, hulladék) és a hosszabb idejű tárolásra alkalmas technikai megoldású erőműveket (főleg a villanyból gázt adókat) is el kellene már terjeszteni hazánkban. Ösztönzést nem csak az erőműveket létesítő beruházóknak kell adni, hanem a fogyasztóknak is, hogy észszerűbben vásároljanak. Várható, hogy ők is fognak a termeléssel foglalkozni, hiszen terjed az elosztott technológiai rendszer – egyre nagyobb terheket hárítva az elosztóhálózat üzemeltetőire.

Röviden kitért az írás a koronavírus-válság előzetes hatására, a villamosenergia-fogyasztásunk „átmeneti" csökkenésére. Bár a cikk írásakor még nem állt rendelkezésre elég adat a következtetések levonására, arra mindenképpen számolni kell, hogy a jövőben sem lesz mindig egyenletes a villamosenergia-ellátás. Rugalmasan kell tehát illeszkedni a hosszabb távú irányelvekhez, és mindig gondolni kell a hazai ellátás mellett a térség piaci, fizikai együttműködésére.

Mint minden jövőre vonatkozó elképzelés az energetikában, az itt leírtak is nagyon bizonytalan képet tudtak csak felfesteni, de a szerző mégis megfontolásra ajánlja írását – a hivatalos tanulmányok, tájékoztatások értékelése mellett. Sok ma még az energetikában a „dédelgetett illúzió", ezért legyünk körültekintőbbek!

Irodalmi hivatkozások

[1] IEA: World Energy Outlook 2019 – www.iea.org/weo
[2] MAVIR: A magyar villamosenergia-rendszer közép- és hosszútávú forrásoldali kapacitásfejlesztése, 2019. – www.mavir.hu/web/mavir/kapacitaselemzés
[3] ITM: Nemzeti Energiastratégia 2030, kitekintéssel 2040-ig (NES) – www.mmk/dokumentumok/20200117
[4] MAVIR: Aktuális VER adatok – www.mavir.hu/web/mavir/adatpublikacio

Javaslatok köz- és lakóépületek energia felhasználásának és felújításának elemzéséhez[1]

Dr. Zsebik Albin
okl. gépészmérnök, zsebik@jomuti.hu

A köz- és lakóépületek korszerűsítése fontos szerepet kap az Új Nemzeti Energiastratégiában és a kapcsolódó dokumentumokban meghatározott célkitűzések elérésében. A célkitűzések eléréséhez meghatározott intézkedések pontosításához, a korszerűsítések tervezéséhez és megvalósításához nélkülözhetetlen az épületek energiafelhasználás-bázisértékének, illetve alapállapotának meghatározása országos szinten, majd épületenként.

Az ezzel foglalkozó szakmai műhelyekben erre különböző módszereket alkalmaznak. Konferencia előadásomat cikk formában figyelemfelhívásként foglalom össze. Ajánlom azok számára, akik munkájukhoz keresik a korábban szerzett tapasztalatokat, hogy általuk időt és pénzt takarítsanak meg maguknak, illetve megbízóiknak.

Az alábbiakban korábbi elemzéseim és tapasztalataim alapján ismertetem javaslataimat

- **a matematikai modellezés és tényleges energiafelhasználás alapján a bázisértékek meghatározásának módjára,**
- **a nagyszámú épületek esetében a reprezentatív módszer alkalmazására, (terjedelmi korlátok miatt csak hivatkozás formájában)**
- **a döntéshozók számára a különböző energiahatékonyság növelő intézkedések által elérhető megtakarítások szemléltetésének módjára.**

*****

The modernisation of public and residential buildings will play an important role in achieving the objectives set out in the New National Energy Strategy and related documents. In order to specify the measures necessary for the achievement of the objectives, to plan and implement the modernisations, it is essential to determine the base value of the energy consumption of the buildings, respectively to define their baselines at the national level and then per building.

Various methods are used in professional workshops. I summarize my conference presentation in the form of an article. I recommend it to those who are looking for previous experience for their work, in order to save time and money for themselves and their clients.

Based on my previous analyses and experiences I summarized in this paper my recommendations

- **how to determine baselines based on mathematical modeling and actual energy consumption,**
- **for the application of the representative method in case of a large number of buildings (due to space constraints only in the form of a reference),**
- **how to demonstrate to decision makers the savings that can be made by different energy efficiency measures.**

*** * ***

[1] A cikk a szerző KLENEN'20 konferencián tartott előadása alapján készült..

Fűtési rendszerek korszerűsítése − PHARE projekt Egerben

Egy emberöltő eltelt azóta, hogy Magyarországon állami és EU támogatással elkezdték az épületek és fűtési rendszereink felújítását. A BME Rendszer- és Irányítástechnika Tanszéke 1995-ben kapott megbízást, hogy értékelje öt, ún. PHARE program [2] támogatással megvalósított projekt eredményét. A projektek Egerben, Nyíregyházán és Budapesten a fűtési rendszerek, Miskolcon a kazánházi hőtermelés, Szegeden a termálvíz hasznosítás korszerűsítésére irányultak. Az értékelésen különböző szakterületen tapasztalatot szerzett szakértőkkel dolgoztunk, eredményeinket rész- és zárójelentésekben [1] foglaltuk össze, szakmai konferenciákon ismertettük.

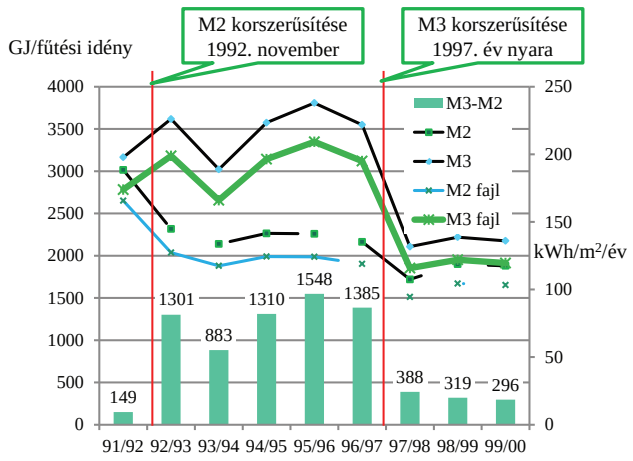
Most [2]-ből idézve az egri projekt példáján keresztül szeretném felhívni a hasonló feladatokon dolgozók és a döntéshozók figyelmét arra, hogy az energiamegtakarítás igazolására a referencia módszer alkalmazásánál is körültekintően kell eljárni. Sokszor még az alakilag hasonló, épületgépészetileg megegyező épületek esetében is eltérő lehet az energiafelhasználás. Emiatt **az épületek hőtechnikai elemzésére készített matematikai modellek felvett értékeit a tényleges energiafelhasználási adatok figyelembevételével kell meghatározni.**

A projekt előkészítése során az eredmény értékelésére a referencia módszert választották. Kiválasztottak két hasonló épületet, mindkettő hőfogadójába hőmennyiségmérőket telepítettek (egyet a teljes hőfelhasználás mérésére, egyet a használati melegvíz (HMV) készítésre felhasznált hő mérésére). Az egyik épületben, (M2) korszerűsítették a fűtési rendszert, a referenciának szánt másikban, (M3) nem. A korszerűsítés keretében a hőleadókra termosztatikus szelepet és költségosztót szereltek, a HMV mérésére mennyiségmérőt telepítettek, a strangokat szabályozókkal látták el, a keringető szivattyúkat fordulatszám szabályozásúra cserélték.

Az 1. ábra a korszerűsített és a referencia épület fűtési energiafelhasználását, a kettő különbségét, valamint az épületek fűtési fajlagosának változását mutatja. A megvalósítást követően közzé tett eredmények a két épület energiafelhasználása között hihetetlenül nagy különbséget mutattak. A nagy eltérés okának megfejtése az elemzést is érdekessé tette. A feltételezésünk − miszerint a referencia épület hőfelhasználása a korszerűsítés előtt is jelentős mértékben nagyobb volt a korszerűsített épületénél −, csak az M3 épület hasonló korszerűsítését követően igazolódott.

Az azóta szerzett tapasztalatok a korrigálást követően kapott közel 30% hőfelhasználás csökkentést nem erősítették meg, azonban a fentebb hivatkozott [2] alábbi összefoglalója még mindig aktuális. „… ismételten megállapítható, hogy a különböző módszerekkel, különböző feltételezésekkel végzett energia megtakarítási értékelések eltérő eredményekhez vezetnek. A közel 10 év

[2] Az Európai Közösségek Tanácsa (Council of European Communities) 1989 decemberében döntött 300 millió ECU gazdasági segítség folyósításáról Magyarországnak és Lengyelországnak 1990. dec. 31-ig. Ez jelentette a PHARE-program létrejöttét. – további info: http://www.kislexikon.hu/phare-program.html



1. ábra. **A külső átlaghőmérséklet alapján korrigált hőfelhasználás, ennek fajlagos és a referencia épületéhez viszonyított csökkenése**

hőfelhasználása, a korábbi elemzések és a dolgozatban eddig nem említett thermoviziós felvételek is bizonyítják, hogy **a referencia módszer alkalmazása sokszor még az alakilag hasonló épületek esetében sem megbízható.** Rosszul megválasztott referencia esetében előfordulhat, hogy a korszerűsített ház szigetelésének termikus jellemzői sokkal jobbak, mint a változatlan épületé. Ekkor a megtakarítások egy része inkább a jobb szigetelésnek és nem a korszerűsítések eredményének köszönhető.

Az értékelés során tanulmányozni kell a megtakarítások eredetét. Annak idején jelentős mértékű megtakarítást eredményezett a HMV mérőórák beépítése.

A fűtési rendszerek korszerűsítésével elérhető megtakarítás minél pontosabb meghatározása a projektek előkészítése és utólagos értékelésekor egyaránt fontos. Megállapítható azonban, hogy legyen a megtakarítás a számított legkisebb, vagy legnagyobb mértékű − 24% vagy 37% −, **meg kell találni a módját, hogy a korszerűsítésre mielőbb sor kerüljön. Ezt mind a tüzelőanyaggal való gazdálkodás, mind a környezetvédelem szempontjából kötelességnek kell tekinteni."**

Épületek felújítása – a SOLANOVA projekt

Annak idején (1995-ben) a Stuttgarti egyetem hallgatójaként a BME Rendszer és Irányítástechnika Tanszékén vezetésemmel készítette diplomatervét egy jó képességű német diák, Andreas Hermelink. A diplomaterve elkészítését követően a KLENEN (Klímaváltozás – Energiatudatosság – Energiahatékonyság) előd jeként 2001-ben Sopronban „Energiahatékonyság, energiapiac és környezetvédelem az új évezred kezdetén" címmel, szervezett konferencián találkoztunk újra. Megállapodtunk abban, hogy kezdeményezünk egy EU által támogatott épület felújítási projektet, amely keretében az európai jó és rossz tapasztalatok figyelembevételével mintaként Magyarországon felújítunk egy épületet, korszerűsítjük fűtési rendszerét, a használati melegvíz készítéséhez napenergiát hasznosítunk. Ez volt a 2003. január végén indított SOLANOVA projekt előzménye.

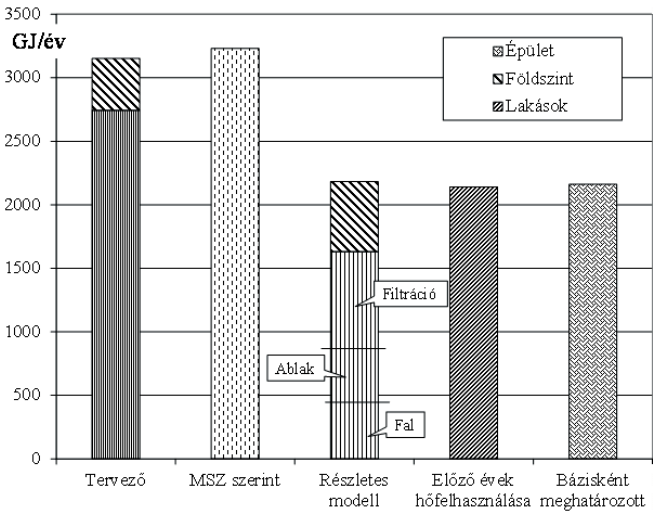
Az alábbiakban a projekthez kapcsolódva a nemzetközi kapcsolatok, rajta keresztül az EU pályázatok adta lehetőségek minél nagyobb mértékű hasznosítása, az energiafelhasználás csökkenésének számításához a bázisérték meghatározásának fontosságára, s az energiahatékonysági törekvések során az ún. visszahatás jelenségre (rebound effect) hívom fel a figyelmet.

A projekt keretében Dunaújvárosban újítottunk fel egy hét emeletes, két lépcsőházas, 42 lakásos, ~2740 m^2 fűtött alapterületű, a földszintjén különböző, nem lakás céljára szolgáló helyiségekkel rendelkező épületet. A projekt keretében végzett elemzésekről szakmai konferenciákon folyamatosan beszámoltunk, az eredményeket a 2005-ben Visegrádon szervezett, KLENEN konferencián önálló szekció keretében ismertettük, a konferencia önálló kiadványában [3] közzé tettük. A projektről [4] bevezetőjében a következőket írtam: „Jelen cikkben a projekt megvalósítási és négy éves üzemviteli tapasztalatai alapján vonunk le következtetéseket és teszünk javaslatokat. Tesszük ezt annak érdekében, hogy tanuljunk a múlt, s ha lehet mások hibájából, s felhívjuk a gazdaságpolitikánk irányítóinak figyelmét, hogy az épületek korszerűsítésével jelentős mértékben lehet csökkenteni az energiafelhasználást, ezzel párhuzamosan a környezet szennyezését, az import-energiafüggőséget. **Ésszerű és körültekintő gazdaságpolitikával a korszerűsítéshez jelentős mennyiségű hazai terméket lehetne felhasználni, s ezen termékek előállításához és a korszerűsítési munkákhoz sok embert lehetne foglalkoztatni."**

Ezt a lehetőséget eddig nem használtuk ki kellő mértékben.

A bázisérték meghatározása

A 2. ábra első oszlopa az épületnek a tervező által meghatározott hőszükséglet és a sokéves meteorológiai statisztikai adatok alapján számolt várható fűtési energiafelhasználását mutatja. A hatályos szabvány által meghatározott érték (második oszlop) szinte ezzel megegyező. Ugyanakkor, amint az az ábrán látható, az első két oszlop jelentős mértékben eltért +4°C átlagos külső hőmérsékletre korrigált néhány megelőző év tényleges hőfelhasználás átlagos értéktől (negyedik oszlop). Ezért készítettünk a várható hőfelhasználás meghatározására egy részletesebb matematikai modellt, amelynek a hőtechnikai tulajdonságait jellemző paramétereit a tényleges felhasználás ismeretében határoztuk meg. Ennek eredményét a harmadik oszlop mutatja. A fentiekre tekintettel a megtakarítás mértékének számításához a várható fűtési hőfelhasználás bázisértékének a modellezésen alapuló részletes hőtechnikai számítás és a korrigált hőfelhasználás középértékét, 2161 GJ/év-et tekintettük (ötödik oszlop). **Az épület fűtött alapterületre vetítve ez ~220 kWh/m^2/év.**

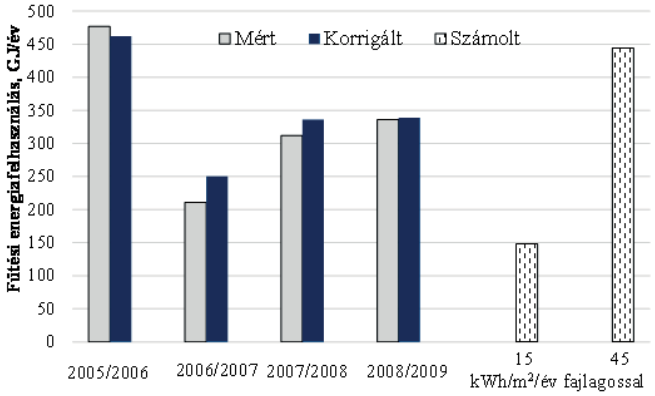


2. ábra. **A különböző módon meghatározott várható fűtési hőfelhasználás**

A példa azt szemlélteti, hogy a részletes modellek esetén is fontos a tényleges hőfelhasználás alapján történő identifikálás.

A hőfelhasználás csökkenése

A felújítást követő években a fűtési hőfelhasználást és korrigált értékének alakulását a 3. ábra szemlélteti. Az ábrán tájékoztatási céllal feltüntettük azt is, mennyi lett volna a hőfelhasználás, ha a fajlagos 15 kWh/m^{2}év, illetve 45 kWh/m^{2}év lett volna. Megállapítható, hogy a hőfelhasználás csökkenése jelentős volt, s a felújított épület az alacsony energiaigényű épület csoportba került, jó példaként szolgál a korszerűsítésre.



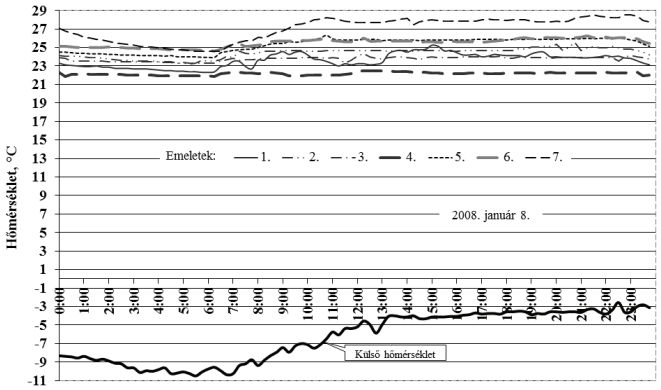
3. ábra. **A fűtési hőfelhasználás változása a felújítást követő években**

Az energiahatékonyság növelő intézkedés visszahatása (a „rebound" effektus)

Az angol nyelvű szakirodalom **„rebound effect"**-nek, (vagy **„take-back effect"**-nek), nevezi az energiamegtakarítás érdekében hozott intézkedések várható eredményének meghatározásához is kapcsolódó jelenséget. (A magyar nyelvű szakirodalomban e jelenséget rebound effektusnak, visszapattanásnak nevezik. Az EU dokumentumok magyar nyelvű változataiban bumeránghatásnak fordították[3]. Én jelen fejezetben megtartottam a [2]-ben alkalmazott „visszahatás" kifejezést.) A jelenségre [6] a következők szerint hivatkozik: „… bizonyos esetek azt bizonyítják, hogy egy technológia hatékonyságának növelése eredményeként létrejövő költségmegtakarítások arra ösztönözhetik az embereket, hogy még többet fogyasszanak. A szakpolitikák kialakításakor és a célkitűzések meghatározásakor tehát számolni kell ezzel a „bumeránghatás" néven is ismert jelenséggel."

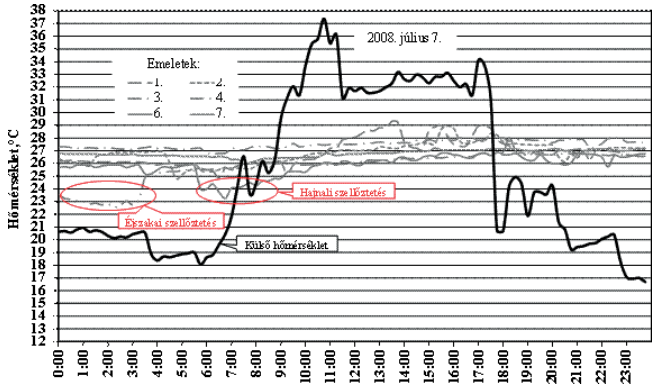
A SOLANOVA projekt keretében tapasztalt visszahatást két ábrával szemléltetem. A 4. ábra egy kiválasztott téli napon mutatja a külső, és emeletenként véletlenszerűen kiválasztott lakásokban a belső hőmérséklet változását. Megállapítható, hogy a lakók nem használták ki a felújított rendszer adta helyi szabályozás lehetőségét. Hiába hangsúlyoztuk, hogy a lakóhelyiségek belső hőmérsékletére javasolt 20 °C hőmérséklethez képest 1°C eltérés ~6% energiamegtakarítást, illetve többlet felhasználást jelent, a korábban megszokott hőmérsékletet tartották. El kellett fogadnunk, hogy a hőmérséklet csökkentéssel a felújított épületben elérhető megtakarítás olyan csekély, hogy a lakókat nem ösztönzi szokásaik megváltoztatására. Ez az energiahatékonyság növelő intézkedés visszahatásának („rebound" effektus) tipikus jelensége.

[3] https://www.linguee.hu/angol-magyar/ford%C3%ADt%C3%A1s/rebound+effect.html



4. ábra. **A hőmérséklet változása a lakásokban a fűtési idényben**

Az 5. ábra egy kiválasztott nyári napon mutatja a külső, és emeletenként véletlenszerűen kiválasztott lakásokban a belső hőmérséklet változását. A felújítás keretében nem terveztük a nyári gépi hűtés alkalmazását. Arra kértük a lakókat, hogy éjszakánként nyitott ablakokkal szellőztessék át a lakásokat, s napközben a gépi szellőzéssel csak a friss levegő igény kielégítésére törekedjenek. A téli és a nyári belső hőmérsékletet összehasonlítva nincs jelentős eltérés.



5. ábra. **A hőmérséklet változása a lakásokban nyáron**

A lakók ennek ellenére magasnak tartották a belső hőmérsékletet, s a nyári hőkomfortot nem tartották elégségesnek. Az 5. ábrából az is megállapítható, hogy a vizsgált napon a kiválasztott lakások közül csak egyben szellőztettek a javasoltak szerint éjszaka, és egyben hajnalban.

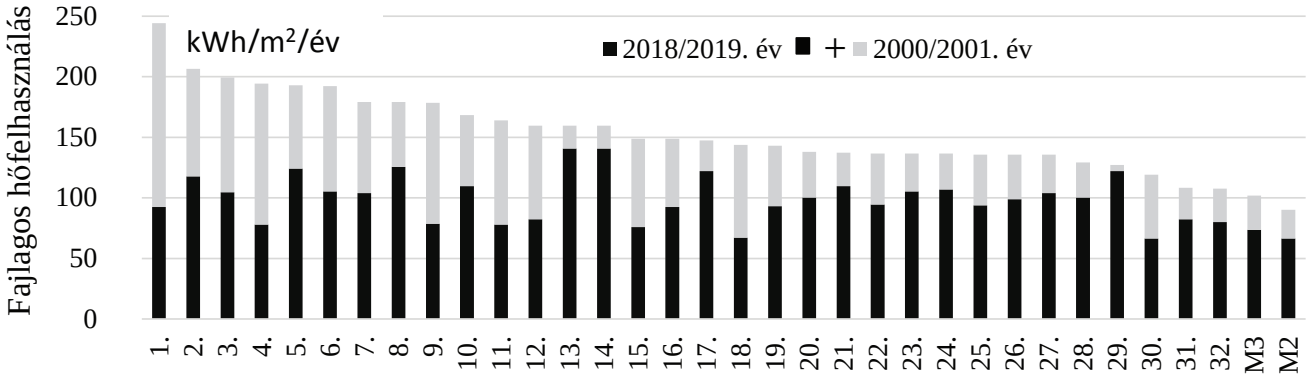
Az elmúlt években sok lakásba ablakklímát szereltek.

Az épületek felújításának eredménye

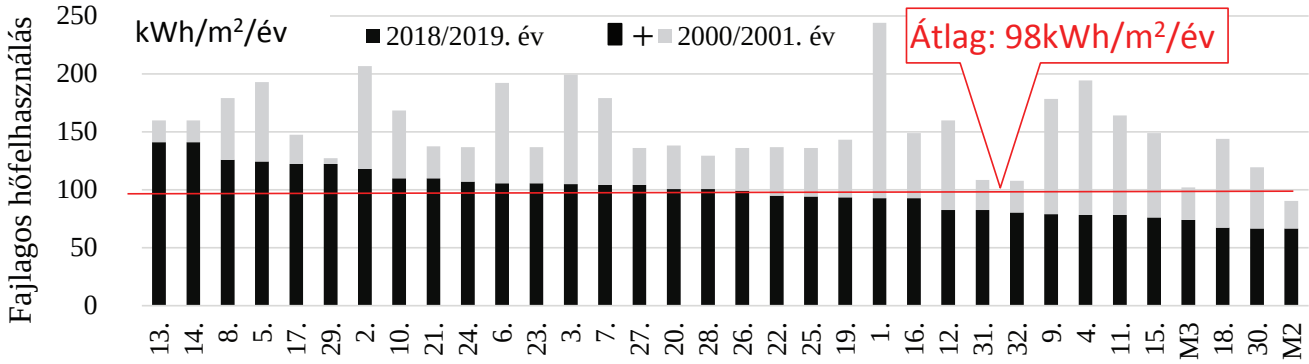
Az épületek felújításának/korszerűsítésének eredményét 34 épület – köztük a fentebb hivatkozott PHARE projekt M2 és M3 épület – adatai alapján elemeztük [7]. Az elemzés tárgyát képező épületeket az alábbi 6-8. ábrákon az oszlopok jelölik. Az oszlopok teljes magassága a felújítás előtti, a fekete színű része a közel húsz év alatt történő felújítás utáni fajlagos fűtési hőfelhasználást, a kettő különbségeként adódó, vízszintes vonalkázással jelölt, (nyomtatott formában szürkének látszó) része a megtakarítást szemlélteti.

