ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata *59. évfolyam 2018. 3-4. szám*

A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat

ENERGIAGAZDÁLKODÁSI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET
HŐSZOLGÁLTATÁSI SZAKOSZTÁLYA
rendezésében

31. TÁVHŐ VÁNDORGYŰLÉS

OKOS-E A TÁVHŐ?

„A 4G, energiahatékony távfűtési megoldások a termelésben, elosztásban és felhasználásban”

KECSKEMÉT
2018. szeptember 11-12.

Információk:
www.clubservice.hu
clubservice@clubservice.hu

Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület

Energiahatékonysági Szakosztály

A következő energetikai audit elkészítésének határideje 2019. december 5.

Kössön mielőbb szerződést a körültekintő energiaveszteség-feltárásra

Cégének energetikai auditálását,

szakreferensi feladatait és/vagy

az ISO 50 001 minősítésre való felkészítést

bízza az ország legjobb szakembereire, az ETE

Energiahatékonysági Szakosztályának a tagjaira.

Tanács és ajánlatkérés: **titkarsag@ete-net.hu**

ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata *59. évfolyam 2018. 3-4. szám*

A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat

Főszerkesztő:
Dr. Gróf Gyula

Olvasó szerkesztő:
Dr. Bihari Péter

Szerkesztőség vezető:
Molnár Alexa

Szerkesztőbizottság:
Dr. Balikó Sándor, Dr. Bihari Péter, Czinege Zoltán, Dr. Csűrök Tibor, Dr. Farkas István, Juhász Sándor, Kádár Márton Gábor, 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. Serédiné 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 2981.
Telefax: +36 1 353 3894.
E-mail: enga@ete-net.hu

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

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

ISSN 0021-0757

Tipográfia:
Büki Bt.
bukiandras@t-online.hu

Nyomdai munkák:
EFO Nyomda
www.efonyomda.hu

Lapunkat rendszeresen szemlézi a megújult

OBSERVER

www.observer.hu

TARTALOM • CONTENTS • INHALT

Klenen • Klenen • Klenen
KLENEN '18 3

Tudomány * Science * Wissenschaft
Táczi István, Dr. Vokony István
Újszerű rendszerszabályozási megoldások a villamos energetikában 11
Novel grid control approaches for power systems, Neuartige Netzregelung für Elektrische Energiesysteme

Mihók Anna
ORC körfolyamatok hatásfokának vizsgálata alacsony hőmérsékletű hőforrások esetén 16
Efficiency Analyses of ORC in case of Low-Temperature Heat Sources
Wirkungsgradanalysen von ORC im Falle von Niedertemperaturwärmequellen

Szücs Botond, Szentannai Pál
Hordozóhurkos tüzeléshez használt oxigénhordozó vizsgálata 20
Examination of the Oxygen Carrier for Carrier Looping Combustion
Untersuchung des Sauerstoffträgers für Chemical Looping Verbrennungsprinzip

Rácz Levente, Dr. Németh Bálint
Dinamikus távvezeték terhelhetőség vizsgálata neurális hálózatokkal 26
Investigation of Dynamic Line Rating with the use of neural networks
Prüfung der dynamische Stromleitunglast mit Nervennetzwerk

Hidegh Gyöngyvér, Józsa Viktor
Diffúzoros kialakítású előkeveréses perdületes égő károsanyag kibocsátása láng csőben tüzelés esetén 30
Pollutant emission of a premixed swirl burner with diffusers in a flame tube
Schadstoffemission eines vorgemischten Drallbrenners mit Diffusoren in einem Flammrohr

Szilágyi Attila, Seres István, Farkas István
Párologtató hűtés kerámiákkal 34
Evaporation cooling with ceramics
Verdampfene Kühlung mit Keramik

Tóth Zsófia
A kadmium 113-as izotóp befogási hatáskeresztmetszetének vizsgálata hidegneutron-nyalábban 39
Analysis of the cross section function of Cd-113 in cold neutron beam measurements
Wirkungsquerschnitterforschung des Cadmium 113 Izotopes im Wasserstoffstrahl

Megújuló energiaforrások • Renewable Energy Sources • Erneuerbare Energiequellen
Mentes Dóra, Dr. Szemmelveisz Tamásné
Biomassza szerepe az energiaszegénység mérséklésében kistelepüléseken 42
Role of Biomass in moderation of energy poverty in small settlements
Rolle von Biomasse in Mäßigung von Energiearmut in kleine Siedlungen

Zsebik Albin, Novák Dániel
Alternatív hajtású járművek – melyiket válasszam? 48
Alternative powered vehicles – which one should I select?
Alternativ angetriebene Fahrzeuge – welchen sollte ich wählen?

Környezetvédelem * Environmental protection * Umweltschutz
Dr. Szondi Egon János
Atomerőművek felhasználása tengervíz sótalanítására 56
The use of NPPs for seawater desalination
Verwendung von AKWs für die Entsalzung des Seewassers

Energiapolitika * Energy Policy * Energiepolitik
Molnár László
Villamosenergia-ellátásbiztonság az EU-ban a 2020-as években 62
Power Supply Security in the EU in the 2020-ies
Sicherheit der Elektrizitätsversorgung in der EU in den Jahren 2020

Földgáz * Natural gas * Erdgas
Szilágyi Zsombor
A megújuló energiahordozók hatása a földgáz piacra 66
Impact of the renewable energy sources on the natural gas market
Wirkung der regenerative Energieträger auf die Erdgasmarkt

Szilágyi Zsombor
A háztartások földgáz felhasználása 68
The natural gas consumption of the households
Erdgasverbrauch der Haushalte

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.

Szilágyi Zsombor
Szénhidrogének és műanyagok 70
Hydrocarbons and polymers
Szénhidrogének és műanyagok

VEP * VEP * VEP
Már 205 MWe kiváltva, a 7. legnagyobb hazai villamos erőmű! 72
205 MWe yet replaced, the 7th biggest domestic power station!
Schon 205 MWe ersetzt, die 7 grösste heimische Kraftwerke

ETE Hírek • ETE News • ETE Nachrichten
Az ETE 2018. évi rendes Küldöttközgyűlése 73
Annual General Meeting of ETE in 2018
ETE Delegiertenversammlung 2018

Az ETE 2018. évi kitüntetettjei 74
ETE Award Winners in 2018
Ausgezeihneten der ETE im Jahr 2018

Hírek • News • Nachrichten
A magyar energiagazdaságért felelős miniszterek és államtitkárok 76
Ministers and state-secretaries responsible for Hungarian energy sector
Für die Energiewirtschaft verantwortliche Ministers und Staatssekretäre

26. DUNAGÁZ Konferencia és Kiállítás 78
26th DUNAGÁZ Conference and Exhibition
26. DUNAGÁZ Konferenz und Ausstellung

Szeniorok * Seniors * Senioren
Szeniorok program, 2018. ősz 80
Senior Club Programme for the 2nd half of 2018
Senior-Klub Programme – II. Halbjahr 2018

125 éves az elektrotechnika/villamos energetika oktatása a Műegyetemen

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamos Energetika Tanszéke a 2018-as évben a jogelőd Elektrotechnika tanszék alapításának 125 éves évfordulóját ünnepli. A magyarországi elektrotechnikai, villamos energetikai oktatás bölcsőjének számító tanszék élére 1893. június 11-én nevezték ki Zipernowsky Károlyt. A kerek évforduló napjához kötődve 2018. június 8-án emlékülést és alumni találkozót szervezett a tanszék.

A résztvevők Tombor Antal előadásában meghallgathatták a múltat, míg Kiss István tanszékvezető, illetve az egyes szakmai területek vezetői – Dr. Németh Bálint, Dr. Veszprémi Károly, Dr. Ladányi József, – a jelenről és a várható jövőről beszéltek. A szervezett laborlátogatások után estébe nyúlt a baráti találkozó.

Dr. HARTMANN Bálint,
egyetemi docens

Könyvajánló

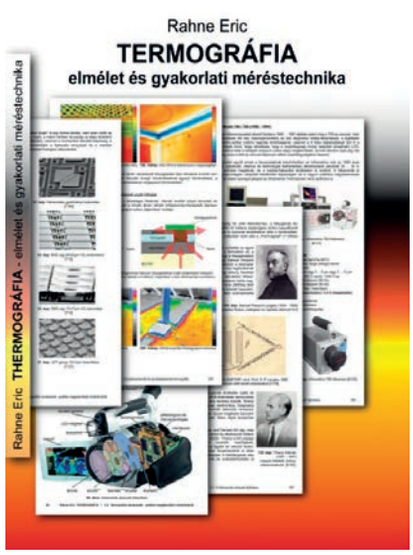
Termográfia

Az érintésmentes hőmérsékletmérésen alapuló megoldások ma már az élet szint minden területén előfordulnak, a gyógyászattól az iparon és a kutatás-fejlesztésen át a katonai alkalmazásokig.

Az érintésmentes hőmérsékletmérés képalkotó eljárása – a termográfia – jelen van az épületek, csővezetékek hőszigetelésének vizsgálatánál, a villamos kábelek és kötések ellenőrzésénél, gépek és berendezések karbantartás-szempontú állapotfelvételénél, gyártás közbeni minőség ellenőrzésnél, folyamat felügyeletnél. Nélkülözhetetlen az elektronikai kutatásoknál, biológiai és kémiai kísérleteknél, az orvosi diagnosztikában.

Egyértelmű, hogy kevés más mérési eljárás létezik, amely annyira sokoldalú lenne, mint a termográfia.

Az elterjedt infrahőmérők és modern hőkamerák kezelésének könnyedsége már-már összehasonlítható a „mindennapos” digitális videokamerákkal, de ahhoz, hogy a mérések kiértékelhető hőképeket és valóság közeli eredményt adjanak, megalapozott elméleti tudás, sok tapasztalat és megfelelő mérés előkészítés szükséges.



A könyv ennek érdekében igyekszik a termográfia elméleti hátterét és gyakorlati vonatkozásait bemutatni, a legalapvetőbb fizikai összefüggésektől kezdve a méréstechnikai korlátokon és megoldásokon, valamint a biztosítandó mérési feltételeken át egészen a konkrét és speciális megoldásokig.

A könyv nagy segítséget nyújt a termográfiai felvételek készítői és kiértékelői részére, megkönnyíti a döntés előkészítők, beruházók munkáját is, de a mélyebb tudást keresők is megtalálják számításaikat.

Keménytábla, A4-es formátum, színes, 652 oldal, a szakterület „kézikönyve”-ként használható.

A szerzőről
Rahne Eric okleveles villamosmérnök (BME 1992), igazságügyi szakértő. 1995 óta foglalkozik a termográfiával, nemzetközileg elismert termográfiai szakértő (Termograph Level3 – 2008). 2008-tól a német Infratec GmbH oktatása szakmai vezetője és fő előadója, illetve vendégelőadóként tevékenykedik több magyar egyetemen és főiskolás is.

KLENEN'18 – 2018. március 7-8.

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 energiaveszteség-feltárás és az energetikai szakreferensi tevékenységben szerzett tapasztalatok megosztása, érdekében, a Virtuális Erőmű Program (www.mi6.hu) ismeretterjesztési tevékenységéhez csatlakozva szervezte a

„Klímaváltozás – Energiatudatosság – Energiahatékonyság"
KLENEN'18 konferenciát (www.klenen.eu).

A rendezvényen kiemelt figyelmet fordítottak az energiahatékonyságról szóló törvény által meghatározott szakpolitikai intézkedések megvalósulásának jogalkotói és jogalkalmazói tapasztalataira. Ehhez kapcsolódtak a plenáris előadások és a kerekasztal beszélgetés, melynek nem titkolt célja az auditori és auditált közösség véleményének megismerése, a jó és rossz tapasztalatok megosztása és megvitatása volt, elősegítve ezzel a jogalkotóként vagy jogalkalmazóként érintettek munkáját.

Tekintettel arra, hogy a jogértelmezés a jogalkalmazó mindenkori feladata és felelőssége, s a vállalatok szakemberei, az energetikai auditorok és szakreferensek sok félreérthető értelmezést találtak az energiahatékonysági célokat szolgáló beruházás adókedvezményének végrehajtási szabályairól szóló 176/2017. (VII. 4.) Korm. rendeletben, a kerekasztal megbeszélést többek között ezek tisztázására is igyekeztek hasznosítani.

A résztvevők a plenáris előadások során hallhattak az európai villamosenergia-rendszer állapotáról, az ellátásbiztonságot befolyásoló energiapolitikai folyamatokról, illetve ezek hazai megvalósításának tapasztalatairól a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, mint jogalkotó, illetve a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal, mint jogalkalmazó szemszögéből. A hallgatóság megismerkedhetett Prof. Dušan Petráš révén az eddigi szlovákiai tapasztalatokkal.

A hagyományoknak megfelelően a plenáris előadásokat követően a Virtuális Erőmű Program és 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 egyaránt. A szekció másik részében a közlekedésben zajló energiaforradalom volt a középpontban. Az előadók az elektromos autótöltő állomásokon kívül kitértek más technológiák, pl. CNG, LNG, LCNG előnyeire és hátrányaira, illetve a közösségi közlekedés is szerepet kapott.

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, **dr. Mezősi Balázs, CMC** a Virtuális Erőmű Program™-operatív igazgatója, Putti Krisztián, az Energetikai Szakkollégium elnöke, **Dr. Gács Iván,** a Magyar Energetikai Társaság elnökségi tagja, s 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 elhangzottak rövid összefoglalóját tesszük közzé.

.

Plenáris előadások

Levezető elnök: Czinege Zoltán
Szekció titkár: Rácz Levente, Táczi István

A plenáris előadások során elsőként **Dr. Molnár László, az ETE főtitkára** tartott előadást, melynek középpontjába a klímaváltozás elleni politikák és azok energetikára vetített hatása került. Az előadó a frissen megjelent World Energy Outlook tanulmányából kiindulva ismertette az energiafogyasztásra és károsanyag-kibocsátásra jellemző jelenlegi és a jövőbeni várható trendeket mind műszaki, mind pedig gazdasági oldalról nézve. Az előadó kitért arra is, hogy a globális folyamatokban kiemelkedően fontos szerepet játszik a „demográfiai robbanás", valamint a fejlődő országok életszínvonalának növekedése. A szűkebb, Németországra vonatkozó elemzések az Európai Unió energiapolitikájának elemzését követően kerültek bemutatásra. Az előadás kiemelten foglalkozott a Németországban egyre nagyobb teret nyerő szél- és napenergia felhasználással, a német atomerőművek leszerelésével, valamint az így kialakult energetikai környezet veszélyeivel. Dr. Molnár László felhívta a figyelmet arra a tényre, hogy míg az energiahatékonysági beruházások egy folytonos megtérülést szolgáltathatnak, addig a megújulókra ezzel szemben a hosszú távú állami támogatások jellemzők. Összefoglalásként elhangzott, hogy bár a megújuló energiaforrások növekvő aránya segíti az európai klímacélok elérését, mind energiatermelési, mind pedig energiapiaci oldalról veszélyeztethetik az ellátásbiztonságot.

A Nemzeti Fejlesztési Minisztérium képviseletében idén **Dr. Velez Tamás,** a Zöldgazdaság Fejlesztési Főosztály főosztályvezető-helyettese tartott előadást az energiahatékonyságról szóló törvény által meghatározott szakpolitikai intézkedések megvalósulásának jogalkotói tapasztalatairól. Az előadó előadásának elején felhívta a hallgatóság figyelmét, hogy a jogalkotó nyitott az építő szakmai javaslatokra, impulzusokra, hiszen a visszajelzések szerves részét képezik a meglévő rendszerek jobbá tételének. Az előadás során szó esett az EU energiahatékonysági szabályozásairól, az ehhez kapcsolódóan átültető jogszabályokról, valamint az energetikai szakpolitikai intézkedésekről is. Dr. Velez Tamás bővebben beszámolt a Nemzeti Energetikusi Hálózatról, és az energetikai szakreferensek követelményeiről, valamint igénybe vételéről. Az előadás konklúziójaként elmondható, hogy a jogalkotó komoly

szakpolitikai kihívásokkal néz szembe mindennapi munkája során, hiszen alig 1-2 év tapasztalata áll rendelkezésre, amiből nem mindig könnyű levonni a szükséges tanulságokat. A szakpolitikai intézkedéseket – hazánkban a kötelezettségi rendszerek helyett ezen van a hangsúly – alapvetően az Európai Unió irányelvei indukálták, a jogalkotó azonban komplex célokat tűzött ki, párhuzamosan a nemzeti érdekek teljesülését is szem előtt tartja.

A harmadik előadást **Tóth Tamás,** a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal Elemzési és Statisztikai Főosztály főosztályvezetője tartotta, melynek során részletesen bemutatásra került a Hivatal által tervezett ellenőrzések menete, illetve a következő évek feladatai és tevékenységei.

A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal alapvetően jogalkalmazó szerv, így a már korábbi előadáson ismertetett hazai energetikai rendszer működtetéséért felelős. A működésük támogatása érdekében – hasonlóan a Nemzeti Fejlesztési Minisztériumhoz – a MEKH is szívesen várja a konstruktív javaslatokat a szakma képviselőitől. Az előadás során elhangzott, hogy a Hivatal kiemelt feladata a nagyvállalatok hatékonysági tevékenységének ellenőrzése, auditálása. Ennek érdekében az auditorok és szakreferensek munkája nyomán megküldött auditok 10%-át ellenőrzik véletlenszerűen. Konklúzióként elhangzott, hogy az energetikai felülvizsgálatok minőségének fenntartása érdekében a Hivatal egy kritérium rendszert tervez definiálni, melyet minden feljogosítással rendelkező auditornak teljesítenie kell. Ez a jó szintet hivatott jelezni, aki ezeken felül teljesít, az kiválónak minősíthető.

A plenáris előadások zárásaként **Dušan Petráš** professzor úr tartott előadást a pozsonyi Szlovák Műszaki Egyetemről. Előadásának témája az EU energiahatékonysági irányelv átültetésének és alkalmazásának szlovákiai tapasztalata volt. Előadásában a szlovákiai energiahatékonysági körképet vázolta fel, érintve a hatályos Uniós direktívát és az auditálás helyzetét. Kiemelte, hogy Szlovákia is erősen importfüggő (főleg Oroszország irányába, mert az országban nagyon elterjedt a földgáz használata), így az energiahatékonysági beruházások a gazdaság meghatározó tényezői. Felhívta a figyelmet, hogy az audit és épületek építészeti megfelelőségének vizsgálata kéz a kézben jár egymással. Az előadás második felében bemutatásra kerültek egy doktorandusz hallgatóval végzett kutatás eredményei, melyből kiemelendő, hogy az alkalmazott végső mutatók nem mindig teljesen objektívek, azaz kiemelt figyelmet kell fordítani a primer energiahordozók szerepére is az energiahatékonysági vizsgálatok során.

Rácz Levente, Táczi István

Az Energiahatékonysági Kiválósági Pályázat díjazottak előadásai

Levezető elnök: Dr. Zsebik Albin

Szekció titkár: Katona Adrienn

Az idei évben a KLENEN konferencián már úgymond szokás szerint került megrendezésre a Virtuális Erőmű Program díjazottjainak előadása. A vállalatok ebben az évben is az Energiahatékony Mentor Vállalat, az Energiahatékony Vállalat, illetve az Energiatudatos Vállalat címek elnyeréséért versenyezhettek, míg az egyéni díjazottak esetében új címekkel (év fiatal energetikai szakértője, év energetikai fejlesztője stb.) bővült a verseny.

Először **Hován Ádám,** a FŐTÁV Zrt. Energiagazdálkodási osztály vezetője tartotta meg a céget, mint a 2017-es év egyik Energiahatékony Vállalatát bemutató előadását Orbán Tibor (2016. évben az év energetikai tanácsadója) műszaki vezérigazgató-helyettes helyett. A fővárosi hőigények hozzávetőlegesen 30%-át biztosító vállalat az energiahatékonysági-javítás lehetséges területeit 3 tématerület köré fűzte fel, a hőtermelés, hőszállítás és hőátadás problémakörei köré. Az egyik legnagyobb beruházást igénylő újítás a Révész Fűtőmű, az egyik legdrágább budapesti hőforrás kiváltása volt. A projekt sikerességét a Hulladékhasznosító Műben kihasználható hőteljesítmény, illetve az Újpalotai hőkörzettel való kooperáció tette lehetővé. Ezen felül mind a Rákoskeresztúri, mind a Füredi utcai telephelyeken a stratégiai célok, valamint a külső impulzusok hatására megépült a füstgáz-hőhasznosító rendszer, melynek hatására az el nem tüzelt gázmennyiség kiváltásából adódóan 4400 t CO_2 került kiváltásra. Az energiahatékonyságot tovább növelték a tömbkazánházi rekonstrukciók, amely során a Toboz utcai tömb-kazánházba, valamint másik 3 telephelyre új kondenzációs kazánok kerültek beépítésre. Mind a fűtőművi, mind a hőközponti keringető-szivattyúk cseréje, továbbá a termikus gáztalanítás kiváltása vegyszerre vagy vákuumos gáztalanításra a teljes rendszer energiafelhasználásnak csökkenését eredményezte. Az összes korszerűsítést figyelembe véve a FŐTÁV Zrt. több tízezer tonna CO_2 kiváltásával csökkentette a lakások hőkomfortjának biztosításához a környezetre gyakorolt káros hatást.

A szekció második előadását **Buday Ágota** (2016. évben az év energetikusa) tartotta a BKV Zrt.-től, a VEP és az ISO 50001 szerepéről a nagyvállalat életében. Az előadás részletesen bemutatta a BKV Zrt.-ben lezajlott belső változásokat, amelyek egyre nagyobb mértékben segítik elő a Társaság Hatékonyságjavító programjainak sikeres kibontakozását. Az évek során a vállalati és felsővezetői munkatársak gondolkodásmódjának formálása, továbbá a vállalaton belüli ügyrendi változások kiemelt jelentőséggel bírtak, ez volt az első lépés az Energiatudatos Vállalati cím megszerzéséhez. A Pályázatban további vállalások is történtek, melyek között szerepelt energetikai auditok elvégzése 4 járműtelepen, illetve épületenergetikai tanúsítványok beszerzése is. 2015 szeptemberében indította el a BKV Zrt. az I. Energiairányítási Szakmai Fórumát, ahol a munkatársak és partnerek a sikeres energiahatékonysági intézkedésekről hallhattak beszámolókat. Azóta további 2 hasonló fórum került megrendezésre, egyre nagyobb sikerrel. 2016 ban a vállalati struktúrában nagyobb változás történt, ami tovább segítette az energiahatékonysági intézkedések végrehajtását, valamint hasonló célú beruházások és karbantartások tervezését. Az eddigi eredmények és a további fejlesztések eléréséhez a társasági szintű együttműködés jelenti a kulcsot.

Végül **Zanatyné Uitz Zsuzsanna,** (2016. évben az év energiamenedzsere) a Kaposvári Vagyonkezelő Zrt. fejlesztéseiről tartott előadást. A korszerűsítési munkáik két nagy csoportra oszthatók, a szolgáltatónál (szigetüzemű kazánok összevonása, áttérés gőzös kazánról forróvizes kazánra, változó tömegáramú keringetés) és a fogyasztóknál (ajtó, ablak csere, épületek szigetelése, mérés-szabályozás) történő energiahatékonysági fejlesztésekre. A 2013-as KEOP pályázat eredményeképpen a szolgáltató és az önkormányzat közös együttműködésében 30%-kal nőtt meg a beépített teljesítmény, 5 új fogyasztó csatlakozott a távhő-hálózathoz, több régi vezetéket új hőszigetelt vezetékekkel váltottak ki, melyekkel 2049 t CO_2-vel csökkent az évi szén-dioxid kibocsátás. 2014 és 2016 között a felsorolt korszerűsítések tovább folytatódtak. A 2018-2019-es évre újabb fejlesztések vannak tervbe véve, melyek eredményeként 18 új fogyasztó kapcsolódik be a hálózatba. 2007-ben a Kaposvári Cukorgyár mellett létesült egy biogáz üzem, amely hozzávetőlegesen 55%-os metán tartalommal termel 100 millió m^3 biogázt évente. A fermentorból kikerülő gáz szolgáltatja a primer energiaforrást a he-

lyi gyógyfürdő hőenergia termeléséhez, valamint kapcsolt energiát előállító üzemben a villamos energia előállításához. Ezen felül tisztítás után a gáz a földgázhálózat átadóba kerül, ahonnan végül CNG meghajtású buszok üzemanyaga lesz. Az előadás konklúziójaként levonható, hogy a jövőben valószínűleg a decentralizált energiatermelésé lesz a fő szerep, amely a helyi energiaforrások, megújuló energiák, hulladékhő és hőszivattyú felhasználásával, a helyi gazdaságok megerősítésével, a városi gáz és villamos hálózatokhoz történő hozzáféréssel, valamint az „okos város" smart metering bevonásával az országos rendszerekkel együttműködve biztosítható.

Katona Adrienn

1.1 Szekció – Ipari Üzemek és folyamatok energetikai auditálása, jobbító javaslatok bemutatása a villamosenergia-felhasználás területén

Levezető elnök: Nagy Tibor

Szekció titkár: Füzesi Dániel

A szekció első előadását **Dr. Göllei Attila** tartotta *„Naperőművekhez illesztett energiatárolók élettartam elemzésének eredményei"* címmel. Prezentációja során élettartam elemzés eredményekről nem esett szó, mert nem készültek el vele, azonban így is hasznos információkat „tárolhattunk el" magunkban.

Molnár László előadására reflektálva, a megújulók időszakos termelésének, vagyis minimum és maximum értékek közötti ingadozást át kell hidalnunk bizonyos technológiákkal. Erre nyújthatnának megoldást a V2G (Vehicle-To-Grid) elektromos autók, melyek tárolókapacitásában akár egy családi háztartás napi fogyasztása is összegyűjthető. Természetesen ezen elképzelés esetében a gyorstöltés időtartamával merül fel a probléma, mely nagy hőtermeléssel járna. Összehasonlítva a fosszilis üzemanyag fajlagos energiatartalmával egy Li-ion telepet, arra a következtetésre juthatunk, hogy nagy tárolókapacitásra lesz szükség.

A kutatás során egy LifePo4 3,2 V-os akkumulátort vizsgáltak egy ún. teszterrel, mellyel egyébként bármely kétpólusú energiatároló tesztelése elvégezhető. A tapasztaltak alapján elmondható, hogy az akkumulátor töltöttsége függ a környezeti hőmérséklettől, azonban azt nem tudták megmutatni, hogy alacsonyabb hőmérsékleten alacsonyabb a hatásfok. A karakterisztikákból meghatározták az időfüggő feszültség- és hőmérsékletfüggvények ötödfokú polinomját. A mérési adatok alapján készítettek egy modellt MatLab Simulink környezetben. Továbbá külföldről beszereztek egy kamrát, mellyel a későbbiekben –40 °C és 70 °C hőmérsékletértékek között tudják működtetni az akkumulátort.

Nagyon izgalmas, dinamikus és meggyőző képekkel teli előadásnak lehettünk tanúi **Nagy János** által, aki a LED világítás előnyeiről és hátrányairól beszélt. A LED fényforrások feladata a megfelelő megvilágítás létrehozása és biztosítása a környezet számára. Ehhez szükséges az optimális fénysűrűség, az egyenletes megvilágítás, valamint a megfelelő kontraszt, annak érdekében, hogy ne fárasszuk a szemünket. Sötétből a világosba áttérve ugyanis az emberi szem gyorsabban adaptálódik. Fontos tehát, hogy a káprázató hatásokat elkerüljük.