A különböző szempontok szerinti csoportosítás többek között **a reprezentatív módszer alapján történő elemzéséhez az épületek kiválasztásában lehet az elemző segítésére.**

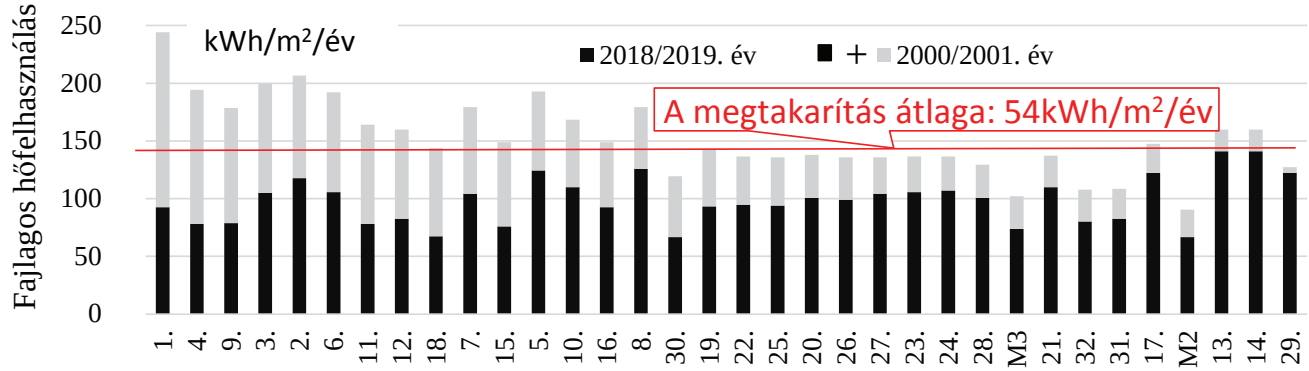
A 7. ábrán az átlagos fajlagos hőfelhasználás a 34 épület 2018/19 évi átlaga. A lakásokra vonatkoztatott értéke ettől eltérő



6. ábra. **A 2000/2001 évi adatok alapján csökkenő sorrendben csoportosítva**



7. ábra. **A 2018/2019 évi adatok alapján csökkenő sorrendben csoportosítva**



8. ábra. **A felújítás általi csökkenés sorrendjében csoportosítva**

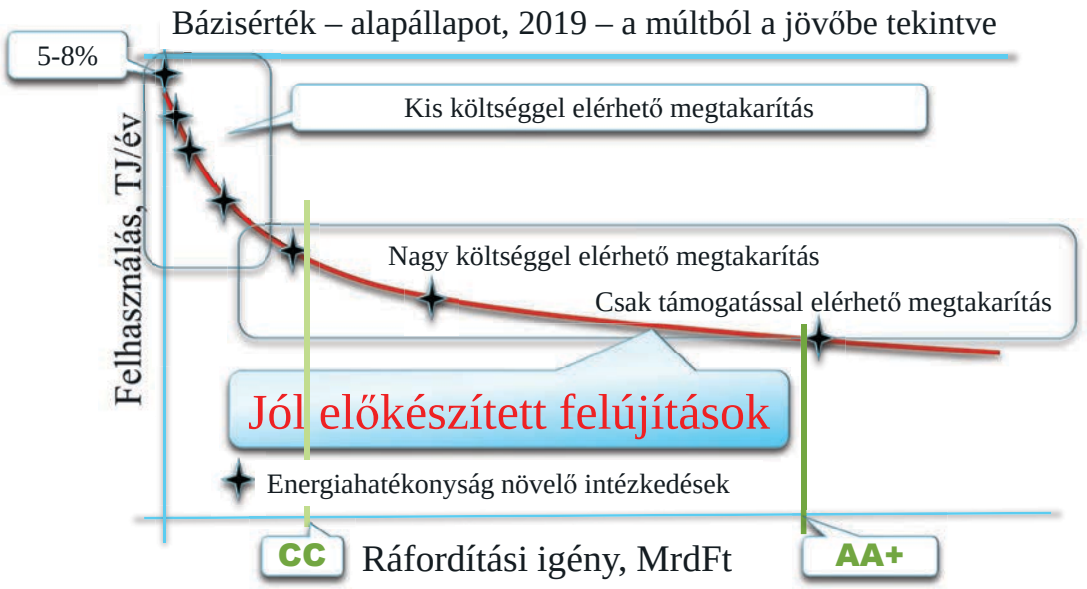
lehet. Hasonló következtetés vonható le a 8. ábrán jelölt, a megtakarításra vonatkoztatott átlagra is.

A lakások fajlagos hőfelhasználásának eloszlása

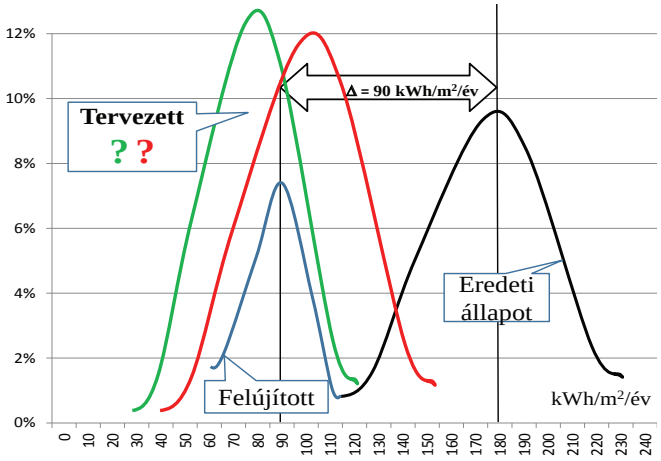
Nagyobb mintavétellel, 2018 és 2019 éves adatok alapján készült a 9. ábra. Az ábra két, normális eloszlásfüggvény mintájára mutatja a még jelenleg is az eredeti állapotban levő és a már felújított/korszerűsített fűtési rendszerekkel rendelkező épületek fajlagos fűtési hőfelhasználását. Az ábrán „Tervezett" jelöléssel további két eloszlásfüggvény alakkal szemléltettük, hogy a még eredeti állapotban levő épületeket hová kellene, vagy lehetne eljuttatni. **A cél kormányzati döntésekkel, a kívánt állapotba jutás sebessége pedig szakpolitikai intézkedésekkel határozható meg.**

A célok és a rangsor

A 10. ábra mintaként szolgál a döntés előkészítők részére. A különböző energiahatékonyság növelő intézkedésekkel elérhető energiafelhasználás csökkenésének kumulált értékeit mutatja a ráfordítási költség függvényében. **Ehhez hasonló ábrákat kellene készíteni a különböző stratégiai döntésekhez a lakóépületek és a közintézmények különböző csoportjaira.** Bázisértéknek, kiinduló, vagy alapállapotnak kellene tekinteni a már rendelkezésre álló 2018/2019. évi energiafelhasználási adatokat, az előző ábrán szemléltetett „két púpra" is tekintettel. Az energiahatékonyság növelő intézkedéseket rangsorolni és csoportosítani, majd az általuk elérhető megtakarítást kumulálni kellene [8]. Az ábrán jelölve rá kellene mutatni, hogy milyen ráfordítással



10. ábra. **A felújítás általi csökkenés sorrendjében csoportosítva**



9. ábra. **A fajlagos fűtési hőfelhasználás eloszlásának és célértékeinek szemléltetése**

lehetne eljuttatni az épületeket az egyes energetikai besorolási kategóriákba.

A rangsorral és a fűtéskorszerűsítéssel elérhető megtakarításokkal kapcsolatosan [9]-ben és [10]-ben részletesebben kifejtettem gondolataimat. Ezt most csupán azzal egészítem ki, hogy **jó lett volna már korábban, jó lenne minél előbb az épületeket a SOLANOVA projekthez hasonlóan, abból tanulva felújítani.** Ha erre most nincs lehetőség, mérlegeljük lehetőségeinket, körültekintően készítsük elő a tennivalókat. A jelenlegi állapot felméréséhez, a lehetséges intézkedések meghatározásához és költségeinek becsléséhez, a döntések előkészítéséhez **használjuk a reprezentatív módszert.**

A reprezentatívnak tekintett épületeket ne csak fizikai hasonlóságuk, hanem **tényleges energiafelhasználásukra, a fogyasztói szokásokra is tekintettel válasszuk ki.**

A korszerűsítés finanszírozásának tervezésénél ne feledkezzünk meg a „visszahatásról".

Irodalmi hivatkozások

[1] Zsebik A. et al.: DISTRICT HEATING PILOT PROJECTS, MONITORING. Final Report to the Ministry of Industry and Trade, Hungary PHARE Project reference No.: HU 9103-05-03-L00, BME System and Control Engineering Department, Budapest, August 1996.

[2] Zsebik A. – Tarján R. – Zsebe A.: Fűtéskorszerűsítési mintamodell értékelése. A 16. Távhő Konferencia előadása. Siófok-Balatonszéplak, 2000. szeptember 26-28.

[3] Klímaváltozás – Energiatudatosság – Energiahatékonyság Konferencia kiadványa. Visegrád, 2005. június 8-10.

[4] Zsebik A. – Csata Zs.: Negyedére csökkentettük az energiafelhasználást: a SOLANOVA projekt. Energiagazdálkodás 51. évf. 2010. 1. szám 17 – 27. old

[5] Beszámolók és cikkek a Magyar Tudományos Akadémia Energetikai Bizottsága az „Energiaellátás a 21. században – kihívások és fenntartható megoldások" sorozat keretében az Energiahasznosítás Albizottságának koordinálásával „Az épületek felújításának hatása az energiafelhasználásra és a környezetre" címmel, „Bontsunk vagy felújítsunk?" mottóval 2009. november 25-én rendezett konferenciáról. Energiagazdálkodás 51. évf. 2010. 1.szám 3 – 29. old.

[6] Az EU Bizottság COM(2011) 571 sz. közleménye az EU Parlamentnek, a Tanácsának, a Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának, Brüsszel, 2011.9.20. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0571:FIN:HU:PDF (letöltve 2020.05.16.)

[7] Az EVAT Zrt. - https://www.evatzrt.hu/tavhoszolgaltatas - adatainak feldolgozása.

[8] Bakoss G. - Zsebik A.: A lakossági energiafelhasználás csökkentésének lehetőségei és környezetvédelmi hatásai. Zöld belépő kiadványsorozat. 1997. http://korny.uni-corvinus.hu/zold_belepo/kiadvanyok.html

[9] Zsebik A.: Mit támogassunk? Energiagazdálkodás. 54. évf. 2013. 3. szám, 28. old.

[10] Zsebik A.: A rangsor. Energiagazdálkodás. 54. évf. 2013. 3. szám, 27. old.

Energia és táj – Energetika és tájhasználat

Dr. Nagy Valéria
okl. gépészmérnök, környezetvédelmi szakjogász, valinagy78@mk.u-szeged.hu

Az energetika és az őt körülvevő rendszerek közötti intenzív és interaktív kapcsolat, avagy az interdiszciplináris jelleg, teret enged több tudományterület összekapcsolásával végzendő komplex vizsgálatoknak. Természetesen a több tudományt, tudományágat is érintő megközelítés megkívánja azt is, hogy bizonyos általános érvényűnek tekintett gondolatokat, teóriákat, megállapításokat felül kell vizsgálni és változó világunkban újból értékelni kell azokat. Ugyanakkor az interdiszciplinaritást kellőképpen szűkíteni is szükséges: az összefüggés-vizsgálatok szempontjából lényeges tulajdonságokat ki kell domborítani, míg másokat elhanyagolhatóként kell kezelni. E rövid közlemény az energetika – mint műszaki mérnöki tevékenység – és a táj, tájhasználat viszonyára világít rá, teszi ezt anélkül, hogy bármelyik tématerület irányába elfogultságot mutatna. Egy-egy bonyolult és egyedi kölcsönviszony (hatás-ellenhatás) feltérképezése minden esetben alázatra tanít.

*

The intensive and interactive relationship between energy and the systems around it, or the interdisciplinary nature, allows for complex investigations through the interconnection of disciplines. Of course, an interdisciplinary approach also requires a review of specific general thoughts, theories, findings and a reassessment them in our changing world. At the same time, interdisciplinarity also needs to be sufficiently simplified: essential features need to be highlighted, while others need to be negligible for correlation studies. This short paper points to the relationship between energy – as a technical engineering activity – and landscape, land use, without biasing on any of the topics. Exploring a complex and unique interrelationship (action-reaction) teaches humility in every case.

* * *

Egyre érzékenyebbé váló világunkban az energetika témakörében (is) sűrűn emlegetett fogalmak a fenntarthatóság, a környezeti fenntarthatóság, a tartamos használat, az ökologikus alkotás, az alkalmazkodás, a válság, a műszaki innováció, a takarékosság, a hatékonyság, az optimalizálás, a mesterséges intelligencia, az automatizálás stb. Ezek a fogalmak mind-mind komplex tartalommal bírnak és amelyek mindegyike más-más tudományterületen gyökerezik, de mára szükségessé vált a kölcsönviszonyuk vizsgálata, elemzése. A kölcsönviszonyok közül kiragadva egyet, érdekes lehet az energetika és a tájhasználat kapcsolatának elemzése. Általában véve az energetikához kapcsolódó területek és tudományágak műszaki, közgazdaságtani, jogi és egyéb társadalomtudományi kérdéseinek megválaszolása interdiszciplináris megközelítést kíván.

Az interdiszciplinaritás tulajdonképpen egy olyan szemléletet(mód), amely egy vagy több tudomány(ág) releváns eredményeit és/vagy módszereit hasznosítja, elemzi, miközben összefüggéseket tár fel. Néhány tudós gondolatébresztő írásai (Wanek, 2011; Dezső, 2013; Reményi, 2014) is arra sarkallják a mérnöktársadalmat, hogy munkájuk során ne nélkülözzék a korszerű társadalomtudományi ismereteket, hiszen csak így juthatnak korszerű mérnöki megoldásokhoz.

Továbbá előtérbe kerül egy fontos kompetencia, mégpedig a *„Problémaérzékenység, kritikus gondolkodás és kreativitás”* képessége.

A (műszaki) mérnöki tevékenység ökológiai hatásainak feltérképezésénél minden esetben célszerű az összekapcsolt területek alapfogalmaival megismerkedni.

Műszaki értelemben energián a rendszereknek azt a tulajdonságát értjük, ami a környezetükre vagy más rendszerekre való hatást tud létrehozni. A hatás során azután az átadott/átvett energia lehet hő és munka. Ugyanakkor az energia görög eredetű szó, jelentései cselekedet, ténykedés, működés, tulajdonképpen képesség, lehetőség változás előidézésére. Az „energiatermeléssel”, -átalakítással, -szállítással, -tárolással, -(vég)felhasználással kapcsolatos feladatokat pedig az energetika öleli fel.

Míg a táj fogalma tudományáganként és koronként igen eltérő. Több meghatározásban nem szerepel az ember tájra gyakorolt hatása, habár az ember – tevékenysége során – kétség kívül befolyással bír az ökológiai rendszerekre, alakítja, formálja a tájat, azonban a befolyásolás mértéke koronként eltérő. Ennek okán csupán néhány mozzanatot szeretnék kiemelni tudománytörténeti vonatkozásban és inkább azokat, amelyekben megjelenik az emberi tevékenység hatása.

Lev Semyonovich Berg (szovjet geográfus, zoológus) megfogalmazásában (Berg, 1947): *„A táj a tárgyak és jelenségeknek olyan kombinációja, amelyben a domborzat, az éghajlat, a víz, a talaj, a növényzet és az állatvilág, és bizonyos mértékig az emberi tevékenység egyetlen harmonikus egésszé olvadnak össze.”*

És fontos megjegyezni azt is, hogy Konrad Zacharias Lorenz (osztrák zoológus, etológus) a civilizált emberiség nyolc halálos bűne közé sorolta, hogy *„A természetes életteret elpusztítjuk és környezetünk lerombolásával megfosztjuk magunkat a teremtés szépségének és nagyságának tiszteletétől.”* (Lorenz, 1973)

Hazánkban gróf Teleki Pál (Teleki, 1937) már korábban utalt arra a kölcsönviszonyra, amelyben az emberi tevékenység hatására változik a táj, ugyanakkor a táj is hatással van az emberre: *„A táj az emberi életet is formálja.”*

Az Európai Táj Egyezménnyel összhangban a Nemzeti Tájstratégiában *„a táj az ember által érzékelt terület, amelynek jellege természeti tényezők és/vagy emberi tevékenységek hatása és kölcsönhatása eredményeként alakult ki”.*

A fentiek értelmében tehát a folyamatosan változó környezetünkben, a tájban mindenféle beavatkozás – vagy annak hiánya – hosszú időre és maradandóan befolyásol(hat)ja életünk minőségét.

Azt, hogy milyen módon, milyen mértékben lehet, szükséges és kell beavatkozni a tájba, az adott táj múltja ismeretében a jelen igényei és elvárásai, valamint a jövő értékelése vonatkozásában tudjuk eldönteni mindenkor szem előtt tartva a már említett együttműködést, kölcsönös függést.

A tájban, az emberi környezetben található megjelenési formákat tájalkotó elemeknek, vagy röviden tájelemeknek nevezzük. Jellegük szerint természeti, módosított és művi tájelemek ismeretesek. Ilyen módon az emberi tevékenység valamennyi élettelen „ter-

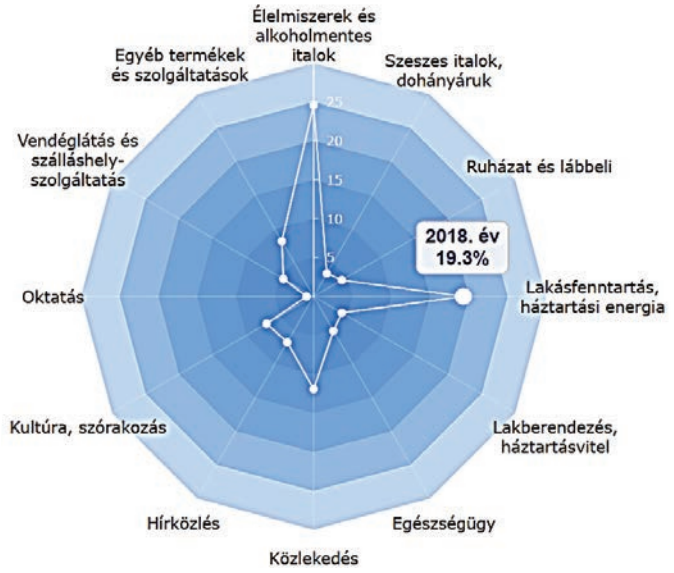
mékét" – közöttük az energetikai létesítményeket, berendezéseket is – művi tájalkotó elemeknek tekintjük (Ghimessy, 1984; Csemez, 1996). Tehát az energetika – mint antropogén tevékenység – és tájhasználat viszonyában a lehetséges tájalkotó elemek számbavétele az első lépés.

Az energetika és a tájhasználat kölcsönviszonya

Az energiaszükséglet folyamatos kielégítése az energetikai rendszerek folyamatos (át)alakulását, fejlődését kívánja meg. A technikai, technológiai fejlesztések azonban meghatározott keret- és peremfeltételek mentén valósulhatnak meg, többnyire alárendeltek a társadalmi, gazdasági igényeknek. Az energetika és tájhasználat vonatkozásában megemlítendő pl. az ENSZ Fenntartható Fejlődés Céljai között:

- a 7. fő cél, amely megfizethető, megbízható, fenntartható és modern energiához való hozzáférés biztosítását szorgalmazza mindenki számára (példának okáért a 7.a. részcél éppen a fejlettebb és tisztább fosszilis tüzelőanyag-technológiát, az energetikai infrastruktúrába történő befektetést és a tiszta technológiák életre hívását igyekszik előmozdítani)
- a 9.4. részcél, amely az erőforrások hatékonyabb felhasználása, valamint a tiszta és környezetbarát technológiák és ipari eljárások kifejlesztése és felhasználása okán kapcsolódik az energetikai szakemberekhez és a tájhasználathoz

Ezek mind-mind műszaki mérnöki feladatok, amelyeket befolyásol az is, hogy a generált szükségletek közvetetten hatnak és visszahatnak (a generált szükséglet és az önfegyelem viszonyából fakadóan) az energiafelhasználásra (Barczi et al., 2019). A háztartásokban „visszapattanó hatásként" jelentkezik az energiahatékonyság ellenére, ugyanis a lakosság életvitelének, a növekvő technikai, technológiai színvonalnak köszönhetően a lakásfenntartással, háztartási energiával kapcsolatos kiadások 1/5-ét teszik ki a fogyasztási kiadásoknak (1. ábra).



1. ábra. **A háztartások egy főre jutó fogyasztási kiadásainak szerkezete 2018-ban, % (HTTP1)**

Mivel az energiaellátásbiztonság, illetve a tájak nyújtotta esztétikai élmény és egészségre gyakorolt hatása is hozzájárulnak az emberi jól-léthez, ezért a mérnököknek kitüntetett szerepe van a tájhasználati tevékenység során.

Az energetika területén tevékenykedő mérnök tájhasználati tevékenysége megkezdésének alapjául szolgáló, illetve a tájterhelés minimalizálása/elkerülése céljából elvégzendő feladatok az alábbiakban olvashatók. Itt megjegyzendő azonban, hogy mindig a táj sajátosságaitól függően lehet és kell az adott művi tájalkotó elem(ek) tájba illesztési módját és/vagy a tájrekonstrukció módját eldönteni.

A feladatok a következők:

- tájhasználati szempontok rögzítése
- tájleltár készítése, a lehetséges tájak elemzése táji adottságaik alapján
- biológiailag aktív/inaktív felületek aránya
- tájpotenciál felmérése
- tájalkotó tényezők számbavétele
- konfliktusmentes többcélú tájhasználat lehetősége
- tájváltozásokat előidéző hatások meghatározása az energetikai beruházással összefüggésben
- táji adottságokhoz történő alkalmazkodási lehetőségek
- tájterhelés meghatározása
- (esetleges táji rekonstrukció, utótájak kialakulása, kialakítása)

Az 1. táblázat a teljesség igénye nélkül tartalmazza azokat a tényezőket, amelyek az „optimális" tájhasználati lehetőség keresését, értékelését és a valamelyik melletti elköteleződést segíti.

1. táblázat. Ökológiai szemlélettel áthatott mérnöki tevékenység Csemez (2016) esettanulmányai és a Nemzeti Tájstratégiában (2017–2026) foglaltak alapján

ERŐSSÉGEK táji értékek; ökológiai terhelhetőség ismerete; energetikai potenciálok ismerete; az emberek tájhasználatra irányuló elképzeléseinek ismerete …	**GYENGESÉGEK** táji adottságok iránti alázat; tájökológiai alázat; mozaikosság csökkenése; sokasodó autotelikus tevékenységek …
LEHETŐSÉGEK a tájban kialakult rend, harmónia; tájhasználók befolyásolása; az emberi tevékenységgel már veszélyeztetett tájakon a beruházások visszafogása; környezeti ártalom minimalizálása/elkerülése; szakpolitikák összehangolása; energetikai szempontú tájtervezés; innovatív tájhasználati magatartás …	**VESZÉLYEK, FENYEGETÉSEK** koncentrálódás fokozódása; koncentrált terhelés az élővilágra; változó terhelő hatások; a táj felszabdalása; beépített, burkolt felületek, elkerítések; hatásmechanizmusok megváltozása; ökológiai tévcselekedetek; vulnerabilitás, balesetveszély …
AKADÁLYOK a természeti értékek túlsúlyával jellemezhető tájak megőrzése csak védelemmel lehetséges; egyediség; monitoring rendszer működtetése; érdek és érdem ütközése; tájkompetencia csökkenése; jó gyakorlatok összegyűjtésének, elterjesztésnek hiánya; tájkultúra hiányosságai …	

A belső (erősségek, gyengeségek) és külső (lehetőségek, veszélyek/fenyegetések) tényezők kiegészültek a lehetséges akadályok megnevezésével is. Adottságait tekintve minden táj más és más, éppen ezért a szintézis, vagyis az analitikus tudás összegzése fontos és nem alkalmazhatók általánosítások. Egy-egy energetikai beruházásnak tájtípusonként eltérő hatásai lehetnek. Folyamatos monitorozás mellett újra kell értékelni az emberi cselekedetek hatását, és az adott szinten szükség esetén be kell avatkozni.

Probléma, konfliktus, válság?

Az energetika és tájhasználat vonatkozásában az esetleges problémákat meg kell oldani (lehetőség szerint el kell kerülni), mert az ökológiai és a tájképi alázatot nélkülöző beavatkozások olyan konfliktusok kiváltói lesznek, amelyek kezelhetetlenné válnak és „válságot" idéznek elő. Válságként értelmezendő pl. az energetika és tájhasználat vonatkozásában a többször előtérbe került és vitát generáló szélturbinák és a táj kapcsolata. A tájkaraktert kétségkívül megváltoztatják a szélturbinák, de korunkban elfogadott, mint ahogyan korábban a szélmalmok megjelenése is befogadó társadalmakra talált. A szintézis és a megfelelő interpretáció segítheti a folyamatot. Nem vitatható, hogy sok esetben azonban a tájökológia és a műszaki megvalósíthatóság ellentétes érdekoldalon helyezkedik el, amely kompromisszumokkal némileg közelíthető, de meg kell említeni, hogy mindenképpen kerülendő az ökológiai rendszer labilissá válása.

A tájhasználati konfliktu(ok)s elkerülése érdekében éppen ezért megfontolásra ajánlott az alábbiakban összegzett néhány gondolat.

Valamennyi, a tájat, a tájképet befolyásoló tevékenységet (energetikai létesítmények, építmények, gáztartályok elhelyezése, légvezetékek vonalvezetése stb.) tájba illesztési szempontok szerint kell(ene) megoldani. Amely alatt táji adottságok messzemenő figyelembevételével történő, funkcionális és esztétikai szempontok szerinti, azaz tájértéknövelő célú elhelyezés és környezetalakítás értendő. A művi létesítmények tájba illesztése, az építményeknek növényekkel való védelme a mérnökbiológiai (a holt anyagokat használó műszaki és az élőkkel foglalkozó biológiai tudományok között képez átmenetet) építésmód (Csemez, 1996). A tájesztétikai szempontok mindig is vitát, problémát generáltak, mert a tájkép megítélése szubjektív és az egyes diszciplínák képviselői szerint eltérő. A tájképet formáló, olykor meghatározó művi elemek, elemegyüttesek racionális tájhasználat során létesül(het)nek. Azonban a funkcionálisan kifogástalan létesítmények viszont nem biztos, hogy a társadalom tetszését váltják ki, ellentétben David Gelernter: *„Ami működik, az csodálatos."* nézetével.

A technicizált elemek többnyire a műszaki létesítmények részei. A művi tájalkotó elem(ek) megjelenése (p. légvezetékek) elsősorban a vidéki tájképben tájidegen elemként hat(nak), de ugyanakkor kreatív hozzáállással (környezetmentorálás, tájmentorálás) megvalósítható az egyes objektumok környezeti kapcsolatának fenntartása és energiaszigetté, energiatájjá alakíthatók a tájak, anélkül, hogy a már említett tájkép funkciója, a tájkarakter csorbulna. Egy példa lehet erre a Mátrai Erőmű napelemparkja (2. ábra). A táj tulajdonképpen a mérnökök műszaki tervezési térrendszere (Ghimessy, 1984), ahol a táj pillanatnyi teljesítménye és a táj jövőbeli teljesítménye (melynek előfeltétele a tartamosság) meghatározásra kerül az adott kor műszaki, technológiai színvonalának tájban történő megjelenítése során.