Elmondhatjuk, hogy napjainkban a cél, az emberközpontú megvilágítás megvalósítása. A LED-ek számos előnnyel rendelkeznek a hagyományos izzókkal szemben. Többek közt képesek lekövetni a nap napszakonként változó színhőmérsékletét, melyhez régebben több különböző színhőmérsékletű izzóra volt szükség, valamint rendkívül magas a fényhasznosításuk (60-180 lm/W). Színhőmérsékletük tehát 1000 K és 10000 K között változtatható. Megfelelő hőmérséklet esetén igen hosszú az élettartamuk (akár 30-50 ezer óra), azonban ehhez hűteni kell őket. Nem csillognak, hanem vibrálnak a korábbi fénycsövekkel ellentétben. Érdekességképpen, **a hideg fény káros hatással van az egészségre,** mivel eliminálja azt a hormont, ami a sejtburjánzások megakadályozásáért felel, ezzel lankultságot, fáradságot és depressziót okoz, így **munkahelyi környezetben semmiképp sem ajánlott alkalmazni.**

Mint minden technológiának, a LED-eknek is vannak hátrányai. Többek között rendkívül érzékenyek a túlmelegedésre és a környezeti hőmérsékletre, mely növekedésével a villamosenergia-fogyasztás is növekszik. A túlhevülés elkerülése érdekében a berendezésbe kell helyezni egy vezénylő rendszert. Továbbá a fényforrás a túlfeszültségre is érzékenyen reagál. Mivel kapacitív fogyasztó, zavarja a hálózatot, nagyobb áramok mérhetőek a nulla vezetéken, mint a fázison. Egyik legjelentősebb hátránya pedig az ára, ugyanis a korábbi fénycsövekhez képest jelentősen drágább, valamint számos félrevezető információ is kering róluk. Elmondható, hogy manapság a világítás egyfajta divattá növi ki magát a nagyon sokféle elérhető LED által.

Cserpák Mihály előadásában az épületek automatizálásáról beszélt. Az intelligens épületautomatizálás jelentős hatással lehet a mindennapi életünkre és a világra, amelyben élünk.

A fosszilis üzemanyagok egyre értékesebb alapanyaggá válnak: nehezebben elérhetőek és drágábbak. Világszinten az energia 41%-át az épületek használják fel. Óriási a megtakarítás lehetősége a befektetők, építészek és az üzemeltetők számára. Az energiahatékonyság megteremtése az épületautomatizálás számára napjaink egyik fontos feladata. Az épületekben a felhasznált energia igen nagy arányát (85%) a fűtés valamint a hűtés teszi ki, és 15% fordítódik a villamosenergia-felhasználásra. Az automatizálási folyamatban mind a befektetőknek, mind az építészeknek és tervezőknek, mind a rendszerintegrátoroknak megvan a maga feladata. Az energiahatékonysági osztályokat az EN 15232 szabvány szerint határozzák meg.

Az integrált épületautomatizálás biztosítja a rendszerek közötti szinergiát, ugyanis „minden egyben van", egy rendszer tartozik minden egyes épületvezérlési funkcióhoz. Előnyei az olcsó kivitelezés, a magas hatékonyságú szinergiaeffektus, valamint a kevesebb károsanyag-kibocsátás.

A továbbiakban számos referencia példa hangzott el, ahol a korábban felsorolt automatizálási eszközöket integrálták be a rendszerbe, modernizálták az épületeket vagy helyiségeket.

A szekció negyedik előadását **Virág István** tartotta az INFOWARE Zrt.-től a naperőmű parkok villamos technológiájáról és energia menedzsmentjéről. A cég az ISO 27001-es szabványa szerint garantálja az információbiztonságot és annak menedzselését.

A nagy fotovoltatikus szolár erőművek által termelt áram egyenirányítását központi vagy elosztott inverterekkel tudják megoldani, a kiserőművekét pedig elosztott inverterekkel, ahol a jóval egyszerűbb, nem gyűrűs rendszert alkalmazzák. Az előállított villamos energia gyűjtése ún. gyűjtőszekrényekben történik, melyek nagy mennyiségű stringet tartalmaznak. A gyűjtést nagy térfogatban kell megoldani, ezért magas fokú biztonságra is szakképzett személyzetre van szükség.

Az üzemeltetés során különösen ügyelni kell a különféle környezeti körülményekre, mint például a hőmérséklet, bogarak, rágcsálók stb. Továbbá a szekrényekben biztosítani kell a fűtést, emiatt ellátták hőmérséklet kapcsolókkal, melyek a gőz lecsapódását is mérsékelni tudják.

A BHTR transzformátor állomások az inverterektől függően helyezkednek el. A belső terek KIF, TRF, KÖF villámvédelemmel, és

szellőzéssel vannak ellátva. A KIF oldalon a központi inverter, valamint a 0,4 kV-os több leágazásos fogadó – ACB főmegszakítóval és biztosítós leágazásokkal – a jellemző. A KÖF oldal technológiája egyaránt lehet gyűrűs vagy sugaras. Az irányítástechnika helyi SCADA rendszerrel van ellátva.

Visszakanyarodva a plenáris előadások első prezentációjára, az előadó szerint a hagyományos és megújuló erőművek működhetnek egymás mellett megfelelő mérnöki megfontolások esetén. Erre jó példa a Mátrai Erőmű és a mellette fekvő napelem park.

Dr. Zsebik Albin előadásában a tüzelőanyag cellák rendszerbeillesztésének lehetőségéről hallhattuk a legújabb információkat. „A tüzelőanyag elem/cella a tüzelőanyagban vegyileg kötött energiát közvetlenül – hővé való átalakítás közbeiktatása nélkül – villamos energiává alakító galvánelem." A cellák modulokból állnak, és így lehet növelni a teljesítményüket. A rendszerbe illesztésüknél különösképpen figyelembe kell venni a hővisszanyerést, a teljes beintegrálás folyamatát és hatását, valamint ez által elemenként kell kezelni a rendszert. Földgáz tüzelőanyag esetén akár 47%-os villamosenergia-termelési hatásfok is elérhető, és emellett a remanens hő is felhasználhatóvá válik, vagyis 50 °C-ra lehűtve egy 1,4 MW_e névleges villamos teljesítményű cella esetében még 1 MW-nál több hőt tudunk hasznosítani. A folyamat jól megfigyelhető az energiafolyam ábrán. Mint minden egyes erőműnél, ebben az esetben is figyelembe kell venni a beruházási költséget és a megtérülési időt. Az előadó számításai szerint a jelenlegi energia árakkal (30 Ft/kWh villany, 2500 Ft/GJ földgáz), számolva az 1,4 MW_e teljesítményű tüzelőanyag cella megengedhető beruházási költsége 15 év gazdasági élettartammal és 5% elvárt hozam mellett 3,6 milliárd forint körül alakulna.

Hidrogén tüzelőanyag elemmel 55%-os villamos-energiatermelési hatásfok is elérhető, azonban ehhez eleve hidrogén előállítása szükséges pl. villamos energiával.

Összefoglalva tehát a tüzelőanyag elemek alkalmazása napjainkban még nem költséghatékonyabb, mint a hagyományos energiatermelő berendezések, de alkalmasak a megújuló energiaforrások hasznosítására, kapcsolt hő- és villamosenergia-termelésre, telepíthetők gőztermelésre, fűtésre és hűtésre (akár abszorpciós hűtés telepítésére is). Fontos, hogy folyamatosan kövessük, és vizsgáljuk a rendszerbe illesztésük és fejlesztésük lehetőségét.

Füzesi Dániel

1.2. Szekció – Tehetséges fiatalok az energetikában – energetika területén kutató egyetemi hallgatók előadásai

Levezető elnök: Dr. Gács Iván

Szekció titkár: Putti Krisztián

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, az EDUTUS Főiskola professzor emeritusa volt

Első előadó, **Katona Adrienn** előadásának címe „A szuperkritikus metán termodinamikai anomáliáinak a szerepe a CNG felhasználásban" volt. Az előadó ismertette a téma aktualitását, amit a gáztöltésű autók, továbbá a CNG és LNG töltőállomások rohamos terjedése is eredményez. Ezt követően rövid elméleti áttekintés következett, melynek során a hallgatóság megtudta, pontosan mit is jelent egy anyag szuperkritikus állapota. A szuperkritikus állapot általában magas nyomás és magas hőmérséklet értékek esetében jöhet létre, amikor az anyagok tulajdonságai, így például a sűrűség, az izobár fajhő, az izoterm kompresszibilitás vagy a hangsebesség jelentősen megváltoznak. Ezek vizsgálata az ún. Widom-régióban nagyon fontos, hiszen ezen paraméterek változása komolyan befolyásolhatja a töltési folyamatokat, melyekről az előadás végén esett szó, bemutatva a CNG meghajtású autók töltésekor fellépő anomáliákat és azok mértékét.

A szekció második előadója **Csondor Bálint** volt, aki „Az inercia követelmény hazai értelmezése" címmel mutatta be munkáját. A villamosenergia-rendszer stabilitása szempontjából kiemelten fontos, hogy a frekvencia az állandó 50 Hz-es értéken maradjon, azaz minden időpillanatban a termelés és a fogyasztás megegyezzen. A pillanatnyi teljesítmények egyenlőségének fenntartása érdekében elengedhetetlen a rendszer szabályozása. Előadónk bemutatta, hogy a VER esetében hogyan működik és mi a feladata a primer, a szekunder és a tercier szabályozásnak. Munkája során azt vizsgálta, hogy mi történik a primer szabályozás közbelépése előtt, ismertette és elmagyarázta a RoCoF (Rate of Change of Frequency) érték fogalmát és fontosságát. Ennek során több, különféle fotovoltaikus penetráció esetén modellezte a magyar VER-re gyakorolt hatásokat különböző mértékű erőművi kiesések esetén, az akkumulátoros tárolók következtében létrejövő szintetikus inerciát. Eredményül megállapította, hogy a fotovoltaikus rendszerek térnyerése nem okoz problémát az összefüggő európai rendszer esetén, valamint, hogy az akkumulátortelepek segítséget nyújtanak a frekvenciastabilitásban.

Mihók Anna a Tudományos Diákköri Konferenciára készített dolgozatát mutatta be, amiben ORC (Organic Rankine Cycle) körfolyamatok hatásfokát vizsgálta alacsony hőmérsékletű hőforrások esetén. A szerves Rankine-ciklus esetében a munkaközeg víz helyett valamilyen szerves anyag. Alacsony hőmérsékletű hőforrást alkalmaznak a folyamat során, mely származhat geotermiából, biomassza elégetéséből, hulladékhőből vagy naphőből. Előadónk bemutatta a nedves és szárító közegek tulajdonságait, melyek közül a legfontosabb, hogy expanzió végén a nedvesítő anyagok elérik a nedves mezőt (a T-s diagramon gőzoldali görbéjének meredeksége negatív) és cseppképződés léphet fel, míg a szárító közegeknél az expanzió végén is a gőztartományban maradunk (így például nem szükséges újrahevítés). Munkájában FluidProp szoftver függvényei és adatbázisa alapján különböző szerves közegekkel végzett Rankine-ciklus hatásfoka került vizsgálat alá, a felső hőmérsékleti határ változtatásával. A vártaknak megfelelően a maximális hőmérséklet emelkedésével nőtt a hatásfok, illetve egyértelműen megállapítható, hogy ebben a tartományban a szerves közegek alkalmazásával sokkal jobb hatásfok értékeket lehet elérni, mint vízzel. Fontos azonban egyéb szempontokat is figyelembe venni a munkaközeg kiválasztásánál, mint például a környezetvédelem, a biztonságtechnika és a gazdaságosság, mely utóbbi az ORC körfolyamatok egyik legnagyobb kihívása.

Kertész Dávid előadásában szakdolgozatának témáját mutatta be, melyben megújuló energiaforrások rendszerre gyakorolt hatásait vizsgálta OPF számítás segítségével. Az utóbbi évek technikai fejlődésének köszönhetően a megújuló technológiák egyre nagyobb mértékben terjednek, köszönhetően a csökkenő költségeknek és az állami támogatásoknak. A megújulók erősen időjárásfüggő termelése azonban újabb kihívásokat okoznak a villamosenergia-rendszer irányításában és szabályozásában például az előrejelzések bizonytalansága következtében megnehezítik a másnapi menetrendek elkészítését. A felsorolt problémák ismeretében, azoknak a hatásait vizsgálta optimális teljesítmény-számítás segítségével. A módszer bemutatását követően ismertette eredményeit, melyet egy megépített hálózaton és egy egyszerűsített európai energiamixet modellező rendszeren szimulált. Az eredmények tekintetében megállapítható,

hogy az időjárásfüggő termelés komoly kihívást jelent az üzemeltetők számára és az ilyen megújuló energiaforrásoknak jelentős mögöttes költségeik vannak, továbbá ez a hagyományos erőművek számára milliárd eurós versenyhátrányt jelent az európai piacon.

Rácz Levente dinamikus távvezeték terhelhetőség vizsgálata neurális hálókkal címmel tartott előadást. Napjainkban a távvezetékek terhelhetőség meghatározásakor a lehető legkedvezőtlenebb időjárási körülményeket veszik figyelembe és ennek megfelelően számítják ki a távvezetéken átvihető teljesítményt. Azonban bizonyos időjárási körülmények (hideg, szeles időjárás) lehetőséget teremtenének arra, hogy ezt a teljesítményt növelni lehessen. A DLR ezt veszi alapul és azt vizsgálja, hogy az aktuális időjárási paraméterek esetén hogyan változik a terhelhetőség. Ennek előnye, hogy ideiglenesen lehet növelni a teljesítményáramlást, növeli az üzembiztonságot és a megbízhatóságot, segít az átviteli kapacitás előrejelzésében és nem utolsó sorban az extrém időjárás okozta károk (például a távvezeték sodronyainak jegesedése) enyhítésében is szerepet vállal. Előadónk számítása alapjául áttekintette a jelenleg létező két meghatározó DLR modellt (IEEE és CIGRE modellek), majd ezt követően ismertette a vizsgálatához felmerült soft-computing módszereket. Tulajdonságaik és a probléma feltérképezését követően számításait neurális hálók segítségével végezte el. Eredményei alapján megállapítható, hogy a DLR vizsgálatában a neurális hálók használatának komoly szerepe lehet a jövőben.

A szekció utolsó előadója **Táczi István** volt, aki újszerű rendszerszabályozási megoldások a villamos energetikában címmel tartotta előadását. A rohamos megújuló penetráció előretörésének és a hagyományos villamosenergia-rendszer átalakulásának köszönhetően újabb kihívásokkal kell szembenéznünk. A forgó tömeg nélküli energiatermelés esetén a kiegyenlítés, flexibilitás, a feszültségstabilitás és a meddőteljesítmény-egyensúly, illetve a frekvenciastabilitás és az inercia hiánya jelenthetnek problémát. Előadónk ismertette az inercia hatását és szerepét a VER-ben, különös tekintettel a vészhelyzetekre, amikor a frekvencia gradiense hirtelen megnő. A megújulók térnyerése következtében fellépő forgó tömeg csökkenést és annak hatását egy 118 gyűjtősínt tartalmazó IEEE tesztrendszer segítségével vizsgálta. A komplex modell (mely valós rendszer alapján készült) lehetősége volt dinamikusan vizsgálni és elemezni az inercia csökkenését. Szimulációjában öt különböző megújuló részarány esetén vizsgálta a VER paramétereit. Eredményei alapján megállapítható, hogy a szintetikus inercia képzése megoldást jelenthet bizonyos problémákra, azonban a stabilitás megőrzéséhez további megoldások is szükségesek. Ezek között említette az energiatároló technológiákat, a tartalékok szerepének revízióját TSO és DSO szinten is, illetve a regulációs támogatást is, amihez jól megfogalmazott szabályrendszer szükséges.

Putti Krisztián

2.1 Szekció – Ipari Üzemek és folyamatok energetikai auditálása, jobbító javaslatok bemutatása a hőfelhasználás területén

Levezető elnök: Gellért Péter

Szekció titkár: Mihók Anna

A konferencia első napjának második délutáni szekcióját Hunyadi Sándor távollétében Gellért Péter, a H1 Systems Kft. szolgáltatásfejlesztési igazgatója vezette szekcióelnökként. Ezen minőségében köszöntötte a résztvevőket, és felkérte elsőként **Nagy Tibor** energetikai auditort, a FETMI Mérnöki Iroda Kft. képviselőjét. A szakember bemutatta az energetikai szakreferensi feladatok legfontosabb pontjait, melyek véleménye szerint az energiahatékonysági szemléletmód erősítése, az energiahatékony magatartásminták megismertetése, ezen felül pedig a veszteségi pontokra való rámutatás és javaslattétel energia- és költségmegtakarításra. Ezek után bemutatta az új rendszer alkalmazásával nyert tapasztalatokat, illetve a felmerült további érdekes problémákat. Elmondta, hogy milyen egyezőségek jelennek meg az OSAP jelentések felé, kiemelte, hogy milyen gyakori hibák szoktak előfordulni a kifejezetten szállításhoz kapcsolódó energiafelhasználás összegyűjtésénél, de ugyanígy más területeken is akadnak hiányok. Emellett ismertette a MEKH felé történő adatszolgáltatás tartalmát, hangsúlyozta az abban rejlő hibázási lehetőségeket.

A következő előadásban **Novák Dániel** mutatta be a hallgatóságnak Árokszállási Kálmán munkáján keresztül a korszerű fázisváltó anyagokban való hőtárolási technológiákat. Ezek olyan rendszerek, melyek valamilyen szerves, vagy szervetlen közeg folyékony-szilárd fázisátmenete során hőt képesek eltárolni, majd kisüthetők az anyag szilárd állapotból folyékonnyá alakításával, de ugyanakkor a folyamat megfordításával hidegenergia tárolására is képesek. Az előadás során elhangzottak a különböző közegeket használó technológiák előnyei és hátrányai. Ezek után szó esett az általános felhasználási technológiákról, mint például a kis térfogatban történő hőtárolás start-stop rendszerű autók motorhőjének tárolása esetén, illetve gyakran működtetnek így szervertermi hűtést, hiszen ezen módszer alkalmazásával nincs szükség mesterséges, villamosenergia-igényes hűtésre, továbbá pedig hőérzékeny anyagok szállítása esetén is alkalmazható a kamionok falába épített fázisváltó hőtárolás. Végül egy mobil hőtároló-hőszállító technológia (M-TES) került bemutatásra, mely lehetővé teszi, hogy ipari hulladékhőt kis távolságra szállítva használják fel egy másik helyszínen.

Molnár Szabolcs előadásával a termelésmenedzsmentben rejlő energiahatékonysági módokra hívta fel a figyelmet. Egy rövid történeti áttekintés után bemutatta a hulladékok típusait, kiemelve, hogy nem csak az anyagszerű hulladékok fontosak, hanem az energiahulladékok keletkezését is minimalizálni kell. A komplex hulladékgazdálkodási piramis segítségével ismertette az energetikai hasznosítás alternatíváit, melyek során keletkezhet egyrészt hőenergia, másrészt pedig valamilyen energiahordozó, mint például biogáz. A fenntarthatóság érdekében a termékeket környezetvédelmi szempontból a teljes életciklusra kell tervezni az alapanyagok előállításától kezdve a gyártási folyamaton keresztül egészen a végső hulladékok elhelyezéséig, újrahasznosításáig. A termelés- és termékintegrált környezetvédelem, illetve a hatásértékelés bevezetése az új folyamatokba kiemelten fontos lehet a fenntarthatóság szempontjából.

A soron következő előadásban Oláh Gyula helyett **Czinege Zoltán** a H1 Systems Kft. által forgalmazott, a Vertiv által szabadalmaztatott korszerű, és kifejezetten energiahatékony szabadhűtési technológiát mutatta be, ami például adatközpontok hűtésére kiválóan alkalmas. Ezen rendszerek alapvetően kétféle eltérő üzemmódot képesek megvalósítani. Magas külső hőmérséklet esetén *DX* módban kompresszor végzi a közeg sűrítését, míg egy átmeneti időszak után egy, az adott éghajlatra jellemző külső hőmérsékletérték alatt (~24 °C) egy jóval kisebb energiaigényű szivattyú veszi át ezt a feladatot, ez utóbbi az ún. *EconoPhase* üzemmód. A különböző üzemállapotokra jellemző energiahatékonysági mutató (EER érték) eltérő, így a rendszer takarékosabb működést tud megvalósítani. A technológia használata éghajlattól függően különböző mértékben térül meg, de Magyarországon is ~30%-os megtakarítást jelenthet.

A Dynoteq Kft. képviseletében **Fehér Károly** a cég által gyártott újrahasznosítható szigetelőpaplanok felépítését, előnyeit, alkalmazási területeit mutatta be. Alapvető problémát jelent hőközpontok hagyományos „bádoglemezes" szigetelése esetén, hogy nem alkalmazható gazdaságosan minden felületre, hiszen karbantartások, hibák javítása esetén körülményes a leszerelésük. A leszerelt szigetelések gyakran nem kerülnek vissza, így nagy lesz a hőveszteség a rendszerben. Ezt a problémát igyekszenek kiküszöbölni, hogy olyan vízálló borítású szigetelőanyaggal töltött paplanokat készítenek, melyek feltétele-kibontása pár perc, így könnyen hozzáférhetővé válnak a különböző kialakítású és nagyságú csőszerelvények. Ezen túlmutatóan olyan fejlesztések is folyamatban vannak, melyek célja a lehető legszélsőségesebb alkalmazási területek lefedése, mint például fagy- vagy robbanásveszélyes helyek.

A nap utolsó előadásaként **Novák Dániel** bemutatott egy, a szakreferensi adatszolgáltatás megkönnyítésére kifejlesztett programot. Ez egy olyan egyszerűsített felületet ad, mely az inputlapon megadott adatok alapján készít kimutatásokat, illetve generálja le a kész dokumentumot. A program Microsoft Excel alapú, ami az egyik legelterjedtebb táblázatkezelő, így ezen megoldás egyik előnye, hogy nincs extra szoftverigénye. Az elkészült dokumentum így alapvetően tartalmazza az általánosan használt adatelemzési formákat, mint a táblázatok, diagramok, de ezen túl élettartamra vetített egyszerű megtérülések, Cash Flow diagramok is megjelennek benne. Különlegességét adja, hogy számos továbbfejlesztési, módosítási lehetőséget is magában hordoz.

Mihók Anna

2.2 szekció – Tehetséges fiatalok az energetikában – energetika területén kutató egyetemi hallgatók előadásai

Levezető elnök: Dr. Péter Szabó István

Szekció titkár: Boguszlavszkij Gergely

A szekció első előadását **Füzesi Dániel** tartotta, melynek címe az *ALLEGRO gázhűtésű gyors reaktor egyszerűsített MOX kazettájának vizsgálata CFD kóddal* volt. A Generation IV Nemzetközi Fórum (GEN IV) hosszú távú céljai közé tartozik az új típusú reaktorok kutatásának előrelendítése és fenntartása annak érdekében, hogy fejlesszék a nukleáris bázisú termelést, növeljék annak biztonságát, fenntarthatóságát, gazdaságosságát, a villamosenergia-termelés hatásfokát, valamint megakadályozzák a proliferációt. Az előadás az ALLEGRO céljával és felépítésével kezdődött majd szó esett a különböző geometriákról, hálószerkezetről és a peremfeltételekről mellyel az előadó dolgozott munkája során. Az előadás végén az eredmények összefoglalásaképp elmondta a hallgató, hogy a kapott eredmények elfogadhatóak, azonban vannak még fejlesztési lehetőségek a modellt illetően, például különféle tényezők beépítésével.

A második előadást *Versenyautók tervezése és gyártása a Szegedi Tudományegyetemen* címmel adta elő **Gyurkó Csilla.** Az előadó először az AIRRARI csapatról és járműről beszélt. Minden évben újra kell gyártani innováció, fejlesztések, módosítások és új előírások miatt. A folyamat a tervezéstől a kivitelezésen át a működésig be lett mutatva a hallgatóság számára, illetve, hogy a csapat a különböző nemzetközi versenyeken hogyan szerepelt. A prezentáció második felében a STECO csapat múltjáról és technikai paramétereiről hallhatunk. Az előzővel szemben ez egy elektromos jármű, melynek szintén a sikereiről kaptunk információt a technikai részletek ismertetése után. Az előadás végén különböző videókat láthattunk a versenyautókról élesben, illetve az összeszerelési folyamatokról.

A szekció utolsó előadója **Tóth Zsófia** volt, aki *A kadmium 113-as izotóp befogási hatáskeresztmetszetének vizsgálata hidegneutronnyalábban* című munkáját prezentálta. Előadásának elején röviden ismertette a téma néhány alapvető fogalmát és összefüggését. Például bemutatta, hogy a magreakciók végbemenetelének valószínűségét jellemző fizikai mennyiség az energiafüggő hatáskeresztmetszet. A termikus, valamint az annál kisebb energiákon ez a mennyiség a legtöbb izotóp esetében fordítottan arányos a neutronsebességgel. Innen ered az 1/v-s hatáskeresztmetszetű atommag elnevezés. Bizonyos nehéz atommagoknál viszont ezzel szemben kisebb-nagyobb eltérések figyelhetők meg az 1/v-s hatáskeresztmetszettől, ennek oka, hogy az atommag bizonyos energiákon rezonánsan fogja be a neutront. Amikor a rezonancia a termikus 25,3 meV közelébe esik, akkor drasztikusan módosítja a hatáskeresztmetszet energiafüggését a vizsgált energiatartományban. Ennek figyelmen kívül hagyása nagy hibát eredményezhet a számítások során, így a hatáskeresztmetszet-adatok pontosítása kiemelten fontos feladat, mely a 3+ és a 4. generációs reaktorfejlesztésekhez elengedhetetlenek. Összességében az előadó által szimulált és mért eredmények minimális hibával tértek el, melyeknek a javítására van lehetőség a jövőben.

Boguszlavszkij Gergely

3.1 szekció – Hogyan tovább, energiagazdálkodási rendszer, vagy energetikai audit?

Levezető elnök: Tánczos Lajos

Szekció titkár: Kertész Dávid

Tánczos Lajos levezető elnök nyitó beszédé után, **Szabó József** a Magyar Szabványügyi Testület főosztályvezetője tartotta a szekció első előadását *„Az ISO 50 001-ben várható változások"* címmel. Az előadó hangsúlyozta, hogy a szabványok kidolgozását az iparnak is segíteni kell. Különösen igaz ez a 2011-ben kiadott ISO 50 001-es szabványra, melynek felülvizsgálata jelenleg is zajlik és várhatóan 2018. novemberében kerül a felújított, kiegészített változat bemutatásra. A korszerűsítésre azért van szükség, hogy az irányítási rendszerek szerkezet jobban hasonlítson az ISO szabványokhoz szerkezetéhez, a tartalom és a szakkifejezések kapcsán. Az átalakítás során vizsgálják az energiahatékonysági mutatókat, az energiagazdálkodási alapállapot meghatározásának módját, valamint az adatgyűjtési módokat is. Ezek alapján a közös elemek kapcsán biztosan változik a tervezéssel, a működéssel és a teljesítményértékeléssel kapcsolatos lépések. A szabvány átdolgozásában az MSZT MB 938-as bizottsága is részt vesz, több nemzetközi és európai bizottsággal karöltve. Ezek alapján elmondható, hogy az EIR és az ISO 50 001 új verziójában az energiatudatos szemlélet nagyobb hangsúlyt fog kapni.