Amennyiben a tájba illesztés nem valósulhat meg és esetlegesen tájsebek keletkeznek, azokat „rehabilitálni" szükséges. Az egyik ilyen antropogén tevékenység a bányászat, amely a tájjelleget, tájképet, tájszerkezetet is drasztikusan befolyásolja. Csemez (1996) esettanulmányai részletesen feltárják, hogy a bányák egyrészről racionális tájhasználatnak tekintendők a természeti erőforrások kitermelése okán, ugyanakkor a környezeti (porszennyezés, zajszennyezés stb.), természeti (táj adottságainak és jellegének, a tájképnek a teljes megváltozása) és ökológiai ártalmak (élővilág pusztulás) vonatkozásában pedig drasztikus tájhasználatnak tekintendők. A bányászati tevékenységhez kapcsolódóan a roncsolt, rombolt területeken szükségessé válik a bányagödör tereprendezése, a növénytelepítés.

Az előzőekben összegzettek alapján tehát megállapítható, hogy az energetika vonatkozásában a tájhasználati igények változatosak (bányanyitás, napelemparkok, transzformátor állomások, biogáz üzemek létesítése, vezetékek, tartályok elhelyezése, stb.), továbbá minden új tájhasználati igény megvalósulása módosítja a tájpotenciált, a tájszerkezetet, a tájkaraktert. A tájkép pedig a tájhasználat változásainak hatására alakul.

2. ábra. **Napelempark (példa a „létesítmények" tájba illesztésére, tájrehabilitációra, tájrendezésre)**

Itt megjegyzendő azonban, hogy a többcélú tájhasználat megjelenése, halmozódása kultúra nélkül előbb-utóbb konfliktushoz (funkcionális, tájökológiai, esztétikai) vezet, tehát a többcélú tájhasznosítás lehetőségeit hangsúlyozottan vizsgálni kell (Csemez, 1996). Ugyanakkor mindenképpen kerülendő az egyhangú tájkép. A kulturált közösség tájigénye a változatos, elemekben gazdag, szegélyekkel tagolt táj, vagyis a látvány. Ennek megfelelően az antropogén tevékenységek következtében (p. a művi (energetikai) létesítmények, berendezések, eszközök tervezése, kivitelezése, egyéb beavatkozások megvalósítása, tevékenységekkel történő felhagyás, stb.) rombolt felületek újrahasznosítása, a környezeti ártalmak megszüntetése, lehetőség szerint az egységes zöldfelületi rendszer kialakítása (kondicionáló céllal) mindenkor kívánatos a már említett jól-lét kialakulásához.

Összefoglalás

A táj az összetartozást, egységet, komplexitást, ökorendszert, ember-természet kapcsolatot, az ember tevékenységét, évszázados hagyományait, tapasztalatát megőrző és tükröző

kontinuum. Társadalmi haladás viszont műszaki fejlesztés nélkül aligha képzelhető el. Fejleszteni pedig létesítmények beruházása nélkül szintén nehezen elképzelhető. A beruházásoknak pedig táji hatása is van (Csemez, 1996). Azonban a mérnöki tevékenység során meg kell határozni a táj terhelhetőségét, vagyis az ökológiai elveket is érvényre kell juttatni a tervezés, kivitelezés során. Ennek okán pedig a tájrendezési feladatok, az okszerű tájfejlesztési célok meghatározásánál egyre meghatározóbb a bölcsesség és a mértékletesség összhangja, amely nem csupán a tájhasználat, hanem az energiafelhasználás során is a motiváció középpontjában van.

A témához kapcsolódóan hadd legyen szabad emlékeztetni két jeles napra: az Energiahatékonyság Nemzetközi Napjára és az Energiatakarékossági Világnapjára (március 6.), illetve a Táj Nemzetközi Napjára (október 20.), amikor is kicsit nagyobb figyelmet szentelhetünk a létünket meghatározó energiának és a folyamatosan változó környezetünknek, a tájnak.

Az olyan tájak, amelyekben az uralkodó tájelemeknek valamiféle kapcsolata van az energetikával, egyediséget adhat számunkra, energiaszigetté válhatnak, de környezetmentorálással, illetve tájmentorálással megvalósítható a környezettel, ökológiával a kiegyensúlyozott kapcsolatuk

Irodalmi hivatkozások

[1] Berg, L. S. (1947) Geograficheskie zony Sovetskogo Soyuza [Geographical zones of the Soviet Union] 3rd ed., OGIZ, Moscow

[2] Barczi A. – Szalai D. – Nagy V.: Fenntarthatóság és műszaki innováció. Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok, (2019) XIV. évfolyam, 1. szám, pp. 13–18., http://www.analecta.hu/index.php/jelenkori_tars-gazd_folyamatok/article/download/33081/32343/

[3] Csemez A.: Tájtervezés – tájrendezés. Budapest 1996. 461 p., https://regi.tankonyvtar.hu/hu

[4] Dezső Gy.: Az utolsó szó jogán és okán. Energiagazdálkodás 54. évf. 4. sz., 2013 pp. 35, http://ete-net.hu/wp-content/uploads/2018/07/ENGA-2013-4-szam.pdf

[5] Gelernter, D.: „Ami működik, az csodálatos." A technika esztétikája. Vince Kiadó, Budapest 1998.

[6] Ghimessy L.: Tájpotenciál. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, Budapest 1984. 348 p.

[7] Lorenz, K.: Die acht Todsünden der zivilisierten Menschheit, 1973

[8] Reményi K.: Memorandum a World Energy Council (WEC) 22. kongresszusához. Magyar Tudomány 2. sz., 2014 pp. 1–3, http://www.matud.iif.hu/2014/02/11.htm

[9] Teleki P.: A tájfogalom jelentőségéről (rektori tanévnyitó beszéd – Magyar Királyi József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem), Budapesti Szemle 1937. nov.

[10] Wanek F.: Errare humanum est, avagy a tudományos kritika szükséges voltáról és buktatóiról. A Miskolci Egyetem Közleményei, 82. kötet, 2011 pp. 281–288

[11] Nemzeti Tájstratégia (2017–2026), Földművelésügyi Minisztérium, Nemzeti Parki és Tájvédelmi Főosztály koordinálásával, Budapest 2016, https://www.kormany.hu/download/c/ff/f0000/Nemzeti%20T%C3%A1jstrat%C3%A9gia_2017-2026.pdf

[12] HTTP1: http://www.ksh.hu/interaktiv/kiadasok_radar/index.html

33. TÁVHŐ VÁNDORGYŰLÉS

Balatonfüred, vagy videokonferencia
2020. szeptember 15-16.

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület Hőszolgáltatási Szakosztálya idén 33. alkalommal szervezi a Távhő Vándorgyűlést. Amennyiben a helyzet lehetővé teszi, Balatonfüreden. Abban az esetben, ha a vírusjárvány okozta körülmények nem teszik lehetővé a személyes találkozást, a rendezvényt a meghirdetett időpontban videokonferencia formájában tartjuk meg.

A programban szereplő főbb témakörök

- A ZÖLD TÁVHŐ,
- Energiahatékonyság és Épületenergetika,
- Ellátásbiztonság.

A témakörönkénti blokkokba foglalt programok, előadások bemutatják majd a megújuló energiaforrások alkalmazási módjait és azok hatásait a távhőszolgáltatásra, foglalkoznak az energiahatékonyság aktuális kérdéseivel és az épületenergetikai szabályozás várható változásaival, annak hatásaival.

A tervezett pódiumvitával is rá kívánjuk irányítani az érdeklődők figyelmét szakterületünk aktuális kihívásaira és a napi, valamint középtávú feladataink lehetséges megoldási irányaira.

A résztvevők a jelzett témakörökben kiválóan felkészült előadók, gyakorlati szakemberek prezentációiból szerezhetnek információt a kutatások és a gyakorlati alkalmazások eredményeiről.

A rendezvényre az érdeklődőket ezennel tisztelettel meghívjuk.

2020. május 12.

Gerda István
elnök, ETE Hőszolgáltatási Szakosztály

A koronavírus és az energiapiac

Dr. Szilágyi Zsombor
mérnök; drszilagyizsombor@freemail.hu

A 2019 őszén elindult koronavírus járvány elérte a Föld minden országát, belépett minden ember életébe. A vírus ellenszere hiányában az emberek egészségének megóvása lett minden kormány legfontosabb feladata. A védelmi feladatok és költségek azonnal jelentkeztek a mindennapi életben, a cégek egy része nyersanyag és piac nélkül marad, ennek következménye az elbocsátás, a munkanélküliség, cégek megszűnése. A problémák sora folytatódik a pénzügyi világban, az állam költségvetésénél, a hitelek visszafizetésében, a nemzeti devizák átértékelődésében, a tőzsdéken is. Cikkünk áttekintést ad a kőolaj, a földgáz és a villamos energia nemzetközi kereskedelemben kialakuló helyzetről és az energiahordozók hazai piacán várható változásról.

A világ primerenergia fogyasztása 2018-ban 13864 millió tonna olajegyenérték (Mtoe) volt. Ennek 33,6%-a kőolaj, 23,9%-a földgáz volt [1]. A földgáz világpiaci árát alapvetően a kőolaj ára határozza meg, azért, mert a kőolajat és a földgázt általában együtt termelik ki, és a két energiahordozó a legtöbb felhasználási módban helyettesítheti egymást. A kőolaj- és a gázipar nagy megrendelője a gépiparnak és a szállításnak. Megfigyelhető a kőolaj hatása egy sor más termék árának alakulására is: fémek, arany, gabona árát is mozgatja a kőolaj árának változása. Az egyszerűség kedvéért palaolajnak és palagáznak nevezett nem hagyományos kőzetekből, nem hagyományos eljárással termelt szénhidrogének jövőjét ragyogónak látjuk. A földgáz készletek között megjelent a tengerparti sávokban található metánhidrát is, amelynek a jövőbeli szerepét szintén nagyon jelentősnek látják a szakemberek. A két szénhidrogén kiváló perspektíváját az elmúlt év viszonylag stabil nemzetközi kereskedelmi árai mellett láttuk. A világban egyre kiterjedtebb lett a szénhidrogének nemzetközi kereskedelme, egyre erősödő pozíciót szerzett a világ piacain a cseppfolyós földgáz is.

A villamosenergia-termelés átalakulása is a múlt évek egyik jelentős gazdasági eseménye volt: a légkör védelem érdekében erősödött a fosszilis energiahordozók lecserélése megújulókra. Nőtt a villamos energia nemzetközi kereskedelme is.

A stabil energiapiacok lehetővé tették az intenzívebb klímavédelmi akciókat, az erre a célra áldozható pénzforrások is szépen nőttek. Eredményes volt a széndioxid-kibocsátás kereskedés megindítása, a tőzsde jellegű kereskedés a valódi piaci érdekeket tükrözte.

Az energia igények évek óta tartó növekedését a járvány megfékezi. Néhány hét után már jelentkeznek az energia piacokon is a válság jelei: készletek gyors változása, az energiahordozó túltermelés, az energia fogyasztás és a fizetőképesség csökkenése. Ezek a jelenségek a mindennapi életben bekövetkező negatív változások egyik szegmensét adják. Az emberek figyelmét első sorban a mindennapi életben bekövetkezett lényeges változások kötik le: az egészségügyi szolgáltatásokhoz hozzáférés, az oktatási rendszer teljes átalakítása, a családról gondoskodás nehézségei, a kulturális élet beszűkülése. A gyorsuló halálozás talán a legsúlyosabb következménye a járványnak.

Máris jelentkeznek a vírus terjedésének egyre súlyosabb további következményei: munkanélküliség, cégek megszűnése, hitelek fizetésének nehézségei, árak emelkedése minden termékcsoportnál, esetenként áruhiány, a nemzetközi kereskedelem erős visszaesése. Hosszabb távon ható jelenségek is vannak: a cégek értékének csökkenése, az ingatlanpiac lefékeződése, az infláció erősödése, a lakossági befektetések elmozdulása az arany és más értékálló tárgyak irányába, a forint gyengülése.

A magyar gazdaság erős ágazatai: a járműgyártás, a mezőgazdaság is komoly veszteségeket kénytelen kezelni a járvány miatt. A járműgyártás és beszállítói a kereslet jelentős csökkenése miatt nagy veszteségeket szenvednek. A mezőgazdaság exportja visszaesett, és a termeléshez szükséges növényvédő szerek, vetőmagok importja is akadozik.

2015-ig a kőolaj világpiacán viszonylag béke volt, a kőolaj ára hordónként (az USA-ban a kőolaj hordó 158,9 liter) 100…120 dollár között mozgott. 2015-ben az USA-ban már jelentkeztek a palaolaj termelés első, jelentős eredményei, már több, mint 1700 fúróberendezés dolgozott az új, nem hagyományos mezőkön. Esélyesnek látszott az amerikai cél, hogy tíz év múlva az USA önellátó legyen kőolajból. 2015-ben a gazdasági világválságból a kilábalás már a legtöbb országban megtörtént, de a kőolaj-termék felhasználás még mélyponton volt, a piacot a kínálati többlet jellemezte.

Oroszország lerohanta Ukrajna keleti megyéit, többek között a Krím félszigetet. A háborús események erősen Oroszország ellen fordították a világ közvéleményét, és ezen keresztül megindult az oroszok befolyásolása a kőolaj piacon is. Az OPEC (némi amerikai nyomásra) elhatározta, hogy a piaci kínálati többletet emeli, és ezzel a kőolaj áresését segíti elő. A zuhanó kőolaj ár 2016 elején 28 dollár/hordó szintig jutott. Ezen az áron a kőolajtermelők legtöbbje már veszteséggel termelt. Az olaj áreséssel az orosz GDP növekedés negatívba fordult, az ország olaj árbevétele feleződött. Az orosz állam arany- és devizatartaléka 2013. év végén 509,6 milliárd USD volt, 2016. január 16-án már csak 379,4 milliárd dollár. Feleződtek az olajipari beruházások is. Az olajpiac lépése eredményezte jelentős mértékben a minszki megállapodást, Oroszország és Ukrajna között.

Minden olaj termelő és exportáló állam megsínylette a 2015-2016. évi áresést, több ország (pl. Venezuela, Nigéria, Líbia) csődközelbe került, az állami értéktartalékok szinte minden országban megcsappantak.

A gazdasági tendenciák jól mérhetők a tőzsdei árak alakulásával. A tőzsdék kormányoktól függetlenül működő kereskedelmi szervezetek, pontosan szabályozott üzletkötésekkel. Vannak azonnali (másnapi) szállításra vonatkozó kötések és hosszabb távra szólók, akár két évvel későbbre is. Minél hosszabb távú egy üzletkötés, az árak általában annál magasabbak.

A koronavírus járvány most a világ minden országának gazdaságára hatással van. Mérhetjük ezt a hatást a kőolaj ár zuhanásával, és a kőolaj ár által befolyásolt további tőzsdei áruk árának esésével, az energiafogyasztás csökkenésével. Szinte minden cég részvényének ára is csökken. 2020. márciusig a tőzsdei árak vi-

szonylag szűk sávban mozogtak. A tőzsdéken talán az arany és a búza árát kivéve márciustól áresést figyelhetünk meg az azonnali áraknál:

	III. 1.	III. 5.	III. 9.	III. 17.	III. 20.	III. 27.
Brent	50,08	51,91	35,3	30,1	27,38	25,06
földgáz	1,7	1,83	1,78	1,83	1,67	1,61
benzin	1,49	1,58	1,15	0,71	0,61	1,55
alumínium	1699	1727	1691	1676	1578	1547
arany	1587	1640	1673	1508	1501	1628
réz	2544	2595	2500	2394	2152	2183
búza	524	519	520	498	540	567
kukorica	371	383	373	356	342	347
cukor	14,18	13,45	12,68	11,09	10,91	11,34

Az egyes tőzsdei árakhoz tartozó mértékegységek: Brent (kőolaj, Európában): USD/barrel, földgáz: USD/mmBtu, benzin: USD/gallon, alumínium: USD/tonna, arany: USD/uncia, réz: USD/tonna, búza: dollárcent/bushel, kukorica: dollárcent/bushel, cukor: cent/font.

A Brent kőolaj árfolyamok Európában általánosak. A földgáz ára az USA Louisiana államban lévő Henry Hub tőzsde árai.

Az USA nagyjából önellátó kőolajból és földgázból is, sőt megjelent az amerikai cseppfolyós földgáz már Európában is. A kőolaj kitermelő cégek 50 dollár/hordó körüli piaci árnál szerény nyereséggel termelnek, de az országon belül a termelés gazdaságosságának határa széles határok között van. Most, a járvány időszakában Kansas államban egyes kitermelők kénytelenek 2 USD/barrel áron adni a kőolajat, a túltermelés miatt.

A földgáz tőzsdék

Az európai tőzsdék földgáz árai is igazodnak az Amerikában kialakult árakhoz. A földgáz árának alakulását mutatjuk be 2020. márciusban, néhány európai földgáz tőzsdén kötött azonnali üzleteknél (Euro/MWh):

Tőzsde	III. 2.	III. 5.	III. 10.	III. 16.	III. 23.	III. 27.
TTF	9,16	9,31	8,8	9,47	8,3	7,78
CEGH	10,33	10,19	9,81	10,06	9,22	8,49
HUDEX	11,2	10,8	10,22	9,58	9,5	8,84

A tőzsdék: TTF Hollandia, CEGH Ausztria, HUDEX Budapest.

A másnapi kötések a jellemzők a HUDEX földgáz forgalmában. Az elmúlt években az árak emelkedése a magyar földgáz piac korlátozott működésére utal. A tőzsde forgalmát és a hazai szabadpiaci földgáz forgalmat (millió m^3) vetjük össze a következő táblázatban:

	2016	2017	2018
szabadpiac	4677	5040	4807
tőzsde	22	123	481

A CEEGEX/HUDEX földgáz forgalom néhány éves adata (másnapi kötések):

	2016	2017	2018
ezer m3	21 843	123 215	481 739
millió Ft	1 053	7 013	40 024
Ft/MWh	48,20	59,76	83,08

A vírus járvány megjelenésével a budapesti földgáz tőzsdén is elindult az árak zuhanása (napi elszámoló árak, Euro/MWh):

II. 26.	II. 28.	III. 3.	III. 5.	III. 9.	III. 11.
12,21	11,26	11	10,52	10,28	10,48
III. 13.	**III. 19.**	**III. 23.**	**III. 25.**	**III. 27.**	
9,85	9,38	9,5	8,85	8,98	

A tőzsdei árak esése általában az érintett vásárló kereskedőnek hoz hasznot, mert a felhasználónak értékesített gáz döntő többségét hosszabb távú szerződésekkel szerzik be. A tőzsdén eladó kereskedő pedig veszteséget könyvelhet el.

A budapesti földgáz tőzsde forgalma még nem meghatározó a magyar földgáz piacon, de erősödő tendenciát mutat.

Márciusban is már megfigyelhető a magyar földgáz piacon a fogyasztás csökkenése.

A magyar villamos energia tőzsde (HUDEX)

A magyar villamos energia piac néhány jellemzője 2019. évről:

- összes villamos energia felhasználás: 46 522 GWh
- bruttó villamos energia termelés: 33 936 GWh
- nettó villamos energia import: 12 586 GWh

A magyar villamos áram tőzsdén is az árak esése jelent meg a koronavírus világméretű elterjedésével egy időben (napi elszámoló árak, Euro/MWh):

II. 26.	II. 28.	III. 3.	III. 5.	III. 9.	III. 11.
37,6	37,1	37,2	36,6	34,95	36,1
III. 13.	**III. 19.**	**III. 23.**	**III. 25.**	**III. 27.**	
35	27,6	24,9	24,8	24,33	

A villamos tőzsdén a negyedéves forgalom 2000 MWh körül alakul.

Európában minden országban csökkent a villamos energia fogyasztás. 2020. 13 hetében a 12. héthez képest 12%-kal csökkent Franciaországban, Olaszországban, 10%-kal Spanyolországban, 8%-kal Ausztriában. Magyarországon is 3% csökkenést mértek.

A szén-dioxid kvóta rendszer

A világ szén-dioxid kibocsátásának növekedése szorosan összefügg a fosszilis tüzelőanyagok, a szén, a kőolaj és a földgáz használatának változásával. Mindhárom fosszilis energiahordozó felhasználása nőtt az utóbbi tíz évben.

A szén-dioxid kibocsátást mutatja be a BP a következő táblázatban (millió tonna) [1]:

	világ	EU	Magyarország
2008	30336	4149	54,4
2010	31057	3941	48,8
2012	32316	3754	45,9
2014	32844	3458	42,3
2016	32913	3514	45,5
2018	33890	3479	47,7

Az EU 2005-ben indította el a szén-dioxid kibocsátás mennyiségi korlátozását, és ugyanakkor a szén-dioxid kvóták kereskedelmét. Az alapvető cél az volt, hogy anyagi ösztönzést kapcsoljanak a kibocsátás csökkentéshez, a nagy kibocsátókra vonatkozzon első sorban, és az egész EU-ban egységes legyen. A kibocsátási kvóta szabályozást nyilván csak a nagyipar tudja kezelni, és itt érhető el a legnagyobb kibocsátás csökkentés is. A kvóta kereskedelem az EU-ban több, mint 11 ezer erőművet és gyárat érint. Az EU egyenként meghatározta a korlátozásba bevont cégek évenkénti kibocsátási normáit. A norma túllépés veszélye esetén az érintett cég más kvóta szabályozás alatt álló vállalkozástól kibocsátási kvótát vásárolhat. Ez a vásárlás nemzetközi is lehet. A kvóta kereskedelem rendszerét ETS rendszernek nevezik. A kibocsátási egység: 1 tonna szén-dioxid.

A szén-dioxid kvóta kereskedelem az EU tagállamain kívül is működik: Norvégiában, Izlandon és Liechtensteinban. Az EU CO_2 kibocsátásának kb. 45%-t fedi a szabályozott kereskedelmi rendszer. A szabályozás a kibocsátás folyamatos szűkítését tekinti célnak, és időszakonként felülvizsgálják a kvóta rendszer eredményességét. Ilyen felülvizsgálat indult el 2018-ban, a 2021-2030 időszakra vonatkozóan. A szabályozások célja, hogy 2020-ra 21%-kal csökkenjen a kibocsátás 2005-höz képest, és 2030-ra már 41%-kal.

A kvóta rendszer fontos eleme a térítésmentes kiosztás, amelynek alapját eddig a 2005-2008 időszak vagy a 2009-2010 időszak tényleges kibocsátása képezte. A kiosztást úgy tervezik, hogy a kvóta jogosult évente csökkentse a kibocsátást. Az eddigi évi 1,74-ról 2,2%-ra emelik a leszorítás mértékét. 2024 után várhatóan 2,4% lesz az éves csökkentési norma. Tervezik a kibocsátási normák összekapcsolását a gyártott termék mennyiségével is. Ugyanakkor a kvóta szabályozás tekintettel lesz arra is, hogy a kvótákkal erősen lehatárolt vállalkozások ne kerüljenek a külpiacokon hátrányba azért, mert ezen a piacon EU-n kívüli országokból származó, versenyző termékek is vannak. Ezeket a cégeket növelt térítésmentes kibocsátási kvótával kompenzálnák.

Amennyiben a kibocsátási egységek kínálata szűkös, azaz kevesebb egység van a piacon, mint amennyire a szennyező vállalatoknak szüksége lenne, létrejön a kibocsátási egységek piaca, és az egységeknek folyó ára alakul ki. Ez az ár beépül annak a terméknek az árába, amely a kibocsátást előidézi, vagy csökkenti a kibocsátó cég költségeit, ha a kontingensből meg tud takarítani. A kialakult rendszer megfelelően ösztönöz a kibocsátás csökkentésére. A kvóta rendszer bevezetése különösebb állami támogatásokat vagy banki pénzforrásokat nem igényel, a szabályozott vállalat maga gondoskodhat az adottságai átalakításáról. A kvóta szabályozás több cégnél termékváltást, vagy egyes termékek előállításának megszüntetését is eredményezte.

Európában a legnagyobb szén-dioxid kvóta kereskedelmi szervezet a lipcsei energiatőzsde. Az érintett magyar cégek közül több ad-vesz kvótát ezen a tőzsdén. A tőzsdén kialakuló árakat alkalmazzák a tőzsdén kívüli, két cég közötti kvóta adás-vételeknél is. A lipcsei energiatőzsdén a szén-dioxid kvóta ára esésnek indult, a koronavírus járvány miatt. A szén-dioxid tőzsdei árai 2020. márciusban:

A kvóta kereskedés meglendült, az árak lezuhantak. A jelenség mögött egy sor kvóta kötelezett cég termelésének visszaesése van, a kvótájuk egy része feleslegessé vált. Az árváltozás hatására a kvóta hiánnyal küszködő cégek azonnal felvásárlásba kezdtek, és ezzel részben megszabadulhatnak a szén-dioxid kibocsátás csökkentési kényszerük alól. Azok a széntüzelésű erőművek, amelyek eddig a termelés visszafogására kényszerültek a magas kvóta árak és a magas termelési költségük miatt, most kaptak az alkalmon, és az olcsó kvótával többlet termelést indíthatnak. Ez az eseménysor a Mátrai Erőműnél is többlet terhelést tesz lehetővé.

Mi várható?

A gazdaság egészét mozgatja a kőolaj piac. A 2019. évi átlagos 100 millió hordó/nap kőolaj fogyasztás mellett a Brent típusú kőolaj ára elég stabilan 58-73 dollár/hordó szinten mozgott, a kőolaj piacot befolyásoló tényezők (készletváltozás, új mezők felfedezése, kőolajfinomítók leállása) egészen kis hatást gyakoroltak az árra. A Goldman Sachs elemzői 2020. márciusra napi 10,5 millió hordó kereslet csökkenést mondanak, áprilisra pedig 18,5 millió hordóval kevesebb fogyasztást. 2020. év átlagában napi 4,25 millió hordós csökkenést becsülnek. A piacon túlkínálat keletkezik, ami alacsonyan tartja az árakat. Az elemzők 2020. második negyedévre átlagosan 20 dollár/barrel árat jósolnak. Ez az ár már egy sor olajtermelőt veszteséges helyzetbe sodor, a termelés leállását választják sokan. A termelés fékezése az árak emelkedését hozza magával. Mindezek a lehetséges változások az olajtermelő országok egységes fellépését feltételeznék, ami általában nincs meg. A 14 OPEC tagország adja a világ kőolaj termelésének mintegy 32%-t. Az OPEC-en belül és kívül is vannak olyan országok, amelyeknek a kőolaj export létfontosságú, ezeknek az országoknak az érdek rendszere eltér a szokásos piaci mechanizmusoktól. Nem tagja az OPEC-nek sem az USA sem Oroszország. Ezzel együtt az USA szándékait az OPEC nagyon komolyan szokta figyelembe venni, de ezzel együtt előfordul, hogy egyes OPEC tagok a szervezet közös elhatározását felrúgják. Az utóbbi olajpiaci válságnál Oroszország már csatlakozott az OPEC-ben elhatározott kitermelés korlátozáshoz, mert érdekükben állt az árak emelése.

Ha a kőolaj ára még 2020-ban visszaáll az előző 50-60 dollár/hordó szintre, akkor is egy sor olajtermelő ország a gazdasági katasztrófa állapotba kerülhet, hasonlóan az előző olajpiaci válsághoz. Akkor Venezuela, Líbia, Nigéria gazdasága omlott össze pár hónap alatt.

A hazai benzinkutakon az üzemanyag ára gyorsan és pontosan követi a Brent ár alakulását. Az árcsökkenésnek rövid ideig örüljünk, mert a következményei nagyon széleskörűek lesznek. 2020. márciusban mindenki örömmel veszi az egyre olcsóbb üzemanyagot. A MOL, a magyar üzemanyag termelő cég részvényeinek árfolyama a kőolaj áreséssel együtt zuhanásba kezdett, ami a cég egész gazdálkodására hatással van

Felhasznált irodalom

[1] BP Statistical Review of World Energy 2019 |68th edition
[2] A magyar földgázrendszer 2018. évi adatai. FGSZ-MEKH kiadványa, 2019.

dátum	III. 10.	III. 11.	III. 12.	III. 13.	III. 16.	III. 17.	III. 18	III. 20.	III. 23.
Kvóta ár*	24	23,8	22,55	21,91	19,4	18,04	16,05	15,82	14,77
Eladott kvóta**	29	79	96	169	195	370	13	33	4

*Euro/tonna **ezer tonna CO_2

Visszatekintés az MKET elmúlt 20 évére

Hamvai László
okl. villamosmérnök, nagypapi32@gmail.com

Ezen rövid történeti áttekintés az 1996. évi indulástól napjainkig próbálja összefoglalni az MKET (Magyar Kapcsolt Energia Társaság) erőfeszítéseit a kapcsolt energiatermelés és a kapcsolt energiatermelők elfogadtatásáról, küzdelmeiről és eredményeiről. Az összefoglaló anyag esősorban a kis fűtőerőművek szakemberei számára készült, de érdekes, tanulságos lehet a gyártó, szervizelő, tervező cégek részére is. Az elmúlt 20 év tapasztalatai – vélhetően – segít a jövő kilátásainak megítélésében, a helyes út megtalálásában. Nem kívánom vizsgálni/összehasonlítani a kapcsoltak helyzetét a szomszédos EU országaival – ez tartozzon a Cogen Europe feladatkörébe.

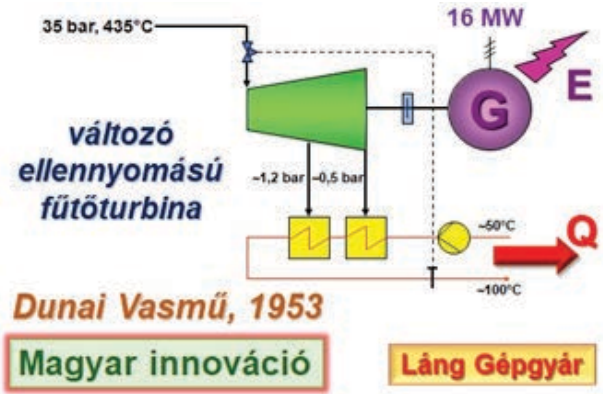
*

This short overview is an attempt to try and summarize the efforts of Cogen Hungary (MKET, the Association for Hungarian Co-generation), from its 1996 foundation till nowadays, aimed at the promotion of co-generating energy producers, as well as their struggles and achievements. This summary was intended primarily for professionals of small-scale heat producing plants but it may prove interesting and useful to companies in manufacturing, servicing and design, too. Experience from the past 20 years will, possibly, help in assessing future prospects and finding the right path onward. It is not my intent to make any assessment of the position of local cogen energy producers with those in surrounding EU countries nor to make any comparison with them – let that be the role of Cogen Europe.

* * *

Több évtized telt el az első, magyar, kapcsoltan üzemelő turbó-gépcsoport megépülése óta. Láng Gépgyár és Heller László álma beteljesedett, 1953-ban Dunaújvárosban létesült erőműben gyökeres változást hozott az új technológia alkalmazása.

Mi utódok, kötelesek vagyunk azon fáradozni, hogy a kapcsolt energiatermelés elterjedjen és tovább fejlődjön a nemzetgazdaságunk hasznára.



1. ábra. **A „magyar" fűtőturbina** [Stróbl]

Előzmények, kezdetek

A múlt század 90-es éveiben Európában az energiapiacon megindult a liberalizáció, s mivel Magyarország is csatlakozni kívánt az EU-hoz, nem hagyhattuk figyelmen kívül e folyamatot (akkor még nem sejtettük ennek következményeit – mind pozitív, mind negatív értelemben).

A rendszerváltást követően, a privatizáció beindulása, az első, második majd harmadik villamosenergia-törvény megjelenése fontos tényező volt a kapcsolt energiatermelés kibontakozásában, elterjedésében és fejlesztésében.

Ezen új technológia megjelenése tetemes primer energia megtakarítást jelentett nemzetgazdasági szinten és vele párhuzamosan környezet terhelés csökkenést eredményezett, nem szólva a decentralizált telepítés további előnyeiről…

A kapcsolt energiatermelésben érintett szakemberek egy szűk csoportjának feltűnt, hogy a szakmában a „kapcsoltaknak" nincs érdek-képviselete, valamit a technológiának elismertsége. 1996-ban elhatározták a Társaság megalapítását, megszervezését és 1996. november 12-én (16 jogi és 11 természetes személy részvételével) az első alakuló közgyűlést sikerült összehozni. Ezen a közgyűlésen elfogadásra került a működéshez szükséges „Alapszabályzat" és titkos szavazással megválasztották a Magyar Kapcsolt Energia Társaság (MKET) következő tisztségviselőit:

Elnök: Szederkényi Sándor, alelnök: Dohanics László, titkár: Popovics Attila, tagok: 'Sigmond György és Szőcs Mihály

A Társaság adminisztrációja Szombathelyre került és csak 1998-tól működött Budapesten az Erbe székházban. Fontos lépés volt a minisztériummal, jogalkotókkal a kapcsolat felvétel a közös munka, Társaságunk megismertetése érdekében. Időszerű volt a Cogen Eu-val a kapcsolat felvétel és közölni Velük a Cogen Hungary megalakítását, egyben kérni a felvételünket az ő szervezetükbe.

A munka elkezdődött!

A rendszeres, eredményes munka elkezdéséhez a tárgyi és személyi felvételek elengedhetetlenek voltak!

A Szombathely székhelyű titkárság – a nagy távolság miatt – nem volt szerencsés… ezért kerestünk egy budapesti alkalmas helyet, amely az Erbe Székháza volt Budapesten a Budafoki úton, ahol 1998-tól béreltünk egy tágas szobát a titkársági munkákhoz, itt rendkezére állt telefon, fax, később számítógép, nyomtató is. Adminisztrációt, valamint egyéb szervezési, műszaki teendőket 2 fő végezte. A Titkársági helység alkalmas volt kisebb megbeszélésekre. Konzultációk, nagyobb létszámú tárgyalások, közgyűlések számára az Erbe biztosított megfelelő, alkalmas nagyobb termet épületen belül.

A századfordulón taglétszámunk (jogi és természetes tagok) – örvendetesen – elérte a 80-at, a jobb kapcsolattartás, információ áramlás érdekében bevezettük a hírlevelek készítését. Ebben a legfontosabb tudnivalók, elnökségi határozatok, kapcsoltakról fejlesz

tési közlemények szerepeltek továbbá felhívták a tagság figyelmét az új jogszabályokra, az esetleges adatszolgáltatások határidejére, egyéb aktuális, általános ismeretekre. Az információkat kezdetekben faxon, később e-mailen küldtük el.

Megalakulásunk utáni első években arra törekedtünk, hogy a kapcsolt energiatermelők lehetőleg mindegyikét bevonjuk munkánkba és legyen tagunk. Hamarosan beláttuk, hogy ez nem elég, érdemes és hasznos szakmai szövetségünk tagjaivá tenni a termelők mellett az áramszolgáltatókat, a gyártó műveket, szervizeket , a bankokat (mint finanszírozókat), tervezőket, sőt még a biztosítókat is. Ezáltal egy széleskörű, átfogó szakmai szövetséggé váltunk.

Kezdetben – a 90-es évek végén – azzal is kellett foglalkoznunk, hogy valóban miért hasznos az energiatermelés a kapcsoltaknál: meg kellett ismertetni a gazdasági, környezetvédelmi előnyeit, hasznát!

Az első nyíregyházi konferenciánkon az volt a legfontosabb, kiemelt témánk: bizonyítani kellett a kogeneráció előnyeit, amely ~30%-os primerenergia megtakarítást jelent. Ez nemzetgazdasági szinten csökkenti az import függőségünket és a környezet-terhelést.

Az első időben a kapcsolt termelőknél gondot okozott a villamos energia értékesítése az áramszolgáltatóknál (konkurenst láttak bennünk). Ez főleg a gázmotoros kiserőműveknél fordult elő. Később azonban gyorsan megváltozott a szemléletük, látták a beruházásoknál jelentkező gazdasági hasznot/előnyt, hamar „beszálltak" a beruházásainkba és ők is tulajdonosok lettek.

Az 1993-ban elfogadott magyar energetikapolitika már összhangban volt az Unió elképzeléseivel: hangsúlyos elemként jelent meg a liberalizált földgáz- és villamosenerga-piac, valamint a versenyképes távhőszektor kialakításának igénye, kiemelt fontosságú lesz a környezetvédelem.

Ezidőtájt az EU-ban működött a kapcsoltan termelők szövetsége, a Cogen EU Brüsszelben, mint az EU egyik szakcsoportja.1999 évben az MKET is csatlakozott hozzájuk. Ez több előnnyel is járt, láttuk a helyünket a tagállamok között, segítettünk a jogharmonizáció kiépítését, reszt vettünk a munkájukban, továbbá hasznos információkat és tapasztalatokat is kaptunk. Rendszeresen értesültünk a kiadványaikról, tanulmányaikról, honlapjukon keresztül napi kapcsolatban voltunk Velük. Éves konferenciáikon képviseltettük magunkat, előadásokat tartottunk a hazai kapcsolt energiatermelés helyzetéről.

Az utóbbi években dr. Kiss Csabát Cogen Europe-ban elnökhelyettesei tisztséggel bízták meg.

Konferenciáink

Legfontosabb és célravezető kapcsolat tagjainkkal, a szakmával, az évenként megrendezésre került konferenciánk. Ez egy nyílt szakmai gondolatcsere, a felmerült témáknak, különböző oldalról való megközelítése a kapcsolt energiatermelés több szempontból való vizsgálata, elemzése. A szakma legkiválóbb ismerői, előadói tartottak prezentációkat aktuális témában. A pódiumvitákon ütköztették álláspontjaikat a törvényalkotók, a termelők, a felhasználók és a hallgatóság.

Szakmai, éves konferenciáinkat koratavasszal, vidéki városainkban tartottuk a résztvevők szerény anyagi költségei mellett. Ügyeltünk a szállás és az ellátás minőségére. Szakmai körökben kedvelt és elismert volt az Magyar Kapcsolt Energia Társaság konferenciája, ezt tanúsítja a látogatottsága is. Általában az első napra terveztük kultúrprogramot is.

A konferencia első napja az elnöki beszámolóval indult, majd a jogalkotók képviselői, elemezték, prognosztizálták a kapcsoltak helyzetét, továbbá a COGEN EU igazgatója ismertette elképzelését a jövőről és beszámolt a kapcsoltakat érintő témákról. Délután a hazai helyzet, az új jogi szabályozók hatásainak vizsgálata, a szükséges teendők, a jövő kérdéseinek elemzése következett.

A Magyar Kapcsolt Energia Társaság konferenciái

I.	**1997. október 28-29.**	**Nyíregyháza** – Megyei Művelődési Központ
II.	**1998. november 9-10.**	**Szombathely** – Savaria Szálló
III.	**2000. március 29-30.**	**Szeged** – Forrás Szálló
IV.	**2001. április 4-5.**	**Győr** – Rába Szálló/Iparkamara
V.	**2002. március 20-21.**	**Debrecen** – Aranybika Szálló
VI.	**2003. március 19-20.**	**Miskolc** – **Lillafüred** – Palota Szálló
VII.	**2004. március 2-3.**	**Debrecen** – Aranybika Szálló
VIII.	**2005. március 8-9.**	**Visegrád** – Danubius Spa & Conference Hotel Visegrád
IX.	**2006. március 6-7.**	**Visegrád** – Danubius Spa & Conference Hotel Visegrád
X.	**2007. március 5-7.**	**Visegrád** – Danubius Spa & Conference Hotel Visegrád
XI.	**2008. március 11-13.**	**Tapolca** – Hunguest Hotel Pelion
XII.	**2009. március 10-12.**	**Tapolca** – Hunguest Hotel Pelion
XIII.	**2010. március 9-11.**	**Siófok** – Hotel Panoráma
XIV.	**2011. március 8-10.**	**Velence** – Velence Resort @Spa
XV.	**2012. március 6-7.**	**Visegrád** – Thermal Hotel & Resort Lake Balaton
XVI.	**2013. március 20-21.**	**Balatonalmádi** – Ramada Hotel @ Resort Lake Balaton
XVII.	**2014. március 18-19.**	**Siófok** – Hotel Azúr
XVIII.	**2015. március 26-27.**	**Balatonalmádi** – Ramada Hotel @ Resort Lake Balaton
XIX.	**2016. március 2-3.**	**Hajdúszoboszló** – Hunguest Hotels, Hotel Béke
XX.	**2017. március 22-23.**	**Balatonfüred** – Hotel Füred
XXI.	**2018. március 21-22.**	**Balatonfüred** – Hotel Füred
XXII.	**2019. március 26-27.**	**Balatonfüred** – Hotel Füred

A konferenciákon mindig tartottunk pódiumvitát, amely kiemelkedő „párbaj" a jogalkotók, a termelők és a felhasználók között.

A pódiumvitát egy, a témát jól ismerő szakértő (moderátor) vezette és a végén a hallgatóságot is bevonta a vitába, kérve az álláspontjuk megnyilvánítását (szavazással).

A konferenciáinkra meghívtuk mind a helyi, mint az országos média képviselőit, akik alkalmanként interjút készítettek az MKET elnökével. Így ismertté válhattak a konferencia témái, határozatai és jövőbeni elképzelései.

A konferencia első napjának estéje az Elnök köszöntőjével, a díjak kiosztásával egybekötött közös vacsorával ért véget. A lehetőségeket kihasználva zenei/kultúrális programot is szerepeltettünk a résztvevők örömére.

A konferenciák második napján az innováció, a szakmai tapasztalatok átadása, valamint a gyártók, szervízek ismertetői hangzottak el. Az üzemeltető szakemberek az ilyen típusú előadásokat szívesen és érdeklődve hallgatták mert a beruházásnál, üzembevételnél és üzemeltetésnél sok hasznos tanácsot kaptak, amelyek ismeretében megelőzhetők voltak a tipikus hibák, haváriák. (Hiszen a termelésből kieső idő jelentős gazdasági kárt jelentettek a tulajdonosoknak, illetve üzemeltetőknek.)

A konferencia végén üzemlátogatást iktattunk be, amely vagy a helyszínen kiállított berendezés bemutatása vagy a városban (szállodában) üzemelő kapcsolt hő- és villamosenergia-termelő berendezés (gázmotor) megtekintése volt.

A konferenciákon elhangzott előadások anyagához a hallgatóság – korábban nyomtatott formában – később mikor már volt honlapunk elektronikus formában is hozzájuthatott. A konferenciák előkészítésére nagy figyelmet fordítottunk, mind a témák, mind az előadók kiválasztásánál. Külsőleg is tetszetős Meghívót/Programot adtunk készhez, amelyben a legfontosabb információk megtalálhatók voltak.

A hallgatóság összetétele – a „kapcsolt" szakmai vezetők mellett – a gyártók, üzemeltetők, szervízek, tervezők, bankok, biztosítók egyetemek és nem utolsó sorban a jogalkotók képviselőiből állt. Külön kiemelem a MEH (később MEkH) szakembereit, akik mindig, valamennyi rendezvényünkön előadást tartottak, illetve részt vettek (köszönet ezért Nekik!).

Társaságunk fontos szerepet tulajdonít a szakmai támogatóinknak. Ezen érdeklődő külső cégek/szakamberek támogatása nélkül nem tudnánk konferenciáinkat megszervezni, szakmai kiadványainkat megjelentetni. Ezúton is köszönettel és hálával tartozunk Nekik.

A 2020. évi konferencia a koronavírus miatti korlátozások miatt elhalasztásra került.

Meg kell említenem, hogy 2017. szeptember 21-22-én 2 napra Budapestre költözött a Cogen EU szervezete. Először volt nálunk nemzetközi konferencia a kapcsolt energiatermelésről, amelyet mi rendeztünk a brüsszeliekkel közösen.

A konferenciát MKET elnöke nyitotta meg és a külföldi társaságok, cégek mellett a hazaiak is jelen voltak, előadásaikkal színesítették a konferenciát.

Fontosabb témák:

- hogyan és mivel fűtünk 2050-ben?
- Tiszta Energia-Csomag célja, jelentősége
- Várható tendenciák a kapcsolt energiatermelésnél (energiamix, hatásfok javítás, megújulók növelése, hőigények csökkentése…)
- Nagyobb kihasználtsággal kell működtetni a kapcsolt erőműveket (közel 300 van hazánkban!)

Pályázatok, díjak

A szakmai munka javítása, az innovációk bevezetése, a gazdaságosság, a tüzelőanyag megtakarítás elősegítése érdekében 2007 évben – Bercsi Gábor elnök javaslatára – pályázatokat írtunk ki a

- legjobb gázmotoros kiserőműre,
- legjobb kombinált ciklusú erőműre,
- majd később 2014-ben a kiírás kibővült a legjobb szabályozó központtal.

A pályázati feltételeket egy független 3 tagú bizottság készítette, majd a beadott pályázati anyagokat el is bírálta. (A bíráló bizottság tagjai voltak Büki Gergely, Stróbl Alajos, Korényi Zoltán, Szederkényi Sándor, Bercsi Gábor.)

A pályázatok nyertesei

Kategória Évszám	Gázmotoros erőmű 1. helyezett	Kombinált ciklusú erőmű 1. helyezett	Év szabályozó központja
2008-ban	Tarjánhő Kft. (Huta úti Erőmű)		
2009-ben	Tarjánhő Kft. (Salgó úti Erőmű)	TVK Erőmű	
2010-ben	Győrhő Kft.	BC-Erőmű	
2011-ben	Kecskeméti Termostar Kft. Árpádvárosi Fűtőműve	Debreceni Kombinált ciklusú Erőmű	
2012-ben			
2013-ban			
2014-ben	Győr-Szol Zrt. Gázmotoros Kiserőműve		
2015-ben	E.ON Szombathelyi Erőmű Zrt. Vizöntő Telephely		Sinergy Energiakereskedő Kft.
2016-ban	E-ON Energiatermelő Kft. Szombathelyi Erőmű Zrt. Vízöntő Telephely		E.ON Energiatermelő Kft.
2017-ben	Veolia Energia Magyarország Zrt. Nagykanizsai Kórház Fűtőerőmű		
2018-ban	Veolia Energia Magyarország Zrt. Nagykanizsai Kórház Fűtőerőmű		
2019-ben	Dunaújváros-Boortmalt / Veolia Energia Magyarország Zrt.		

Az első Heller díjasaink (Szederkényi Sándor és Büki Gergely professzor)

A pálya-munkák főleg a gázmotoros kiserőművektől érkeztek hiszen hazánkban ők vannak legtöbben. A nyertesek oklevélben, az első helyezett szép, mutatós díjban is részesült.

Heller László szakmai díjak

2007-től a kapcsolt energiatermelés területén kimagasló tevékenységet elért személyt a Társaság éves konferenciáján Heller László díjjal jutalmaztak. A társaságunk tagjaitól kapott javaslatok alapján az MKET elnöksége döntött a személyről. Eddig 14 szakember vette át e neves díjat.

Évszám	Heller László díj
2008	Szederkényi Sándor
2009	Dr. Büki Gergely
2010	Tompa Ferenc
2011	Káldy Lajos
2012	Bercsi Gábor
2013	Rudolf Viktor
2014	Hamvai László, Korcsog György
2015	Popovics Attila, Fiona Riddoch
2016	Dr. Stróbl Alajos
2017	Dr. Kamarás Béla
2018	Barna Nándor
2019	Dibusz József

Munkabizottságok működése

Az MKET az éves közgyűlések, konferenciák, workshopok mellett egy másik fontos, szakmai területen is hasznos tevékenységet folytatott, ezek a munkabizottságok.

1) Ad-Hock munkabizottság

Általában konkrét témára, munkára szervezett team/munkacsoport. Az elnökség javaslatára szerveződik és csak időszakosan működik.

2) Gazdasági-, jogi munkabizottság

Munkánkkal összefüggő jogi, rendeleti változások és esetleges érdek-sérelmek esetén fejti ki tevékenységét és vizsgálja a tényeket, lehetőségeket. Az orvoslást kidolgozta és a szükséges lépéseket, teendőket, mint az MKET állásfoglalását a jogalkotók felé megfogalmazta és közvetítette.

3) Gázmotor munkabizottság

Megalakulása, 2003 óta rendszeresen működik, kihelyezett üléseiket egy-egy működő kiserőműben tartják az aktuális témák ismertetése, megvitatása mellett. Ezek igazi „műhelymunkák”-nak számítottak, mivel a szakma vezetői, szakértői bevonásával a beruházások, üzembehelyezések, üzemeltetések és üzemzavarok ismertetése, megvitatása mellett őszinte tapasztalatcsere folyt minden alkalommal.

A program a vendéglátó (erőművezető) prezentációjával indul, a beruházás és az üzemeltetés teljes bemutatásával. Ezt követte a kérdések és válaszok, majd a helyszíni üzemlátogatás.

Második részben aktuális, a gázmotorok fejlesztése, jogi környezete került ismertetésre egy gyártó/szervizelő szakember, esetleg az MKET szakértői által.

A végén őszinte eszmecsere történik a hibák feltárásáról, kijavításáról, tartalék alkatrészek pótlásáról. Ezek egyben személyes ismeretségre is alkalmasak voltak, amik havária/ üzemzavar esetén a kölcsönös segítség nyújtást is eredményezhették.

Az ülésekről elékeztetők készültek, amit a résztvevők megkaptak. Az érdekes témákról és esetekről fényképet készítettünk. Ez idáig 25 létesítményt látogattunk meg, amelyek között 2 alkalommal szlovák barátainknál jártunk, Komáromban és Losoncon. Ezek a szakmai témák mellett igen jó, példaértékű találkozások „szomszédolások” is voltak. Általában az előadások délelőtt (kb. 2-3 óra), míg délután az üzemlátogatásokra került sor. (Az utazást mindenki maga oldotta meg.)

4) Gázturbina munkabizottság

Az országban viszonylag kevés gázturbinás létesítmény van, mégis 2005-ben úgy gondoltuk, hogy érdemes ezeket is megismerni,

tapasztalatcserét kialakítani. Kb. félévenkénti összejövetelt terveztünk meg, így 2017-ig sikerült a hazai gázturbinákat végig látogatni, problémáikkal megismerkedni és a személyi kapcsolatokat kiépíteni – hasonlóan a gázmotor munkabizottságokhoz – hasznos eszmecserét létrehozni a berendezések üzemeltetéséről, esetleges haváriákról.

A hazai üzemelő gázturbinák műszaki adataival egy összeállítást készítettünk, valamint a turbinák jegesedési tapasztalatait is kielemeztük, közreadtuk.

A munkabizottság munkájának keretében egy összefoglaló szakdolgozat jelent meg a Magyar Energetikában (2010. novemberi számában) a „Hazai gázturbinák üzemvitelénél szerzett tapasztalatok" címen.

Most már új utakat kell keresni módszerben, témában hogyan legyen tovább a gázturbinák szakmai fóruma…

5) Szabályozási központ munkabizottság

A KÁT megszűnésével a kapcsolt kiserőművek – MAVIR igényei szerint – rendszerszintű villamos energia szolgáltatást is végeztek úgy, hogy csoportban, úgynevezett virtuális erőművet alkottak. Itt mindig a villamosenergia-termelés volt a döntő (ez azt jelentette, hogy előfordult a nem kapcsolt üzemviteli mód is).

Jelenleg az alábbi szabályozási központok működnek:

- MVM Partner
- EON
- Alpiq
- Veolia (ebbe beleolvadt a VVP)
- Alteo (beleolvadt a Sinergy)
- Energiabörze (régebbi PLOOP)
- Greenergy

A munkabizottság 2014-től tevékenykedik.

Társ szervezetekkel kapcsolat

Közös céljaink elérése érdekében fontosnak tartottuk más, hazai energetikai társ-szervezetekkel a szorosabb együttműködést. Ennek elősegítése érdekében megállapodásokat kötöttünk a MATÁSZSZ-al, ETE-vel, MET-el…

Ezáltal, szakmai, jogi témákban közösen, hatékonyabban tudtunk fellépni, eredményt elérni. Előny volt továbbá számunkra az is, hogy – szakmai folyóiratunk nem lévén – lehetőséget kaptunk pl. a Magyar Energetikában vagy az Energiagazdálkodásban írni, hirdetni.

Tanulmányok készítése

Fontos szakmai anyagoknak tartottok a tanulmányok készítését, közreadását főleg a jogalkotók részére. Az első „Országtanulmány" 2000-ben készült, amelyben a szerzők felmérték a 90-es évek végén a hazai villamos- és hőpiacot, benne a kapcsolt termelők helyzetét, lehetőségeit.