Buzna Levente, az SGS Hungaria Kft. vezető auditora *„Energiagazdálkodási rendszerek tanúsításai tapasztalatai"* címmel tartotta előadását, mely keretében SWOT analízis segítségével elemezte az energiagazdálkodási rendszereket. A SWOT analízis során az előadó bemutatta az EIR rendszerek erősségeit, gyengeségeit, lehetőségeit és veszélyeit. Rávilágított arra, hogy elkezdték alkalmazni az életciklus alapú megtérülési számításokat, melyek az ETM-ekkel (energetikai teljesítmény mutatók) kiegészülve az EIR rendszerek erősségét képzik. Továbbá ide tartozik az is, hogy még be nem következett eseményekre is készülünk, ezáltal megelőzéssel elkerülhetjük a problémákat. Emellett számos probléma adódik továbbra is a nem megfelelő tervezésből, pl.: észak-nyugati irányba épített napelemek, valamint az ETM-ek kapcsán rosszul megfogalmazott célokból. Ezen gyengeségek kiküszöbölését segíthetik a megfelelő szabályozások, valamint ösztönző hatása van az ener-

getikai pályázatoknak és az alacsony alapkamatnak. Veszélyek kapcsán az előadó kiemelte az alacsony energia árakat, a számos értelmetlen szolgáltatást a piacon, valamint a munkaerő piaci környezetet. Összegzésként elmondható, hogy a működő rendszer alapját az összefüggések átgondolása biztosítja, valamint a szabványátállás egy lehetőség a további fejlődésre.

A szekció harmadik előadását **Kurcsinka Ottó,** ZWACK Unicum Nyrt. üzemeltetési vezetője tartotta, mely keretében a cégüknél bevezetett ISO 50 001-es rendszer tapasztalatait osztotta meg az érdeklődőkkel. Mindhárom telephelyükön: Budapesten a Soroksári úton, Dunaharasztin és Kecskeméten is EIR rendszer keretében folyik a termelés. Az előadó elmondta, hogy tudatosan készültek a rendszer bevezetésére, ugyanis már a korábbi felújítások során kiépítették hozzá a mérőszenzorokat. Az ISO 50 001 bevezetésének egy fontos lépése volt, hogy a vezetőséget meggyőzzék arról, hogy van értelme a rendszernek. Ezt egy szemléletes hasonlattal sikerült elérni, ugyanis kiszámolták, hogy évente 415 elefánt tömegének megfelelő CO_2 emisszióval működnek a gyárak. Az EIR bevezetése óta ezt már sikerült is csökkenteni 397 elefántnyira. Jelenleg 11 féle ETM mutatót használnak, fajlagosításuk egyaránt literre és darabszámra is történik. A cég célja, hogy a meghatározott ETM-ek vonatkozásában a 2015/16-os bázisévhez képest a fajlagos energiafelhasználás értékét 3%-kal csökkentsék a 2020/21-re. Az előadó megosztotta a tapasztalatait is, miszerint a jól működő EIR-hez fontos az erőforrások megfelelő csoportosítása, az energetikai szakreferenssel való együttműködés, a belső előírások betartása, valamint a dolgozók bevonása és a visszajelzéseik figyelembe vétele.

A következő előadást **Papp Zsolt Csaba** az ÉMI-TÜV SÜD Kft. vezető auditora tartotta „Működtetjük, vagy csak imitáljuk" címmel. Az előadó elsősorban arra hívta fel a figyelmet a prezentációja során, hogy milyen lehetőségek vannak az ISO 50 001-es energiagazdálkodási rendszer helyes módon történő működtetésére. Ezeket számos valós, olykor sokkoló műszaki megoldással megvalósított fejlesztés képeivel demonstrálta is. Láthattunk példát rosszul elhelyezett hűtő berendezésekre, szabad vezetékvégekre, igénytelen villanyszerelői munkára és kiékelt védelmi berendezésekre. A bemutatott példákon kívül nem csak a műszaki kivitelezésben vannak problémák, hanem gyakran az energetika gazdasági oldalán is. Hangsúlyozta, hogy nagyon fontos a célállapot tényszerű összehasonlítása az elért eredményekkel, valamint felhívta a figyelmet a villamos energia lekötésének fontosságára, ugyanis szignifikáns összeget lehet spórolni a megfelelő időben és megfelelő paraméterekkel kötött szerződésekkel.

Balogh Gábor, a HILTI Szerszám Kft. központi mérnöke az előadása során a LEAN és az ISO rendszerek együtt-működtetésének tapasztalatait osztotta meg az érdeklődőkkel. A LEAN alapvetően egy vállalatirányítási rendszer, melynek célja, hogy a vállalat minél hatékonyabban, gazdaságosabban állítsa elő a termékeit. Az ISO 50 001-es szabvány nem engedélyezi a mátrix alapú auditálást, ezért a LEAN rendszerrel nem lehet együtt kezelni. Ennek kapcsán elmondható, hogy a két rendszer sok helyen tudja egymást segíteni, azonban vannak olyan területek, melyek a rendszerek eltérő céljaik miatt, nehezen összeegyeztethetőek.

A szekció zárásaként **Czinege Zoltántól,** a H1 System Kft. energetikai szakértőjétől hallhatott a közönség egy inspiráló előadást az ISO 50 001-es rendszerüzemeltetés nehézségeivel kapcsolatban. Az előadó felhívta a figyelmet arra, hogy az ISO 50 001 nem egyezik meg az energiagazdálkodási rendszerekkel. Helyes megfogalmazásban energiagazdálkodási rendszert üzemeltetünk, aminek a minőségbiztosítását az ISO 50 001 szabvány szerint végezzük. Az egyik legnagyobb probléma a belső kompetencia hiánya, azaz az ISO 50 001-gyel foglalkozó szakemberek alulképzettsége. Emellett gyakran elmaradnak az energetikai átvizsgálások, amik elengedhetetlenek lennének a megfelelő alapállapot meghatározásához. A külső tényezőket gyakran elhanyagoljuk, ugyanis nehéz azonosítani őket. Erre példa, hogy a téli enyhe időjárás félrevezető lehet, ezért ilyen esetekben korrekciót kellene alkalmazni a bázis értékkel való összehasonlításkor. Az ETM-ek meghatározása során gyakori probléma, hogy a primer energia és a CO_2 kibocsátás nem lehet ETM mutató, mégis alkalmazzák őket. Az előadás során átfogó képet kaptunk az EIR és az ISO szabvány közötti eltérésekről és a belőle eredő problémákból, azonban az előadó mégis motiváló gondolatokkal zárta prezentációját, miszerint *„Lehet valódi versenyelőny az energetikai megtakarítás!".*

Kertész Dávid

3.2 szekció – Energiaforradalom a közlekedésben

Levezető elnök: Tompa Ferenc

Szekció titkár: Boguszlavszkij Gergely

A szekció első előadója **Deák László** volt, az E-Mobi Elektromobilitás Nonprofit Kft. műszaki tanácsadója, előadásának pedig *Az elektromobilitás hazai helyzete és lehetőségei* címet adta. A prezentáció három fő tématerületet érintett: elektromos járművek, infrastruktúra és integráció. Az előadás elején szó esett az elektromobilitásról globális majd hazai szinten. Mind a két tekintetben komoly töltőállomás és gépjárműszám növekedés prognosztizálható. 2030-ra valamivel több mint 400 ezer elektromos gépjármű várható hazánkban. A továbbiakban szó volt az E-Mobi tevékenységéről, pontosabban az infrastruktúra kiépítéséről az önkormányzatok segítségével országszerte többek között és a társadalmi szerepvállalásról: elektromobilitás népszerűsítése, szemléletformálás, edukáció, környezettudatosság. Az előadás végén pedig hallhattunk a gépjármű támogatásról és a kormányzati flotta lehetőségéről, bővítéséről.

A második előadást a szekcióban **Orgovány Ferenc,** az NKM Mobilitás Kft. ügyvezető igazgatója tartotta *Sűrített földgáztöltő állomások telepítésének tapasztalatai* címmel. Előadásának elején bemutatta a hazai CNG helyzetét és az ezzel kapcsolatos tudnivalókat. Hazánkban körülbelül 5-6000 autó van jelenleg mely ezt a technológiát használja, azonban nagyon drága – közel 100 millió forint – a töltőállomások telepítése és ezekre egyelőre nincsen állami támogatás. Az NKM csoport közel 40 gázüzemű céges autóval rendelkezik. A BKV Zrt.-nek 71, az FKF-nek pedig 60 gépjárműve van állományban, valamint fontos megjegyezni, hogy Kaposváron 40 darab CNG buszt helyeztek tesztüzembe a közelmúltban. A CNG és a dízel összehasonlítása azt az eredményt hozta, hogy kibocsátás tekintetében sokkal kedvezőbb a CNG. Aktualitásokat illetően szó esett a német helyzetről, miszerint legalább 2030-ig van ennek a technológiának létjogosultsága, illetve az Audi vállalja, hogy az átlag CNG fogyasztás esetén Power to gas technológiával termel az autók üzemeltetéséhez gázt.

A következő előadást **Nehéz Beáta** tartotta – az E.ON Energiakereskedelmi Kft. önkormányzati értékesítési vezetője – az *E.ON E-flottájáról.* Először meghatározta, hogy ki az, aki tipikus emobilitás felhasználó: középkorú, férfi, városban él, legalább két autója van és 35 km-t tesz meg átlagosan munkába menet. Átlagosan 10-ből 8 elektromos autó flottában található meg. Ezután néhány alapinformáció hangzott el az elektromos autózásról: 2020-ra 50 000 gépjármű a cél, környezetkímélők, csendesek, kevesebb alkatrészre van

szükség, üzemeltetése gazdaságos, 500 Ft-ból akár 100 km-t is meg lehet tenni, fékezésből származó energia hasznosítható, illetve van rá kormányzati támogatás. Az E.ON E-flotta számára az önkormányzatok a célközönség, mivel ők hatékonyan tudják alkalmazni a flottát, melyek esetében a Nissan Leaf, Hyundai Ionig, Volkswagen e-Golf és Nissan NV 200 modellek tartoznak a lehetséges választások közé. Egy ilyen flotta átlagosan 3-5 autót foglal magába, illetve a szolgáltatás tartalmazza a töltőt, annak telepítését és üzemeltetését. Székesfehérváron és Szolnokon van jelenleg pilot projekt.

A szekció negyedik előadását **Vajda Szabolcs** szakszolgálatvezető tartotta a BKV-től, *Energiahatékonyság növelése visszatáplálással a közlekedési vállaltoknál* címmel. Az előadás java részében különböző éves statisztikákról hallhattunk, melyek különféle tényekre hívták fel a figyelmünket, mint például, hogy a belvárosi áramátalakítók többet fogyasztanak, mint a külvárosiak. A legtöbbet a Kertész utcai átalakító fogyasztja. Az áramalakításon túl a vállalat egyéb, energiafogyasztáshoz és energiahatékonysághoz kapcsoló területét illetően is említésre kerültek további érdekes információk. Ilyen volt például, hogy tekintettel arra, hogy a téli hónapokban a hideg nagy terhet okoz, ezért sokszor nem kapcsolják ki éjszaka a fűtést a járműveken. A különböző járműtípusoknál különböző a visszatáplálás mértéke, de körülbelül 15-30% körül mozog.

A szekció utolsó előadását **dr. Zsebik Albin** tartotta *Alternatív hajtású járművek – melyiket válasszam?* címmel. Az előadás első fele különféle bevezető gondolatokról szólt, hogy melyiknek mennyi a fajlagos kibocsátása, fogyasztása, hatótávolsága, milyen töltőállomások érhetőek el, milyen gyakorisággal, milyen karbantartási lehetőségek vannak és szükségesek. Ezután a gazdasági elemzésekről és eredményeiről hallhattunk, végezetül pedig a töltőállomásokkal kapcsolatos kérdésekről, hogy saját vagy nyilvános töltőállomások legyenek-e. Olyan kérdésekről kaphattunk információt továbbá, hogy míg jelenleg az elektromos járművek üzemanyag költsége a legalacsonyabb, illetve lokálisan nincsen szén-dioxid kibocsátás, beruházási költségét illetően igen drága. Továbbá a CNG üzemanyag ára a gázolajénál alacsonyabb azzal együtt, hogy a szén-dioxid kibocsátása közel megegyezik, azonban a különböző esetekben még figyelembe kell venni a töltőállomások költségét is.

Boguszlavszkij Gergely

Pódiumvita

Moderátor: Czinege Zoltán

A pódiumvita hagyományosan az energiagazdálkodással foglalkozó szakembereket aktuálisan foglalkoztató kérdések köré szerveződött úgy, mint az elmúlt években teljesített kötelező energetikai auditok ellenőrzési tapasztalatai és az ezekből levonható következtetések, az energetikai szakreferens tevékenység értékelése jogalkotói és a kötelezett vállalkozások szempontjából, valamint az energiahatékonysági beruházások TAO támogatása körül felmerülő kérdések, feladatok és a gyakori problémák.

A vitát, vagy talán helyesebben jellemezve a kötetlen beszélgetést az AEE Magyar Tagozatának elnöke, **Czinege Zoltán** egy rövid vitaindító előadással kezdte, ami számos kérdést is feltett a kollégáknak, miszerint ki, hogy látja pl.: eléri-e vajon a célt a szakreferens intézménye, vagy a szakma érzi-e szükségét a jogszabály változtatásának, illetve milyen feladatokat lát sürgősnek a MEKH a területen?

Elsőként **Körmendi Péter** az Arconic Kft. Központi Energiaellátás Üzletágának (CEM) rendszermérnöke beszélt a tapasztalatairól. Kiemelte, hogy cégük lehetőségként élte meg a szakreferens intézményén keresztül a külső szakemberek bevonását az energiagazdálkodási folyamataikba, és pozitívan számolt be az elért eredményekről is, elsősorban az ISO 50001-es rendszer támogatása területén.

Harmadikként a MEKH képviseletében jelen lévő **Baráth Géza** igyekezett egyrészt beszámolni a MEKH tapasztalatairól, másrészt a kollégák kérdéseire is választ adni. Helyzetét nehezítette, hogy a MEKH is jogalkalmazóként követi a jogszabályok előírásait, de megnyugtatta a jelenlévő vállalati szakembereket és az auditor közösség képviselőit, hogy a cél nem a büntetés, hanem a szakami színvonal közös erőfeszítéssel történő emelése.

Számos kérdés érintette a szakreferens szolgáltatás szakmai tartalmát is, és a jelenlévők közül többen is amellett érveltek, hogy az ún. minimum szolgáltatás valójában semmilyen hozzáadott értéket nem képvisel a kötelezett szervezet számára, azonban az árverseny nem tesz jót a magasabb szakami szolgáltatási szintet kínáló vállalkozóknak.

Az adókedvezmény felhasználásával kapcsolatban visszafogott várakozásokról számoltak be az auditorok főleg, amikor többen felvetették a jogszabályban megfogalmazott minimum energetikai követelmények jelentette nehézségeket az elszámolásban. Eszerint, a hatékonyságnövelő beruházások közül számos esetben csak a beruházási összeg töredéke vonható az adókedvezmény hatálya alá, mert csak a minimálisan elvárt hatékonysági szint feletti javulás vehető figyelembe. Általánosságban is kijelenthető, hogy a területen egyelőre sok bizonytalanságot azonosítottak a szakemberek, de ezek szakmai konzultációja nem valósulhatott meg, mert sajnos a Minisztérium nem tudta a konferencia második napján is képviseltetni magát.

Összességében a pódiumvita sikeresnek nevezhető, mert a főbb kérdésekben a jelenlévő szakemberek hatékonyan tudták megosztani ismereteiket, így a rendezvény elérte a célját: hogy olyan fórumot és információáramlást biztosítson, amely a konferencián részt vevő jogalkotásban dolgozó illetve a jogalkalmazó energetikai szakemberek számára kölcsönösen hasznos.

Putti Krisztián

Jegyezze be naptárába:

KLENEN '19

2019. március 7-8.

Jelentkezés előadásokkal és termékbemutatókkal a klenen@congress.hu címre

Határidő: 2018. október 15.

További információ a www.klenen.eu honlapon

Újszerű rendszerszabályozási megoldások a villamos energetikában[1]

Táczi István
okl. villamosmérnök, taczi.istvan@vet.bme.hu

Vokony István
okl. villamosmérnök, vokony.istvan@vet.bme.hu

A villamosenergia-rendszer termelői összetételének átalakulásából fakadó decentralizáció és a forgó tömeg csökkenés a rendszer irányítása és üzemeltetése során számos új kihívást tartogat. A cikk célja összefoglalni a befolyásoló folyamatokat – mind műszaki, mind pedig a jogi szabályozói szemszögből – felvázolni a nemzetközi trendeket és lehetséges megközelítéseket az ellátásbiztonság, minőség és költséghatékonyság megőrzésére. A frekvenciastabilitás megőrzésére szolgáló lehetséges tartaléktervezés alapelveinek bemutatásával az inercia csökkenésének problémájára adott lehetséges műszaki megoldások részletes ismertetése betekintést ad az újszerű rendszerszabályozási megoldások fejlődésére.

*

Decentralization and increasing share of non-synchronous penetration due to the changes in the electricity generation mix bring new challenges for system operators. This manuscript summarizes the influencing processes – both from the technical and regulation viewpoint – introduce the international trends and possible approaches to ensure the security of supply, power quality and cost-effectiveness in the changed environment. The discussion on planning principles of frequency stability reserves offers an insight to the novel approaches and developments in the control of power systems.

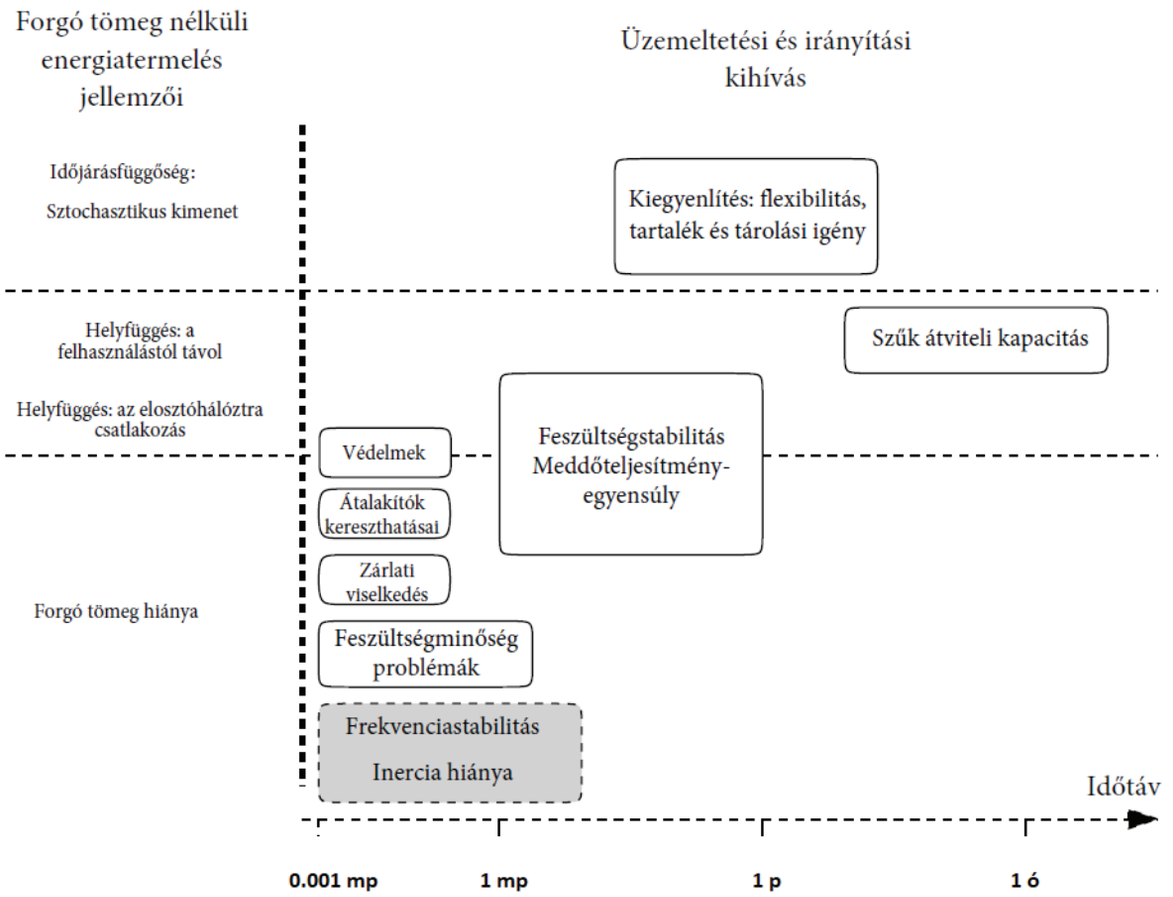
* * *

Napjaink villamosenergia-termelő kapacitás létesítési trendjeinek vizsgálatakor a klímapolitikai célok eléréséhez szükséges megújuló energiaforrások komoly előretörése figyelhető meg. A Nemzetközi Energiaügynökség (International Energy Agency, IEA) 2017-ben publikált adatai szerint a 2016-os év során létesített új kapacitások közel kétharmadát megújuló energiaforrások teszik ki (~165 GW). Ez a termelői oldal decentralizációjához vezet, az egyes egységek névleges teljesítménye lényegesen kisebb, mint a konvencionális technológiák esetén. A rendszer üzemeltetői számára ez a folyamat jelentős kihívásokat rejt magában, az ellátásbiztonság és minőség fenntartása viszont értelemszerűen továbbra is egyértelmű elvárás. A cikk célja egy kitekintés a lehetséges irányokra, nemzetközi trendekre, valamint részleteseben tárgyalva a frekvenciastabilitás kérdéskörét a tervezési elvek komplexitásának bemutatása. [1] [2]

A rendszerszabályozás kialakítása illeszkedik az évtizedek alatt kialakult igényekhez. A sztochasztikusan változó (de különböző eljárásokkal jól becsülhető) terhelések lekövetését a megfelelő szabályozási képességgel rendelkező termelőkkel végzik, a cél minden pillanatban a két oldal egyensúlyban tartása. Az energiatárolás szerepe a költségeken és technológiai lehetőségeken túl azért is maradt viszonylag limitált, mert ez az elv tökéletesen megfelelt az elvárásoknak. Az időjárásfüggő termelés megjelenésével azonban félő, hogy a rendszer szabályozása nem végezhető el sikeresen minden üzemállapotban. Az intermittens termelés rövidtávra nézve a szabályozási tartalékok és kiegyenlítés piacát forgatja majd fel, felértékelve ezzel minden olyan megoldást, mely rugalmasságot (teljesítményváltoztatási tartomány az idő és a rendszerparaméterek függvényében) képes biztosítani a rendszer számára. Hosszú távon pedig az adekvát kapacitáskezelés lesz a kulcs, hiszen az energiaipar számára az ilyen típusú tervezés is elengedhetetlen a beruházások nagysága miatt. A rövid- és hosszú távú ellátás biztosításán túl is számos hatást kell majd figyelembe venni, például a piactorzító jelenségeket is ki kell küszöbölni a rendszerből. Ehhez viszont új megközelítésre, innovatív megoldásokra van szükség. [3] [4]

A centrális energiatermelés egy fontos tulajdonsága, hogy nagy forgó tömegű, hálózatra közvetlenül csatlakozó szinkrongépekkel történik a villamosenergia-termelés. Ez a megoldás kialakításából fakadóan szolgáltatja a hatásos teljesítmény és a frekvencia közvetlen fizikai kapcsolatát: amennyiben a rendszerterhelés hirtelen megnő, az a generátorok oldaláról azonnal többlet villamos teljesítmény igényként jelenik meg, ezt pedig a generátorok közvetlen összeköttetése révén a forgási sebességének csökkenéséből (egyfajta kinetikus energiatároló módjára, a forgási energiát villamos teljesítményként a rendszerbe táplálva vagy onnan felvéve a tranziens időtartama alatt) fedezhetik. Ez a folyamat fizikai kényszer hatására, beavatkozás nélkül és azonnal végbemegy, biztosítva a villamos teljesítmények egyensúlyát. A forgó tömeg szögsebességének csökkenése miatt a rendszer frekvenciája csökken, ennek meredeksége jól jellemzi a frekvenciastabilitás mértékét, melynek határa a gépek szinkronjárásának szélsőértéke. Ezt a meredekséget alapvetően a szinkrongépek inercia állandójával jellemezhetjük. A frekvenciaváltozás meredeksége azért fontos, mert még a leggyorsabb beavatkozónak is van egy reagálási ideje, amely leteltéig a rendszer önmagában néz szembe a zavarral. A hatalmas csatlakozó forgó tömegek a különböző fluktuációkat lassítják, alkalmassá téve a szabályozó eszközöket a működésre, stabil átmenetet biztosítva az átmeneti folyamatok esetén. Az időjárásfüggő, illetve forgó tömeg nélküli – jellemzően nap- és szélerőművi - energiatermelés kihívásait az 1. ábra. csoportosítja azok időbeni lefolyása szerint. Jól látható, hogy a néhány milliszekundum és néhány másodperc közti időtartományban elsősorban frekvenciastabilitással, védelmi működésekkel, zárlatáthidalási képességgel kapcsolatos, valamint a feszültségminőség kérdéskörébe tartozó folyamatokat érdemes taglalni. Ezek alapvetően kötődnek a teljesítményelektronikai átalakítók (frekvenciaváltók, inverterek) karakterisztikus tulajdonságaihoz és paramétereihez, az új technológiák elektrotechnikai viselkedésének eltéréséből fakadnak. A forgó tömeg csökkenésével tehát elkerülhetetlenül nő a frekvencia gradiens egy-egy súlyosabb hibánál (erőművi kiesés, rendszerszakadás, ugrásszerű terhelésváltozás), mely veszélyezteti a stabil üzemet. Az üzemi szabályzatokban, illetve az erőművekre vonatkozó előírásokban fontos ezek kezelése a hosszú távú hatékony működés biztosításához. Ezeken túlmutatóan az elosztottság és időjárásfüggőség számos kihívást tartogat a feszültségstabilitást, kiegyenlítő szabályozást és szűk keresztmetszetek kezelését illetően, ez inkább tekinthető egy energetikai aspektusnak. [5]

[1] A cikk a KLENEN ‘18 konferencián elhangzott előadás alapján készült.



1. ábra. **Az időjárásfüggő és forgó tömeg nélküli energiatermelés okozta kihívások időtáv szerinti csoportosítása [5]**

Regulációs változások – a Tiszta Energia Csomag vonatkozásai

A kihívásokat az energetikai szabályozó hatóságok (regulátorok) is felismerték, hovatovább az Európai Unió Tiszta Energia Csomag (vagy más néven Téli Csomag) irányelveket tartalmazó dokumentumai is számos érdekes új lehetőséget vetnek fel a rendszer irányításának és üzemeltetésének terén. Fontos kiemelni, hogy a dokumentum jelenleg is véleményezés alatt áll, a végleges változat a 2018-as év végére várható. A következő definíciók a 2016. őszén publikált anyagból származnak.