A kapcsolt termelés az akkori energiapolitika alapelvei között még nem került közvetlen kiemelésre, azonban jelentősége mind a környezetvédelem, mind az energiatakarékosság, mind a távhő versenyképessé tételének területén egyértelmű.

A tanulmány néhány javaslata, hogy

- a hatósági ármegállapításoknál – a tiszta piaci viszonyok kialakulásáig, az átmeneti időszakban – a kisteljesítményű kogenerációban termelt áram hatóságilag rögzített áron, kötelező átvétele legyen,
- a kapcsolt energiatermelés további elterjedése érdekében a szakma célirányosan lobbizzon a megfelelő jogszabályok kialakításáért,
- indokolt a kormányzati energiapolitikában a távhő-szektor pozitív piaci megkülönböztetése…

A kiadvány sikeresnek minősült, hozzájárult a kapcsolt energiatermelés népszerűsítéséhez, elismeréséhez, fejlődéséhez.

A második tanulmány 2003-ban készült el, amely ismerteti a kapcsolt energiatermelés elméleti hátterét, hogy letisztulhasson és kialakulhasson egy egységes szemlélet. A tanulmány statisztikai adatok felhasználásával (illetve azokon alapuló számításokból) próbál meg átfogó képet nyújtani a hazai kapcsolt energiatermelésről, részletes információt adni a közcélú erőművekről, az ipari erőművekről és a rohamosan terjedő gázmotoros fűtőegységek kapcsolt energiatermeléséről. Áttekinti a kapcsoltak gazdaságossági kérdéseit, makrógazdasági környezetét és prognosztizálja az energiahordozók várható árait. Érinti a tanulmány a villamos- és gázmotor hajtású hőszivattyúk elterjedésének feltételeit, valamint a kapcsolt fűtés-hűtés megoldásának lehetőségeit, energia hatékonyságát.

2010-ben készült el a következő tanulmányunk „A kapcsolt energiatermelés jelenlegi és lehetséges jövőbeni helyzete Magyarországon" címmel.

Megállapítása között szerepel (a teljesség igénye nélkül):

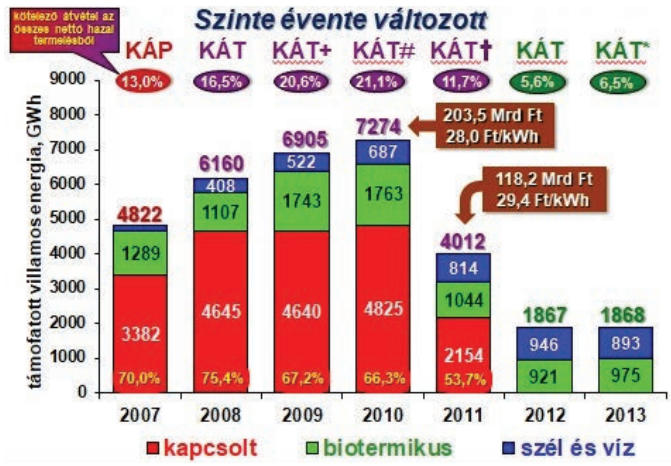
- a lakossági hőpiac várhatóan csökkeni fog (ez a fűtési időszakon kívüli hőigényre is vonatkozik),
- növelni kell az energiahatékonyságot
- a kapcsolt és megújuló termelők versenyhelyzete a KÁT szétválasztása révén segítené a transzparenciát,
- a földgáz-, villamosenergia- és hő-piaci szabályozás jobb összehangolása szükséges,
- jelenlegi szabályozás és piaci körülmények alapján a KÁT-ból kikerült egyes termelők csak veszteséggel tudtak működni (néha a tüzelőanyag árát sem fedezte az árbevételük). Ez a kapcsolt termelés visszaesésével, az erőművek bezárásával fenyeget.
- a kapcsolt termelők támogatása mindenképpen indokolt! Ez megnyilvánulhat a kapcsolt termelés igazolvánnyal, CO_2 kvótán keresztüli támogatással, valamint az elosztói díjak felülvizsgálatával,
- a távhő szektor közvetlenül érintett a kapcsolt termelők problémaiban.

Magyarország számára a kapcsolt termelés számszerűsíthető hasznokkal jár, így a már létező kapacitások fenntartása kulcskérdés. A kapcsoltak KÁT támogatása 2016-ig fokozatosan megszűnt. Ez azt jelenti, hogy több mint 60 távhő-rendszerben 580 ezer lakás távfűtésére lesz hatással. A kapcsolt termelés (gázmotor) esetleges megszűnése esetén gázkazánnal kell hőt termelni, ami magasabb költséget jelent nemzetgazdasági szinten.

Javaslat 2010-ben: a jogalkotók aktív közreműködésére van szükség az iparág ellehetetlenítésének és a vele járó negatív hatások elkerülésének érdekében.

A legutolsó tanulmány 2019-ben készült „A kapcsolt energiatermelés magyarországi jövőképe" címmel, amely bemutatta azon tényezőket, melyek a szektor hazai jövőképét befolyásolni fogják az Uniós és hazai jogszabály környezetben.

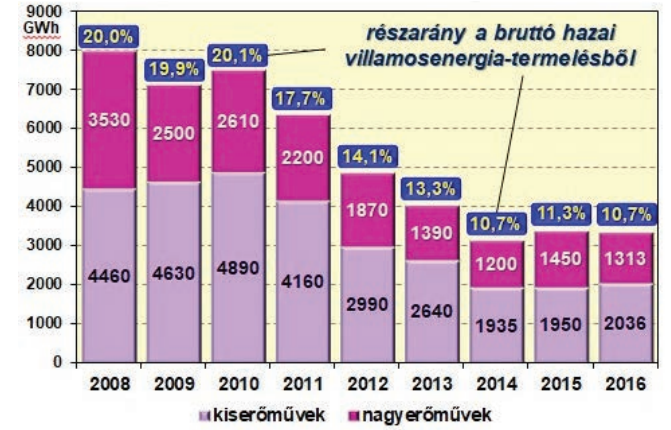
Rámutatott, hogy az elöregedő erőművi állomány miatt hamarosan felére fog csökkenni a villamostermelői-kapacitás. Ezzel párhuzamosan növekszik a villamosenergia-igény és az importszaldó,



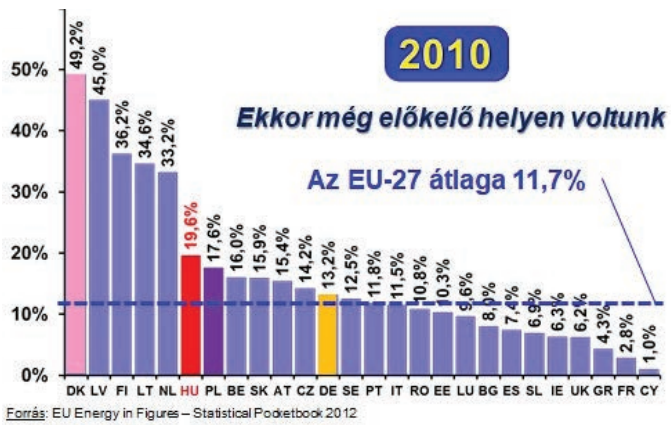
2. ábra. **A kötelező átvétel módosulásai** [Stróbl]

és ez egyre jobban veszélyezteti a villamosenergia-ellátás biztonságát.

Az időjárás függő megújuló kapacitások folyamatosan nőnek, azáltal jelentős szabályozási kapacitások meglétét fogja a rendszer igényelni. A következő villamosenergia-átvételi rendszer (KÁT) megszűnésével a hazai villamosenergia-termelésen belüli 20%-os kapcsolt részarány mára ~10%-ra esett vissza. Az új korszerű, nagyteljesítményű erőművek egy részét – gazdasági döntések alapján – leállították. Néhányan a szabályozó piacon találták meg számításaikat, vagy szabályozó központba tömörülve, de a korábbi



3. ábra. **A hazai kapcsolt hő és villamosenergia-termelés** [Stróbl]



4. ábra. **A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés részaránya az EU tagországaiban** [Stróbl]

kihasználásnak csak mindegy felével, a szabályozó üzemmód miatt lényegesen kisebb hatékonysággal és kihasználtsággal üzemelnek... Akadt olyan kis gázmotoros erőmű is, amely felújításra nem tudott biztosítani elég költséget, ezért gépeiket „roncsrajáratásra" ítélte, majd bezárta a létesítményt.

A tanulmány többféle támogatást javasolt. Véleményem szerint a kapcsoltakat nem támogatni kell, hanem olyan piaci, gazdasági és jogi környezetet kell biztosítani számukra, ahol üzemeltetésük gazdaságos lehet. Akkor a tulajdonosok és a felhasználók is jól járnak, ezáltal környezetünket is kevésbé terheljük.

Mikróturbinák

Szót kell ejteni az 1990-es évek végén kifejlesztett mikróturbinákról, amelyek kisebb, elszigetelt létesítményeknél jól alkalmazhatók hő- és villamos energia szolgáltatására.

Ez az új technológia igen jól alkalmazható és fontos szerephez juthat a decentralizált energiaellátásban. A berendezés villamos hatásfoka – hővisszanyeréssel – 26%, ami már összemérhető a gázmotorokéval, az erőművi gázturbinákkal.

Kezdetben nagy reményeket fűztek a mikroturbinák elterjedéséhez – nálunk is – azonban ez mégsem történt meg. Nyugat-Európában a 2000-es évek elején indult el a kereskedelmi forgalmuk a 15 ~ 30 kWh teljesítmény tartományban .

Szakemberképzés

A 2000-es évektől felmerült egy, a kapcsolt cégek részére fontos szakma, a „gázmotor kezelő" (gázmotor gépész) akiknek a képzése, vizsgáztatása nem volt megoldott. Az OKJ szakképesítései között ilyen szakma nem létezett. Erőfeszítéseket tettünk, hogy ezt a szakmát elismerjék és felvegyék az OKJ tanfolyamok közé, de kezdeményezésünk nem járt sikerrel.

Társaságunk működésének néhány adata

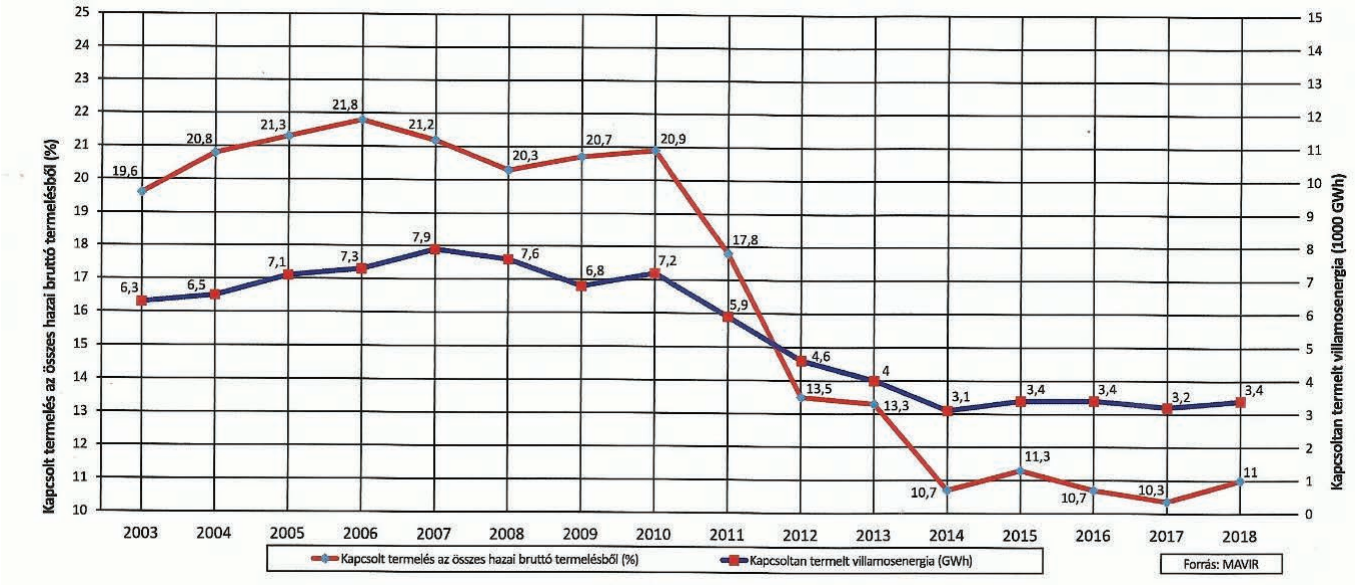
A szombathelyi titkárságunkat 1996-tól Losonciné Farkas Gabriella majd 1998-tól a budapesti irodát Kolter Zsuzsanna vezette. 2003-tól változás következett, így Horváth Béláné, Zsuzsa került a titkárságra és külső könyvelőt alkalmaztunk. Horváthné nyugdíjba vonulása után 2019-től Tanács Anikó végzi a titkársági munkát.

Műszaki és szervezői teendőket (munkabizottságok, konferenciák, tanulmányok, hírlevelek, honlap…) kezdettől 2019-ig Hamvai László végezte az elnökség mellett.

Székhelyünk – gazdasági szempontok miatt – 2017 szeptembertől a Budapest, 13. kerület

Dózsa György út 150-be költözött a Lunar Irodaházba.

MKET Top menedzserei		
Elnök	**Szakmai alelnök**	**Operatív alelnök**
Szederkényi Sándor (1996-2007)	Popovics Attila (1996-2007)	Dohanics László (1996-2008)
Bercsi Gábor (2007-2012)	Rudolf Viktor (2007-20129	László Tamás (2008-2019)
Rudolf Viktor (2012-2016)	Papp András (2012-2019)	
dr. Kiss Csaba (2016-2019)		
Papp András (2019-...)	dr. Kiss Csaba (2019-...)	Balogh Zoltán (2019-...)



5. ábra. **A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés változása Magyarországon [MKET]**

Megjegyés:
1996 elején, felkérésre Bárácz Imre, a Budapesti Erőmű Rt. főmérnöke elvállalta az elnöki teendőket, ami az első közgyűlésig tartott.

Összefoglalás

Működésünket két alapvető okirat szabályozza:

- Alapszabály, és a
- Szervezeti, Működési Szabályzat

Ezeket egészítik ki az eseteként hozott elnökségi döntések, határozatok.

Külső megjelenésünk, logónk 2018-ban „modernizálódott" jelezve a megújulást és útkeresést további munkánkban. Legfontosabb a Nemzeti Energiastratégiához való kapcsolódás, a klímaterv megvalósításának segítése, az energia- mix hatásos alkalmazása a kapcsolt energiatermeléssel.

A Társaság megalakulásakor elvárás volt, hogy a hazai kapcsolt termelés az akkori 8%-os szintje elérje az össztermelés 20%-át. Ezt 2004 és 2010 között sikerült is elérni. A későbbi években ezt a kedvezőtlen piaci és jogi környezet miatt nem tudtuk tartani és rohamosan visszaesett a kapcsolt energiatermelés részaránya a ~10%-os szintre.

A KÁT, amely hivatott lett volna a kapcsolt termelés elősegítésére – valójában nem mindig hasznos hővel ellátott villamosenergia-termelést, hanem a gyors megtérülést, a profit növekedését szolgálta a szekunder szabályozás mellett. Valójában az igazi kapcsolt energiatermelés **a hasznos hő kiadásra kell, hogy épüljön, ahol nincs helye a kényszerhűtők alkalmazásának.**

Hazánkban a **hőtárolók** ugyancsak „ritka madárnak" számítanak, pedig a kapcsolt energiatermelés csak jó hatásfokkal és kihasználtsággal képzelhető el. Az már csak „hab a tortán", ha ez még kiegészülhet villamosenergia-tárolóval (akkumulátor telepekkel), amely tovább javítja a gázmotorok üzemóráját és kihasználtságát.

A meglévő CO_2 kereskedelem bevezetése – szakembereink szerint – elhibázott lépés volt. Helyette célravezetőbb megoldás lenne, a kibocsátott CO_2 értéket limitálnák, mint például a NO_x értéket.

További cél lehetne Társaságunknak, hogy a feljogosított fogyasztók mind a villanyt, mind a hőt együtt vásárolhatnák meg a kapcsolt termelőktől.

Álláspontunk szerint a kapcsolt energiatermelőket nem támogatni, hanem ösztönözni kell, olyan piaci, jogi környezetet teremteni, hol nem szorulnak támogatásra.

Végezetül büszkék vagyunk arra, hogy az elmúlt 20 évben a politikai, gazdasági változások bár befolyásolták működésünk mozgásterét, de sikerült folyamatosan biztosítani Társaságunk stabil kiegyensúlyozott működési feltételeit és gazdálkodását.

Utószó

Ez a rövid visszatekintés megpróbálta bemutatni a kezdeti lépéseket, hogyan ébredt rá néhány lelkes, a kapcsolt energiatermelés előnyeit felismerő szakember arra a gondolatra, hogy a „kapcsoltak" megérdemelnek egy önálló, szakmai szervezetet/társaságot létrehozni.

Ezen úttörő munkában tevékenyen résztvevő szakemberekre az utókor hálásan gondol vissza és elismeréssel tartozik nekik.

Elsődleges célom az volt, hogy bemutassam az elmúlt 20 év alatt a piac- és jogi környezetváltozás hogyan hatott Társaságunkra, a Kapcsolt Energiatermelőkre, miként változott működési modelljük, üzlet-politikájuk. A kapcsoltan működő fűtőerőművek mindig nagy súlyt és figyelmet fordítottak az alkalmazott technológiák folyamatos fejlesztésére, a hatásfok javítására, a környezet szennyezés csökkentésére.

Közös célunk Magyarország villamos- és hőenergia-ellátásának biztonságos szolgáltatása, az import tüzelőanyag megtakarítása, a környezet és klímavédelem szemelőtt tartása mellett.

Végezetül a következő 20 évre kívánok az MKET-nek, a „kapcsoltaknak" továbbra is kitartó, következetes munkát mind az innováció területén, mind a jogalkotókkal folytatott küzdelemben.

Köszönet illeti dr. Stróbl Alajos ETE alelnök urat, aki rendelkezésemre bocsájtotta a kapcsolt energiatermeléssel összefüggő igen hasznos ábráit.

A hidrogén a jövő energiahordozója

Dr. Szilágyi Zsombor
mérnök; drszilagyizsombor@freemail.hu

A világpiacon tapasztalt energetikai fejlesztési eredményeken már látható egy új iparág, a hidrogéngazdaság megszületése. A technológia megvalósításában élenjáró országok: Kanada, USA, Dél-Korea, Japán, Kína. Az Európai Unióban az utóbbi néhány évben igyekeznek behozni a lemaradást, kiugróan magas uniós és külön állami finanszírozást biztosítva a fejlesztő cégeknek és konzorciumoknak.

A magyar energia piac legjelentősebb energiahordozója, a földgáz felhasználása és a földgáz ellátás rendszere kínálja a lehetőséget a hidrogén szélesebb körű bevezetésének. A földgáz részesedése a közlekedés energia igénye kielégítésben ma már túllépett a kísérletek szakaszán, a sűrített földgáz hajtás első sorban a városi tömegközlekedésben jó ütemben terjed. A járműveknél látszik legegyszerűbbnek a hajtóanyagok közé bevezetni a hidrogént. A hidrogén használatával a járművek konstrukciója lényegesen leegyszerűsödhet, és a sorozatgyártás feltételeinek megteremtése után a hidrogén hajtású jármű árban is versenyképes lehet a szénhidrogén hajtással. A szélesebb körű elterjesztéshez a hidrogén tankolás lehetőségének megteremtése szükséges, erre pár éven belül valós lehetőség lesz. A nagyobb arányú hidrogén fogyasztás beindulásával a prognosztizált hidrogénár 6-8 euró/kg lehet.

A hidrogén a Föld felszín és a világűr leggyakrabban előforduló eleme. A hidrogén a normál anyag tömegének 75%-át, az atomok számának 90%-át alkotja, vegyületekben. A Föld atmoszférájában az elemi vagy molekuláris hidrogén csak kb. 1 ppm sűrűséggel fordul elő. A hidrogén ma is képződik a természetben, baktériumok és algák anyagcseréjének terméke. Az ember emésztőrendszerében lévő baktériumok is termelnek hidrogént.

A hidrogént ma még nem soroljuk a klasszikus megújuló energiahordozók közé. A hidrogén szerepe viszont a környezet kímélésében kiemelkedő lehet a jövőben. A hidrogént Robert Boyle fedezte fel 1671-ben. Henry Cavendish 1766-81 között ismerte fel, hogy a hidrogéngáz egy diszkrét anyag, aminek elégetésekor víz keletkezik. Erről a tulajdonságáról kapta a „vízképző" nevet. Nicholson és Carlisle 1800-ban állított elő hidrogént elektrolízissel.1830-ra tehető a hidrogén-cella felfedezése. Budán 1856-ban indult el a városigáz szolgáltatás: a szolgáltatott gáz kb. 50%-a hidrogén volt. Az első évben 45 km elosztóvezeték és 839 közvilágítási lámpa üzemelt. Az éves gáztermelés 1,7 millió m^3 volt.

Az űrhajózásnál használt rakéták hajtóanyaga cseppfolyós hidrogén. 1988-ban Tu-155 repülőgépet készítettek a Szovjetunióban hidrogénhajtással

A hidrogén ipari használatának történetében a 2000. év körül állt be fordulat, a hidrogén gyártás technológiája fejlesztésével: a szén alapú hidrogén termelést kiszorította a szénhidrogén alapú gyártás. 2006-ban a világ hidrogén felhasználása már 425 milliárd m^3 volt. Ugyanebben az évben az USA hidrogén fogyasztása 222 milliárd m^3. Ennek 38%-a az ammónia termelést szolgálta, 37%-ot a kőolajfeldolgozás igényelt, 12%-ot szintézisgáz termelésre használtak, 10% metanolgyártáshoz kellett, és 3% fogyott egyéb célokra.

A 2020. januárban kiadott Nemzeti Energia- és Klímaterv (NEKT) 2030-ig ad előretekintést, egyes esetekben 2040-ig. A NEKT táblázatokba foglalt számszerű értékeket is közzétesz, köztük a közlekedés jövőbeli megújuló üzemanyagairól.

A megújuló energiahordozók részesedése a közlekedésben (ktoe):

	2020	2022	2024	2026	2028	2030
bioetanol	47	133	219	253	235	217
biodízel	220	325,6	431,2	456,6	401,8	347
megújuló vill. energia	37	38	56	96	158	220
hidrogén	0	0	0	10,2	30,6	51

Az ITM 2020. januárban közreadta a „Nemzeti Energiastratégia 2030, kitekintéssel 2040-ig" című tanulmányt. Ebből idézünk:

„A biometán mellett a megújuló energia felhasználásával előállított hidrogénre is alternatívaként tekintünk: a karbonsemleges forrásokból termelt villamos energiával előállított hidrogén a földgázhoz keverése innovatív, kísérleti szakaszban lévő, nagy potenciállal rendelkező, ám magas támogatási igényű opciót jelent, amely ugyancsak releváns a megújuló és dekarbonizációs célok teljesítése szempontjából."

„Az innovatív szezonális villamos energia- és hőtárolási megoldások ösztönzésének célja nagy energiamennyiséget hosszabb időn keresztül tárolni képes technológiák fejlesztésének elősegítése, különös tekintettel a földgázhálózat „szezonális energiatárolóként" való használatának lehetővé tételére a power-to-gas technológiával előállított metán, a biogáz és a hidrogén betáplálásával. … a hidrogén földgáz hálózatba táplálásával kapcsolatos szabályozás felülvizsgálata mellett az egyes technológiák alkalmazása pilot projektek keretében tesztelhető."

„Az elektrolizálás technológiájával megoldható, hogy az adott pillanatban felesleges villamos energia termelést hidrogén formájában tároljuk, és később számos lehetőség közül választva felhasználjuk."

A hidrogént tüzelőanyag-cellákban, gázturbinákban és belső égésű motorokban használja az energetikai iparág. Gázturbinákban még földgázhoz keverve használják.

A hidrogén felhasználás legdinamikusabban fejlődő ágazata a közúti járművek hidrogén hajtása. Ehhez gyors tempóban gyarapodik a közúti hidrogén töltő állomások száma: a világban 2018 nyarán 298 töltőállomás volt, ebből 111 Európában. A töltési helyek számának gyors emelkedését megalapozza, hogy 2050-re a világon 113 millió üzemanyagcellás járművel számolnak. Ha ez a jármű állomány üzembe áll, akkor a légköri szén-dioxid kibocsátás akár 200 millió tonnával is csökkenhet.

A hidrogén fizikai-kémiai jellemzői [2] [3] [4]

- A Mendelejev -féle periódusos rendszer első eleme. Kétatomos, apoláris szerkezetű molekulát: H_2 alkot. A H-H kötés igen stabil.
- Fizikai tulajdonságai [6]:
  színtelen, szagtalan, nem mérgező gáz
  sűrűsége 14,4-szer kisebb a levegőnél.
  rendkívül nagy a diffúzió sebessége és a fajlagos hőkapacitása
  nagy a hővezető- és az elektromos vezető képessége
  vízben kismértékben oldódik

- egyes fémekkel interszticiális hidritként ötvözetet alkot
- magas a gravimetriás energia sűrűsége, közel háromszorosa a folyékony szénhidrogéneknek. A térfogati energia sűrűsége viszont alacsony
- fizikai, kémiai, tüzeléstechnikai tulajdonságai lényegesen eltérnek a szénhidrogénekétől, például: olvadáspontja –259,3 °C forráspontja –252,9 °C, kritikus hőmérséklete –239,9 °C, robbanási koncentráció határai: 4–75 tf %, öngyulladási hőmérséklete 560 °C, a levegőnél sokkal könnyebb
- fontos redukálószer
- égésterméke víz, de a hidrogén égésénél a levegő nitrogén tartalma miatt nitrogén-oxidok is keletkeznek, ami erősen légkör szennyező gáz
- erősen redukáló hatású
- nem mérgező

A hidrogén cseppfolyósítása ma már nem számít újdonságnak, a cseppfolyós levegő, a nitrogén, az oxigén és a földgáz cseppfolyósítása, tárolása, szállítása elegendő tapasztalat a cseppfolyós hidrogén kezelésére is.

A hidrogént az iparban nagy mennyiségben állítják elő, Magyarországon is [5], [4]:

- Vízgázreakcióval, amelynek során izzó szénből és vízgőzből 1000 °C-on hidrogén és szén-monoxid keletkezik. A keletkezett szén-monoxid víz hatására 450 °C hőmérsékleten vas-oxid-katalizátor jelenlétében szén-dioxiddá alakul és újabb hidrogén molekula nyerhető. A szén-dioxidot nyomás alatt, vízzel kimossák. A világon 2019-ben termelt hidrogén kb. 18%-a készült ezzel az eljárással. Az eljárás a szén-dioxid kibocsátás miatt nem környezetbarát.
- Földgáz bontással (gőzreformálással). A földgáz tisztítása után a gázt túlfűtött gőzzel együtt egy katalizátor felülete mentén engedik át, általában 850...900 °C hőmérsékleten. A metán ilyen körülmények között először CO-vá oxidálódik és hidrogén szabadul fel. A felszabaduló szén-monoxid ezután a vízgőzzel reagálva kémiai átrendeződésen megy keresztül, ami szén-dioxid és hidrogén képződéshez vezet. A keletkező hidrogén tisztítása a végső lépés. A világon 2019-ben termelt hidrogén kb. 50 %-a készült ezzel az eljárással. A hidrogén termelés másik fontos alapanyaga a kémiai iparból, kőolaj feldolgozásból származó olajok, benzinek, ezek adják a hidrogén termelés kb. 30%-t.
- metanol-víz reformálással, hasonlóan a földgáz bontási eljáráshoz. A világon 2019-ben termelt hidrogén kb. 18%-a készült ezzel az eljárással.
- víz elektrolízise: egyenáram áram segítségével az elektrolitba merülő elektródák felszínén vízbontás játszódik le a katódon hidrogén keletkezik. Az eljárással 80...95% hatásfokkal lehet hidrogént termelni. 2,8 kWh elektromos energiával elő lehet állítani 1 m^3 hidrogént. Az eljárás szoba hőmérsékleten folyik. A világon 2019-ben termelt hidrogén kb. 3,9%-a ké-szült ezzel az eljárással.

Ma már az utóbbi három eljárást alkalmazzák.

Hidrogén a közlekedésben

A szénhidrogének alkalmazása a gépjármű hajtásban már több, mint száz éves múltra tekint vissza. A levegő szén-dioxid tartalmát mintegy 30%-ban a közlekedés okozza. A járművekben a benzin és a gázolaj kiváltás napjaink egyik legfontosabb fejlesztési feladata. Szinte minden autó gyártó hozzákezdett a villamos vagy a hibrid hajtás fejlesztéséhez. Be kell látni, hogy a villamos- vagy hidrid jármű fejlesztések eredményei valóban csökkentik a szén-dioxid kibocsátást, de nem szüntetik meg. Közlekedési szempontból jelentős különbség van a városi és az országúti gépkocsi használat között. A városi forgalomban gyakori a fékezés, megállás, gyorsítás, de alacsony az átlagos sebesség, ezért a motorok erejét első sorban a gyorsításra vesszük igénybe. Ehhez könnyen kapcsolható vagy automata sebességváltó a jó megoldás. A városi közlekedés igénye, hogy a motor kis teljesítménnyel is gazdaságosan működjön, és alacsony legyen a károsanyag kibocsátása. Az országúti forgalomban gyakorlatilag egy sebesség fokozatban nagyobb távot teszünk meg, a motor teljesítményének szinte teljes kihasználásával, és ezekkel a feltételekkel kell az alacsony károsanyag kibocsátást biztosítani. A hibrid hajtás tulajdonképpen a probléma mai megoldása: a hagyományos motor mellett egy villamos hajtás is működik. A hibrid hajtás hátránya viszont a nagy tömegű és drága akkumulátor telep.

A kutató intézetek a részletes prognózisok fontos fejezeteként kezelik a közlekedés energia igényét. 2014-ben az EU-ban 14 millió, Kínában 22 millió, Japánban 5 millió, az USA-ban 15 millió új gépkocsit helyeztek üzembe. A jármű állomány gyarapodása magával vonja a hajtóanyag igény emelkedését. A járművek korszerűsítése, energia felhasználásuk csökkentése, környezet-barátabbá tétele minden autógyár elsőrendű feladata. Láthatjuk is az újonnan megjelenő autókon ezeket a törekvéseket. Az elektromos autók fiatal termékek még, számtalan fejlesztési feladat van még ezeknél a járműveknél. A villamos autók számának gyarapodása ellenére sem várható, hogy 2040 előtt a szénhidrogén hajtást érdemben visszaszorítanák.

A gépjármű fejlesztések legújabb területe a hidrogén hajtás, azzal együtt, hogy már az első autók tervezésekor is foglalkoztak a tiszta gáz hajtással, köztük a hidrogén hajtással is. Sok iparági szakértő egyetért azzal, hogy a jövő zöld energiahordozója a hidrogén lehet.

A hidrogén használata a gépjármű hajtásban a következő tulajdonságok miatt lehet előnyös [6]:

- nagy a diffúzió sebessége
- nagyon jó a hővezető képessége
- vízben nem oldódik
- nagy az elektromos vezetőképessége
- a levegő-hidrogén keverék széles tartományban gyúlékony
- meggyújtásához kis energia szükséges
- jó a kompresszió tűrése
- nagy a lángsebessége
- a hidrogén-levegő szegény keveréke is elégethető
- könnyű a hidrogén motort indítani
- szegény keverékkel a motorüzem gazdaságosabb, kisebb az égés hőmérséklete, kevesebb a nitrogén-oxid kibocsátás

Néhány fejlesztési eredmény:

- A San Bernardino Közlekedési Hatóság (USA) megrendelésére a svájci Stadler cég hidrogén hajtású motorvonatokat készít. A kétkocsis szerelvényt elővárosi forgalomban használják. 108 férőhellyel rendelkezik és 130 km/óra végsebességre képes.
- A Bács-Kiskun megyei Jakabszálláson 2020. január 22-én bemutatták a világ első hidrogén üzemanyagcella meghajtású, személyszállításra is alkalmas, magyar-amerikai együttműködésben fejlesztett légi járművet.
- Németországban 2018-ban forgalomba állított az Alstom két vasúti személyszállító járművet, hidrogén hajtással. 2020-ban további három hidrogén hajtású vonatot állítanak forgalomba, 2022-re pedig 64 szerelvény közlekedhet.
- A Toyota gyár 2002-ben jelent meg a hidrogén-cellás prototípussal. 2014-ben jelent meg az autó a kereskedelemben. Az

autók gyártása felfutott, 2020-ban már 30 ezer Mirai kerülhet forgalomba. A hidrogén hajtású Mirai személyautóban az első ülések alatt lítium-ionos akkumulátor kapott helyet, 56 kg tömegű, 37 liter térfogatú, 114 kW teljesítményű üzemanyagcella van az autóban. Az első kerekeket 130 kW-os váltóáramú szinkron motorok hajtják. 60 és 62 literes, 700 bar nyomású hidrogén tartály van az ülések mögött. Az autó teljesítménysűrűsége 3,1 kW/l, vagyis kétszer magasabb, mint a hagyományos, azonos típusú személygépkocsiké. A gépkocsiban a hidrogén-cella által termelt elektromos áramot feszültség átalakító konvertálja 650 V-ra. Ugyanakkor a hajtás rendszer költsége is csökkent. A jármű menetstabilitása javult azzal, hogy az akkumulátorok és a hidrogén-cella is a padozat szintjén van, a gépkocsi súlypontja alacsonyabban van. Minden sebesség tartományban a gyorsító nyomaték érezhetően nagyobb, mint a szénhidrogén hajtásoknál. Az autó –30 °C hőmérsékletig használható, a „kipufogó" rendszeren át távozó vízgőz miatt. Az autó 100 km-ként 0,76 kg hidrogént használ, 7 liter vizet termel és 22 m^3 levegőt vesz igénybe. A jármű hatótávolsága: 500-800 km. A tankolt 5 kg hidrogén 700 bar nyomáson kb. 500 km útra elegendő. A jármű kb. három perc alatt tankolható, a betöltött hidrogén szénszűrőn keresztül kerül a hidrogén tankba. A jármű bármely sebességnél csak vízgőzt bocsát ki a levegőbe. Az autó ára 2017-ben 66 ezer euró volt. Az autó ma még drágább, mint az azonos komfortot nyújtó benzin- vagy dízel hajtású gépkocsik. A gyártó 2025-re várja azt, hogy az autó a benzin vagy dízel hajtású, azonos kategóriájú személyautók árszintjén legyen.

[1] https://www.origo.hu/auto/2018/06/01
[2] https://hu.wikipedia.org/wiki/Hidrogén
[3] Kémia műszakiaknak. 2.1.3.1. Hidrogén. Szerk: Berecz Endre. Tankönyvkiadó 1991.
[4] Reményi Károly: A földgáz az energetika „Jolly Jokere". Energiagazdálkodás 2019. 4-5. szám
[5] Bándy Tamás: Hidrogén tisztítás-hasznosítás. TVK-Tiszaújváros 2015. 07. 09
[6] A hidrogén felhasználása belsőégésű motorokban. BME Gépjárművek Tanszék 2008.

Elhunyt Molnár László

2020. április 22-én, életének 78. évében, váratlanul elhunyt Dr. Molnár László, Egyesületünk főtitkára, a Stratégiai és Szabályozási Szakosztályának és az ETE Energetikai Tudományos Tanácsának elnöke, az Energiagazdálkodás folyóiratunk „Energiainformációk" rovatának vezetője.

Dr. Molnár László 1942. július 7-én született Budapesten. Gépészmérnöki diplomáját a BME-n szerezte. A KÖZTI-ben, az Országos Kőolaj és Gázipari Trösztnél, és az Építéstudományi Intézetnél dolgozott. 1993-tól 3 évig az Állami Energiafelügyelet (ÁEEF) energetikai igazgatója, majd 5 évig az Energia Információs Ügynökség ügyvezető igazgatója volt. Ezután újabb öt évig az Energia Központ ügyvezető igazgatója és egyben az EU Strukturális Alapok KIOP és KEOP Közreműködő Szervezet vezetője. 2007. augusztusától az EnerKonz Tanácsadó Bt ügyvezetője. 1993 és 2011 között Ő képviselte Magyarországot az ENSZ Európai Gazdasági Bizottságában (EGB, angolul: UNECE), mely Európa, Közép-Ázsia és Észak-Amerika 56 államát foglalja magába. Az EGB székhelye Genf (Svájc), ahol az ENSZ legnagyobb, a New Yorkinál is nagyobb központja található. Az EGB egyik fő területe az energetika, ezen belül is az energiabiztonság, a fenntartható energia, a földgáz, a szén, a nem konvencionális készletek, az energiahatékonyság és még számos más terület. A szakmai irányítást az EGB Energia Igazgatósága mellett a tagállamok képviselőiből választott „Fenntartható Energia Bizottság" (FEB) látja el. A FEB tagjait az EGB Energia Igazgatósága javaslatára a tagállamok képviselőiből választják meg.

Molnár László munkájának elismeréseképpen 2001-2004 és 2007-2011 között a FEB alelnöke, 2005-2006 között a FEB elnöke feladatát látta el, mely utóbbihoz nemcsak a genfi szakemberek javaslata, hanem a magyar Külügyminisztérium és Gazdasági Minisztérium hozzájárulása is kellett, melyet a genfi magyar ENSZ misszió juttatott el az ENSZ EGB-hez. Molnár Lászlót az ülésen jelenlévő 240 delegátus választotta meg elnöknek.

Molnár László megbízatása 2011 végével megszűnt. Ebből az alkalomból az ENSZ főtitkár helyettese, Jan Kubis úr aláírásával az ENSZ EGB oklevél kíséretében a a következő szavakkal köszönte meg munkáját:

„Az Ön részvétele tevékenységeinkben felbecsülhetetlen, az Ön gondolatai és tapasztalata fontos hozzájárulást jelentettek abban, hogy az ENSZ EGB régióban biztonságos és megfizethető legyen az energiaellátás."

Dr. Molnár László fentebb felsorolt tevékenysége mellett évente 10-15 konferencián szerepelt előadóként, tanított a Budapesti Műszaki Egyetemen és a Mérnöktovábbképző Intézetében, alkalmanként vállalati továbbképzési előadásokat is tart. Ezen túl számos szakmai fórumon is részt vett, és hozzászólásaival segítette a vitás kérdések megoldását.

Szabadidejében sokat sportolt, úszott, teniszezett és nagyon örült öt unokájának.

Temetéséről családja később rendelkezik.

Egyesületünk elnöksége, sok éven keresztül tartó aktív egyesületi munkáját megköszönve részvétét fejezi ki gyászoló családjának és fájdalommal búcsúzik. Emlékét megőrizzük, nyugodjon békében!

A légkört károsító metán

Dr. Szilágyi Zsombor
mérnök; drszilagyizsombor@freemail.hu

A koronavírus járvány most félretolta a légkörvédelmi akciókat. A járvány következménye a légkörbe kerülő üvegházhatású gázok mennyiségének csökkenése is. Abban bízunk, hogy a járványt hamarosan leküzdjük, és nem sok idő múlva visszaállunk az előtte megszokott életkörülmények közé. Nem szoktunk foglalkozni a légkörbe kerülő metánnal, pedig harmincszor veszélyesebb légkör szennyező anyag, mint a szén-dioxid. Remélhetjük, hogy a környezetvédelmi akciók közé bekerül a légköri metán szint csökkentése is.

A klímaváltozás okaként a légkörbe kerülő üvegház hatású gázokat nevezzük meg. A szén-dioxid kibocsátás csökkentése áll a légkörvédelem középpontjában. Az üvegház hatású gázok csoportjának talán második legveszélyesebb eleme a metán, mert a fluorozott ipari gázok elleni harcot lassan sikeresen lezárhatjuk, a vízgőzzel pedig mint szintén üvegház hatású gázzal nem tudunk mit kezdeni.

A metán színtelen, szagtalan, nem mérgező gáz, a hagyományos képlete CH_4. Rendkívül stabil vegyület kb. 700 °C hőmérséklet alatt. A levegővel alkotott keveréke a környezetünkben 5…15 tf % közötti tartományban robbanóképes, a keverék magasabb metán tartalom esetén éghető. A levegőnél könnyebb, a légkörbe jutva felfelé áramlik. A mindennapi életünk fontos szereplője. A földgázt hagyományos szénhidrogén mezőkből és nem hagyományos föld alatti készletekből termelik. A Föld felszínén is egyre több helyen hasznosítják a környezetünkben keletkező metánt.

A metán a földgáz legfontosabb alkotója. Az ipari, kommunális és háztartási felhasználók részére értékesített földgáz legalább 50% metánt tartalmaz. Az éves földgáz felhasználás a világban ma 3849 milliárd m^3 (2018. évben), és a földgáz a kőolaj és a szén után a harmadik legfontosabb (fosszilis) energiahordozó. A földgáz felhasználást minden prognózis növekvőnek mutatja be. A földgáz a fűtés, a vegyipar alapanyaga, a belső égésű motorok hajtóanyaga, de a villamos energia termelésben is egyre nagyobb a szerepe [5].

A metán a forráspontján (–161,6 °C) cseppfolyós állapotban (LNG) jól szállítható tengeren és közúton is. Az LNG forgalmazás gyorsan terjed a világban, ezzel a földgáz szerepe nőni fog a jövőben.

A légkör metán tartalma egyre gyorsabb ütemben nő (ppm) [9]:

1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
1660	1705	1740	1750	1760	1792	1825	1868

A légköri metán koncentráció nyáron magasabb, télen alacsonyabb. A légkörbe jutó metán hatását az átlag hőmérséklet emelkedésre a következőképp becsülik:

- a légkör felmelegedésének oka volt 2000-ig 6-12%-ban,
- a felmelegedést 3-23%-kal növelheti 2050-ig,
- 2050-ig a légkör hőmérsékletének 0,3 °C-os emelkedését okozhatja.

A földgáz eltüzelésekor első sorban szén-dioxid és vízgőz keletkezik. Minden földgáz égetéskor keletkezik ugyanakkor szénmonoxid, szén (korom), nitrogén-oxid is, és az égéstermékek között mindig van elégetlen metán is.

A légkör átlagos gáz szennyező anyag tartalmát ma a következőképp becsülik:

szén-dioxid	405 ppm*
metán	1,7 ppm
hidrogén	0,5 ppm
nitrogénoxid	0,31 ppm
ózon	0,04 ppm

*ppm: milliomod rész

Évi 550 millió tonnára becsülik a metán kibocsátást a világon [1]. A légkörbe kerülő metán kétharmada az ember tevékenységéből származik.

Magyarország metán kibocsátása (ezer tonna) [7]:

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
hulladék, szennyvíz	148	139	135	133	129	129
mezőgazd.	100	102	105	109	110	110
egyéb	62	61	57	54	57	63
összesen	310	302	297	296	296	302

A metán légkört szennyező, klímaváltozást előidőző hatását harmincszorosra becsülik a szén-dioxidhoz képest. A légszennyező anyagok különbözőképp járulnak hozzá a földi légkör melegedéséhez, és annak összes következményéhez. A légkörváltozást előidéző szennyező hatások között a metán szerepét 20% körülire becsülik [2].

A talajban és a vizekben vannak metánt bontó baktériumok is, de ezek hatása a metán kibocsátás mérséklésére jelentéktelen.

A légkörbe kerülő metán átlagosan 8,4 év alatt bomlik el, a Nap ultraibolya sugárzása hatására. A bomlás több lépcsőben történik: először metilgyök és hidrogén keletkezik, majd a bomlás további fokozata metiléngyök és hidrogén, végül metingyök és hidrogén. [4].

A metánkibocsátás mérésre egy amerikai környezetvédő csoporttal együttműködve Új-Zéland műholdas rendszer kiépítésébe kezdett [11]. A cél első sorban a kőolaj- és gázipari létesítmények metán kibocsátásának felderítése és állandó ellenőrzése. A projekt várható költsége 26 millió ausdollár.

A légkörbe kerülő metán forrásai

Nem befolyásolható források:

- Földből, tengerből szivárgó metán
  - üledékes kőzetekben metán képződése: ma is képződik metán a különböző mélységben lévő szerves anyagokat tartalmazó rétegekben, oxigéntől elzárt környezetben. Ez a metán migrál a felszín felé, mindaddig, míg gázzáró réteggel nem ütközik, vagy kilép a légkörbe. A Föld felszínén számtalan helyen lehet mérni metán kiáramlást,

Magyarországon főleg az alföldi területeken. A kiáramlás miatt a környező levegő metán koncentrációja néhány ppm-től pár százalékig terjedhet.

– permafrost olvadása

Az északi félteke 22%-a állandóan fagyott talaj. A légkör melegedésével ez a fagyott talaj is lazul, felső szintjén olvadás indul. A fagyott talajban van metán, ami az olvadással kiszabadul és a légkörbe lép.

– metánhidrát: a metán és a víz különleges asszociációja, hószerű anyag. Az utóbbi évek nagy felfedezése a tengerek mélyén lévő metán különböző előfordulása. A metánhidrát általában 50 és 1700 m mélységben fordul elő, tengerparti sávokban [4]. A metánhidrát készleteket a hagyományos földgáz készletek többszörösének becsülik. A kitermelés lehetőségének kutatása nagy erőkkel folyik. A tengerek felszíni hőmérséklete emelkedik, de az alsó rétegekben a hőmérséklet alig változik. A metánhidrát bomlását a hőmérséklet változás érdemben nem segíti elő. Ugyanakkor a jégtakaró olvadása miatt nő a tengerek szintje, és ezzel a metánhidrát lelőhelyeken a nyomás emelkedik.
– sarki jég olvadása [10]

A Bristoli Egyetem kutatói három hónapon át mérték Grönlandon a jégtakaró olvadásával a levegőbe kerülő metán mennyiségét.1,8 km^2 nagyságú területen hat tonna metán lépett ki a légkörbe a vizsgálat ideje alatt. Megfigyelték azt is, hogy aktív mikroorganizmusok élnek akár több kilométer mélyen is a jégben. A jégrétegben található szén, folyékony víz és kevés oxigén ideális feltételt teremt a mikroorganizmusok metán termeléséhez, vagyis a metán termelés folyamatos a jégben. A sarki jégtakaró alatti földkéregben is van szén, aminek további metán zárványai vannak. Ha a szilárd talaj feletti jégréteg az olvadás miatt vékonyodik, a talajban eddig zárt metán molekulák migrálni kezdenek a felszín felé. A jégtakaró olvadása tehát az eddigi metán zárványokat felszabadítja, és a metán a légkörbe kerül.

- Szénbányák

  A zárt széntelepek különböző mennyiségű metánt tartalmaznak. A széntelepek metánja szivárog a felszín felé, majd a légkörbe lép ki. A szénbányák működése közben keletkező sújtólég általában robbanásveszélyes metán koncentrációt jelentett. A bányák biztonságos működtetése érdekében a széntelepek metán tartalmát a telep művelése előtt általában kiszívják. Az eltávolított metán tisztítás után akár vezetékes gázszolgáltatásra is alkalmas.

  Magyarországon most nincs mélyművelésű szénbányászat.

- Növények metán termelése

  A kutatók álláspontja még nem egységes a növények metán kibocsátását illetően, de már bizonyítottnak tekinthetjük, hogy a növények évente legalább 62 millió tonna metánt (legfeljebb 236 millió tonnát) bocsátanak ki [1]. Az utóbbi évek klíma változása miatt csökkent az élő növényzet mennyisége, ezzel ez a metán forrás is kis mértékben mérséklődött.

  – a növényi hulladék a levegőn bomlásnak indul, szén-dioxid keletkezése mellett. A levegőtől elzárt növényi maradványok bomlásának egyik terméke a metán
  – a vízzel elárasztott rizsföldek szerves anyag tartalmának bomlása a levegőtől elzártan metán fejlesztéssel jár

- Állati és emberi kibocsátás

  A kérődző állatok a takarmány cellulóz tartalmát a szervezetük baktériumai segítségével dolgozzák fel. A baktériumok működését metán keletkezése kíséri. Egy tehén évente átlagosan 200 m^3 metánt bocsát ki [3].

  A teheneken kívül a juhok, a kecskék is kérődző állatok, ugyancsak metánt bocsátanak ki. Az állatok a légkörbe kerülő metán kb. 3%-ért felelősek.

  Az ember mindenevő, a szervezetünkbe kerülő cellulóz tartalmú táplálékot a bennünk élő baktériumok lebontják, részben metánná. Az emberiség éves metán kibocsátása 2,6 milliárd m^3 körül van.

Mérsékelhető kibocsátások:

- Közlekedés

  Az EU-ban 2014. végén 14 millió gépkocsi futott, ennek 11%-a volt teherautó. A járművek kora elég széles skálán oszlik el. A jármű fejlesztések egyértelmű célja az egész világon a károsanyag kibocsátás csökkentése, amiben benne foglaltatik a metán kibocsátás mérséklése is. Ha a járművek mindegyike a gyári beállítási értékeken működne, akkor is évente 20 millió tonna körüli metán kerülne a levegőbe Európában.

- Mélyfúrások

  A mélyfúrásoknál előfordul olyan műszaki baleset, amivel a földgázt tartalmazó réteg gáza a fúrás során, vagy a hibás béléscső cementezés miatt átfejtődik felsőbb rétegbe, vagy a felszínre tör.

- Rothadó növények

  A mezőgazdaság és az erdészet hatalmas mennyiségű növényi maradványt, hulladékot „termel” évente. Ezek hasznosítása részben állati takarmányként, részben tüzelőanyagként megoldott, a hasznosítást illetően sajnos, csak pár százalékról beszélhetünk. Lényegesen növelhető lenne a hasznosítás az erdészetben a vágások után visszamaradó gally begyűjtése majd elégetése, és a gabonatermesztés után bálázott szalma felhasználása energia termelésre.

- Szivárgás a gázellátó rendszeren

  A gázellátó rendszereken szállított földgáz/metán lakossági, közületi, ipari energiahordozó és vegyipari alapanyag igényt elégít ki. Magyarország éves földgáz felhasználása 8,5 milliárd m^3 körül van. A hálózati veszteség 2016-ban 88 millió m^3 volt [8]. Ez a veszteség magában foglalja a mérési különbözetet, a gázlopást, a szivárgást és az üzemszerű lefúvatást is.

  A gázellátó rendszerben olyan biztonsági szerelvények is működnek, amelyek időnként a gáz túlnyomást a levegőbe vezetik le. A gázellátó rendszereken meghibásodás miatt keletkezhet gáz szivárgás. A földgáz szállító rendszeren karbantartás miatt szükség lehet a gáz lefúvatására; a lefúvott gázt fáklyán égetik el. A gázellátó rendszer éves metán kibocsátását Magyarországon 1,5 millió m^3 nagyságrendre becsülik. Magyarországon a gázhálózaton külső beavatkozás miatt keletkezett sérülések további gázömléseket eredményezhetnek. Ezek éves nagyságrendje 1 millió m^3.

  A hálózati szivárgások csökkentése a szállító és a gázszolgáltatók feladata. A hálózat folyamatos, rendszeres szivárgás ellenőrzésével a kiáramló földgáz mennyiség lényegesen csökkenthető. A ma már hitelesnek tekinthető közmű nyilvántartás használatával az idegen építkezésekkel okozott gázömlés is csökken.

KLENEN ’20 – 2020. március 11-12.

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület Energiahatékonysági Szakosztálya (www.ete-net.hu), az Association of Energy Engineers (www.aeecenter.org) Magyar Tagozata, és az Energetikai Szakkollégium (www.eszk.org), további szakmai szervezetek és a szervezőkhöz csatlakozó Budapesti és Pest megyei Mérnöki (www.bpmk.hu), valamint a Budapesti Kereskedelmi és Ipar (www.bkik.hu) Kamarák közreműködésével, az energiaveszteségfeltárás és az energetikai szakreferensi tevékenységben szerzett tapasztalatok megosztása érdekében, szervezte a

„Klímaváltozás – Energiatudatosság – Energiahatékonyság”
KLENEN’20 konferenciát (www.klenen.eu).

A rendezvény a korábbi éveknek megfelelően az energetikai szakreferenseknek és auditoroknak, valamint a témával szoros kapcsolatban lévő szakembereknek nyújtott kiemelt szakmai ismeretszerzési lehetőséget. Mind a plenáris előadások, mind a kerekasztal beszélgetés, mind pedig a szekciók célja az volt, hogy gyakorlati, szakmai eszmecsere alakuljon ki, melyből mind az illetékes hatóságok, a különböző szakmai szervezetek, mind pedig a gyakorló auditorok és szakreferensek profitálni tudtak.