A nem frekvenciaszabályozásra alkalmazott kiegészítő szolgáltatások definíciója: *„egy rendszer-irányító által az állandósult állapotban mért feszültség ellenőrzése, a gyors reagálású árambetáplálás, a hálózatstabilitási inercia, a rövidzárlati áram, a black start képesség és a szigetszerű működési képesség céljából használt szolgáltatás, vagy egy elosztóhálózati engedélyes által az állandósult állapotban mért feszültség ellenőrzése, a gyors reagálású árambetáplálás és a rövidzárlati áram céljából használt szolgáltatás, a tároló létesítményeket is ideértve.”* [6]

A nem frekvenciaszabályozásra alkalmazott kiegészítő szolgáltatások megjelenése azon piaci alapon működtethető műszaki szolgáltatások összessége lehet, melyek a megváltozott viselkedésű rendszerben hivatottak az ellátás folytonosságát és minőségét biztosítani a kiegyenlítő szabályozások rendszere mellett. A jelenleg átviteli rendszerirányítók által működtetett rendszerszintű szolgáltatások piaca a feszültség-meddőteljesítmény szabályozásból, üzembiztonsági szolgáltatásokból (pl. black start), kiegyenlítő szabályozásból (a klasszikus egyensúlyra szabályozás hierarchiája – primer, szekunder és tercier típusok), valamint a hálózati átviteli keresztmetszetek, metszékek kezeléséből áll. Ez gyakorlatilag a piacnyitással egyidős fogalom, hiszen a villamos energia áruvá válásakor volt szükséges annak minőségét külön felelősségi körben biztosítani. Az időjárásfüggő, műszaki szabályozhatósági szempontból a konvencionális erőművektől merőben eltérő viselkedésű erőművek esetén azonban ez a modell kiegészítésre szorulhat. Új szolgáltatásként jelenhet meg a jelenleginél gyorsabb szabályozási piac, hiszen a teljesítményelektronikai átalakítók vezérlésével a tizedmásodperces válaszidők is könnyen elérhetők. A forgó tömeg csökkenését is szükséges kezelni valamilyen módon: akár a szinkrongépes energiatermelés bizonyos részarányát fenntartva, akár az inercia szabályozáson keresztüli biztosításával, azaz szintetikus inercia képzésével. A zárlatok megfelelő kezeléséhez, illetve esetleges szigetüzemű működés fenntartásához is kialakulhatnak új piaci szolgáltatások. Továbbá fontos, hogy az átviteli rendszerirányító mellett akár az elosztóhálózati engedélyesek is beszerezhetnek szolgáltatásokat például feszültségtartási, zárlatkompenzációs célból. Az ilyen irányú változások egyik kulcskérdése az átviteli- és elosztóhálózati engedélyes szerepének megváltozása lehet: kettejük együttműködése szükséges a hatékony működéshez, melyhez információátadás, koordináció szükséges. A dokumentum továbbá kiemeli, hogy szükség van egy, az ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators – Electricity) szervezetével analóg organizációra az elosztók szintjén is (EU Distribution System Operator Entity).

A teljes mértékben integrált hálózati elem definíciója: *„az átviteli rendszerbe vagy elosztóhálózatba integrált statikus hálózati ele-*

mek, ideértve a tárolólétesítményeket is, amelyek használatának kizárólagos célja az átviteli rendszer vagy elosztóhálózat biztonságos és megbízható működésének biztosítása, a kiegyenlítő szabályozás vagy a szűk keresztmetszetek kezelése azonban nem." [6]

A Tiszta Energia Csomag definiálja először az energiatárolás fogalmát, melynek bevezetésével az immáron jogilag is elválasztható a villamosenergia-termeléstől, illetve fogyasztástól. Ez egy komoly lépés, hiszen korábban a tároló létesítményeket e kettő együtteseként kezelték. Az Európában alkalmazott szigorú szétválasztási elvek – hálózati engedélyesek szabályozott tevékenysége, a villamosenergia-piaci tevékenységektől való elválasztása – ugyanis ebben a kontextusban megnehezítették a tárolás hálózati célú alkalmazásait. Az új definíció segítségével azonban mind a piaci, mind pedig a hálózati célú alkalmazások teret nyerhetnek maguknak. A hálózati engedélyesek számára továbbra is számos feltételnek kell megfelelni a tároló eszközök alkalmazásához, azonban immáron egy egyértelmű keretrendszer segíti őket. A teljes mértékben integrált hálózati elemek gyakorlatilag lehetővé teszi számukra az innovatív technológiai megoldások implementálását, amennyiben azokkal igazoltan nem végeznek versenypiaci tevékenységet. A tárolási technológiák komoly lehetőségeket rejtenek magukban – például az akkumulátoros energiatárolók válaszidejükből fakadóan alkalmasak a forgó tömeg csökkenését ellensúlyozni, a mért paraméterek alapján hálózatstabilizáló funkciókat megvalósítani a forgó tömeg hatásainak virtuális leképzésével.

Új irányok a rendszerszabályozásban

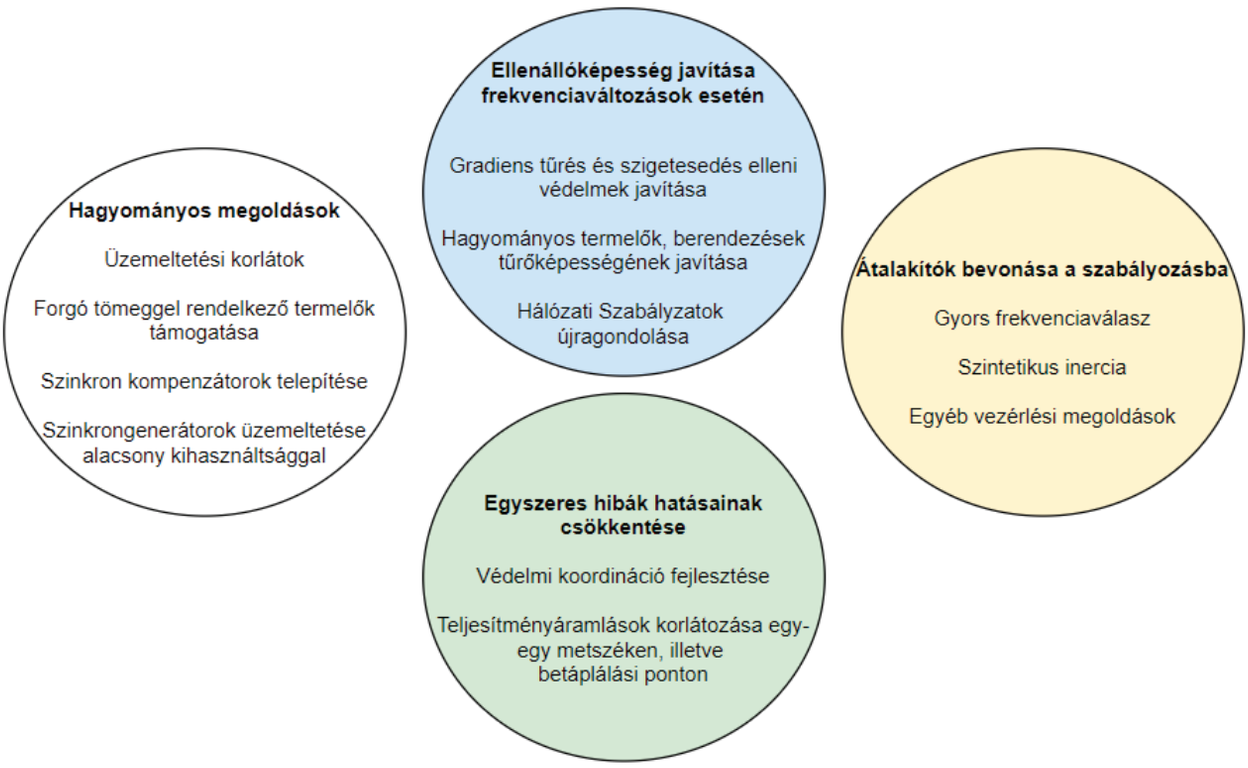
A teljesítményelektronikai átalakítók számos lehetőséget rejtenek magukban, szabályozhatóságuk több tekintetben is túlmutat a konvencionális generátorokon. A rendszerszabályozásba való bevonásuk azonban terjedésük első szakaszában elmaradt, alacsony részarányuk nem vezetett üzemviteli problémákhoz. Bizonyos elterjedtség felett azonban szükségszerűvé válik integrációjuk, mely számos új megközelítést igényel. A nap- és szélerőművek egyik alapvető korlátja az időjárásfüggőség: kétirányú szabályozásuk csak a piaci szempontból optimális munkaponttól eltérő üzemállapotokban valósítható meg. Energiatárolóval való kiegészítésük azonban lehetőséget biztosít a szabályozásban való részvételre. Számos országban találkozhatunk már definiált zárlati áthidalóképességgel kapcsolatos előírásokkal, illetve egészen a háztartási méretű kiserőművek szintjéig terjedő szabályozhatósági kritériumokkal mind a feszültség, mind pedig a frekvencia tekintetében (pl. Belgium, Németország és Szlovénia). Az elosztott termelők így megfelelő paraméterbeállítások mellett – vagy adott esetben valamilyen távhozzáférési megoldással – részt vehetnek a rendszerszabályozásban is. A feszültség tekintetében a helyfüggőség korábban is kritikus pontként jelentkezett: az egyes csomópontokon a feszültség jelentősen különbözhet a rendszerben az összeköttetéseken keletkező feszültségesés és az aktuális hatásos- és meddőteljesítmény munkapontok fényében. A korábban passzívként kezelt elosztóhálózat kapcsán jelentős változás, hogy az itt megjelenő termelőegységek az eddigi egyirányú teljesítményáramlások rendszerét és a feszültségesésre méretezett hálózatok tervezését merőben átalakítják. A szabványokban és a garantált szolgáltatások rendszerében megfogalmazott határértékeknek való megfejeléshez az elosztóhálózaton is új eszközökhöz kell nyúlni a költséghatékony hálózatfejlesztés érdekében: terhelés alatt szabályozható elosztótranszformátorok, vonali feszültségszabályozók, energiatárolók alkalmazása szükséges bizonyos esetekben a hagyományos alternatívák mellett, a számos elosztott beavatkozó pedig a rendszer egészének működésére is hatást gyakorol, strukturális változáshoz vezet. Illetve a termelők bevonásával is komoly hálózatfejlesztési beruházások lehetnek elkerülhetők: egy amerikai tanulmány tanulságai szerint például a napelemes erőművek névleges teljesítményének 5%-val megvalósított szabályozás az integrálható teljes kapacitás több, mint duplázásához vezet. Egy német kutatás szerint pedig a hálózatba táplálható energia beépített teljesítményhez viszonyított 70%-ban való maximalizálása éves szinten mindössze 3-7% elvesztett energiához vezet termelői oldalon. Jól látható tehát, hogy a rendszerintegráció egyik kulcskérdése a szabályozásba való bevonás optimális megvalósítása lehet. [7] [8] [9]

A villamosenergia-rendszerek forgó tömegének csökkenése rövid időtávon (akár másodpercek alatt) instabilitáshoz vezethet. A jelenlegi kontinentális európai rendszerben a 0,5-1 Hz/s körüli gradiensek csak extrém körülmények közt fordulnak elő (a rendszerterhelés 20%-nak megfelelő termelői kiesés), az ENTSO-E előrejelzése szerint azonban fel kell készülni az akár 1,5-2 Hz/s gradiensekre is a változó termelői összetétel miatt. Ilyen változási sebesség mellett pedig a kiegyenlítő szabályozások rendszere feltehetően nem nyújt elégséges biztonságot minden üzemállapotban. A stabilitás megőrzésére tehát szintén új megközelítést kell alkalmazni a rendszerszabályozásban. [10]

Stabilitásmegőrző tartalékok tervezése

A forgó tömeg csökkenését középpontba helyezve számos ország kutatja a frekvenciastabilitás megőrzésének hatékony módját. Jelenleg Észak-Amerikában (Texasi rendszerirányító - ERCOT), Ausztráliában (Australian Energy Market Operator, AEMO), Új-Zélandon (Átviteli rendszerirányító -Transpower) és számos európai országban születtek tanulmányok a problémakört vizsgálva. A leggyakoribb irány a frekvencia változási sebességére (gradiensére) vonatkozó korlátok bevezetése, a menetrendek és tartaléktervezés során alkalmazott szinkron inercia korlát (például minimális forgó tömeg, minimális szinkron termelői részarány) alkalmazása, szinkron kompenzátorok alkalmazása és a forgó tömeg nélküli termelők frekvenciamérés alapú teljesítményválaszra kötelezése. A frekvenciastabilitás-megőrzéséhez szükséges intézkedéseket a 2. ábra összegzi.

A gradiens korlátozásának szükségessége a generátorok, fogyasztók és hálózati elemek épségének megőrzése érdekében fontos. A forgó tömeg csökkenésével ugyanis előfordulhatnak olyan mértékű tranziensek, melyek pusztán lefutási sebességükből adódóan okozhatnak károkat a berendezésekben, sérthetik a rendszer integritását, bonthatják fel annak szinkron üzemét. Ezért szükséges definiálni egy maximális frekvenciaváltozási sebességet, mely megengedhető az adott rendszerben. Ennek biztosításához ki lehet számolni egy szükséges forgó tömeget, amely esetén a legnagyobb egyszeres hiba – generátor kiesése, átviteli metszéken bekövetkező szakadás – sem okoz problémát. Ezt az eljárást kísérleti jelleggel Írországban alkalmazta is a rendszerirányító, valamint szimulációs vizsgálatokkal elemezte az energiamix várható változásai esetén gyakorolt hatását is. Alternatívát jelenthet továbbá ebben a gondolkodásban az egyszeres hiba lehetséges hatásának minimalizálása is: a nagyobb beépített teljesítményű erőművek kiszorulásával az ilyen események jellemzően átviteli metszékek elvesztését fogják jelenteni (különös tekintettel a nagyfeszültségű egyenáramú átvitelre). A védelmi koordináció adapítvvá tétele is alkalmas a hibák hatásainak korlátozására. [11]



2. ábra. **Stabilitásmegőrzés lehetséges megközelítéseinek csoportosítása [5]**

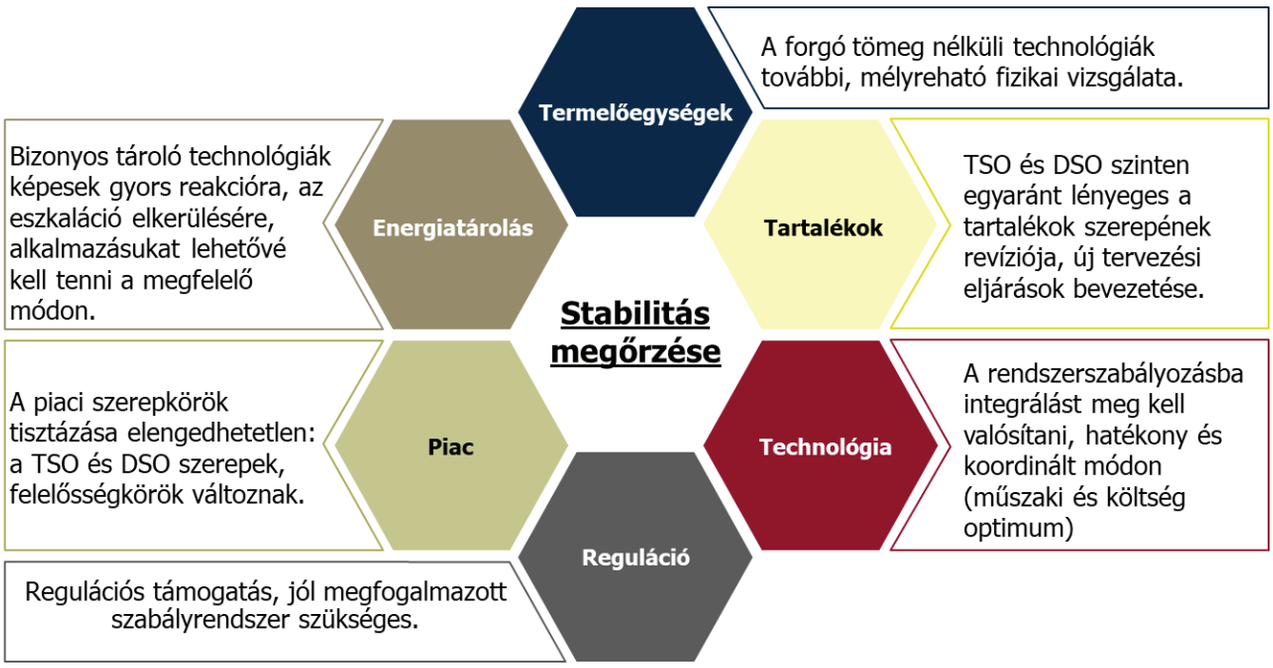
A szükséges minimális forgó tömeg, azaz kinetikus energia biztosítására elő lehet írni explicit korlátokat a menetrendi lekötésekben, azaz a rendszerben lehet tartani a szükséges szinkron inerciát. A szinkron kompenzátorok olyan szinkrongépek, melyek nem szolgáltatnak a rendszer számára hatásos teljesítményt („szabadon forognak", nincs mögöttük hajtórendszer, amely folytonos villamosenergia-termelésre alkalmas), forgó tömegük azonban hatással van a rendszer működésére, illetve a feszültségszabályozásban fontos szerepet játszanak gerjesztésszabályozásuk révén. Működési jellegükből adódóan az inercia konstansuk kisebb — mivel nincsen mögöttük a mechanikai teljesítményt előállító komplex rendszer — mint a hatásos teljesítményt is szolgáltató szinkrongenerátoroké, de mindenképp hasznosak lehetnek a stabilitásmegőrzésben. A fogyasztóoldali befolyásolás is számos lehetőséget rejt magában, mely koordináltan alkalmazva kiaknázható.

A hatékony tervezési eljárás legfontosabb sarokköve azonban a forgó tömeg nélküli termelő- és tárolóegységek bevonása a szabályozásba. Akár az inercia emulálásával – szintetikus inercia képzéssel – akár gyors frekvenciaválasz (fast frequency response, FFR) szolgáltatásával, de ezen eszközök kitűnően alkalmazhatók szabályozási célokra. A stabilitásmegőrzés rövid aktivációs ideje szintén kedvez az akkumulátoros energiatárolók, szélerőművek bevonásának. A vezérlés adaptívvá tétele pedig a rendszerirányító részéről szolgáltatott információ alapján biztosítható. A különböző üzemállapotok ugyanis különböző aktuális forgó tömeg szinteket igényelnek. Amennyiben a rendszerirányító oldalán rendelkezésre áll egy valós idejű inercia becslő eljárás, a szükséges nem szinkron inercia mértéke is meghatározható, illetve a költséghatékonyság mentén a paraméterek helyesen beállíthatók. Erre egy egyszerű példa egy szélerőmű-park esete, mely csúcsterhelés idején a szinkrongenerátorokkal párhuzamosan üzemelve nem biztosít szintetikus inerciát a rendszernek, azonban völgyidőszakban – amikor a forgó tömeg a legkisebb – a paraméterbeállítás megváltozik, az erőműpark reagál a frekvenciaváltozásokra, aktívan szabályoz.

A szintetikus inercia forgó tömeg korláthoz való illesztése összetett feladat, függ a vezérlést biztosító technológiától, annak reakcióidejétől, fel- és leterhelési gradiensétől és számos egyéb paramétertől is. Zárt alakú egyenletben való megfogalmazása és üzemeltetési korlátként való alkalmazásához így még számos megoldandó kérdés áll a kutatói közösség előtt, a stabilitásmegőrzés egy napjainkban kiemelt figyelemnek örvend.

Összefoglalás és konklúziók

A villamosenergia-rendszerek decentralizációja, az időjárásfüggő megújuló energiaforrások térnyerése a teljes szektor működésére kihatással van. A hatékonyság, ellátásbiztonság és a minőségi paraméterek határértékeken belül tartása új megközelítéseket igényel, mely a rendszerszabályozást is erőteljesen érinti. Új piaci szolgáltatások, az engedélyesek tevékenységének körének kibővítése várható a rendszerintegrációs törekvések megvalósítása során. Az egyik legnagyobb kihívás a forgó tömeg nélküli, teljesítményelektronikai átalakítókon keresztül hálózatra csatlakozó termelőegységek részarányának növekedésével felmerülő frekvenciastabilitásmegőrzési feladatok megoldása. Az átalakuló termelői összetétel és topológiai változások gyorsabb és nagyobb mértékű tranziensek kialakulásához vezetnek. A stabilitás megőrzéséhez koordináció szükséges technológiai, regulációs és piaci szempontból egyaránt, melyet a 3. ábra kitűnően összefoglal és szemléltet. Az irányítás és üzemeltetés számára szükséges tervezési eljárások rendszerállapot-függő megvalósítása elengedhetetlen, az adaptivitás biztosíthatja a költséghatékony és megbízható működést. A stabilitás fenntartásához a forgó tömeg nélküli termelők is hozzájárulhatnak hálózattámogató funkciók (gyors frekvenciaszabályozás, szintetikus inercia stb.) megvalósításával, ezek tervezési eljárásba építése



3. ábra. **A stabilitás megőrzéséhez kapcsolódó kulcsfogalmak**

megfelelő modellezéssel biztosíthatja a magas színvonalú villamosenergia-ellátást minden fogyasztó számára.

Irodalmi hivatkozások

[1] European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E): The Impact of Dispersed Generation on Continental Europe's Security of Supply. 2014.

[2] International Energy Agency (IEA): Renewables 2017. 2017.

[3] Department of Energy, Electric Power Research Institute (Amerikai Egyesült Államok): Electricity Storage Handbook in Cooperation with NRECA. 2015.,

[4] International Confederation of Energy Regulators: Report on Renewable Energy and Distributed Generation. 2012.

[5] Tielens, P.: Operation and Control of Power Systems with Low Synchronous Inertia, Doktori Disszertáció (KU Leuven, Belgium). 2017.

[6] Commission of the European Union: Clean Energy for All Europeans. 2016.

[7] Dreidy, M., Mokhlis, H., Mekhilef, S.: Inertial response and frequency control techniques for renewable energy sources: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 69 pp. 144-155, 2017.

[8] Varela, J., Hatziargyriou, N., Puglisi, L. J., Rossi, M., Abart, A., Bletterie, B.: The iGreenGrid Project. IEEE Power and Energy Magazine 14. évfolyam 3. szám, 2016.

[9] Currie, B., Abbey, C., Ault, A., Ballard, J., Conroy, B., Sims, R., Williams, C.: Flexibility is the Key in New York. IEEE Power and Energy Magazine 14. évfolyam 3. szám, 2016.

[10] European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E): Frequency Stability Evaluation Criteria for the Synchronous Zone of Continental Europe. 2016.

[11] Dally, P., Flynn, D., Cunniffe, N.: Inertia Considerations within Unit Commitment and Economic Dispatch for Systems with High Non-Synchronous Penetrations. IEEE PowerTech, Eindhoven, 2015.

65. Vándorgyűlés, Konferencia és Kiállítás Úton a Tiszta Energia felé

125 éves a magyar villamos energia elosztás
2018. szeptember 12-14. Visegrád

Stephen Hawking egyik nagyon fontos gondolata volt, hogy a tudomány és a technológia olyan mértékben befolyásolja a jövőnket, hogy a társadalmakban muszáj lesz mindenkinek tisztában lennie bizonyos alapvető tudományos tényekkel, hogy képesek legyünk olyan döntéseket meghozni, amelyektől továbbra is élhető lesz a jövőnk.

A 65. MEE Vándorgyűlés és Kiállítás fő témája a Tiszta Energia. Az idézet szerinti villamos ipari tudományos és technológiai trendek, újdonságok átfogó bemutatása, megvitatása mellett a Vándorgyűlés szekciói és előadói felvállalták, hogy az egyre gyorsabb technológiai változásoknak néhány nagyon fontos társadalmi kihatását is bemutassák.

Egyik fontos társadalmat is érintő terület a szakmai utánpótlás, képzés kérdése, amelyben a Magyar Elektrotechnikai Egyesület már hosszú évek óta vállal komoly előkészítő és katalizátor szerepet. A villamos hálózati csatlakozások és villamos energia ellátás rugalmas és biztonságos megoldása egyre fontosabb szerepet kap a társadalmi elvárásokban és változásokban. Elég csak a villamos autózás terjedésére, a napenergia hasznosítás növekvő mértékére, vagy az okos városi megoldások iránti növekvő társadalmi igényekre gondolni. A modern digitális kor ügyfelei a modern és flexibilis fogyasztói kapcsolatokat, kommunikációs csatornákat várják el a szolgáltatóktól, amely irányokat ma már az elektronikus kormányzati adminisztrációs törekvések is erősítenek.

A fenti gondolatokat, témákat bemutató plenáris és szekció előadások és természetesen a szokásos baráti találkozó és egyéb keretek között folyó szakmai beszélgetések átfogó képet kínálnak az érdeklődő szakembereknek a legfontosabb kérdésekben.

Jelentkezés és további részletek: http://vandorgyules.mee.hu/

Béres József
A MEE elnöke

ORC körfolyamatok hatásfokának vizsgálata alacsony hőmérsékletű hőforrások esetén

Mihók Anna
BSc energetikai mérnök hallgató, mihokanna@outlook.com

A rendelkezésre álló hőforrások egy része esetén alacsony hőmérsékletük vagy hőtartalmuk miatt nem lehetséges a klasszikus Rankine-ciklus használata, mint például geotermikus hő, fókuszálatlan napenergia, hulladéktüzelés, ipari hulladékhő. Ilyen esetekben ajánlott a szerves munkaközegű Rankine-ciklus (ORC) használata. A hatásfok-maximalizálás egyik fontos szempontja a megfelelő munkaközeg kiválasztása. Cikkemben a munkaközeg kiválasztás aspektusait ismertetem egy geotermikus modellhőforrás esetén termodinamikai és egyéb szempontokból.

*

It is not possible to use traditional Rankine cycle in case of a part of the available energy sources like thermal solar energy, geothermal energy and waste heat recovery, because of their low temperature or heat content. That is why the usage of Organic Rankine Cycle (ORC) is especially recommended in these cases. To maximize the efficiency of an ORC system, one important aspect can be the selection of the optimal working fluid, which is introduced in my article from thermodynamic and other point of views.

* * *

Magyarország első geotermikus erőművét 2017. szeptember elején adták át Turán, Pest megyében. A Turawellnek is nevezett beruházás során a feltörő 124 °C-os termálvíz hőjét alakítják át villamos energiává, illetve majd a jövőben épülő üvegházak fűtésére alkalmas hővé. Az erőmű jelenleg 2,7 MW névleges villamos teljesítményen üzemel, de a következő évben tervezik a bővítését, hiszen a hőforrás további hasznosítási lehetőségeket is rejt magában. Ez a helyszín csak egy a geotermikus potenciál szempontjából jó adottságokkal rendelkező magyarországi területek közül, mely mutatja, hogy bőven vannak kiaknázatlan lehetőségek az országban.

Azonban a termálvizek – és a geotermikus hőforrások általában – nem elég magas hőmérsékletűek ahhoz, hogy hagyományos víz munkaközegű energiatermelő rendszereket telepítsünk melléjük, így valamilyen más hőátvivő anyagot kell alkalmazni. Az ORC körfolyamatok, vagyis szerves Rankine-ciklusok éppen a közeg megválasztásában különböznek a konvencionális Rankine-ciklusoktól, mivel itt valamilyen szerves anyagot (vagy CO_2-t) alkalmaznak. Ezen anyagok kritikus hőmérséklete jóval alacsonyabb a vízénél, így kisebb maximális hőmérséklet hatására is képesek fázisváltásra, ami ugyebár a Rankine-körfolyamat alapvető működési elvét adja.