Az idei konferencia fókuszában állt a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal 1/2020. (I. 16.) számú rendelete, mely „az energetikai szakreferens igénybevételére köteles gazdálkodó szervezetek által telepítendő almérők telepítési pontjainak, valamint az almérők alkalmazásával történő mérés minimális követelményeinek meghatározásáról” nevet viseli.

A résztvevők a plenáris előadások során hallhatták a Nemzeti Energia és Klímaterv értelmezését az Innovációs és Technológiai Minisztérium munkatársának előadásában. Hallhatták továbbá a Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatal értelmezését az almérőket érintő rendeletről, illetve a Magyar Mérnök Kamara tájékoztatóját a megújító auditori/szakreferensi vizsgáról.

A hagyományoknak megfelelően a plenáris előadásokat követően az Energiahatékonysági Kiválósági Pályázat díjnyertes vállalkozásai mutathatták be energiahatékonysági törekvéseiket és elért eredményeiket.

Az első és második szekció előadásai során ipari üzemek és folyamatok energetikai auditálása, jobbító javaslatok bemutatására került sor a villamosenergia-felhasználás, illetve a hőfelhasználás területén. A szekciókkal párhuzamosan az Energetikai Szakkollégium tagjai mutatták be az érdeklődőknek kutatási területeiket.

A harmadik szekció egyik részében az ISO 50001 tanúsítás tapasztalatait foglalták össze az energiairányítási rendszerre vonatkozó szabványok és a gyakorlati alkalmazás szempontjából. A szekció másik részében a közlekedésben zajló energiaforradalom volt a középpontban. Az előadók az elektromos autótöltő állomásokon kívül kitértek arra is, hogy miként értékelhető objektíven az E-mobilitás környezeti lábnyoma.

A konferencia zárásaként kerekasztal beszélgetés keretében vitathatták meg a résztvevők az energiahatékonyságról szóló törvény által meghatározott szakpolitikai intézkedések megvalósulásának jogalkotói és jogalkalmazói tapasztalatait, illetve a Tao-ból jóváírható energiahatékonysági célokat szolgáló beruházások tapasztalatait.

A konferenciát Czinege Zoltán, a szervező bizottság alelnöke, az Association of Energy Engineers Magyar Tagozatának elnöke nyitotta meg. A szervező bizottság nevében köszöntötte a résztvevőket, majd tájékoztatta Őket a konferencia múltjáról és céljáról. Köszöntőt mondtak még a további társszervezők vezetői Barta Péter Dávid, az Energetikai Szakkollégium elnöke, Dr. Gács Iván, a Magyar Energetikai Társaság elnökségi tagja, Gelencsér Lajos a Magyar Elektrotechnikai Egyesület elnöke és végül Dr. Zsebik Albin a szervező bizottság elnöke, aki az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület elnökhelyetteseként Bakács István elnök úr és az Egyesület elnöksége nevében, a Budapesti és Pest megyei Mérnöki Kamara elnökségi tagjaként Kassai Ferenc elnök úr és a Kamara elnöksége nevében is köszöntötte a résztvevőket.

Az alábbiakban a konferencián elhangzott előadások rövid összefoglalóját tesszük közzé.

Plenáris előadások

Levezető elnök: Czinege Zoltán
Szekció titkár: Boguszlavszkij Gergely

Dr. Botos Barbara államtitkár asszonyt, **Dr. Rábai Mónika** főosztályvezető-asszony helyettesítette. Előadásában kifejtette, hogy a jövő a klímaváltozás, energia- és környezettudatosság összekapcsolódásáról szól, valamint, hogy a nemzetközi klímapolitikai megállapodások, uniós klímapolitikai folyamatok jelentősen befolyásolják a hazai célokat is úgy, mint a Párizsi Megállapodás, Tiszta Energia Csomag, Európai Zöld Megállapodás. Az előadás fókuszában a Nemzeti Energia és Klímaterv állt, mely egy integrált tervezet, amely magába foglalja az energia- és klímapolitikai célszámokat, mint például az üvegházhatású gázok csökkentését 40%-kal 1990-hez képest 2030-ra. Több uniós ország nagyobb kibocsátás-csökkentést szeretne célul kitűzni, de nem képesek a vállalásaikat teljesíteni maradéktalanul. Bemutatásra kerültek a hazai klímaváltozással kapcsolatos stratégiai dokumentumok, cselekvési tervek. Főosztályvezető asszony ismertette a nettó klímasemlegesség fogalmát, ami azt jelenti, hogy a kibocsátások és az elnyelés mértéke egyensúlyba kerül, amelynek az elérését Magyarország 2050-re célul tűzte ki. Ezt követte a Klíma- és természetvédelmi akcióterv bemutatása, melynek főbb irányvonalai az alábbiak:

- Illegális hulladéklerakók felszámolása, újrahasznosítható termékek népszerűsítése
- Betéti díjak visszavezetése, az ebből származó hulladékok megfelelő csökkentése, gyűjtése
- Folyók védelme a hulladékokkal szemben és víztisztítás. Hulladéktérkép elkészülte és élőhelyek minőségének fejlesztése
- Vállalatok, lakosságok aktív bevonása a klíma- és természetvédelmi célok eléréséhez. Mátrai Erőmű környezetbaráttá tétele.
  - Az erőmű esetében a széntüzelés kiváltása gáztüzeléssel
- Minden újszülött után tíz fa ültetése és az ezáltali erdősítés
- 2030-ra az előállított villamos energia 90%-a karbonmentes legyen
- Naperőművek és okosmérők telepítése
- „Legjobb energia az el nem fogyasztott energia!”
- Olcsó, elektromos autók támogatása és a Zöld Busz Program elindítása
- Zöld államkötvény bevezetése és az ebből befolyó bevételek befektetése klímabarát beruházásokba

Tóth Tamás Úr helyett **Baráth Géza** Úr adott elő másodikként és a Nemzeti Klímaterv vonatkozásait ismertette a Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatal részéről, melyen belül a vállalatokat érintő főbb pontokról beszélt.

Elmondta, hogy a szakreferensi éves jelentést mindenkinek nagyon fontos komolyan vennie, mivel – többek között – ezek segítségével tudja Magyarország teljesíteni az energiahatékonysággal kapcsolatos vállalásait. A Hivatalnál adatgyűjtést végeznek az auditokról, ezeket elemzik és amennyiben szükséges, akkor ennek kapcsán tudnak változtatni a jogszabályokon az effektív munkavégzés miatt. Az auditok mennyiségének tekintetében komoly különbség tapasztalható az előző évekhez képest. A legszembetűnőbb a kötelező auditok darabszáma. Míg 2015-ben 96 darab auditot végeztek, mely az első év a szabályozást követően, addig 2016-ben tízszer annyi audit készült. 2017-2018-ban az új belépők és az elmaradt cégek végeztek el auditot. A második auditálási határidő 2019. december 15. volt, mely jogszabályba is volt foglalva. Így több, mint 1000 kötelező audit történt a 2019-es évben és köszönhetően a sok ellenőrzésnek, sikerült elérni, hogy a vállalatok megfelelő figyelmet fordítsanak a kötelező auditra. Az auditálás ellenőrzése sok száz felszólítás mellett és több hullámban történik. Amennyiben az audit nem készül el időre, akkor bírságolás történik. Maximálisan 10 millió forintos bírság szabható ki, de a hivatalnak nem célja, hogy ehhez az eszköz nyúljon. Történtek bírságok az elmúlt években, melyek okán perek is vannak. Baráth Úr ismertette az auditok tartalmi követelményeit és azok esetleges hiányosságait.

A Hivatal feladata az energiahatékonysági adókedvezmény igénybevételéhez elkészített auditokról történő adatgyűjtés, mely kb. 800 projektet jelent az első 2,5 évben és ezáltal több, mint 600 TJ energiamegtakarítást. Ez 17 milliárd forint beruházással valósult meg, ami 30 000 Ft / GJ, tehát ez egy jó és hatékony szakpolitika. Ezen projektek három fő célterülete a fűtés, a világítás és a termelés.

A megtakarítás az üzemek esetében a legnagyobb, de ebből a kategóriájú projektből van a legkevesebb. Sok projekt zárul a közeljövőben, ezért nagy mértékben fog a számuk növekedni.

A szakreferensi szakpolitika a legeredményesebb az országban a TAO kedvezmények mellett. Ennek fókusza a beruházások támogatása mellett a szemléletformálás is, mivel ezeket otthon is hasznosítani fogják a kollégák és ennek megerősítése céljából a Hivatal oldalán számos tájékoztató anyag elérhető.

Baráth Úr röviden beszél az almérő rendeletről, mely egy fontos változás az iparágat tekintve. Az ötlet és a kérés a szakma gyakorlóitól jött, hatályba lépési ideje pedig 2020 január 24. Ezután a bevezetési határidő kétlépcsős: 2021. január 1. és 2022. január 1., ami a berendezések fogyasztásának a függvénye. Előadónk ismertette az almérők telepítésének céljait, és azt, hogy miben hasznos és miben fog tudni segíteni, illetve milyen területen fog megtakarításokat eredményezni.

Tekintettel arra, hogy **Dušan Petráš** professzor úr a pozsonyi Szlovák Műszaki Egyetemről az utazási tilalom miatt előadását nem tudta megtartani, cikk formában elkészített változatát a résztvevők számára megküldjük és az Energiagazdálkodás egyik számában közzé tesszük.

Dr. Virág Rudolf Urat **Nagy Péter** Úr helyettesítette a Magyar Mérnöki Kamara részéről. A téma az energetikai auditori és szakreferensi megújító vizsgák tematikája és szervezésének módja. Az előadás jogi oldalról közelíti meg a kérdéskört első körben. 5 évente meg kell ismételni a vizsgát, ez az úgy nevezet megújító vizsga. Ezt a Magyar Mérnöki Kamara végzi a Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatallal együttműködve. Magyarországon az első nyilvántartásba vett auditorok 2015-ben nyerték el minősítésüket a vizsga letételével, akiknek 2020-ban kell megújítani a képesítésüket a rendeletnek megfelelően. 2020-ban 18 embernek kell részt venni ebben. Nagy Úr ismertette, hogy csaknem 180 kolléga rendelkezik auditori képesítéssel hazánkban, melyhez hozzáadódik 250-260 szakreferensi kötelezettséggel rendelkező kolléga és így 350 fő az, akinek a következő időszakban megújító vizsgát kell tenni, mert előfordulhat átfedés a két csoport között.

A 2015-ös rendszerhez hasonló struktúrájú és tematikájú vizsga várható a továbbiakban a megújító vizsga esetében is. Alap- és szakismeretek, valamint gyakorlati ismeretek készség szinten való tudása a cél. Fontos, hogy ez az oktatási anyag tartalmazza az elmúlt 5 év tapasztalatait is.

Az előadás további részében a témaköröket ismertette előadónk úgy, mint a megújuló energiák hasznosítása, a szabályozási környezet, a középületek energetikai auditálása, az ipari üzemek energiaveszteség feltárási tapasztalatai, az alternatív hajtású gépjárművek és a hatékony energiatermelési módok.

Nagy Péter ismertette a vizsga lebonyolításának lépéseit operatív tekintetben (kérdések száma, megoszlásuk). Ezen felül 4 új blokkal bővül a továbbképzés, melyek az energiatudatos használói magatartás és eszközei, a méréstechnika, az energiafelügyeleti rendszerek, a sűrített levegős rendszerek és a hűtésrendszerek.

Boguszlavszkij Gergely

Az Energiahatékonysági Kiválósági Pályázat díjazottak előadásai

Levezető elnök: Oletics Zoltán

Szekció titkár: Szirtes Máté

A konferencia megnyitója utáni plenáris előadásokat követő, az Energiahatékonysági Kiválósági Pályázat díjazottjainak előadásait tartalmazó szekciót a levezető elnök, **Oletics Zoltán** nyitotta előadásával, melyben bemutatta a Virtuális Erőmű Programot és a Kiválósági Pályázatot.

A szekció következő előadását **Nagy János,** a Világítástechnikai Társaság elnöke tartotta. Előadásában az egyszerű lámpacsere, valamint a komplex méretezést igénylő világításkorszerűsítés lehetőségeit hasonlította össze, ipari csarnokok tekintetében. Az előadás tanulsága alapján kritikus fontossága van a világítástechnikai méretezésnek, illetve amennyiben szükséges, akár a lámpatestek fizikai áthelyezésének is.

A következő előadó **Szűcs Gergely** volt, a TEVA Gyógyszergyár Zrt. képviseletében. Előadása során bemutatta a TEVA aktuális energiahatékonysági fejlesztéseit, valamint beszámolt az eddig elért hatékonysági eredményekről a gyógyszergyár energetikai rendszereiben, ismertetve az energiamegtakarítás érdekében figyelembe veendő legfontosabb tényezőket is.

A szekciót **Radvánszky Bertalan** előadása zárta a Pécsi Tudományegyetem képviseletében. Előadásában bemutatásra került az egyetem energiahatékonysági és környezetvédelmi programja. A program középpontjában a fenntarthatóság és az ökológiai tudatosság áll, melyből kiindulva az egyetem számos közlekedési, étkeztetési, valamint hulladékkezelési intézkedést eszközölt az utóbbi időben..

Szirtes Máté

1.1 Szekció – Energiapolitika

Levezető elnök: Dr. Sztranyák József
Szekció titkár: Molnár Martin

A szekció első előadásában **Bakács István,** az ETE elnöke foglalta össze gondolatait az új Nemzeti Energiastratégiával kapcsolatban. Meglátásai szerint a tervezet jobb, konkrétabb, mint a 2011-ben kiadott változat, és megfelel az EU jelenlegi elvárásainak. Kiemelte továbbá, hogy a klímavédelmi dimenzió talán túl erős az ellátásbiztonságihoz képest, és hogy a villamosenergia-rendszer szabályozhatósági követelményei nincsenek eléggé magas prioritással kezelve.

Dr. Molnár László, az ETE főtitkára előadásában bemutatta a globális gazdasági és energetikai helyzetet, a fő hangsúly pedig az EU gazdasági esélyeire került. A statisztikai adatokból való becslése szerint a klímacélok nem fognak teljesülni a primerenergia-felhasználás miatt, majd ezek után bemutatta a Tiszta Energia Projekt jelenlegi helyzetét.

Dr. Zsebik Albin előadásában kiemelte, hogy a köz- és lakóépületek korszerűsítése fontos szerepet kap az új nemzeti energiastratégiában és a kapcsolódó dokumentumokban meghatározott célkitűzések elérésében. Ezért a célkitűzések eléréséhez meghatározott intézkedések pontosításához, a korszerűsítések tervezéséhez és megvalósításához nélkülözhetetlen az épületek energiafelhasználása bázisértékének, illetve az alapállapotának meghatározása országos szinten, majd épületenként.

Az ezzel foglalkozó szakmai műhelyekben erre különböző módszereket alkalmaznak. Az előadásban az eddigi elemzések és tapasztalatok alapján ismertette ehhez kapcsolódó javaslatait.

Hangsúlyozta, hogy a korszerűsítés épületekre vonatkozó, vagy országos szintű tervezése során a matematikai modellezés és az épületenergetikai számítások mellett nagyon fontos a bázisértékek tényleges energiafelhasználás alapján történő meghatározása. Példaként mutatta be a lakásuk energiafelhasználása alapján meghatározott alapterületre vetített fajlagos energiafelhasználás és a 2015. évi Nemzeti Épületenergetikai Stratégia dokumentumban szereplő, átlagosnak tekintett fajlagos primerenergia-felhasználás közötti eltérést. Rámutatott arra, hogy az épületek fajlagos fűtési hőfelhasználása napjainkban már két jól elkülöníthető csoportba sorolható, s két eloszlásfüggvénnyel ábrázolható. Az egyik az eredeti állapotban levő, a másik a korszerűsített épületek eloszlását mutatja. Szakpolitikai intézkedésekkel lehet befolyásolni az egyikből a másikba való átmenet sebességét.

Ismertette, hogyan alkalmazták a nagyszámú épületek esetében a reprezentatív módszert, majd bemutatta, hogyan javasolja szemléltetni a döntéshozók számára az különböző energiahatékonyság növelő intézkedések által elérthető megtakarításokat. Fontosnak tartja az energiahatékonyság növelését eredményező intézkedések rangsorának megállapítását, a beruházási költségigény függvényében a várható megtakarítás szemléltetését, s annak jelölését, hogy a felújítás során milyen költséggel lehet elérni a különböző energetikai minőség kategóriákat.

A távhő szerepe a levegőtisztaság és klímavédelemben a ,,TMN rendelet" tükrében címmel tartott előadást **Némethi Balázs,** a Főtáv Zrt. üzemviteli irányítási osztályvezetője. A prezentációban kiemelt hangsúlyt a távhő energiastratégiában betöltött szerepe kapott.

Ezt követően **Molnár Szabolcs,** a Pöyry Erőterv Zrt. főmérnöke mutatta be a hulladékégetés szerepét az emissziómentes városokban. Előadásában ismertette az urbanizáció hatásait és a vegyesen gyűjtött települési szilárd hulladék erőművi körölmények közötti termikus hasznosításában rejlő lehetőségeket. Kiemelte, hogy a hulladékgazdálkodás legnagyobb problémája, hogy az illető számára mindegy hol lesz hulladék kezelése megoldva, amennyiben az tőle eléggé messze van.

A szekciót **Dr. Horn János** zárta a természeti erőforrások vizsgálatával, aki előadásában a fő hangsúlyt a hévizekre helyezte. Bemutatta a geotermikus energiára vonatkozó kormányrendeletet, a kormányzati törekvéseket és ismertette a hazai adottságokat.

Molnár Martin

1.2. szekció – Ipari üzemek és folyamatok energiahatékonyságának növelési lehetőségei

Levezető elnök: Hunyadi Sándor
Szekció titkár: Székely László

A szekció első előadója **Fehér Károly** volt, előadásának címe pedig Hőveszteség csökkentési lehetőségek az iparban. Az előadás során egy olyan termék került bemutatásra, melynek fő célja a hőveszteségből adódó veszteségek minimalizálása szigetelések, illetve szigetelő paplanok használatával. Az előadó kiemelte, hogy ezek a megoldások megvalósíthatók és számos ipari példa bizonyítja, hogy már van ehhez hasonló működőképes rendszer.

A szekció második előadója **Nagy Tibor** független auditor volt, aki „Ipari auditálási tapasztalatok 2015 − 2019 években az MSZ ISO 50001 és a MEKH előírásai alapján" címmel tartotta meg előadását. A cím rendkívül sokatmondó, hiszen a fókuszban az aktuális szabályzatoknak megfelelő ipari megoldások bemutatása, valamint a közelmúlt tanulságai kerültek összefoglalásra. Az éves MEKH jelentések túl kevés eredményt dokumentálnak az auditálások megállapításaiból, és az éves 50001 felülvizsgálatok több esetben feltárnak hatékonyságban nem javuló energia irányítási rendszereket. A szabályozás vagy az érdekeltség erősítése szükséges.

A következő előadó **Kertész Sándor** Úr volt, előadása pedig a Mikrogridek elvi működése és alkalmazása címet viselte. Az előadás során széleskörű áttekintést kaphatott a közönség a mikrogridek elméleti hátteréről. Ezen kívül bemutatásra került egy saját fejlesztésű EMS vezérlő, egy mikrogrides rendszeren belül. Az eszköz újszerűsége és fő funkciója a többi hasonló eszközhöz képest a forecasting − vagyis az előrejelzés − és az optimalizáció.

A program szerint haladva a következő előadó **Tasnádi Levente** volt és a Napenergia hasznosítás az iparvállalatoknál címmel tartotta meg előadását, melynek során áttekintést kaphattunk az energiaipari trendekről, elsősorban kitérve a naperőművekre. Tasnádi Úr kihangsúlyozta a pontos tervezés fontosságát és számos példát – negatív és pozitív példát egyaránt – mutatott be mindezek alátámasztására.

A szekció záró előadója **Fajka Géza** úr volt és előadása az Energiamenedzsment gyártótól gyártóknak, felhasználóktól felhasználóknak címet viselte. A téma bevezetéseként egy energiairányítási rendszerről volt szó, mely az előadó úr saját cégének saját terméke. Az előadás során részletesen foglalkoztunk néhány lényeges ponttal, köztük olyanokkal, mint az intézkedések és korszerűsítések fontossága, melyhez kiemelten fontos pontos üzemi mérők megléte. Fajka Úr rávilágított arra is, hogy a villamos adatok mellett sok eltérő típusú információra is szükség van.

Székely László

2.1 szekció – Épületek energetikája és energia ellátása

Levezető elnök: Nagy Péter
Szekció titkár: Boguszlavszkij Gergely és Kertész Dávid

A szekció a plenáris teremben került lebonyolításra, ahol az előadók az épületek korszerűsítésével, auditásával és automatizálásával kapcsolatos tapasztalataikat osztották meg az érdeklődő közönséggel.

A szekciót Matuz Géza előadása nyitotta meg, melyben a szellőzési rendszerek energiafelhasználásának csökkentésével foglalkozott. Kitért arra, hogy hogyan lett olcsóbb a szellőzési rendszerek üzemeltetése az elmúlt 10-15 évben, valamint bemutatta a szabályos TNM rendelet erre vonatkozó részeit. Az elfogyasztott villamos energia csökkentésére vonatkozólag hét lehetőséget tárt az érdeklődők elé:

- Szellőzési üzem idejének csökkentése
- AC villamos motorok hatásfokának javítása
- Új, jobb hatásfokú EC motorok
- Ventilátorok hatásfokának növelése
- Légkezelők működésének optimalizálása
- Régi légkeverők felújítása, pl.: hővisszanyerők beépítésével
- Hőszivattyús fűtés-hűtés légkezelővel

A második előadó **Erhardt Tamás** volt, aki az irodaépületek energiahatékonyságának korszerűsítését mutatta be az érdeklődő közönségnek, mely során egy konkrét esettanulmányra részletesen is kitért. Bemutatásra kerültek a Siemens épületekre vonatkozó szabályozástechnikai termékei egészen az integrált épületfelügyeleti rendszerektől az érzékelőkig. Ezek után az előadó rátért a kompakt szabályozó rendszerekre, melyeknek a nagy előnye, hogy paraméterezhetők, így nem kell nagy rendszerintegrátorokkal együtt dolgozni közepes méretű épületek esetén. Végezetül egy kiskunhalasi hőszivattyús rendszer esettanulmányát ismerhette meg a közönség.

Az esettanulmány rámutatott arra, hogy a nem kellően összehangolt és szabályozott gépészeti rendszerek teljes bekerülési költsége ugyan alacsonyabb, azonban ez indokolatlan és nagyarányú túlfogyasztáshoz vezethet. A megfelelő szabályzás kialakításával ugyan valamelyest megnő a bekerülési költség, de ez az invesztíció akár 1-2 szezon alatt is megtérülhet, nem beszélve az átlátható és komfortos működtetésből adódó alacsonyabb karbantartási költségekről. Azaz, a szabályozás a leggyorsabban megtérülő beruházási elemek egyike.

Dušan Petráš „Épületenergetikai auditálás tapasztalatai ipari létesítményekben" című előadását távollétében dr. Zsebik Albin ismertette. Az előadásban a szerző a veszteségfeltárásra vonatkozó ISO 19011 és ISO 17021 szabványokra hivatkozva mutatta be az audit definícióját. Rámutatott arra, hogy összhangban a 2012/27/EU irányelvvel az auditot belső szakértők, vagy jegyzett auditorok végezhetik. Ezt követően ismertette az auditálás lépéseit, az ellenőrző listák (checklist) fontosságát, − előnyeit és hátrányait – a „visszatekintő" és a „nyomkövető" auditokat és várható eredményeit.

Felhívta a figyelmet, hogy a reprezentatív módszer alkalmazása során a minták kiválasztásánál figyelemmel kell lenni a teljes rendszer és üzemviteli időtartam lefedésére. Szem előtt kell tartani, hogy ipari létesítményekben folyamatokat auditálunk.

A szekciót **Kulifai Zoltán** előadása zárta, aki arról beszélt, hogy a rendszerintegrátorok miként tudnak hozzájárulni a vállalatok energiahatékonyságának növeléséhez. Az előadó felhívta a figyelmet az IoT térhódítására és a digitális transzformáció fontosságára.

Boguszlavszkij Gergely, Kertész Dávid

2.2 szekció – Tehetséges fiatalok az energetikában

Levezető elnök: Dr. Gács Iván
Szekció titkár: Barta Péter Dávid

A szekcióban a BME Energetikai Szakkollégium tagjai tartottak előadást. A szekció levezető elnöke **dr. Gács Iván,** a BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék nyugalmazott egyetemi docense volt.

Az első előadó **Barta Péter Dávid** volt, előadása pedig a Szervezett piacok likviditását és fejlettségét értékelő keretrendszer kidolgozása címet viselte. A kutatás célja egy olyan speciális módszer megalkotása, mely segítségével egyszerűen és egységesen értékelhető egyes villamosenergia-piaci szegmensek likviditása. Az értékelés célja, hogy a módszer segítségével piacfejlesztési javaslatokat lehessen megfogalmazni a villamosenergia-piac üzemeltetők számára.

A szekció második előadója **Boguszlavszkij Gergely,** aki egy urán tartalmú boroszilikát üveg szerkezeti és kémiai stabilitásának a vizsgálatát mutatta be. A vitrifikáció egy hulladékkezelési eljárás, mely során a nagy aktivitású radioaktív hulladékokat stabilizálják amorf anyagban. A meghatározott boroszilikát üveghez 10-20-30-40 tömegszázalékban adtak hozzá uránt és vizsgálták diffrakciós méréssel és Reverse Monte Carlo szimulációs eljárással a szerkezeti tulajdonságokat, és az urán szerkezetre gyakorolt hatását. A munka második felében kioldódási kísérleteket végeztek a mintákra, amely választ ad arra, ha a mélygeológiai tárolóba vízbetörés történik és hogy ebben az esetben menynyi és milyen atom oldódik ki a kialakult hulladék-üveg mátrixból.

Bohunka Dávid egy villamos autó töltőállomás hálózatra gyakorolt hatását mutatta be az előadásában, melyben egy töltőállomás többféle érkezési karakterisztika alapján létrehozott teljesítményfelvételi görbéit tanulmányozta. A teljesítményfelvétel kielemzését követően bemutatta a saját, középfeszültségű hálózatmodelljét, amelyre elvégezte a hálózatszimulációt, illetve a hálózatmodellbe beépített lakossági fogyasztói profilt is. Mindezek után a villamos töltőállomás különböző teljesítményfelvételével vizsgált hálózatszimulációs eredményeit mutatta be, itt elsősorban a feszültségingadozásra hegyezte ki a hangsúlyt. A feszültség görbék kiértékelése után összefoglalta, hogy milyen következményei lehetnek egy ilyen nagy energiaigényű, és változó teljesítményfelvételű fogyasztónak, mint az elektromos autó töltőállomás.

Kertész Dávid előadásának fő üzenete az volt, hogy az adatbányászat, mint egyfajta eszköz, nagymértékben hozzájárulhat az újonnan jelentkező energetikai kihívások megoldásához. A prezentáció során az előadó bemutatta az adatbányászat alapjait, valamint ismertette azon energetikai területeket, ahol érdemes adatvezérelt módon működni. Az adatbányászatban rejlő tényleges lehetőségeket pedig egy konkrét projekten keresztül mutatta be, melynek célja a nagyfogyasztók fogyasztás alapú klaszterizálása volt. Az eredményei segítenek a nagyszámú ügyfélcsoportok egységesebb kezelésében és a rájuk jellemző tulajdonságok megismerésében.

Molnár Martin a villamosenergia-rendszer kiberbiztonságáról tartott előadásában a fő fókusz a kisfeszültségű villamos hálózatra került. Az elmúlt években egyre több kibertámadás érte a világ kritikus infrastruktúráit, melynek legfőbb oka az IoT eszközök térhódítása. Egyre több internethez csatlakozó eszköz jelenik meg a villamos hálózatokon is, melyek sebezhetővé teszik a rendszert. Az előadás során bemutatta a kibertámadások kategorizálási és modellezési lehetőségeit, és különböző védekezési stratégiákat is ismertetett. A kutatómunka szerint az eliminatív megközelítés helyett a preventív módszerek alkalmasak megfelelő biztonságot nyújtani. Az érdeklődők megismerkedhettek továbbá a kisfeszültségű hálózat legsebezhetőbb pontjaival, néhány támadástípussal és azok lehetséges következményeivel.

Pap Kristóf Gyula prezentációját előadásának címének elemzésével kezdte, melyet a címet alkotó kifejezések magyarázata követte. Bemutatta a poligeneráció lépcsőit, valamint azt, hogy milyen feltételek mellett nevezhető egy energetikai rendszer szigetüzeműnek, illetve félautonómnak. Kutatásának fő eleme egy gázmotoros működésen alapuló energetikai rendszer gazdasági elemzése, melynek részletes bemutatása érdekében részletezte a gázmotor felépítését. Az egységköltség vizsgálat során arra a következtetésre jutott, hogy a gázmotor üzemeltetése gazdaságos, ha a fő profilunk a villamosenergia-termelés. Amennyiben a profil a hőenergia irányába tolódik el, a megtérülés a gázmotor kihasználási óraszámának függvénye.

Mihók Anna előadásában egy áttekintést hallhattunk a gázturbinás erőművek általános alkalmazási területeiről, a különböző műszaki megvalósítások előnyeiről és a köztük lévő műszaki eltérésekről. Részletesen bemutatásra kerültek az aeroderivatív gázturbinás erőművi blokkok, és használati lehetőségeik a világ különböző területein. Az előadás során megismerkedhettek az érdeklődők a gázturbinák jövőbeni alkalmazási területeivel és az előremutató fejlesztési irányokkal, megoldásokkal. Ezen túlmenően bemutatott egy vállalati hatékonyságnövelési menedzsment módszert, a lean-t, melyet a legnagyobb gyártók próbálnak alkalmazni az erőművi berendezések minél hatékonyabb előállítása érdekében.

Szirtes Máté előadása a transzformátorok gyártástechnológiája során elengedhetetlen fontosságú részleges kisülés mérés megújításáról szólt. A bemutatott kutatás célja egy helymeghatározó mérő- és jelfeldolgozó rendszer fejlesztése, ami a detektált kisülés elsugárzott elektromágneses jeleinek mérése alapján képes meghatározni a szigetelési hiba pontos térbeli pozícióját. Egy erre a célra kialakított rendszer jelentős mértékben felgyorsíthatja a hibahelyek megtalálásának és javításának procedúráját, ezzel pénzt és időt spórolva a gyártónak, valamint növelve a berendezés hosszútávú megbízható működését.

Székely László előadása az ipari elektrosztatika témakörében az elektrosztatikus porleválasztó berendezések leválasztási fokának javításáról szólt. Bevezetésként a berendezés egyszerűsített felépítését mutatta be, majd több különböző hatást, amely jelentősen rontja a leválasztás hatásosságát. A kutatási fázisban porvizsgálatokat végzett, amelyben hőmérséklet függésében vizsgálta a por villamos ellenállását és relatív permittivitását, száraz és gőz adagolásával nedvesített porok esetén. Végső konklúzióként a száraz és nedvesített por jellemzőit hasonlította össze, és következtetésként javaslatot tett a hatásosság növelése érdekében.

Táczi István bemutatta a forgó tömeg nélküli villamosenergiatermelők alapvető rendszerhatásait, majd ismertette a villamosenergia-rendszerek stabilitásával kapcsolatos alapfogalmakat. A nemzetközi helyzetkép elemzésével rámutatott arra, hogy a forgó tömeg csökkenése a rendszerméret függvényében három jól elkülöníthető kategóriában – mikrogridek, kiterjedt szigetüzemű rendszerek és nagy együttjáró rendszerek – más-más intézkedéseket kíván, valamint javaslatot tett a stabilitás fogalomkörének termelői összetétel alapú kibővítésére. Ezután a smart grid koncepció adta lehetőségek – kiterjedt mérési és kommunikációs rendszerek, fejlett irányítási struktúrák – elemezte, konkrét példán bemutatva azt, miként lehet a forgó tömeg nélküli termelők hatását számszerűsítve beépíteni a stabilitásszámításokba.

Barta Péter Dávid

3.1 szekció – Az E-mobilitás szerepének növekedése környezetvédelem és gazdaságosság

Levezető elnök: Tompa Ferenc
Szekció titkár: Pap Kristóf Gyula

Sajnos ebben a szekcióban a tervezett hat előadásból csak három előadás került megtartásra a koronavírus helyzet miatt.

Az első előadást **Nagy Péter** tartotta az emobilitáshoz kapcsolódó infrastruktúra fejlesztési nehézségeivel kapcsolatban. Előadásában kitért arra, hogy milyen jogszabályi vonatkozásai vannak a töltőhálózatok beszerzésével, telepítésével és üzemeltetésével kapcsolatban. Részletesen bemutatta, hogy miként alakulnak a töltőoszlopok tarifarendszerének meghatározása, arra milyen rendelkezéseket hoztak a szabályozó szervek. Ismertette a töltőbeszerzésekkel kapcsolatos piaci helyzetet, bemutatta honnan lehet berendezéseket beszerezni, milyen specifikációkkal rendelkeznek.

A második előadást **Gács Iván** tartotta, mely során bemutatta az emobilitás környezetre gyakorolt hatását a villamosenergia-rendszer szempontjából. Kiemelte, hogy milyen lokális, kontinentális és globális hatásai lehetnek a megnövekedett villamosenergia-igénynek. Kiemelte, hogy nagy mennyiségű elektromos jármű milyen hatással van a hálózatra, milyen igényváltozások léphetnek fel, valamint ezeket az igényeket összevetette a megújulók (főleg a napenergia) okozta termelésváltozásokkal is. Számításai során bemutatta, hogy a jelenlegi energetikai rendszer szempontjából mennyi egy elektromos jármű CO_2 kibocsátása kilométerenként.

Harmadik előadónk **Dervalics Ákos** volt, aki rendhagyó előadással készült az idei konferenciára. Előadásában egy szituációs játékra kérte fel a hallgatóközönséget, mely során a fogyasztói igények és döntések fontosságára hívta fel a figyelmet. A játék során a résztvevőknek energetikai, pénzügyi és időmenedzsment döntéseket kellett hozniuk emobilitás témakörében. A játék eredményeképp láthatóvá vált, hogy egyes döntések nyomán nagyban eltérő eredmények érkeztek, melyek mentén fel tudta vázolni a fogyasztói viselkedés hatásait. Az előadásban kiemelte, hogy milyen gazdasági döntési lépcsői vannak egy elektromos autó vásárlásnak, valamint egy lakossági HMKE telepítésnek.

Pap Kristóf Gyula

3.2 szekció – ISO 50001 szabvány változásai és a tanúsítás tapasztalatai

Levezető elnök: Tánczos Lajos
Szekció titkár: Székely László

A szekció első előadója **Kéki Zsuzsanna** volt, aki a módosított ISO 50001-es szabványra való átállásról beszélt. Az előadás egy felméréssel indult, melynek témája a ISO szabványcsalád volt. A felmérés után az MSZT tanúsítási szolgáltatásairól volt szó, melyet az ISO 50000 Szabványcsalád fontosabb elemeinek megemlítése és bemutatása követett. Az előadó két lényegi csoportra osztotta a változásokat, melyek a felépítés ügyi és fogalmi változások csoportjai.

A második előadó **Tóth Valéria,** a Magyar Posta minőségügyi vezetője volt. A közel 30 ezer főt foglalkoztató részvénytársaságnak 1754 saját és 979 bérelt épülete van, melyekre jellemző a sokszínűség (10 évestől 100 évesig, szigetelt és szigetelésre váró stb.). A gépjárműflotta 4455 autót számlál, jelenleg közülük 120 elektromos meghajtású, de évente folyamatosan bővül a „zöld" autók, motorkerékpárok száma. A Posta energiafelhasználásának 60%-át a villamosenergia, földgáz, távhő; a fennmaradó 40%-ot a gépjárműflotta üzemanyag felhasználása teszi ki. Az előadó elmondta,

hogy a Posta Integrált Irányítási Rendszerébe jól illeszkedett az ISO 50001 bevezetése 2016-ban, melynek megújító auditja 2019-ben már az új EgIR szabvány szerint történt. Az előadó beszámolt arról, hogy miként és mivel készültek fel a megújuló auditra: a legnagyobb kihívás a tudatosítás és az új EgTM-ek kidolgozása volt, a folyamatos fejlesztést pedig több újdonsággal igyekeztek bemutatni a tanúsítónak. Az új szabvány szerinti tanúsítványt a Magyar Posta megkapta. Az előadás végén a további fejlődési lehetőségek lettek kiemelve, melyek iránya az adatelemzés, az üzemanyag szorzók felülvizsgálata, az épületkihasználtság, -felújítás, szorosabb kommunikáció a dolgozókkal, valamint a tudatosság fejlesztése.

A következő előadó a szekcióban **Buzna Levente** volt az SGS Hungária Kft. részéről, aki a szabvány átállással kapcsolatos tapasztalatokról és lehetséges rendszerkockázatokról beszélt. Kiemelte, hogy a szabványátállást lehetőségként kell értékelni és a kapcsolódó erőforrásokat a rendszer gyakorlatiassá tételére javasolt összpontosítani. Fontos, hogy próbáljuk meg a rendszer összefüggéseit keresni, mégpedig a szervezet környezete, az érdekelt felek, az EgIR folyamatok és a kockázatértékelés között. Az előadó feltette a kérdést, hogy mi is a tanúsítás célja? Lehet a cél csak a tanúsítvány megszerzése, vagy az átgondolt, átlátható működés és ennek minden pozitív hozadéka. Az előadó mutatott néhány elemzési hibát is. Tipikusan előforduló elemzési hiba a nem megfelelő teljesítménymutató, és ennek okán állandóan hibán „álló" rendszer.

Balogh Gábor tervezett előadása sajnálatos módon elmaradt a koronavírushelyzetre való tekintettel.

Papp Zsolt Csaba viszont megtartotta előadását, melynek címe Kockázatok kezelése az energetikában. Kockázatot elemezni, csökkenteni, valamint kezelni kell, például megelőzéssel. Az előadó beszélt az eddigi tapasztalatokról és rámutatott, hogy jelenleg nincs kialakult módszer és struktúra a kockázatmenedzsmentre. Első lépésben szükség lenne egy módszerre (FMEA, ISO 21000:2018). Az Előadó Úr végig vezette a közönséget a tervezési feladatokon, bemutatta a felmerülő problémákat, illetve azok megoldásait, valamint javaslatait egy saját módszert használva.

A szekció záró előadását **Dr. Precskó József** tartotta, mégpedig a figyelemfelkeltő Akció vezérelt csapongás helyett, rendszerszintű működés címmel. Az előadás során különböző példák kerültek bemutatásra, különböző problémákat, illetve ezek megoldásait tárgyalva. Az Előadó Úr kiemelte, hogy vannak helyzetek, amikor nélkülözhető a dokumentált menedzsment rendszer, valamint tárgyaltuk, hogy mit nyújt az irányítási rendszer. Az első a Plan-Do-Check-Act folyamat, melynek egyes részei is bemutatásra kerültek.

Székely László

Kerekasztal beszélgetés − Az energetikai szakpolitikai intézkedések eredménye − visszásságok és turpisságok az energetikai auditori és szakreferensi munkáknál

Moderátor: Czinege Zoltán

Szekció titkár: Mihók Anna és Kertész Dávid

A kerekasztal beszélgetés moderátori szerepkörében a levezető elnök úr Czinege Zoltán az Association of Energy Engineers Magyar Tagozatának elnöke tűnt fel, a beszélgetés célja pedig a cím szerint az volt, hogy a szakreferensi szakma mindegyik oldalának képviselői meg tudják beszélni a szakpolitikai intézkedések eredményét.

Az első vitaindító pont a TAO elszámolás folyamatának bemutatása volt. Az elszámolási metódusnak résztvevője az auditor, a projektgazda, a NAV a MEKH és a Pénzügyminisztérium is, természetesen más-más szerepkörben. A MEKH szakmai támogatást és audit ellenőrzést nyújt az auditorok számára, akik a lehető legjobban igyekeznek ellátni a feladatukat. A projektgazda joga, hogy szükség esetén számonkérje az auditorokat, a NAV joga pedig, hogy szükség esetén büntetést szabjon ki a projektgazdákra.

A második vitaindító kérdés a folytonosságra, illetve annak hiányára utalt. Itt a kérdés lényege az volt, hogy az előző pontban tárgyalt folyamat és a szereplők közötti kapcsolat milyen mértékben áll fent, illetve megvan-e az egyes szereplők kompetenciája az adott jogkörök ellátásra. A vitapont során Czinege Úr és a közönség az alábbi alkérdéseket tárgyalta:

- **Hogyan tudja megítélni a projektgazda az elszámolhatóság energetikai ismereteket igénylő kérdéseit?**
- **Kötelessége-e az auditornak nyilatkozni az elszámolhatóságot korlátozó feltételekről?**
- **Ha nem, akkor kinek?**

A következő vitapont arról szólt, hogy pontosan mit lehet és mit érdemes TAO-zni? Ez lényegében azt jelenti, hogy mely energiahatékonysági beruházások esetén jár az adókedvezmény és melyek azok, amelyek esetében kifejezetten érdemes ezt igénybe venni. A vita során az alábbi alpontokra tértek ki és az alábbi megállapításokat tették a felek.

- **Gyakori hibás értelmezés a kiadott tájékoztató anyagokban is**
- **A folyosón is sok eltérő értelmezés …**
- **Az auditor általában nem foglal állást**
- **PM csak a pénzügyi elszámolási kérdésben illetékes**
- **MEKH jogalkalmazó, nem foglalhat állást → GYIK**

Az utolsó előtti vitapontban a felelősségi körök kérdését tárgyalta a hallgatóság. A 176/2017. (VII. 4.) Kormányrendelt kimondja, hogy a felelősség az auditoré, hiszen ő állapítja meg, hogy az adott beruházás megfelel-e a Tao. tv. szerinti energiahatékonysági céloknak, illetve minden rendeletben foglalt feltételnek. Kérdésként merült fel, hogy ebben a rendszerben hol kapnak helyet az EU-s minimumkövetelmények és jogszabályok.

.

Mihók Anna, Kertész Dávid

4.1-2 szekció Almérési rendszerek az energiahatékonyságért

Levezető elnök: Haddad Richárd

Szekció titkár: Bohunka Dávid és Szirtes Máté

A konferencia utolsó, de dupla szekcióját **Baráth Géza** a Magyar Energetika és Közműszabályozási Hivatal munkatársa nyitotta meg, a konferencia egyik fő tematikáját adó villamos almérők és azok alkalmazásainak témakörében.

2020 január elején kijött az ezzel kapcsolatos rendelet, mely szabályozza az almérők beszerelésének szükségességét és követelményeit. Az igény erre a törvényre a szakma gyakorlói részéről jött, hiszen ezek a mérések nagyban megkönnyítik a szakreferensek munkáját. A cél az, hogy a különböző energetikai felmérések a lehető legszínvonalasabbak lehessenek. Természetesen a jövőben további pontosításokra lehet számítani a rendeletet illetően, hiszen a jelenlegi csak az első verzió. A rendeletben definiálva van az almérő, mint fogalom, valamint az almérőt kihelyezésére kötelezett cégek köre, illetve az, hogy a nem teljesítő cégek szankciókra számíthatnak bírság formájában. Baráth Úr az előadás végén különbö-

ző példák segítségével igyekezte elősegíteni a rendelet könnyebb megértését.

A szekció második előadója **Rátkay Gábor** volt, aki a szakreferens és az almérő rendszerek kapcsolatát mutatta be. Az előadását Argenting Kft. a Vodafone-nal történő együttműködése által vezette fel és elmondta, hogy az energiamonitoring területén más cégek eszközeit is integrálják. Az előadó több kiskapura is felhívta a figyelmet a rendeletben, ezek pontosítására adott javaslatot, valamint egyéb, a rendelkezéssel kapcsolatos kritikákat jegyzett meg. Magát az almérés fontosságát több szempont alapján is bemutatta példákkal. Az előadó véleménye szerint a szakreferensek és a szakreferensi tevékenység felértékelődik a jövőben.

A harmadik előadó **Cseh Zoltán** volt, előadása pedig az „EnerIT IoT Smart Energy & Sensor portfólió elemei az energetikai auditálás és a szakreferens munka során" címre hallgatott. Az előadás során egy saját komplex almérési megoldás került bemutatásra. Egy eszköz 2, 3 vagy 7 fogyasztó árammérését, a kapcsolódó vonali feszültség anomáliáinak a detektálását beleértve az áramszünetet, továbbá vezérlő és különböző (pl.: hőmérséklet, páratartalom, CO_2…) szenzorokat tartalmaz, amelyek adatai 1-min bontásban kerülnek az eszközön tárolásra. Az eszköz többféle kommunikációs csatornán (pl.: GSM, NB-IoT, Ethernet, WiFi, LoRa, PLC) keresztül 1-min alapon továbbítja az adatokat az EnerIT felhő alapú IoT Platformjába, ahol az adatok a magas rendelkezésreállást és szolgáltatás jellemzőket szem előtt tartva több párhuzamos szálon kerülnek tárolásra, feldolgozásra, illetve elemzésre. Az EnerIT IoT Platformján keresztül a mérési, felügyeleti és szenzor adatok valós időben megtekinthetőek, és további különböző, az ügyfelek igényeihez igazodó adatvizualizációs lehetőségek állnak rendelkezésre az adatok megjelenítésére és elemzésére. Ezáltal könnyen beazonosíthatóak lehetnek a legkülönbözőbb szakreferensi munkához kapcsolódó anomáliák, és az eddig nem látott veszteség pontok is feltárásra kerülhetnek.

A következő előadó **Hunyadi Sándor** volt, aki arról beszélt, hogy miként építsünk fel egy jól használható mérőrendszert. Előadása elején elmondta, hogy nagyon fontos a mérés meghatározása, hiszen az almérés minimum feltételei már rendeletben vannak rögzítve. Az előadótól hallhatuk a rendelet főbb pontjainak, a mérésekre vonatkozó főbb kritériumait. Véleménye szerint a jó mérés kritériumai a szükséges energetikai és műszaki adatok meghatározása, valamint az ehhez szükséges szoftveres, hardveres háttér biztosítása. Példák segítségével bemutatta a különböző eszközök kiválasztásának előnyeit, illetve hátrányait is.

A programban **Aradi Tamás** előadása következett az igen beszédes Energetikai adatgyűjtés és feldolgozás számlákból, mérők adataiból, szolgáltatói oldalakról − E-KÖZÜZEM szoftverrendszer címmel. Az előadás elején összefoglalásra kerültek az energiaköltségek összetevői, valamint a magyar elosztói rendszer is. A következő részben az elosztóhálózati adatgyűjtés fontossága lett kiemelve, valamint bemutatásra került a E-KÖZÜZEM, ami egy komplex adatgyűjtő rendszer, amely integrálja a papíralapú számlát, az E-számlát, az okos mérést és az online inverter adatokat is. Az előadás második felében részletesen bemutatásra került az E-KÖZÜZEM, és ki lett emelve, hogy a rendszer műszaki és pénzügyi adatokat is gyűjt az energetikai rendszerről.

A záró szekció **Laczó Pál** előadásával folytatódott, aki az IPSOL Zrt. műszaki igazgatója és előadásában az ipari létesítmények almérési rendszereiről beszélt. Az előadás bevezetésében bemutatta az adatgyűjtő és adatfeldolgozó rendszerek sajátosságait általánosságban, majd rátért ezen rendszerek architektúrájára. Elmondta, hogy ezek három fő alkotóelemből tevődnek össze, melyek a jeladós mérők, a mérések bemenetei és a mérések kimenetei. Az előadás végéhez közeledve bemutatásra került az ENEFEX® - Energy Efficiency Explorer, ami egy energiafelügyeleti szoftver.

Az utolsó előtti előadó Sitku György energetikai auditor volt, aki az energetikai auditban javasolt intézkedések által elérhető energiamegtakarítások nyomon követésének és almérések kialakításának módszereiről beszélt. Előadása elején kiemelte, hogy az energiafogyasztási megtakarítások rendkívül változók és sok szezonális hatás érződik rajtuk. Ezután a mérés fogalmát definiálta pontosan és kiemelte, hogy a mérés alapja az összehasonlítás. Kiemelte a mérési hibák kezelésének fontosságát, majd számos matematikai modellt mutatott be különböző mérések elvégzésre és értékelésére.

A konferencia záró előadása **Czinege Zoltán** nevéhez fűződik, aki ezúttal az Alfeped Kft képviseletét vállalta el. Előadásában pedig az almérők alkalmazását mutatta be, mégpedig szakreferensi szemmel. Az előadás első felében a megfelelő szakreferensi magatartásra hívta fel a figyelmet és kiemelte, hogy nagyon fontos az aktív részvétel a rendelet fejlesztésében. Kiemelte, hogy a rendelet közös értelmezése nagyon előnyös tud lenni, valamint elmondta, hogy érdemes tanulni az ISO 50001-es szabvány logikájából. Az előadás utolsó részében három pontba szedve fogalmazott meg ajánlásokat az almérési rendelet fejlesztésére, melyek az alábbiak voltak:

- Jelenjen meg a mérőrendszer fogalma a Rendeletben
- Ne a beépített teljesítmény ismerete legyen elvárt
- Definiáljuk az energiagazdálkodási célt

Bohunka Dávid, Szirtes Máté

Jegyezze be naptárába:

KLENEN '21

2021. március 10-11.

Jelentkezés előadásokkal és termékbemutatókkal a klenen@congress.hu címre

Határidő: 2020. október 15.

További információ a www.klenen.eu honlapon

Korszerűsített energiahatékonyság

A mi energiamonitoring megoldásunkkal

Egyetlen rendszerben felügyelheti több épület, telephely villamos-, hőmennyiség- és gázfogyasztását, illetve a helyiségek hőmérsékletét. Megoldásunk segít teljesíteni a törvényi kötelezettségét, akár a meglévő energetikai mérőműszerek és szoftverelemek megtartásával is.

A jövő izgalmas.

Ready?

vodafone business

67. VÁNDORGYŰLÉS
KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS

SZEGED HUNGUEST HOTEL FORRÁS · **2020. SZEPTEMBER 16–18.**

TISZTA, OKOS, MEGFIZETHETŐ ENERGIA

KIHÍVÁSOK, FELADATOK A NEMZETI ENERGIASTRATÉGIA TÜKRÉBEN

MEE 67. VÁNDORGYŰLÉS KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS

A világ valamennyi országa és nagy nemzetközi szervezetei a mindennapi életünket megváltoztató korlátozások időbeni lehetséges enyhítésével foglalkozik. Nap, mint nap új tanulmányok jelennek meg arra vonatkozóan, hogy a megszokott rend mikor és milyen formában állítható vissza. A MEE folyamatosan követi a megjelent híreket és a jogszabályi környezetnek megfelelően folytatja tevékenységeit. Ez alól a Magyar Elektrotechnikai Egyesület 67. VÁNDORGYŰLÉSE sem kivétel. Nagy az érdeklődés az elektrotechnikai iparág legnagyobb éves seregszemléjét illetően, rekord számú előadás javaslat érkezett be hozzánk az elmúlt hónapokban. A program összeállítása és az előkészületi munkálatok az eredeti időütemterv szerint zajlanak.

A SZERVEZŐBIZOTTSÁG ÁLTAL ELFOGADOTT SZAKMAI ANYAGOK ONLINE ÉS EGYÉB MÓDOKON TÖRTÉNŐ PUBLIKÁLÁSÁRA MINDENKÉPPEN LEHETŐSÉGET KÍVÁNUNK BIZTOSÍTANI AZ IDEI ŐSZI KONFERENCIA MEGRENDEZÉSÉNEK ESETLEGES SAJNÁLATOS MEGHIÚSULÁSA ESETÉN IS.

KÉRJÜK, KÖVESSE A MEE.HU HONLAPON MEGJELENŐ TÁJÉKOZTATÁSAINKAT A 67. VÁNDORGYŰLÉSÉVEL ÉS EGYÉB EGYESÜLETI HÍREINKKEL KAPCSOLATBAN!

BŐVEBB INFROMÁCIÓK

VANDORGYULES.MEE.HU

MAGYAR ELEKTROTECHNIKAI EGYESÜLET

1075 Budapest,
Madách Imre út 5. III. emelet
vandorgyules@mee.hu
www.mee.hu