Az ORC rendszerek gyakori munkaközegei az alkánok, halogénezett alkánok, melyek esetében fontos megvizsgálni a környezetre gyakorolt hatásokat is. Emellett az alkánok nem találhatóak meg közvetlenül a földfelszínen, kitermelésüknek és előkészítésüknek komoly költségei vannak a vízzel szemben. De emeljük ki, hogy ORC rendszereket olyan energiaforrások mellett érdemes alkalmaznunk, ahol maga a hőforrás szinte ingyen rendelkezésre áll, mint például a föld-, nap- vagy ipari hulladékhő, illetve a biomassza égetésével kapott energia. Így mindent összevetve megfelelően optimalizált rendszer megtérülő beruházás lehet.

Szakirodalom és a munkaközegek bemutatása

Már a XIX. század elején, a Rankine-Clausius körfolyamat szabadalmaztatása idején felmerült a víztől eltérő munkaközeg használata. Kezdetben dugattyús expanderű gépeket terveztek, melyeket hajókon is alkalmaztak. A modern szerves Rankine-ciklus technológiájának atyjaként D'Amelio professzort tekinthetjük, aki a Nápolyi Egyetem Hő- és hidraulikai szerkezetek tanszékének vezetője volt. 1936-ban bemutatott munkája egy naperőműhöz kapcsolódó monoklóretán munkaközegű ORC motor volt, mely már axiális turbinával rendelkezett, és nagyjából 3,6%-os hatásfokkal üzemelt. Az 1960-as években főként Olaszországban vizsgálták a naphőenergia hasznosítására alkalmas nem vizes munkaközegű rendszereket. Ezen fejlesztésekkel párhuzamosan főként geotermikus hőforrások hasznosításával foglalkoztak, melyek közül az első kereskedelmi célú egység az 1970-es években épült Kaliforniában, mely kettős vagyis ún. kaszkád kapcsolású ORC rendszerrel működött. Bár számos működési problémával küzdött, de kitaposta az utat a kettős geotermikus ORC erőművek következő generációi számára.

Az 1970-es évek olajválságának következtében előtérbe kerültek a fosszilis üzemanyagtól eltérő forrásokat használó technológiák, így a geotermikus erőművek is. Egyre több cég kezdett geotermikus egységek gyártásába és ezen erőművek kapacitása is a több megawattos teljesítmények felé tolódott. A leggyakrabban használt munkaközegek a könnyű szénhidrogének, klór-benzolok, illetve klór-fluor-benzolok voltak. Ebben az időszakban merült fel az ipari hulladékhő energiájának hasznosítása is, melyre szintén ORC rendszereket alkalmaztak. [1]

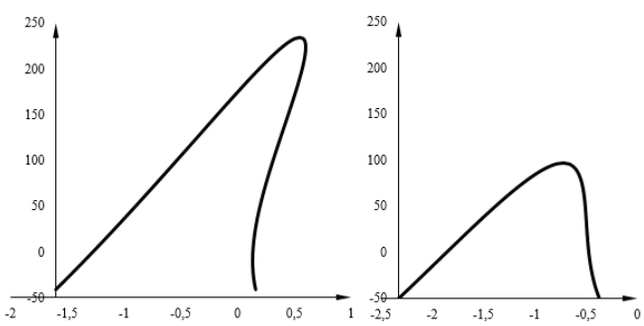
A kutatások egy fontos részét képezik a munkaközegek kiválasztásának vizsgálatai. Számos értekezés született, melyben a lehetséges folyadékok tulajdonságait tanulmányozták ORC rendszerekben való alkalmazhatóság szerint. Többféle módszer született arra, hogy milyen előnyös tulajdonságok alapján lehet kiválasztani a legoptimálisabb közeget. Neveu és mtsai. munkájuk során azokat a tényezőket keresték, melyek alapján könnyen felmérhető egy erőmű teljesítménye. Kimutatták, hogy az optimális ekvivalens hőmérsékletek nem függenek a munkaközegtől, hanem a Rankine-ciklus munkaközege „a posteriori" vagyis utólagosan választható ki. Tapasztalataik szerint a szárító és kvázi-izentropikus közegek kritikus hőmérséklete egy elsődleges szűkítési szempont lehet a választásban. [2] Ezek alapján Saloux és mtsai. a körfolyamat nyomásai, hőmérsékletei és tömegáramai alapján választották ki a legmegfelelőbb munkaközegeket, amelyeket egyaránt tanulmányoztak környezetvédelmi, biztonsági és megvalósítási szempontból is. [3] Hamdi és munkatársai 2017-es tudományos cikkükben háromféle felépítésű szerves Rankine-ciklus működését vizsgálták alacsony hőmérsékletű hőforrások esetén, illetve ezen felül állandósított körülmények között 7 különböző munkaközeg viselkedését tanulmányozták. Kutatásuk során arra a következtetésre jutottak, hogy nem létezik általánosan legjobb ORC kialakítás akármilyen munkaközeg esetére. [4] Az anyagok termikus viselkedésével foglalkozik Groniewsky és mtsai. tudományos munkája, amelyben bemutatják a közegek T-s diagramon vett gőzoldali görbe-meredekség alapján való csoportosítását – a nedvesítő, szárító és izentropikus közegeket. Emellett a szabadsági

[1] A cikk a szerző KLENEN '18 konferencián tartott előadása alapján készült.

fokok és a telített gőz izochor hőkapacitását vizsgálva egy ökölszabályt állapítottak meg, mely alapján új szárító és izentropikus anyagokat lehet keresni. [5] Újabban olyan vizsgálatokat is folytatnak, melyek célja, hogy a már megismert előnyös tulajdonságok felhasználásával olyan eddig nem létező anyagokat alkossanak, melyek tökéletesen megfelelnek az adott rendszer követelményeinek. Egy lehetséges módszer, hogy számítógépes modellezéssel állítanak elő és vizsgálnak ORC rendszereket kiadott teljesítmény és egyéb releváns tulajdonságok szempontjából [6].

Kutatásaim során hatféle alkán munkaközeget vizsgáltam, melyek a következők: propán, bután, izobután, pentán, izopentán és hexán. Mindegyik az alacsony szénatomszámú szénhidrogének közé tartozik, pontosabban az alkánok sorának 3, 4, 5 és 6 szénatomot tartalmazó elemei. Ezek az anyagok szobahőmérsékleten és atmoszférikus vagy annál kicsit magasabb nyomáson folyadékok, de a forráspontjuk a magyarországi geotermikus források által könnyen elérhető 100 °C alatti tartományban van.

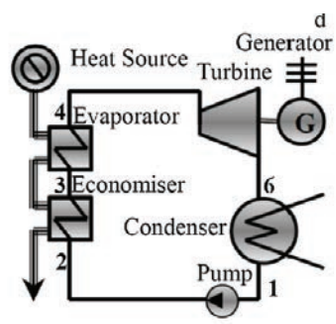
A munkaközegeknek alapvetően két típusa létezik: nedvesítő és szárító közegek. A köztük lévő átmenetet gyakran izentrópnak nevezik, de ezt nem szükséges külön csoportnak tekinteni. A közegek definícióinak alapja a hőmérséklet-entrópia diagramon ábrázolt fázisgörbe alakjához köthető. Ha a gőzoldali fázisgörbe negatív meredekségű, akkor nedvesítő közegekről beszélünk – a név onnan származtatható, hogy ezen anyagok esetén a gőzoldali szaturációs görbéről indított expanzió a vegyes mezőben ér véget, ahol egyszerre van jelen a gőz és folyadék fázis. Emiatt a turbinán cseppképződ és jelenhet meg, ami komoly erózióhoz vezethet. A nedvesség cseppek elkerülése végett túlhevítés vagy csepleválasztás szükséges. A nedvesítő közegek közé tartozik a víz és az általam vizsgált anyagok közül a propán.



1. ábra. **Szárító (pentán) és nedvesítő (propán) közeg T-s diagramja**

A szárító közegek definíciója hasonlóan a T-s diagramon ábrázolt gőzoldali görbéhez kapcsolódik: azokat az anyagokat nevezzük szárító közegeknek, melyek telítettgőz-görbéje pozitív meredekséggel rendelkezik. Tehát itt az expanzió során nem keletkeznek cseppek, így túlhevítés sem szükséges. Ide sorolható az általam vizsgált anyagok nagyobb része – bután és izobután, pentán és izopentán, illetve a hexán. A szárító közegek használatával nincs szükség túlhevítésre, hiszen telített gőzös expanzió esetén sem keletkeznek folyadékcseppek a turbinában.

A különböző típusú folyadékokhoz különböző megvalósítások szükségesek. Mint már említettem, nedvesítő közegek esetén az expanzió során cseppek jelenhetnek meg, melyek jelentősen erodálhatják a turbinalapátokat, ezért ezen munkaközegek használata esetén túlhevítő alkalmazására van szükség. Túlhevítő használata csökkenti a vízfékezési veszteséget a turbinában, emellett megnöveli a hőbevezetési átlaghőmérsékletet, ami javítja a körfolyamat termikus hatásfokát. Ezzel szemben a munkaközeg kevésbé lesz alkalmas alacsony minőségű hulladékhő-hasznosításhoz. Emellett egyes esetekben a túl nagy túlhevítési hőmérsékletek már speciális ötvözeteket igényelnek. Ugyanakkor a szárító közegek természetüktől fogva nem kívánnak túlhevítést, hogy elkerüljék a csepp-eróziót. Azonban az expanzió végén a közeg még mindig jóval a túlhevített gőz mezőben van, ami nagyobb hűtőkapacitást igényel a kondenzátortól. A nagy hűtési igény elkerülésének érdekében egy rekuperatív előmelegítő hőcserélőt használnak, amely lehűti a túlhevített gőzt még mielőtt a kondenzátorba érne, és egyben előmelegíti a folyadékot az elpárologtató előtt. Ez a megoldás nemcsak csökkenti a hűtési igényt, hanem a hőközlés átlaghőmérsékletének növelésén keresztül hatással van a Carnot-hatásfok növekedésére. [7]



2. ábra. **ORC rendszer elvi kapcsolási vázlata előmelegítővel**

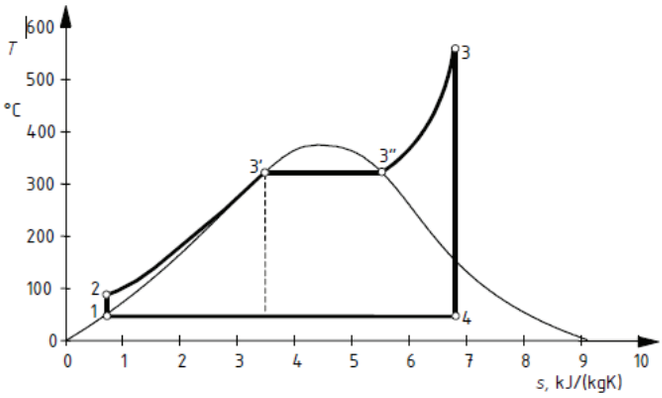
A körfolyamati hatásfok vizsgálata

Számításaim során egy ideális Rankine körfolyamatot vizsgáltam meg úgy, hogy a környezeti hőmérsékletet 20 °C-on állandónak tekintettem, mint a folyamat legalacsonyabb hőmérsékletét. A felső hőmérséklethatárt 50 °C-tól 90 °C-ig növeltem, mert az általam feltételezett alacsony hőmérsékletű hőforrások esetén ez a reálisan elképzelhető legnagyobb elérhető hőmérséklet. Bár egyes geotermikus kutak hőmérséklete 90 °C-nál nagyobb is lehet, de a munkaközeg hőmérséklete a kút hőmérsékleténél alacsonyabb marad, így az általunk választott határ reális. Mind a hat alkán munkaközeg alkalmazásával modelleztem telítettgőzös körfolyamatot, azonban a propán esetében összehasonlításképpen megvizsgáltam a túlhevítéses ciklust is. Ezen felül víz esetén is elvégeztem a számítások túlhevítettgőzös esetre, hogy ehhez viszonyíthassam a többi szerves közeget.

A kalkulációkat Microsoft Excel programban végeztem FluidProp szoftver függvényei és adatbázisai segítségével. A FluidProp egy olyan termodinamikai tulajdonságokat tartalmazó adatállomány, mely könnyen modellezési környezetekhez illeszthető, így a számítások során az egyes függvényeit felhasználva határozhatóak meg az adott közeg szükséges tulajdonságai.

Minden esetben az ideális Rankine körfolyamatot reverzibilisnek tételeztem fel. Ez azt jelenti, hogy a szivattyúzás és a turbinában végbemenő expanzió egyaránt adiabatikus és izentropikus folyamatok, vagyis egyik részfolyamat során sem történik entrópianövekedés. Így figyelmen kívül hagyjuk a valós berendezések irreverzibilitásból adódó veszteségeit, mely jelentősen befolyásolja a körfolyamat hatásfokát. Ezzel az elhanyagolással élve kizárhatjuk a berendezések különbözőségéből következő befolyásoló tényezőket, így egy ideális ciklust vizsgálva képet kaphatunk a munkaközegválasztás okozta hatásokról.

Egy reverzibilis Rankine-körfolyamat során a munkaközeg nyomását folyadék halmazállapotban először egy szivattyúval a kívánt értékre növeljük (1-2 pont között), majd egy hőcserélőn átvezetve hőt közlünk vele (3-4-es pontok közötti szakasz), ami lehet tüzelés



3. ábra. **Ideális Rankine-ciklus ábrázolása T-s diagramon**
Forrás: Bihari, Péter (2002): Erőművek, Budapest

során felszabaduló energia, nukleáris energia, geotermikus vagy hulladékhő. A hőközlés végpontja szerint válik szét a telítettgőzös- és a túlhevítéses körfolyamat. Túlhevítéses esetben a munkaközeget elpárologtatjuk a hőcserélőben, illetve utána tovább melegítve egyre nagyobb hőmérsékletű száraz gőzt állítunk elő, amit majd a turbinában expandáltatunk. Telítettgőzös folyamat esetén azonban a melegítést megállítjuk a telítési hőmérsékleten, így telített gőzt vezetünk a turbinába. A turbinában expandáltatjuk a közeget (3-4-es szakasz), majd ezek után a turbinából kijövő közeget, ami a rendszer típusától függően száraz vagy nedves gőz állapotban van, a kondenzátorba visszük, ahol megtörténik a folyadékká való visszaalakulás (4-1-es szakasz). Ezután kezdődik újra a körfolyamat a szivattyúzással. Összeségében véve az ideális körfolyamat két nyomásszinten zajlik: az alsó nyomás a kondenzátor nyomása, a felső pedig a hőbevitel nyomása, amelyen a közeg aztán a turbinába érkezik.

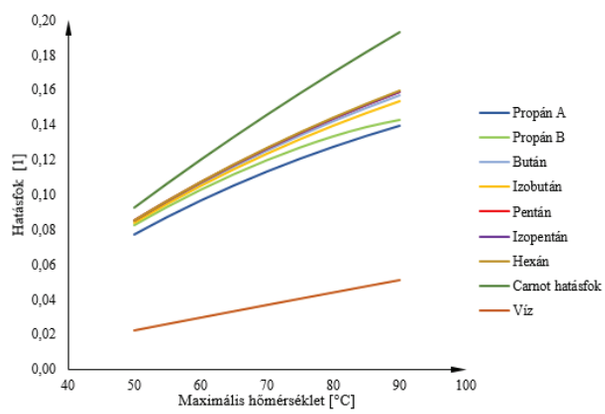
Szerves Rankine-ciklusról akkor beszélünk, ha a munkaközegként nem vizet használunk. Ebben az esetben a közeg típusa meghatározza, hogy milyen körfolyamatot érdemes hozzá használni. Munkám során megvizsgáltam hatféle alkán munkaközegen az ideális Rankine-ciklus körfolyamati hatásfokát.

Ezen kívül az általam felvett hőmérsékleti határok között megvizsgáltam az ideálisan elérhető legmagasabb hatásfokot, vagyis a Carnot-hatásfokot. Ez kizárólag a körfolyamat legmagasabb és legalacsonyabb hőmérsékletétől függ, ezt nem befolyásolják a munkaközegek jellemzői. Jól láthatjuk, hogy az alacsony maximális hőmérséklet és ehhez képes magas alsó hőmérsékletek miatt az elméletileg elérhető hatásfokok is igen kicsik.

Összesen 8 folyamatra végeztem el a kalkulációimat, melyek során az 1. táblázatban látható abszolút hatásfok értékeket kaptam. Propán és víz esetén összehasonlításképpen megvizsgáltam a túlhevítéses gőzkörfolyamatot (propán A), míg a többi alkalommal telítettgőzös folyamatot tekintettem. Markánsan látszik, hogy túlhevített gőzös folyamatoknak ilyen alacsony maximális hőmérséklet mellett nagyon alacsony a hatásfoka a telítettgőzös rendszerekhez képest.

Az 4. ábrán látható, hogy milyen mértékben változik az abszolút a rendszer maximális hőmérsékletének függvényében. Az 4. ábrán a legelső görbe az elérhető legmagasabb (Carnot) hatásfokot mutatja, míg a legalsó görbe a vízhez tartozik. A pentán, izopentán és a hexán görbéi nagyon közel vannak egymáshoz, az ábrán fedik egymást. A diagramon jól szemléltethető, hogy miért nem alkalmazható jól a víz ilyen alacsony hőmérsékletű hőforrásokhoz. Megfigyelhető, hogy a hőmérséklet növekedésével egyre kevésbé megközelíthető a Carnot-hatásfok.

Összeségében véve azt a következtetést tudom levonni, hogy egyértelműen a szárító tulajdonságokkal rendelkező nagyobb szénatomszámú alkánok adják a nagyobb hatásfokot ideális rendszer esetén, de meg kell említeni, hogy a valóságban még a valós folyamatok rontó tényezőivel korrigálni kell. Ezen kívül a szénatomszám túl magasra való választásával hamar eljutunk az olyan alkánokhoz, amelyek forráspontja a maximális hőmérséklet alatt van, tehát nem lehet őket fázisváltással turbina meghajtására, azaz áramtermelésre használni.



4. ábra. **Abszolút hatásfokok alakulása a maximális hőmérséklet függvényében**

A munkaközegek egyéb aspektusai

Az energiatermelés egyik legalapvetőbb feltétele, hogy minél gazdaságosabban termeljünk minél több és minél környezettudatosabb energiát. [8] Manapság már kiemelt hangsúly van a környezetvédelmen is. Ugyan károsanyagkibocsátást csökkentő berendezések sora áll rendelkezésre, ettől függetlenül tudományos területen már az újabb, önma-

1. táblázat. T1 alsó és T3 felső hőmérséklethatárral számolt abszolút hatásfokértékek

T_3 [°C]	Carnot-hatásfok	Víz	Propán A	Propán B	Bután	Izobután	Pentán	Izopentán	Hexán
50	9,3%	2,2%	7,7%	8,3%	8,5%	8,4%	8,5%	8,5%	8,5%
55	10,7%	2,6%	8,7%	9,3%	9,6%	9,5%	9,6%	9,6%	9,6%
60	12,0%	3,0%	9,7%	10,3%	10,6%	10,5%	10,7%	10,7%	10,7%
65	13,3%	3,3%	10,5%	11,2%	11,6%	11,4%	11,7%	11,7%	11,7%
70	14,6%	3,7%	11,3%	12,0%	12,5%	12,3%	12,7%	12,6%	12,7%
75	15,8%	4,0%	12,1%	12,7%	13,4%	13,2%	13,5%	13,5%	13,6%
80	17,0%	4,4%	12,7%	13,3%	14,2%	13,9%	14,4%	14,4%	14,4%
85	18,1%	4,7%	13,4%	13,9%	15,0%	14,7%	15,2%	15,2%	15,2%
90	19,3%	5,1%	13,9%	14,3%	15,7%	15,3%	15,9%	15,9%	16,0%

gukban is kisebb kibocsátással járó technológiák kutatása áll előtérben. A Rankine-körfolyamatok munkaközege leggyakrabban a víz, mivel ez egy olyan anyag, ami nagymennyiségben és olcsón rendelkezésre áll, és semmilyen környezetszennyezési hatása nincsen. Azonban ennek helyettesítésére nehéz olyan anyagot találni, ami megfelelő a termo-dinamikai elvárásoknak, és egyben olcsó és kicsi a környezetszennyező hatása. Az alábbiakban bemutatom az általam vizsgált közegeket ezen nézőpontokból is.

Környezetvédelmi és biztonsági szempontok

Fontos megvizsgálni, hogy milyen következményekkel jár, ha a munkaközegek kijutnak a környezetbe. A hatásokat jól mutató két jellemző az Ozone Depletion Potencial (ODP) és a Global Warming Potencial (GWP). Az ODP megmutatja, hogy az adott vegyület mekkora károsodást okoz az ózonrétegben a fluor-triklórmetánhoz (R11 vagy CFC-11) képest. Ezzel szemben a GWP a gázok üvegházhatásának összehasonlítására használják, pontosabban, hogy adott tömegű gáz mekkora sugárzási kényszerrel rendelkezik ugyanakkora tömegű szén-dioxidhoz képest egy adott időintervallum alatt (általában 100 év).

2. táblázat. Munkaközegek üveghatása és ózonbontó képessége, illetve biztonsági tulajdonságai

Név	Global Warming Potencial [GWP]	Ozone Depaltion Potencial [ODP]	Tűzveszélyes	Robbnásveszélyes	Egészségre és környezetre ártalmas
propán	3,3[1]	0*	igen	nem	nem
bután	4[1]	0[2]	igen	nem	nem
izobután	3[3]	0[2][3]	igen	igen	nem
pentán	4±2**	0[2]	igen	igen	igen
izopentán	4±2**	0[2]	igen	igen	igen
hexán	–	–	igen	igen	igen

Az 2. táblázat alapján elmondható, hogy üvegházhatásukat tekintve ezek a szénhidrogének nem a legkárosabb anyagok, kiemelhetően kis mértékben nyeli el a légköri sugárzásokat a propán és az izobután. Emellett ózonkárosító hatásuk nincsen. Ettől függetlenül nem szabad megengedni, hogy ezek a közegek elhagyják a körfolyamat belső rendszerét, tehát megfelelően zárt szerkezet esetén lehet csak alkalmazni.

A közegválasztás következő fontos nézőpontja a biztonság. Mindegyik általam vizsgált alkán tűzveszélyes, közülük több fokozottan gyúlékony és robbanásveszélyes. Folyadék állapotban nagyon gyorsan párolognak, és gőzeik levegőnél nehezebbek, és levegővel robbanóelegyet alkotnak, tehát gyújtóforrástól távol kell tartani. Emiatt fontos, hogy olyan zárt rendszerben legyenek, melyben nem keletkezhetnek szikrák, illetve megfelelő oltórendszerrel legyen ellátva.

Gazdasági szempont

Végül, de nem utolsó sorban az ORC rendszerek gazdasági aspektusait vizsgálom meg. Mint tudjuk a befektetés legfontosabb célja, hogy profitot termeljen, tehát a tervezés során is végig szem előtt kell tartani, hogy a leggazdaságosabb technológiát dolgozzák ki, mely olcsó, de hatékony és biztonságos.

A munkaközegválasztásnak is nagy szerepe van az építési és üzemeltetési költségek tekintetében. Egyrészt fontos, hogy maga az anyag mekkora költséggel rendelkezik, hiszen ha zárt is a rendszer, egyszer teljesen fel kell tölteni, illetve számolni kell azzal, hogy szükség lesz utánpótlásra. Az alkán munkaközegeknek a vízzel ellentétben jelentős költségeik vannak. Másrészt pedig a közeg környezetvédelmi és biztonságtechnikai tulajdonságai is befolyásolják az alkalmazandó technológiát.

Ezen felül a technológiai kialakításra befolyással van az is, hogy nedvesítő vagy szárító tulajdonságokkal rendelkezik a közeg. Nedvesítő közegeknél a csepperóziót a gőz túlhevítésével csökkentik. Azonban szárító közegek esetén nincs szükség túlhevítésre, következésképpen megtakarítható a túlhevítő berendezés. Viszont a nagyobb hűtési igény hatékony kihasználásának érdekében ún. preheatert, vagyis egy előmelegítő rekuperatív hőcserélőt alkalmaznak.

Meg kell említenünk azt is, hogy a vizsgált alkánok, mint a földgáz és kőolaj alkotórészei, árban és rendelkezésre állásban sem szerepelnek rosszul. Természetesen ezekben a kritériumokban nem vehetik fel a versenyt a vízzel, de egyes munkaközegekkel (pl. hélium, vagy iparilag előállított halogénezett szénhidrogének) annál inkább.

Tehát a szerves Rankine-ciklusú berendezéseknek alapvetően magasabbak a költségei, mint a hagyományos rendszereknek, melynek oka főként a munkaközeg magasabb költsége, illetve a szigorú biztonsági előírások betartása. [9]

Következtetések

A munkaközegek minden tulajdonságát összevetve azt mondhatjuk, hogy a vizsgált alkánok közül nem lehet általánosan egy anyagot kiemelni, amely minden esetben a legjobb opció. Különböző szempontok szerint más-más anyag tűnik a legmegfelelőbb választásnak, de mivel egy mérnöki tervezés esetén pontosan egy anyagot kell kiválasztani, így az aktuális körülményekhez viszonyítva egyedi esetenként kell dönteni. A létrehozott rendszereknek minden szempontból meg kell felelniük a gazdasági feltételeknek és a biztonságtechnikai szabályoknak, emiatt a tisztán mérnöki hatékonyságot célzó eljárásokból a teljes optimum eléréséhez engedni kell. Ugyanakkor a biztonság és a környezet védelme mindenek felett áll, így az egyes anyagok esetén több intézkedés szükséges, ami költségvonzattal is jár, tehát még inkább növeli a beruházási költségeket. Mivel azonban maga az erőforrás szinte ingyen rendelkezésre áll, illetve kevésbé terheli a környezetet, mérlegelnünk kell, hogy esetleg drágább technológia esetén is megérheti kihasználni a lehetőségeket.

Irodalomjegyzék

[1] Colonna, P.; Casati, E.; Trapp, C.; Mathijssen, T.; Larjola, J.; Turunen-Saaresti, T. and Uusitalo, A.: Organic Rankine Cycle Power Systems: From the Concept to Current Technology, Applications, and an Outlook to the Future. J. Eng. Gas Turbines Power, 2015

[2] Neveu, P.; Ayachi, F.; Leray, C. and Azoumah, Y.: Optimal integ-ration of Rankine cycles in concentrated solar power plant, Conference paper, ECOS 2015

[3] Saloux, E.; Sorin, M.; Nesreddine, H.; Teyssedou, A.: Reconstruction procedure of the thermodynamic cycle of organic Rankine cycles (ORC) and selection of the most appropria-te working fluid, Applied Thermal Engineering 129, 628-635. 2017

[4] Hamdi, B.; Tahar M., Mohamed; Kairouani, L. and Kheiri, A.: Analysis and optimization of three main organic Rankine cycle configurations using a set of working fluids with different thermodynamic behaviours, EPJ Applied Physics, 78:34808, 2017

[5][7] Groniewsky A.; Györke G.; Imre A.: Description of wet-to-dry transition in model ORC working fluids. Applied Thermal Engineering, 125, 963-971, 2017

[6] White, M. T.; Oyewunmi, O. A.; Chatzopoulou, M. A.; Pantaleo, A. M.; Haslam, A. J.; Markides, C. N.: Integrated computer-aided working-fluid design and thermoecono-mic ORC system optimisation, Energy Procedia, 129, 152-159, 2017

[8] Dr. Gács Iván: Villamosenergia-termelés, Budapest, 2003

[9] Garg, P.; Orosz, M. S.; Kumar, P.: Thermo-economic evaluation of ORCs for various working fluids, Applied Thermal Engineering, 109, 841-853, 2016

Hordozóhurkos tüzeléshez használt oxigénhordozó vizsgálata

Szücs Botond
energetikai mérnök BSc, szucs.botond.m@gmail.com

Dr. Szentannai Pál, PhD
egyetemi docens, szentannai@energia.bme.hu

Korunk egyik legnagyobb kihívása az emberi eredetű szén-dioxid kibocsájtás visszaszorítása. A villamosenergia-termelésben rövid és középtávon meghatározó szerepük lesz a fosszilis bázisú erőműveknek. Ennek okán merült fel az igény a fosszilis energiahordozót hasznosító erőművek által kibocsájtott szén-dioxid leválasztására. A dolgozat egy speciális fluidizációs szén-dioxid leválasztási eljárást: a hordozóhurkos tüzelést mutatja be. Különös tekintettel a folyamathoz nélkülözhetetlen oxigénhordozó megválasztásának kérdéseire. A vasnak, mint oxigénhordozónak a vizsgálatára egy speciális hideg fluidizációs berendezést fejlesztettünk ki, amelynek segítségével a két különböző szemcseátmérőjű vasminta és a fluidizált ágyanyag elkeveredését vizsgáltuk. Ezen túlmenően eloszlási méréseket végeztünk különböző geometriájú tüzelőanyag-mintákkal.

*

Nowdays one of the most important challenges the reduce of the carbon-dioxide emissions from the human activites. For this reason it is important to find a solution to separate the carbon-dioxide from the flue gas of the fossil based power plants. This paper examines a special carbon-dioxide process: the Chemical Looping Combustion (CLC). The main aspect is the distribution of oxigen carrier in the fluidized bed. The fuel particel distribution was also tested, as function of the particles geometry. Therefore, an experimantel equipment was designed and created.

* * *

Jelenlegi életszínvonalunk elképzelhetetlen lenne nagymennyiségű energia felhasználása nélkül, ugyanakkor a XX. századra nyilvánvalóvá vált, hogy a különböző energiahordozók, különösen a fosszilis energiahordozók felhasználása komoly terhelést okoz a környezet számára. A fosszilis energiahordozók eltüzelése során keletkezett füstgázból mára a korszerű füstgáztisztítási eljárásoknak köszönhetően a legtöbb szennyezőanyag kiszűrésre kerül, kibocsájtott mennyiséget a környezet és a mi egészségünk számára elfogadható szintre sikerült visszaszorítani. Ugyanakkor a tüzelés során keletkező szén-dioxid leválasztására eddig csak félüzemi kísérletek történtek. Kézenfekvő megoldás lenne a szén-dioxid kibocsájtás visszaszorításra a fosszilis energiahordozók felhasználásának a csökkentése, vagy akár teljes kiváltása közvetlen szén-dioxid kibocsájtással nem járó villamosenergia-termelési technológiákra. Azonban a fosszilis – különösen a szén bázisú – erőművek visszaszorulása mindezidáig nem következett be. Ennek okán felmerült az igény olyan technológiák kifejlesztésére, amelyek alkalmasak a keletkező szén-dioxid leválasztására, így megakadályozva, hogy az a légkörbe kerüljön.

Alapvetően három fajta szén-dioxid leválasztási technológiát különítünk el egymástól, annak függvényében, hogy a szén-dioxid leválasztása a tüzeléshez képest hol valósul meg:

- tüzelés előtti,
- oxigénnel való tüzelés,
- tüzelés utáni.

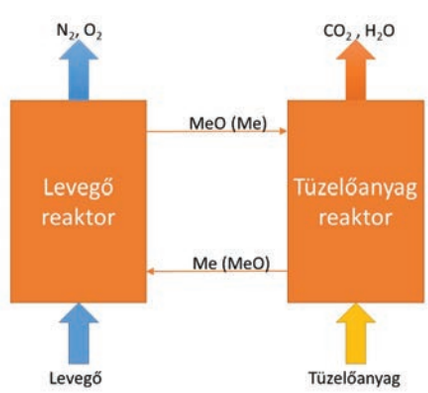
A felsorolt technológiák közös jellemzője, hogy minden esetben nagy energiaigényű segédberendezéseket kell üzemeltetni, amelyek jelentős mértékben növelik az erőmű önfogyasztását, és ezáltal rontják a villamosenergia-termelés gazdaságosságát [1]. Annak érdekében, hogy a felhasználandó segédenergia mennyisége mérsékelt legyen, merőben más tüzelési eljárásra van szükség, az úgynevezett hordozóhurkos tüzelésre vagy angol nevén a Chemical Looping Combustionra (CLC). A hordozóhurkos tüzelés ötlete már a ’80-as években felmerült [2, 3]. Az eljárás két különálló reaktorra bontható (1. ábra): a levegő és a tüzelőanyag reaktorra. A levegőreaktor feladata az oxigénhordozó anyag, jellemzően valamilyen fém levegővel történő eloxidálása (1. egyenlet). A levegőreaktorból kilépő anyagáram tartalmazhat még el nem oxidált részecskéket, valamint a tüzelőanyag reaktorból kilépő anyagáramban is lehetnek fel nem használt oxigénhordozó részecskék.

$$Me + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow MeO \qquad (1)$$

Ezt követően az eloxidált oxigénhordozó a tüzelőanyag reaktorba jut, ahol az oxigénhordozó biztosítja a (legtöbbször gáznemű) tüzelőanyag elégéséhez szükséges oxigént (2. egyenlet).

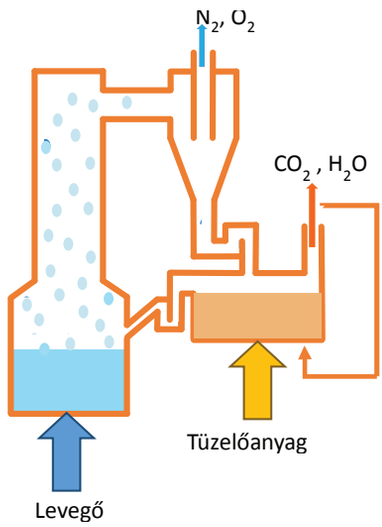
$$(2n+m)\,Me\,O + C_n\,H_2\,m \rightarrow (2n+m)\,Me + m\,H_2\,O + n\,CO_2 \qquad (2)$$

A kimerült oxigénhordozó ezután visszakerül a levegőreaktorba, ahol újra eloxidálódik. Látható, hogy a levegőreaktorból kilépő gázáram csak nitrogént és maradvány oxigént tartalmaz, a tüzelőanyag reaktorból kilépő gázáram pedig szén-dioxidban és vízgőzben gazdag. A víz kondenzációs úton eltávolítható, és az előállt, szinte csak szén-dioxidot tartalmazó gázáram ipari felhasználásra továbbítható, vagy megtörténhet a végleges elhelyezése.



1. ábra. **A hordozóhurkos tüzelés elvi ábrája**

A folyamat nélkülözi a magas energiaigényű füstgáz vagy levegő szeparátorokat. Mind a két reaktor fluidizációs technológiával működik; az oxigénhordozó és az inert ágyanyag által alkotott halmazt fluidizált állapotba kell hozni. A levegőreaktorban a fluidizáció létrehozására levegőt, míg a tüzelőanyag reaktorban gáznemű tüzelőanyagot, visszakeringetett füstgázt és vízgőzt alkalmazhatnak. Egy hordozóhurkos tüzelőberendezés tipikus elrendezését a 2. ábra mutatja. A levegőreaktorból kiáramló gáz/szilárd keveréket egy ciklon segítségével



2. ábra. **Hordozóhurkos tüzelőberendezés**

választják szét. A két reaktor között található egy-egy szifon, amely a két reaktor közti gázáramok megakadályozását szolgálja. Mindenképp elkerülendő, hogy a tüzelőanyag reaktorból éghető anyag kerüljön át a levegő reaktorba, ahol oxigéndús környezetbe kerülve intenzív égésnek indulna. Továbbá a levegő reaktorból kilépő gázáramban szén-dioxid jelenne meg, amely így kijuthat a környezetbe.

Szilárd tüzelőanyagok hasznosítása

A hordozóhurkos tüzelés elsősorban gáznemű tüzelőanyagok hasznosítására alkalmas. Ugyanakkor napjainkban a legnagyobb feladatot nem a gáznemű fosszilis tüzelőanyagokból keletkező szén-dioxid leválasztása jelenti, hiszen a földgáz jóval kevésbé karbon intenzív a szilárd fosszilis tüzelőanyagokhoz képest. Ezért szükséges lenne, hogy a hordozóhurkos tüzelés előnyeit ki lehessen terjeszteni a szilárd tüzelőanyagok körére is. A fő korlát a szilárd tüzelőanyagok hasznosítása esetén, hogy maga az oxidáló szer is szilárd halmazállapotú, és a fluidágyas tüzelőanyag reaktorban nehéz két szilárd halmazállapotú anyag között reakciót előidézni. A megoldás kézenfekvő, amennyiben nincs lehetőség a szilárd halmazállapotú tüzelőanyag közvetlen hasznosítására, gázosítsuk el azt, és a keletkező szintézisgázt hasznosítsuk hordozóhurkos tüzelőberendezésben [4]. Az elgázosítás helye szerint két megoldást különböztetünk meg. A külső elgázosítást, amikor egy hagyományos elgázosítóval termelt szintézisgázt vezetünk a hordozóhurkos tüzelőberendezésbe. Ennek a megoldásnak a hátránya, hogy a külső elgázosító többlet energia igényét fedezni kell, valamint a beruházási költségeket is növeli. A másik lehetőséget a fluidizációs technika sokrétűsége nyújtja, ugyanis a tüzelőanyag reaktorban is megvalósítható az elgázosítás. Ezt a megoldást belső elgázosításnak nevezzük. Gondos tervezést igényel annak a megakadályozása, hogy a tüzelőanyag reaktorból tüzelőanyag szemcse jusson át a levegő reaktorba. Amennyiben az elgázosításhoz csak visszakeringetett füstgázt alkalmazunk, a kokszszemcsék égése nehezen biztosítható. Viszont ha a reaktorba vízgőzt is vezetünk, a kokszszemcsékből szén-monoxid és hidrogén gáz fejlődik, amely az ágy felsőbb részein reakcióba tud lépni az oxigénhordozókkal [5].

Oxigénhordozók

A megfelelő oxigénhordozó kiválasztása meghatározó kérdés a hordozóhurkos tüzelés során. Az oxigénhordozó anyaggal szemben támasztott legfontosabb követelmény, hogy reakcióképes legyen, mind a levegő, mind a tüzelőanyag reaktorban. További fontos elvárás, hogy a tüzelőanyag reaktorban magas tüzelési hatásfokot érjenek el vele. Ezen túlmenően az oxigénhordozóknak még az alábbi kritériumokat kell teljesíteni [6]:

- legyen fluidizálható,
- maradjon stabil magas hőmérsékleten a levegő és a tüzelőanyag reaktorokban,
- legyen ellenálló az agglomerátum képződéssel szemben,
- bírja a fokozott súrlódási igénybevételeket magas hőmérsékleten is,
- legyen környezetkímélő,
- legyen gazdaságilag versenyképes.

Az oxigénhordozóként alkalmazható anyagok fontos mérőszáma, hogy 1 mol anyagmennyiségű fém mekkora anyagmennyiségű oxigént képest felvenni (1. táblázat)

1. táblázat. Oxigénhordozó típusok [5, 6]

Típus	$\frac{\textit{Fém oxid}}{\textit{Fém}}$	$\frac{\textit{szállított } O_2\,[mol]}{\textit{fém}\,[mol]}$
Nikkel-bázisú	NiO/Ni	0,5
Réz-bázisú	CuO/Cu	0,5
Vas-bázisú	Fe_2O_3/Fe_3O_4	0,083
Mangán-bázisú	Mn_2O_3/MnO	0,25
Kobalt-bázisú	CoO/Co	0,5

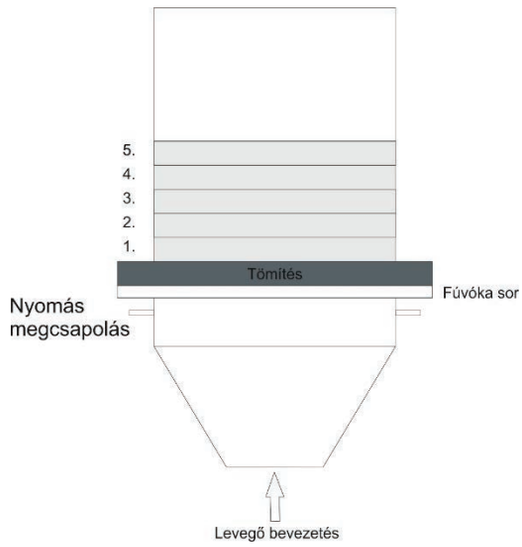
Az egyes oxigénhordozók között egészen nagy eltérések is lehetnek a szállítható oxigén anyagmennyiségét tekintve. Gazdaságossági szempontokból fontos még vizsgálni az oxigénhordozók élettartalmát. Ebből a szempontból a legjobban a nikkel bázisú oxigénhordozók teljesítenek mintegy 40 000 üzemórás élettartammal [7]. Az legrövidebb ideig alkalmazható oxigénhordozó pedig a vas bázisú oxigén hordozó, amelynek életartama 1600 üzemóra [8]. Gazdasági megfontolásokat figyelembe véve a vas bázisú oxigénhordozó tűnik a legjobbnak, noha élettartama rövid, a vas nagy mennyiségben áll rendelkezésre, és a többi lehetőséghez képest rendkívül olcsónak számít [9]. Ezeket a szempontokat figyelembe véve a vas bázisú oxigénhordozó vizsgálatára esett a választás. A vizsgálatok során két, különböző, közepes szemcseátmérőjű vaspor minta eloszlása került vizsgálatra kvarchomok ágyanyagban.

A vertikális elhelyezkedés mérése

A fluidizált ágyban lévő aktív részecskék függőleges irányú elhelyezkedésének ismerete nemcsak kísérleti, hanem ipari szempontból is jelentős. Aktív részecske alatt az oxigénhordozó és a szilárd tüzelőanyag szemcsék is értendőek, tulajdonképpen minden olyan részecske, amely nem közömbös az ágyban lejátszódó reakciók szempontjából, azaz nem része az inert ágyanyagnak. Ipari alkalmazás szempontjából különböző keveredési állapotok elérésére törekedhetünk. Az oxigénhordozók eloszlása szempontjából a tüzelőanyag reaktorban egyenletes eloszlásra kell törekedni abban az esetben, ha gáznemű tüzelőanyagot alkalmazunk. Azonban, ha belső elgázosítást kívánunk megvalósítani, az oxigénhordozó anyagot az ágy felsőbb, míg az elgázosítani kívánt tüzelőanyagot az ágy alsóbb részéibe szükséges sűríteni.

A cikk következő fejezeteinek célja kísérleti úton vizsgálni különböző szemcseméretű vasminták elhelyezkedését fluidizált kvarchomok ágyban. Továbbá meghatározni a belső elgázosítás során használható szilárd tüzelőanyag szemcsék eloszlásának változását külön-

böző fluidizációs gázsebességek mellett. Az eloszlási mérésekhez az ún. ágy befagyasztásos módszert került alkalmazásra (bed-frozen method). Az eljárás során fluidizált állapotba kell hozni a vizsgálni kívánt ágyanyag és az aktív szemcsék előre meghatározott keverékét. Be kell állítani az adott mérési ponthoz tartozó gázsebességet, majd a 20 perc keveredési időt követően, amikor az elhelyezkedési folyamatok állandósultak, a fluid levegőt hirtelen elvéve az ágy összeesik, azaz befagy. Ezt követően az elválasztó lemezeket behelyezésére került sor, annak érdekében, hogy az ágyat több részre lehessen felosztani. Utána az egyes elválasztó elemek által közrezárt cellákból különkülön kinyerhető a benne lévő ágyanyag/aktív részecske keverék. Az utolsó lépés az ágyanyag/aktív szemcse elválasztása. A tüzelőanyag minták esetén ez szitálással történik. A felhalmozódott vasszemcsék pedig mágneses úton kerülnek leválasztásra az ágyanyagtól. Ezt követően meg lehet vizsgálni az egyes cellákban felhalmozódott aktív szemcséket tömeg, szemcseméret-eloszlás, alak, sűrűség vagy akár fűtőérték szempontjából is. Az eljárás legnagyobb előnye, hogy számos további mérést tesz lehetővé. Az eljárás mintájául a Zhang-féle mintavevő dobozos kísérletek szolgáltak [10].



4. ábra. **A fluidágy felosztása az oxigénhordozó eloszlási mérésekhez**

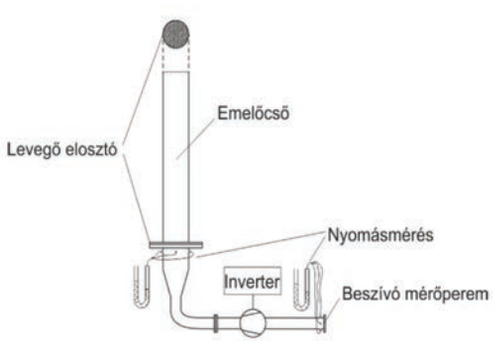
A kísérleti berendezés

A kísérletek egy saját készítésű hideg fluidizációs berendezéssel történtek (3. ábra). A berendezés a levegő útját követve egy beszívó mérőperemmel kezdődik, ahol az átáramlott levegő térfogatáramát lehetséges mérni. A térfogatáram és a fluidizációs tér keresztmetszetének ismerete segítségével meghatározható a fluidizált térben uralkodó átlagsebesség. A beszívó mérőperem egy 3,5 kW névleges teljesítményű, radiális átömlésű ventilátor szívócsonkjára csatlakozik. A ventilátor teljesítményét frekvenciaváltó segítségével lehet beállítani. A ventilátor nyomóoldalán egy diffúzor elem található, amely a fúvókákhoz vezeti az áramló levegőt. A fúvóka sort egy 5 mm vastag plexilemezbe fúrt furatok (1160 db, 1 mm átmérőjű) képezik. A fúvóka sor alatt 4 db nyomásmegcsapolás található az ágyon eső nyomásesés mérésére. A fúvóka sor fölött található a fluidizációs tér, amelyet egy 192 mm belső átmérőjű plexicső alkot. A plexicsövön, az anyagkihordást minimalizálandó, egy felülről lezárt „T" idom került elhelyezésre. Az ágy nyomásesését U-csöves manométerrel, míg a beszívó mérőperemen eső nyomás értéket ferdecsöves mikromanométerrel lehet mérni.

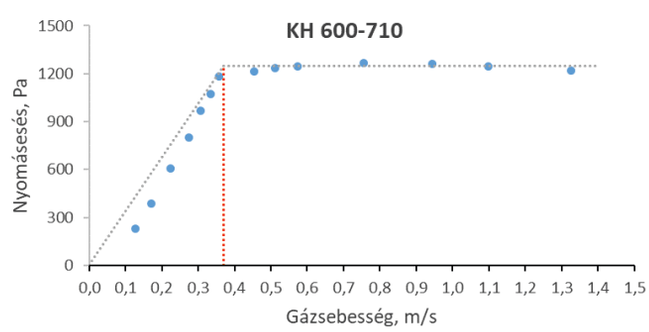
Az elválasztó lemezek behelyezését a plexicsövön található 1,5 mm vastag nyílások teszik lehetővé az ágy különböző magasságaiban. A nyílások fluidizálás közben tömítve vannak. A vasminta eloszlásának a méréseihez a fluidágy 5 egyenlő részre volt felosztva (4. ábra). Ezzel szemben a tüzelőanyag eloszlási mérésekhez csak 3 cella került alkalmazásra. Az alsó és a felső cella 2-2 cm magasságú volt ez utóbbi esetben, míg a középső 6 cm magasságú. Az ágy eképpen történő felosztása előnyös, mert a tüzelőanyag szempontjából annak ismerete a fontos, hogy az ágy alsó, illetve felsőbb részeiben menynyi tüzelőanyag halmozódik fel, vagyis mennyi nem keveredik bele a fluidágyba.

Előkészítő mérések

Az eloszlási méréseket megelőzően több előkészítő mérés elvégzésére volt szükség. A mérési körülmények pontos dokumentálásához nélkülözhetetlen az ágyanyag minimális fluidizációs gázsebességének a meghatározása. A minimális fluidizációs gázsebesség az a sebesség, amit meghaladva a homokágy fluidizált állapotba kerül. Ennek értéke függ az ágyanyag sűrűségétől, a szemcseméret eloszlásától, de nem függ az ágyanyag mennyiségétől. A gázsebesség pontos meghatározására azért is volt szükség, mert a későbbiekben az eloszlási méréseket öt különböző gázsebesség esetén vizsgáltuk, de a gázsebességeket ábrázolása mindig relatív egységekben történt, ahol az 1,0 jelenti az ágyanyag minimális fluidizációs gázsebességét. A minimális fluidizációs gázsebesség meghatározásához fel kell venni az ágyanyag fluidizációs görbéjét (5. ábra). A diagramon olvasható „KH"rövidítés az ágyanyag típusára (kvarc homok) utal. A görbe felvétele a hideg fluidizációs berendezéssel történik (3. ábra). A gázsebesség mérése térfogatáram mérésből kerül meghatározásra. Továbbá mérni szükséges az ágy nyomásesését is. Az ábrázoláskor a függőleges tengelyre került az ágy nyomásesése, a vízszintesre pedig a gázsebesség. A fluidizáció létrejötte előtt a gázsebesség növelésével az ágyon nő a nyomásesés is. Amennyiben az ágy fluidizált állapotba kerül, annak nyomásesése már nem növekszik tovább. Így,



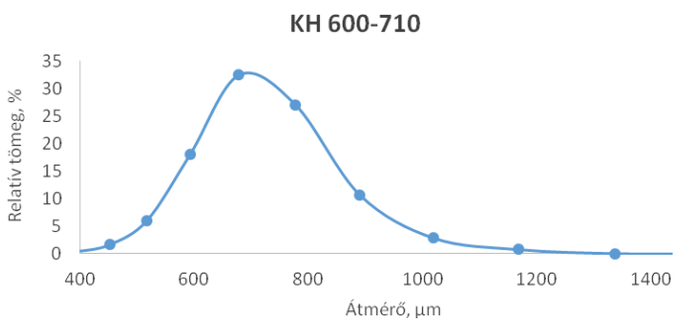
3. ábra. **A mérőberendezés összeállítása**



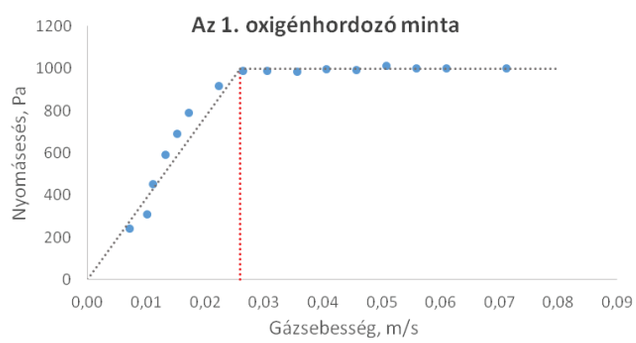
5. ábra. **Az ágyanyag fluidizációs görbéje. A minimális fluidizációs gázsebesség a görbe töréspontjánál helyezkedik el.**

ha ábrázoljuk a folyamatot, két jól elkülönülő rész vehető ki: az első szakasz, amíg az ágy tisztán áramlási ellenállásként viselkedik, a második szakasz, amikor az ágyanyag fluidizált állapotba kerül, amely egy konstans egyenest jelent. A két szakasz találkozásában van a minimális fluidizációs gázsebesség. Az ágy nyomásesése közvetlenül nem mérhető. A nyomásmegcsapolások a fúvóka sor alatt helyezkednek el, hogy elkerüljük azok ágyanyaggal való eltömődését. Így viszont ismerni kell a fúvóka sor nyomásprofilját is, mert a nyomásmegcsapolásokon mért nyomásérték tartalmazza az ágyanyag és a fúvókasor nyomásesését is. Az így mért értékeket a fúvókasor nyomásprofiljával csökkentve előállítható az ágyanyaghoz tartozó nyomás érték.

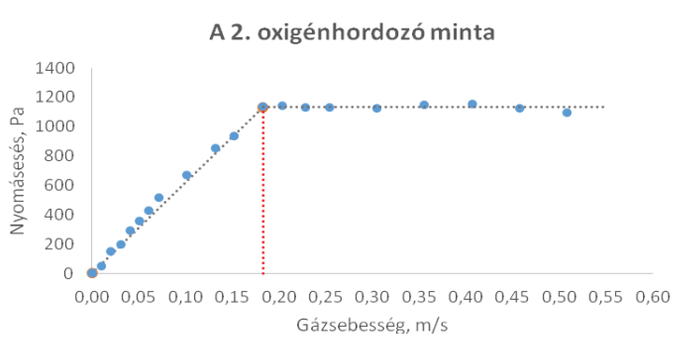
Az eloszlási képet nagymértékben befolyásolja az alkalmazott ágyanyag szemcseméret eloszlása. Annak érdekében, hogy a mérési körülményeket dokumentálása minél pontosabban legyen, az alkalmazott ágyanyag szitáláson esett át (a diagramokon szereplő „600-710" felirat a szemcseméret-tartomány két szélét jelenti mikrométerben mérve) ezzel leszűkítve a szemcseméret eloszlásának tartományát. Továbbá szemcseméret eloszlása is meghatározásra került (6. ábra).



6. ábra. **Az ágyanyag szemcseméret eloszlása**



7. ábra. **A 400 µm-es oxigénhordozó minta fluidizációs görbéje. A minimális fluidizációs gázsebesség a görbe töréspontjánál helyezkedik el.**



8. ábra. **Az 1000 µm-es oxigénhordozó minta fluidizációs görbéje. A minimális fluidizációs gázsebesség a görbe töréspontjánál helyezkedik el.**

Meghatározásra kerültek a vizsgált oxigénhordozó minták fluidizációs karakterisztikái is, az előzőekben leírtak szerint (7-8. ábra). Két különböző közepes szemcseátmérőjű minta került alkalmazásra. Az első minta közepes szemcseátmérője 400 µm, míg a második mintáé 1000 µm. Minimális fluidizációs gázsebességre az első minta esetén: 0,026 m/s került meghatározásra, a második minta esetén ez az érték 0,183 m/s lett.

A vasminták fluidizációs görbéin látható (7-8. ábra), hogy éles törés van a görbén a minimális fluidizációs gázsebességnél. Ez a kedvező jelenség arra utal, hogy a minták homogén összetételűek.

Az eloszlási mérések eredményei

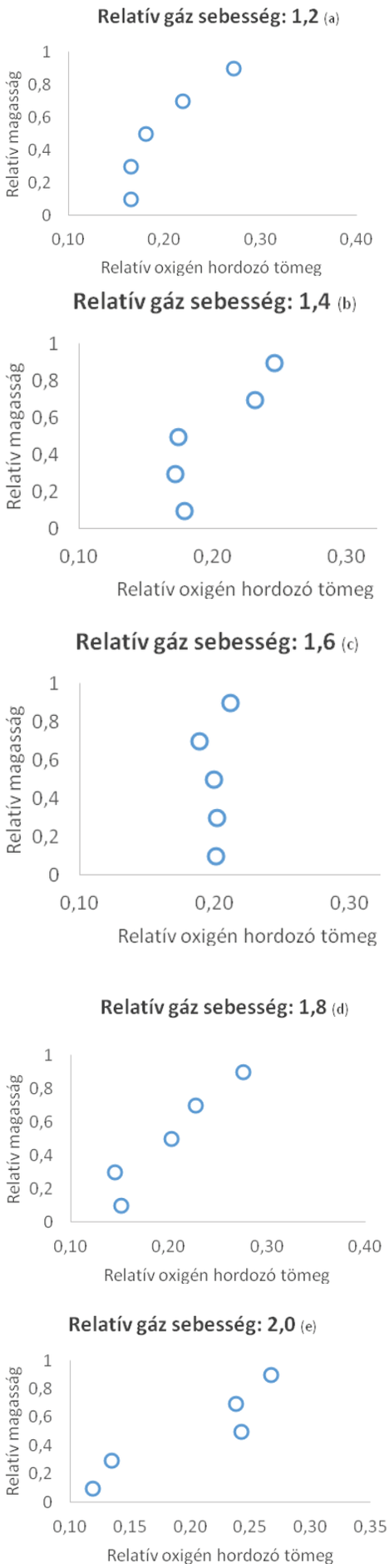
Két különböző közepes szemcseátmérővel (400 µm és 1000 µm) rendelkező vaspor mintának az eloszlását vizsgáltuk meg kvarchomok ágyanyagban. A vaspor részaránya a teljes keveréken belül minden esetben 22 m/m %-os volt. A méréseket 5 különböző gázsebesség mellett végeztük el, amelyek értéke relatív egységekben mérve rendre: 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0. A mérések során a 10 cm magas ágyat öt egyenlő részre osztottuk fel, ugyanakkor a magasság is relatív egységekben került ábrázolásra, ahol az 1 jelenti a teljes 10 cm-es magasságot.

A 400 µm-es oxigénhordozó minta vizsgálata során kapott eredmények eltérnek a várakozástól (8. ábra), ugyanis a vaspor részecskéinek felülete jelentősen kisebb, mint az ágyanyag szemcséinek felülete, ugyanakkor a sűrűségük jóval nagyobb (7900 kg/m^3 vs. 2400 kg/m^3). Az eloszlási görbék (8. ábra) minden esetben „jobbra hajló" típust vettek fel, azaz minden esetben az ágy felsőbb részeiben volt jelen több oxigénhordozó. A jelenség érdekessége, hogy a kisebb felületű, de jóval nagyobb sűrűségű részecskék lesüllyedését várnánk (jetsam), ezzel szemben a mérések során mégis felúszó (flotsam) részecskeként viselkedtek. Ezt a jelenséget más körülmények között, pl. biomassza szemcsék elhelyezkedése esetén is tapasztalták. Abban az esetben, ha a nagyobb sűrűségű részecske felülete jóval kisebb átmérővel rendelkezik, flotsam, azaz felúszó részecskeként viselkedik [11]. A belső elgázosítás egyik megvalósítási lehetősége, ha olyan fluidizációs körülményeket teremtünk, hogy a szilárd tüzelőanyag csak az ágy alsóbb részeiben helyezkedjen el, és ott történjen az elgázosodás. Így megakadályozható, hogy kokszszemcsék kerüljenek át a levegő reaktorba, és ott intenzív égésnek induljanak. Megfelelő ágyanyag és oxigénhordozó megválasztással tehát elválasztható az ágyon belül az oxigénhordozókat tartalmazó rész. Figyelemre méltó, hogy alacsonyabb gázsebességeknél az ágy felsőbb részei voltak oxigénhordozóban dúsak, majd az 1,6 relatív gázsebesség mellett szinte teljesen egyenletes eloszlási kép alakult ki. A gázsebességet tovább növelve ismét a felső két cella tartalmazott jelentős mennyiségű oxigénhordozót.

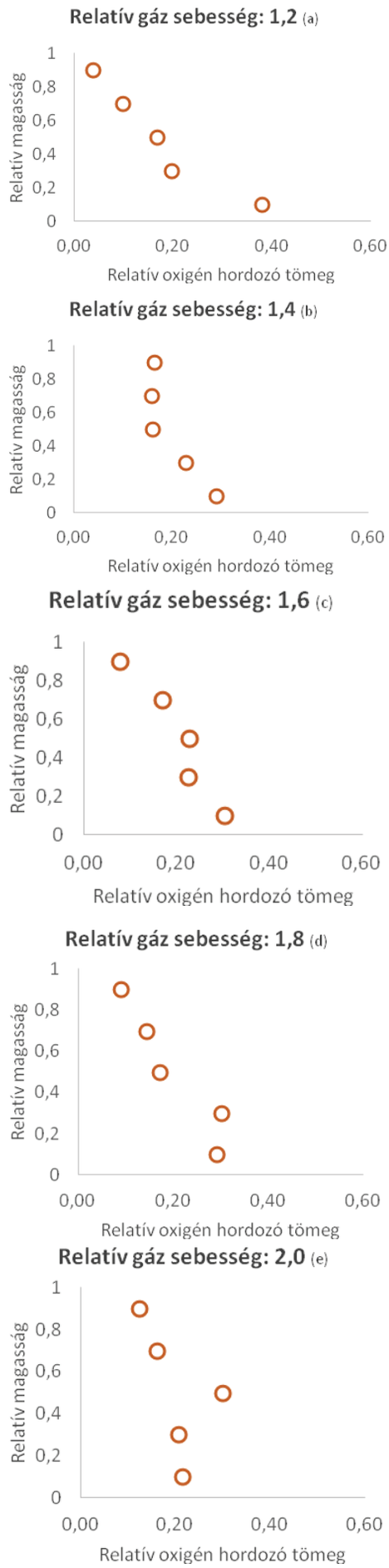
A nagyobb közepes szemcseátmérőjű vaspor mintával végzett mérések esetén a jelleggörbék „balra hajló" típusúak (10. ábra). Azaz a vaspor részecskéi, a mérési tartomány alatt eltérő mértékben, de mindig az ágy alsóbb részeiben dúsulnak be. Azonban megfigyelhető, hogy a gázsebesség növelésével az alsóbb cellák elkezdtek kiürülni, és az oxigénhordozó részecskék az ágy középső részében halmozódtak fel. Ez a jelenség kedvező, amennyiben a fluidágyat teljes egészében a gáznemű tüzelőanyag elégetésére szeretnénk felhasználni.

Elemi tüzelőanyag geometriák vizsgálata

Három különböző geometriájú tüzelőanyag eloszlásának kísérleti úton történő vizsgálatára került sor öt különböző gázsebességek mellett. A tüzelőanyagok kiválasztása során a vezérelv az volt, hogy egymástól markánsan eltérő, elemi geometriákhoz közel álló minták kerüljenek

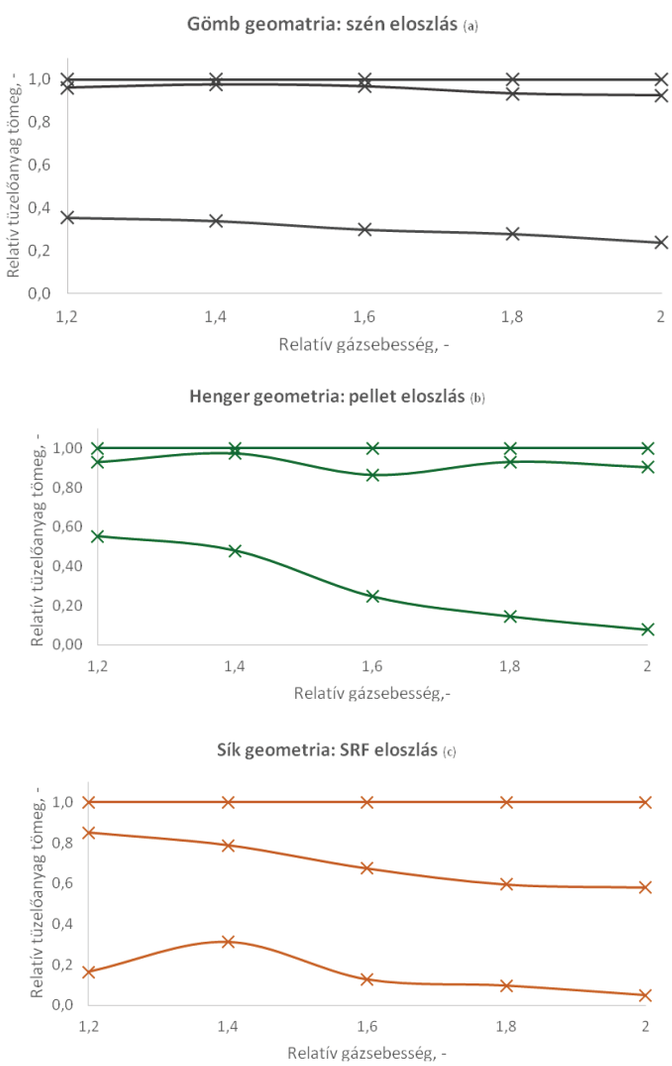


9. ábra. **A 400 µm-es oxigénhordozó eloszlási görbéi**



10. ábra. **A 1000 µm-es oxigénhordozó eloszlási görbéi**

kiválasztásra. Így a gömb, a henger és a sík vagy lemezes geometria került vizsgálatra. A gömb geometriát hagyományos zúzott szén jelentette (11/a ábra), a henger geometriához mezőgazdasági hulladékokból készült pellet került felhasználásra (11/b ábra). A sík vagy lemezes geometriát egy újszerű, kommunális hulladék alapú tüzelőanyag, az SRF képezte (11/c ábra). Az SRF szemcsék jó közelítéssel kétdimenziósnak tekinthetőek. Túlnyomórészt összedarabolt nejlon és egyéb műanyag, papír- és szövetdarabokból áll. A 10 cm magas homokágy három részre volt felosztva: az alsó és a felső cella 2-2 cm magas a középső 6cm magas. Az ágy testén, azaz a középső cellán belüli elhelyezkedés figyelmen kívül hagyható, mivel ott a jó keveredés és a megfelelő hőátadás biztosított. Így ipari alkalmazás szempontjából a középső cellán belüli eloszlás nem releváns. A 11. ábrán bemutatott eloszlási vonalak közötti térrész arányos az egyes cellákban talált relatív tüzelőanyag tömeggel. Megfigyelhető, hogy legkevésbé a gömb geometria (11/a ábra) érzékeny a fluidizációs gázsebesség változására, az eloszlási vonalak közel vízszintesek. A henger geometria (11/b ábra) esetén az eloszlási kép jelentősen változik a fluidizációs gázsebesség változtatása során. Alacsony gázsebességeknél megfigyelhető a lesüllyedés jelensége (jetsam), az alsó cella tüzelőanyagban rendkívül gazdag (szegregáció), ami miatt fennáll az agglomerátum képződés veszélye. A lemezes geometria esetén (11/c ábra) a gázsebesség változtatásakor intenzív átrendeződés figyelhető meg az ágyon belül. Alacsony gázsebességeknél kétirányú szegregáció valósul meg, az ágy alsóbb, illetve felsőbb részei megtelnek tüzelőanyaggal. Ez a jelenség rendkívül érdekes, hiszen a homogén összetételű tüzelőanyagok vagy csak felúszó (flotsam), vagy csak lesüllyedő (jetsam) részecskéket tartalmaznak, ugyanakkor az SRF inhomogén összetételének köszönhetően egyszerre tartalmaz felúszó és lesüllyedő részecskéket. Magasabb gázsebességnél az alsó cella szinte teljesen kiürül, míg a felsőbb cellában jelentős mennyiségű tüzelőanyag koncentrálódik.



11. ábra. **A vizsgált elemi tüzelőanyag geometriák eloszlása. A görbék közötti terület arányos az egyes cellákban fellelt relatív tüzelőanyag mennyiséggel.**

Összefoglalás

A cikkben a hordozóhurkos tüzelési eljárást helyeztük a fókuszba, amely az erőművi széndioxid-leválasztás ipari megvalósításának egyik intenzíven kutatott megoldása. Megállapítottuk, hogy a hordozóhurkos tüzelés egyik sarkalatos pontja az alkalmazott oxigénhordozó típusa. Környezetvédelmi és gazdasági szempontból az optimális megoldás a vasbázisú oxigénhordozó. Az oxigénhordozó eloszlási képe nagymértékben függ annak szemcseátmérőjétől, abban az esetben, ha az oxigénhordozó szemcseátmérője jelentősen kisebb az ágyanyagénál, akkor felúszó (flotsam) részecskeként viselkedik. Bemutatásra került három elemi tüzelőanyag geometria eloszlási képének a fluidizációs gázsebességtől való függése is. Konklúzióként megállapítottuk, hogy lemezes geometria esetén nagyon intenzív átrendeződés figyelhető meg a fluidágyon belül, míg a gömb geometria esetén az átrendeződés mértéke sokkal mérsékeltebb.

Köszönetnyilvánítás

A bemutatott kutatás az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-2-I kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

Irodalmi hivatkozások

[1] H. J. Herzog, „THE ECONOMICS OF CO2 SEPARATION AND CAPTURE". MIT Energy Laboratory, Cambridge, 1999.
[2] H. J. RICHTER és K. F. KNOCHE, „Reversibility of Combustion Processes", in Efficiency and Costing, köt. 235, 0 köt., AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, 1983, o. 71–85.
[3] M. Anheden, A. S. Naesholm, és G. Svedberg, „Chemical-Looping Combustion -- Efficient Conversion of Chemical Energy in Fuels into Work", dec. 1995.
[4] A. Lyngfelt és C. Linderholm, „Chemical-looping Combustion of Solid Fuels – Technology Overview and Recent Operational Results in 100kW Unit", Energy Procedia, köt. 63, sz. Supplement C, o. 98–112, 2014.
[5] J. Adanez, A. Abad, F. Garcia-Labiano, P. Gayan, és L. F. de Diego, „Progress in Chemical-Looping Combustion and Reforming technologies", Prog. Energy Combust. Sci., köt. 38, sz. 2, o. 215–282, ápr. 2012.
[6] M. M. Hossain és H. I. de Lasa, „Chemical-looping combustion (CLC) for inherent CO2 separations—a review", Chem. Eng. Sci., köt. 63, sz. 18, o. 4433–4451, szept. 2008.
[7] S. Rifflart, A. Hoteit, M. M. Yazdanpanah, W. Pelletant, és K. Surla, „Construction and operation of a 10 kW CLC unit with circulation configuration enabling independent solid flow control", Energy Procedia, köt. 4, sz. Supplement C, o. 333–340, 2011.
[8] W. J. Shen, L. Hao, és J. G. H, „Chemical looping combustion of coal in a 1 kWth reactor with iron ore as an oxygen carrier.", előadás Proc. 1st Int Conf on Chemical Looping., Lyon, France, 2010.
[9] T. Mattisson, A. Lyngfelt, és P. Cho, „The use of iron oxide as an oxygen carrier in chemical-looping combustion of methane with inherent separation of CO2", Fuel, köt. 80, sz. 13, o. 1953–1962, okt. 2001.
[10] Y. Zhang, B. Jin, és W. Zhong, „Experimental investigation on mixing and segregation behavior of biomass particle in fluidized bed", Chem. Eng. Process. - CHEM ENG PROCESS, köt. 48, o. 745–754, márc. 2009.

Dinamikus távvezeték terhelhetőség vizsgálata neurális hálózatokkal[1]

Rácz Levente
BSc energetikai mérnök, racz.levente@eszk.org

Dr. Németh Bálint
villamosmérnök; nemeth.balint@eszk.org

Napjainkban egyre nagyobb mértékben növekszik a villamosenergia-felhasználás, a megújuló energiaforrások alkalmazása, valamint azok villamosenergia-rendszerbe történő beillesztése, ezért ez átviteli hálózat egyes részei túl vannak terhelve. Ennek feloldására jelenthet költséghatékony megoldást a dinamikus távvezeték terhelhetőség (a továbbiakban DLR) számításának alkalmazása, mely lehetővé teszi az átviteli hálózat kapacitásának valós idejű számítását. Ily módon akár 10-30%-kal is növelhető a sodronyokon átengedhető áram értéke. Ebben a cikkben a távvezetékek valós idejű számítására használt modellekre szeretnénk alternatív megoldást nyújtani neurális hálózatok alkalmazásával [3].

*

Due to the continuous growth of the consumer demand and the integration of renewable energy sources into the electricity system some parts of the transmission network are overloaded. To solve this, a cost-effective solution could be the use of the calculation of the dynamic line rating (hereinafter referred to as DLR), which enables real-time calculation of the capacity of the transmission network. In this way, the value of the current that can be transferred to the wires can be increased by up to 10-30%. In this article, we would like to offer alternative solutions to the models used for real-time calculation of transmission lines by using neural networks [3].

* * *

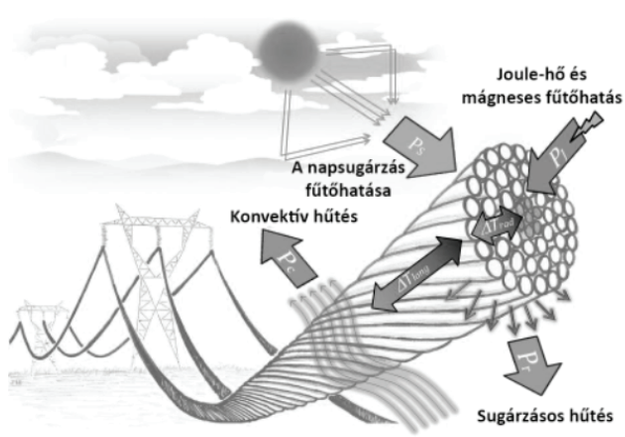
Napjainkban egyre nagyobb mértékben növekszik a villamosenergia-felhasználás, a megújuló energiaforrások alkalmazása, valamint azok villamosenergia-rendszerbe történő beillesztése. Ennek okán a nagyfeszültségű átviteli hálózat egyes részei túlterhelődhetnek. Az átviteli hálózat túlterheltségének feloldása több oldalról is megközelíthető probléma. Műszakilag jó megoldásnak kínálkozik új távvezeték vonalak kiépítése, melyekkel tehermentesíteni lehet a meglévő túlterhelt részeket. Azonban a nagyfeszültségű távvezeték vonalak kiépítése rendkívül költséges, valamint az építés jogi vonzatai meglehetősen bonyolultak. Csupán az engedélyezési eljárások beszerzése eltarthat évekig is. Ennél fogva a jelenlegi kutatások főként arra irányulnak, hogy a meglévő átviteli hálózati infrastruktúrát törekedjünk jobban kihasználni. Erre azért van lehetőség, mert Európában jelenleg a távvezetékvonalak kapacitásának számítása statikus értékű. Ez azt jelenti, hogy a sodronyokon átengedhető maximális áramértéket a legrosszabb időjárási körülmények kombinációjából határozzák meg. Ebből az következik, hogy a sodronyok valós kapacitása az idő nagy részében nincsen teljesen kihasználva. Ezért azokon a távvezeték vonalakon, ahol a hálózat szűk keresztmetszete a sodrony kapacitása, alkalmazható a dinamikus távvezeték terhelhetőség számítása a kapacitás növelésére. Ez azt jelenti, hogy valós időben monitorozzuk a környezeti paramétereket és azok felhasználásával valós időben számítjuk a sodronyok átviteli kapacitását is. Ezzel az idő közel 95%-ban 10-30%-kal nagyobb átviteli kapacitás érték adódik a statikus számításokkal kapott értékekhez képest [1][2][3].

A DLR előnyei

A dinamikus távvezeték terhelhetőségnek több formája létezik. Ennek egy kezdetleges megvalósulása az évszakonként számított DLR, mely esetében az időjárási paraméterek legkedvezőtlenebb esetét figyelembe véve külön határozzák meg az átviteli kapacitás értékét a nyári, valamint a téli időszakra. Jelen cikkben DLR alatt a valós idejű, folyamatosan számított terhelhetőség értékét értjük. Ennek a módszernek az alkalmazása számos előnnyel jár. Egyrészt valós időben tudunk átviteli kapacitást számolni és előrejelezni, másrészről növelhető a rendszer üzembiztonsága és a megbízhatósága is. Egyes esetekben a DLR alkalmazásával megelőzhetőek extrém időjárási körülmények (ónos eső) okozta károk (távvezetékjegesedés) is [2][4].

A jelenleg használt DLR modellek

A nemzetközi szakirodalom két nagy DLR modellt említ, melyek két nagy nemzetközi szervezet, az IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), valamint a Cigre (Conseil International des Grands Réseaux Électriques) nevéhez köthetőek. Mindkét modell egy hőmérlegen alapszik, melynek egyik oldalán a hőnyereség, míg másik oldalán a hőveszteség szerepel. A két modellt megvizsgálva azt tapasztalható, hogy mindkettő tapasztalati úton jött létre, és bár folyamatosan frissülnek az aktuális kutatások eredményeivel, az ilyen empirikus formulák végleges és pontos meghatározása csak egy igen hosszú folyamat eredménye lehet [1] [13].

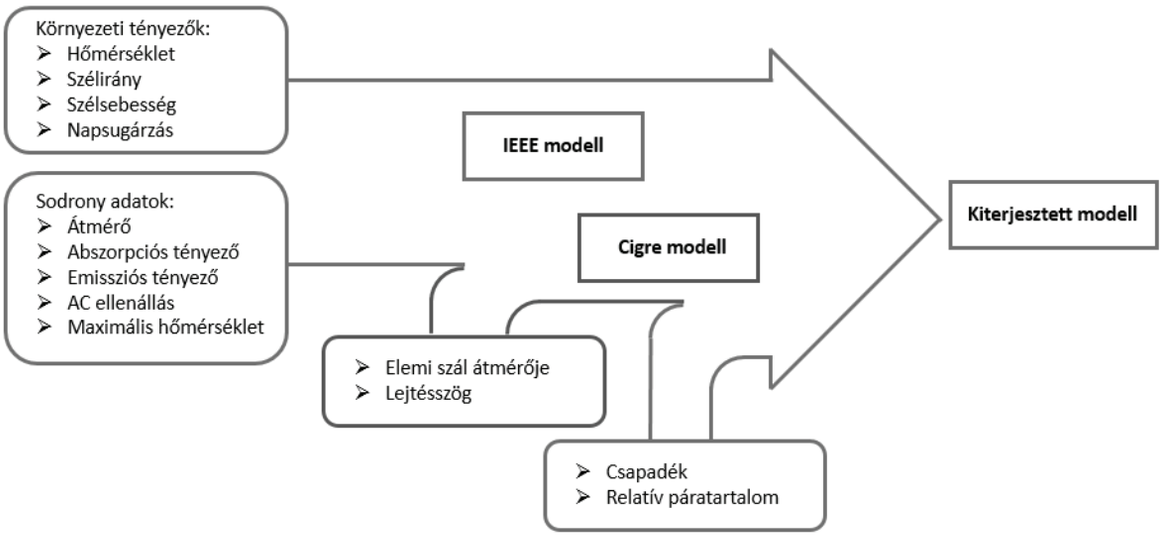


1. ábra. **A sodrony hőmérsékletét befolyásoló tényezők [1]**

A Cigre által használt modell egyszerűsített képlete az alábbi módon épül fel:

$$P_J + P_S = P_C + P_r \quad (1)$$

[1] A cikk a szerző KLENEN '18 konferencián tartott előadása alapján készült.



2. ábra. **A Cigre modell kiegészített változata [13]**

ahol:

- P_J Joule-hő fűtőhatása [J]
- P_S napsugárzás fűtőhatása [J]
- P_C konvektív hűtőhatás [J]
- P_r sugárzásos hűtőhatás [J]

Bár ezek az algoritmusok lehetővé teszik a DLR számítását, fontos megjegyezni, hogy számos elhanyagolással élnek. Többek között egyik modell sem számol a csapadék hűtőhatásával, mely igen jelentős mértéket ölthet, valamint a szél sebességével és irányával kapcsolatban is zajlanak még kutatások. Előfordulnak olyan környezeti paraméter kombinációk is, amikor a két modell egymástól eltérő megoldásra vezet. Ilyen például az 5 m/s feletti szélsebességek esete [5].

Jelen cikk célja egy olyan neurális hálót tartalmazó fekete doboz modell megalkotása, mely képes kiváltani a fent említett DLR számító algoritmusokat. A modell megalkotásához a nagyszámú rendelkezésre álló adat szolgál alapul, melyek segítségével már ismert bemeneti-kimeneti kombinációk révén megvalósítható a neurális háló tanító folyamata. A tanító mechanizmus elvégzése után lehetőség nyílik valós körülmények között is tesztelni a megalkotott modellt.

A soft computing módszerek és a neurális hálók

Olyan problémák esetén, melyeknél nem áll rendelkezésre, vagy igen bonyolult a megoldó algoritmus célszerű lehet soft computing modelleket alkalmazni. A lágy soft computing modellek során előtérbe helyeződik a mérnökök tapasztalata, találékonysága és egyedi problémamegoldó képessége. A kemény számítási módszerekkel ellentétben, ezekben az esetekben könnyebben lehet kezelni a rendszerben lévő bizonytalanságokat, közelítéseket és esetleges pontatlanságokat, hiszen a rendelkezésre álló szabályrendszer sokkal megengedőbb, és lazább. Ebből fakadóan egyes kérdéseknél célravezetőbb a mesterséges intelligencia valamely ágensének a felhasználása a problémamegoldáshoz. Ilyen módszerek többek között a fuzzy-rendszerek, a szakértői rendszerek, a genetikus algoritmusok, valamint a neurális hálózatok is. Ahhoz, hogy el tudjuk dönteni az alkalmazandó módszert, fontos definiálni a megoldandó kérdést, valamint a rendelkezésre álló adatokat is, továbbá szükség van az egyes ágensek elemzésére, melynek során felderíthetőek az esetleges módszertani előnyök és hátrányok is [6] [7].

A neurális hálók emberi mintára megalkotott rendszerek, melyek a soft computing módszerek egyik alfaját képviselik. Az ilyen hálózatoknak sokféle megközelítése és típusa létezik. Ami általánosan elmondható az ilyesfajta hálózatokról az az, hogy rendelkezésre állnak bemenetek és kimenetek, melyek között rétegekbe rendezett neuronok teremtenek kapcsolatot. A neuronok állapotát úgynevezett aktivációs függvényekkel írhatjuk le, melyek igen változatosak lehetnek. A neuronok között súlyfüggvények teremtenek kapcsolatot. A tanító mechanizmus során meglévő bemeneti és kimeneti kombinációk segítségével a háló úgy alakítja ezeket a szabad paramétereket, hogy egyre kedvezőbb kimeneti értéket kapjunk. Ebből is látszik a neurális hálók egyik legfőbb előnye, az adaptív problémamegoldás. További előnyként jelentkezik, hogy ezek a rendszerek képesek rendszerezett, viszonylag nagy adatbázisokat gyorsan és könnyedén kezelni, ami a DLR szempontjából igen fontos. Ezeknek a tulajdonságoknak köszönhetően megállapítható, hogy a neurális hálózatok alkalmazása megfelelő lehet a DLR analitikus, numerikus számításainak kiváltására. Ennek során megvalósítható, hogy a modell időjárási paraméterekből és a valós áram értékből képes legyen meghatározni a távvezeték dinamikus átviteli kapacitását [8][9].

A fekete doboz (black-box) modell

Jelen cikk célja bemutatni egy olyan, az eddigi gyakorlattól eltérő fekete doboz modellt, mely képes kiváltani a jelenleg használt DLR algoritmusokat. A dinamikus kapacitás számítás első lépése minden esetben a távvezeték elemzése, a szűk keresztmetszetek feltárása és kritikus oszlopközök vizsgálata. Ezek elsődleges feladata, hogy definiálják az átviteli hálózat kritikus pontjait, mert ezekre a részekre kell az átviteli kapacitást méretezni. A fekete doboz modell ezt az analizáló folyamatot elvégzettnek tekinti és már ezekre a kritikus oszlopközökre szolgáltat további számításokat. Maga a DLR számítása két lépcsőben zajlik. Első körben meghatározásra kerül a sodrony valós hőmérséklete, majd ebből egy további lépéssel meghatározható a sodrony áramának maximális értéke. A sodrony hőmérsékletének számítása egy neurális háló felhasználásával történik. A modell számára négy bemeneti értéket adunk meg, melyek a környezeti hőmérséklet, a szélsebesség, a napsugárzás, valamint a SCADA (Supervisory control and data acquisition system) áram valós idejű értéke. A modell kimenete pedig minden esetben a sodrony hőmérséklete. A tanító adatpárok meghatározásához a távvezeték sodronyaira szenzorok

vannak telepítve, melyek valós időben szolgáltatnak adatot annak hőmérsékletéről. Ily módon a modell nagy előnye, hogy tartalmazza az előforduló összes környezeti hatást, hiszen azok egytől egyik hatással vannak a sodrony hőmérsékletére. Második lépésben, a sodronyhőmérsékletből egy hőmérlegből számítható a valós távvezetéki kapacitás, hiszen a sodrony maximális hőmérséklete minden vonal esetében definiálva van, azaz meghatározható az az áramtöbblet, amely hatására a sodrony hőmérséklete eléri a termikus határát [13].

A rendelkezésre álló adatok

A DLR számításához igen nagyszámú adatra van szükség. Egyrészt szükség van valós idejű adatokra, másrészt hiteles előrejelzett adatokra is. A fekete doboz modell jelen állapotában csak a valós idejű adatokkal végez számításokat. Ezekhez a számításokhoz szükség van a környezeti paraméterek és a valós időben folyó áram folyamatos rögzítésére. Előbbi mérésére időjárásmérő állomások, utóbbi mérésére pedig a SCADA rendszer szolgál alapul. Ezek időbeni felbontása olykor jelentősen eltérhet, ezért minden esetben szükség van a különböző mérőpontok szinkronizálására. A rendelkezésre álló adatok szempontjából különleges jelentősége van a sodronyra felhelyezett szenzoroknak is. A szenzorok a mérés elvét, illetve a mért mennyiségeket tekintve több csoportba oszthatóak. A jelenleg kapható és fejlesztés alá tartozó DLR szenzorok közé tartozik többek között a Lindsey, az OTLM, a Micca, a Relogable, és az Arteche, melyek olykor jelentősen eltérő méréstechnikai elven rögzítik a mennyiségeket [12].

Szimulációk bemutatása

A fekete doboz modell használhatóságának vizsgálatára különböző szimulációkat végeztünk Matlab környezetben. Ezen szimulációk során eltérő neurális háló struktúrákkal vizsgáltuk a sodronyhőmérséklet és a távvezték kapacitás alakulását a felhelyezett szenzorhoz, illetve a jelenleg használatban lévő Cigre modellhez képest. A szimulációkhoz egy közép-európai ország 110 kV-os távvezetékének adatai kerültek felhasználásra. A távvezetéken húzódó sodrony típusa Al/ACS 240/40 mm^2, termikus határa 40 °C volt, a vonalon fázisonként egy szigetelő helyezkedett el. A vezeték környékén a téli időszakban többször is előfordult már jegesedési folyamat. A sodronyra OTLM szenzort telepítettek, mely közvetlen hőmérsékletméréssel határozza meg a sodrony hőmérsékletét. A felszerelt szenzor 0,5 °C-os felbontásban méri a sodrony hőmérsékletét és a mérésnek ±2,0 °C-os eltérése lehet a -20 °C és +100 °C-os tartományban [10][11]. A szimulációkhoz fél év adata állt rendelkezésre májustól októberig 30 perces felbontásban, ezek 80%-át tanításra, 10-10%-át pedig validálásra és tesztelésre használtuk.

A szimulációk eredményeként a legkisebb átlagos hibát egy kaszkádkapcsolású előre csatolt neurális hálónál tapasztaltunk a rétegszámok és neuronszámok rendszerezett változtatása mellett. A kiválasztott háló összesen 3 rejtett réteget és egy kimeneti réteget tartalmazott. Az egyes rétegekben 4-32-32-1 db neuron helyezkedett el. A tanulási folyamat egy előre beállított hibagradiens elérésig tartott. Tanuló mechanizmusnak a Levenberg-Marquardt mechanizmust választottuk, mivel ez a módszer, más mechanizmusokkal ellentétben, képes a hiba-gradiens minimum értékének pontos megtalálására akkor is, ha az távol áll a kezdeti minimum értéktől (3. ábra).

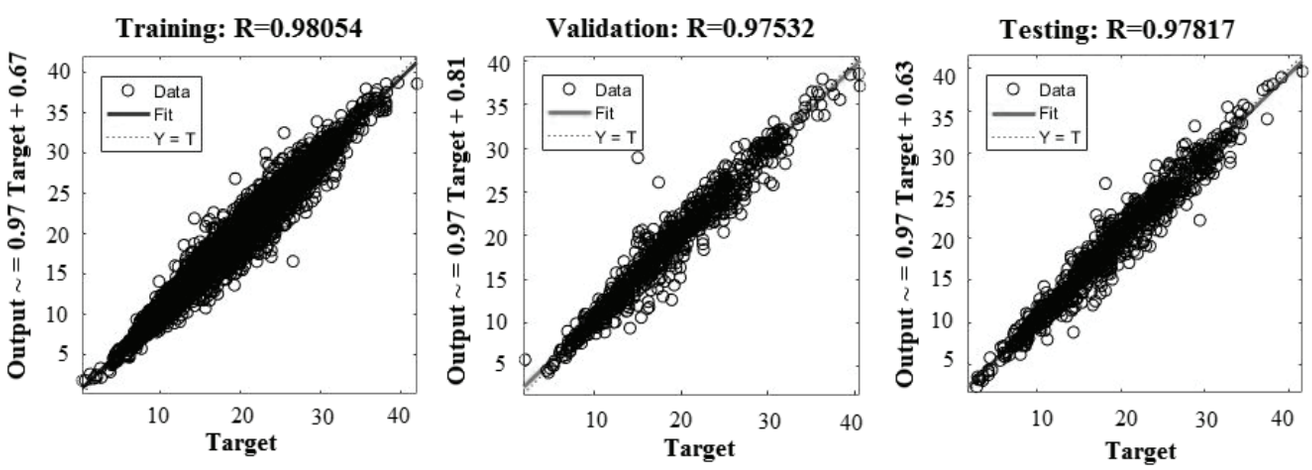
A képen látható fekete körök a tanító, validáló és tesztelő adatpárokat jelölik. Minden szelvény szaggatott vonala a tökéletes eredmény - kimenetek = célok eredményt mutatja. A tömör vonal a legjobban illeszkedő lineáris regressziós vonalat jelenti a kimenetek és a célok között. A tanító folyamat kiértékelésénél látható, hogy az R értékek igen közel esnek az 1 értékhez, ami jelen esetben kedvező, mert ez azt mutatja, hogy a háló talált kapcsolatot vizsgált mennyiségek között [14] (4. ábra).

A neurális háló teszteléséhez a tanítási és validálási folyamathoz nem használt adatokat használtuk, így valós körülmények között is tesztelhető volt a háló, valamint az esetleges túltanítás jelensége is kiszűrhető.

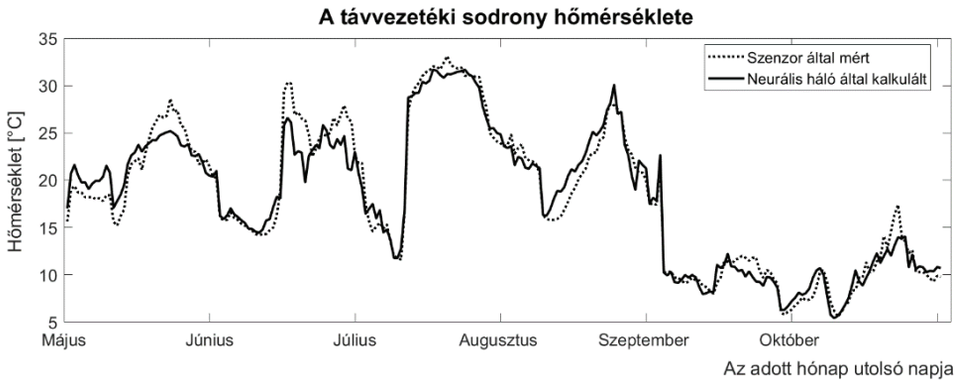
Látható, hogy a szimuláció eredményeként a neurális háló által számított sodrony hőmérséklet jól követi a szenzor által mért értékeket. A neurális háló átlagos hibája 1-2 °C körüli, ami beleesik az OTLM szenzor mérési pontatlansági tartományába.

A sodronyhőmérsékletből egy hő-differenciálegyenlet segítségével meghatározható a DLR értéke. Az egyenletben az időparamétert a sodrony időállandója szolgáltatja, mely katalógusadatok és szabvány alapján számítható ki.

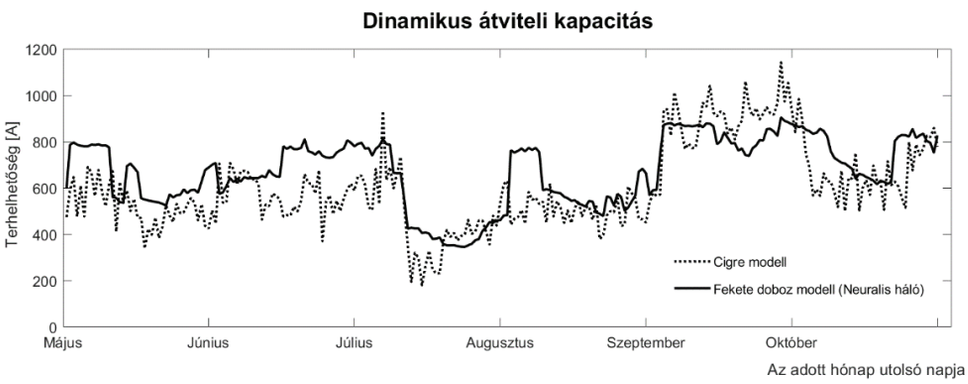
A 4. ábra a maximális áramterhelhetőséget ábrázolj az idő függvényében. Az OTLM szenzor által mért értékek ezen az ábrán nincsenek feltüntetve, értékük a 40-200 A-es tartományba esett. Összességében elmondható, hogy bár a Cigre modell és a fekete doboz modell által számított átviteli kapacitás értékek azonos tartományban vannak, néhol akár 200 Amperes eltérés is lehet a modellek között. Az idő nagyobb részében a fekete doboz modell szolgáltat nagyobb DLR értékeket, ami azzal magyarázható, hogy ez a modell ellentétben a Cigre és az IEEE modellekkel, tartalmazza a csapadék hűtő szerepét, illetve egyéb elhanyagolt hatásokat is. A pontosabb eredményre jutás



3. ábra. **A tanító mechanizmus kiértékelése**



4. ábra. **A sodronyhőmérséklet időbeli változása**



5. ábra. **Az átviteli kapacitás időbeli változása**

érdekében azonban a jövőben mindenképpen szükség van a fekete doboz modell, azon belül is a neurális háló pontosítására és további szimulációk futtatására.

Összefoglalás

Jelen cikkben bemutatásra került egy új típusú, soft computing alapú átviteli kapacitást számító DLR modell. Összességében az mondható el, hogy a jelenleg használt DLR algoritmusok kiválthatóak ezzel az új modellel, mely tartalmazza a jelenlegi modellek által elhanyagolt környezeti paramétereket is. A soft computing módszerek közül a neurális hálózatok alkalmazhatóak a fent felvázolt problémához, hiszen képesek struktúrálatlan, nagy mennyiségű adathalmazokat kezelni, valamint a DLR szempontjából fontos adaptív képeségekkel is rendelkeznek. A korábbi évek adatgyűjtéseinek köszönhetően elegendő adat áll rendelkezésre ezen hálók betanításához és validálásához. A megfelelő hálóstruktúra megtalálása érdekében szimulációkat futtattunk Matlab környezetben, melyek eredményeit a sodronyhőmérséklet esetén a távvezetékre szerelt szenzor méréseivel, a távvezeték kapacitás esetében pedig a jelenleg használt Cigre modell eredményeivel vetettük össze. Bár a modell még pontosításokra szorul, az megállapítható, hogy a jelenleg használt algoritmusok kiválthatóak neurális hálókat tartalmazó modellek segítségével. Az eredmények tükrében az mondható el, hogy fekete doboz modellel elvégzett szimulációk jó alapot biztosítanak a további kutatásokhoz.

Köszönetnyilvánítás

This work has been being developed in the High Voltage Laboratory of Budapest University of Technology and Economics within the boundaries of FLEXITRANSTORE project, which is an international project. FLEXITRANSTORE (An Integrated Platform for Increased FLEXIbility in smart TRANSmission grids with STORage Entities and large penetration of Renewable Energy Sources) aims to contibute to the evolution towards a pan-European transmission network with high flexinilty and high interconnection levels. This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme.

Ezen munka a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Nagyfeszültségű Laboratóriumában készült a FLEXITRANSTORE nemzetközi együttműködési projekt keretein belül. A FLEXITRANSTORE célja innovatív technológiák fejlesztése, melyek növelik a már meglévő pán-Európai átvitelihálózat rugalmasságát és kapacitását. A projektet az Európai Unió Horizon 2020 kutatási és innovációs programja támogatja.

EZEN MUNKA AZ EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTÉRIUMA ÚNKP-17-2-I. KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.

Irodalomjegyzék

[1] CIGRE 601 WG B2.43 – Guide for thermal rating calculations of overhead lines, 2014
[2] Twenties Project, Final report, 2013.
[3] ENTSOE, Dynamic Line Rating for overhead lines – V6, CE TSOs current practice 2015.
[4] Mccall J C; Goodwin T. Dynamic Line Rating as a Means to Enhance Transmission Grid Resilience, CIGRE US National Committee, 2015
[5] Holbert K.E; Heyd G.T. Prospects for dynamic transmission circuit ratings, USA
[6] Haykin S. Neural Networks, A Comprehensive Foundation. Hamilton: Person Education, 1999. 823 p. ISBN 81-7808-300-0
[7] Dr. Aradi P; Graff J; Dr. Lipovszki G. Számítógépes szimuláció, Budapest, 2014
[8] Altrichter M; Horváth G. Neurális hálózatok, Budapest: Hungarian Edition Panem Könyvkiadó Kft, 2006. 432 p. ISBN-10 9-635454-64-3,
[9] Borgulya I. Neurális hálók és fuzzy rendszerek, Budapest-Pécs: Dialóg Campus Kiadó, 1998. ISBN 9639123277
[10] Gubeljak N; Banic B; Lovrencic V; Kovac M; Nikolovski S. Preventing Transmission Line damage caused by ice with smart on-line conductor monitoring. International Conference on Smart Systems and Technologies (SST) 2016.
[11] Lovrencic V; Gabrovsek M; Kovac M; Gubeljak N; Sojat Z. The contribution of conductor temperature and sag monitoring to increased ampacities of overhead lines (OHLs). DEMSEE'15 10th International Conference on Deregulated Electricity Market Issues in South Eastern Europe. 24-25 September 2015, Budapest, Hungary
[12] Viola T; Németh B; Göcsei G; Applicability of DLR sensors in high voltage systems. 6th International Youth Conference on Energy, Budapest, Hungary.
[13] Halász B. G; Németh B; Rácz L; Szabó D; Göcsei G; Monitoring of actual Thermal Condition of High Voltage Overhead Lines. Doctoral Conference on Computing, Electrical and Industrial Systems, 2018
[14] Rácz L; Dinamikus Távvezeték Terhelhetőség, TDK pályamunka, BME-VIK, 2018

Diffúzoros kialakítású előkeveréses perdületes égő károsanyag kibocsátása lángcsőben tüzelés esetén

Hidegh Gyöngyvér
energetikai mérnök, gyongyver.hidegh@gmail.com

Józsa Viktor
okl. gépészmérnök, jozsa@energia.bme.hu

Az alacsony károsanyag kibocsátású, szegény, előkevert és előpárologtatott keverékkel üzemelő égők a lánglefúvási határhoz lehető legközelebbi működést valósítanak meg. Ez azonban stabilitási problémákat vet fel, melyekre a megfelelő lángstabilizáló elemek nyújthatnak megoldást. Így kutatásunk során különböző nyílásszögű diffúzorok hatását vizsgáljuk lángcsőben tüzelés esetén a CO és NO_X alakulására. További változtatott paraméter a légfelesleg-tényező és a porlasztónyomás. A hosszú tartózkodási idő kellően alacsony CO kibocsátást eredményezett minden esetben, azonban a NO_X kibocsátás csak 1,6-os, illetve nagyobb légfelesleg-tényező esetén vált megfelelően alacsonnyá. A porlasztónyomás és a diffúzorok egyértelműen kihatással voltak a kibocsátásra, azonban a légfelesleg-tényezőre volt a legérzékenyebb a NO_X kibocsátás.

*

The lean premixing, prevaporizing swirl burners are operating as close as it is feasible to the blowout limit. However, this goal leads to flame stability issues which can be solved by using flame stabilizer elements. Therefore, the effect of quarls on CO and NO_X emission was investigated in the case of combustion in a flame tube. Additional variable parameters were the air-to-fuel equivalence ratio and the atomizing pressure. The long residence time ensured low CO emission in all the cases, however, above air-to-fuel equivalence ratio of 1,6 ensured low enough NO_X emissions. The atomizing pressure and quarls apparently affected the NO_X emission, nevertheless, it was principally governed by the air-to-fuel equivalence ratio.

* * *

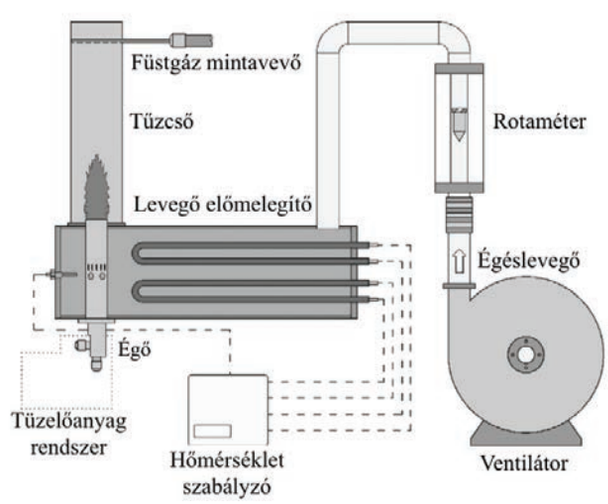
A károsanyag kibocsátás csökkentésére történő fejlesztések során a tüzelőberendezések üzemi tartományának szélesítése és párhuzamosan a hatásfok növelése egyaránt kiemelt jelentőségű. Elsősorban az alacsony NO_X kibocsátás érdekében érdemes a stabil égés határáig szegényíteni a keveréket [1], így a lánglefúvási határhoz közeli üzem a tervezési cél [2]. Amennyiben folyékony üzemanyaggal működtetünk egy berendezést, a lángfront előtt a tüzelőanyagot először porlasztani, majd elpárologtatni szükséges [3]. Ennek megfelelően a mai modern égők lehetővé teszik a tüzelőanyagcseppek megfelelő mértékű párolgását, a tüzelőanyagpára-levegő előkeverését, és perdületes áramlás kialakítása révén a szegény keverékekkel való stabil üzemet is [4].

Az üzemi tartomány szélesítésére, tehát a minél szegényebb keverékkel való üzem elérésére egy lehetséges irányvonal az égő geometriai fejlesztése [5]. Az ipari égőkben megvalósuló égés során perdületes áramlás jön létre, és kialakul egy, a láng függőleges tengelyére szimmetrikus belső recirkuláció, illetve egy a lángot toroid alakban körülvevő külső recirkulációs zóna, amelyek az égést stabilizálják [6]. A külső recirkuláló zónát helyettesíthetjük egy diffúzorral, ami tovább szélesítheti az üzemi tartományt, azonban így a károsanyag kibocsátás is jelentősen változik [7]. A korábbi mérések során az égő nyitott volt a környezet felé, így jelen cikkben egy lángcső alkalmazása mellett vizsgáljuk meg a diffúzorok hatását a károsanyag kibocsátásra. Mivel a lángcsőben elég idő áll rendelkezésre a teljes kiégéshez, illetve a sugárzásos hőátadás intenzív, ezért a tökéletlen égésből származó alkotók koncentrációja alacsonyra várható. Azonban ezzel párhuzamosan magas termikus NO_X kibocsátás feltételezhető [8].

A geometria mellett a porlasztónyomás hatását is értékeljük, mivel korábban nyílt tüzelés mellett a legalacsonyabb kibocsátás 0,75 bar porlasztási túlnyomás mellett adódott [9]. Ennek hatása a lángképre igen bonyolult probléma, aminek a részletes vizsgálatával jelenleg nem foglalkozunk, csak a károsanyag kibocsátásra gyakorolt hatásával, mely döntően a permet finomságára vezethető vissza. A lángcsőben való tüzelés áramképét Hadef és munkatársai kísérleti úton elemezték folyadék- és gáztüzelés esetén egyaránt [10].

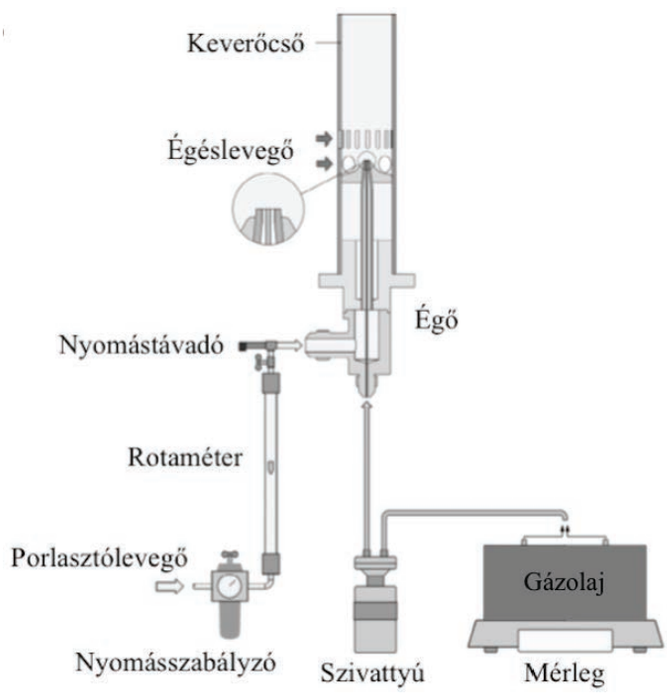
A mérőberendezés bemutatása

Az 1. ábrán látható a 15 kW-os tüzelési teljesítményű atmoszférikus égővizsgáló tesztpad. Az égéslevegő szállítására egy ventilátor szolgált. A különböző üzemállapotok beállítását egy fokozatmentes frekvenciaváltó tette lehetővé. Az égéslevegőt egy szabályozható előmelegítő segítségével melegítettük 400 °C-ra, mielőtt belépett az égő keverőcsövébe. A szükséges égéslevegő mennyiség meghatározása füstgázelemzés segítségével történt. A Testo 350 típusú hordozható füstgázelemző mintavevője az égőszájra koncentrikusan helyezett lángcsőbe volt bevezetve, 600 mm-rel az égőszáj fölött. A lángcső átmérője 100 mm volt, magassága 650 mm, falvastagsága 2 mm. A mérési pontok beállítása a füstgáz oxigéntartalma szerint történt, a mérési pontokat 1%-os oxigénszint szerinti lépésközzel felvéve 3-12%-os értékig. Ennek hibája 0,4% 95%-os szignifikancia szintre vonatkoztatva. Az égéslevegő ágba szerelt rotaméter így az égéslevegő térfogatáramának ellenőrzésére szolgált.



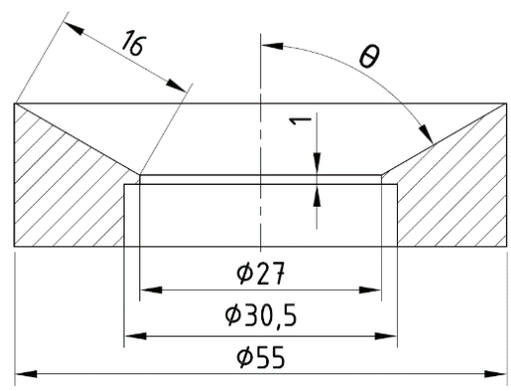
1. ábra. **Az égővizsgáló tesztberendezés**

A 2. ábrán látható a tüzelőanyag-rendszer. A folyékony tüzelőanyagot egy digitális mérlegre helyezett edényből egy feszültségvezérelt lamellás szivattyú juttatta az égőbe. A tüzelőanyag-fogyasztás mérésére egy mérleget használtunk. A tömegcsökkenést 30 másodpercenként regisztrálva határoztuk meg a tömegáramot. Így a tüzelési teljesítmény beállításának hibája 4% 95%-os szignifikancia szint mellett. Azonban ez a hiba lényegében az üzemállapot beállításánál jelentkezik, folyamatos mérés esetén mértéke nem változik. Az alkalmazott előkeveréses, előpárologtató rendszerű perdületes égőben a porlasztást egy egyszerű sugaras levegő segédközeges porlasztó valósította meg, ahol a központi tüzelőanyag vezetékkel koncentrikusan, gyűrű keresztmetszetben lép ki a nagysebességű porlasztólevegő. A porlasztás során keletkező permet méreteloszlását és jellemző térfogati-felületi közepes cseppátmérőjét korábban vizsgáltuk [11]. A két közeg sebességkülönbsége vezet a folyadéksugár felbomlásához és a cseppek képződéséhez. A porlasztólevegő kívánt nyomását egy nyomáshatároló szelep segítségével állítottuk be. Korábbi vizsgálataink alapján az igen szűk fúvókában végbemenő állapotváltozást igen jól közelíti az adiabatikus expanzió [3]. Az égéslevegő négy tisztán radiális kör keresztmetszetű és tizenöt 45°-os téglalap keresztmetszetű nyíláson keresztül lép be a keverőcsőbe. Itt megtörténik a cseppek részleges elpárolgása, tehát már egy relatíve homogén tüzelőanyag-levegő keverék éri el a lángfrontot.



2. ábra. **Tüzelőanyag-rendszer**

Mivel a különböző félkúpszögű diffúzoros toldatok azonos méretű hengerekből lettek kimunkálva, a tömör anyag maradéka hűti a lángot. Részben emiatt terjedt ki a mérés a 0°-os félkúpszögű elemre is, ami a keverőcső megtoldását jelentette 21%-kal. A vizsgált konfigurációk metszetét a 3. ábra szemlélteti. A diffúzorok alkotója minden esetben 16 mm volt. Ezeket a 30 mm külső átmérőjű égő szájára illesztettük a megvezetés segítségével. Nyílásszög tekintetében a 0°–60°-ig terjedő sorozatot hasonlítottuk össze az eredeti konfiguráció tulajdonságaival, 15°-os lépésközzel. A diffúzor nélküli esetre eredeti kialakításként, a 0°-osra egyenes kialakításként, míg a különböző diffúzorok esetén a félkúpszög számértékével hivatkozunk. A mérések a következőképpen zajlottak: adott tüzelőanyag tömegáram és fúvóka konstrukció mellett állandó porlasztónyomáson, a beállított füstgáz oxigéntartalom mellett regisztráltuk a füstgáz NO_X és CO tartalmát. Korábbi mérési eredmények tapasztalatai alapján a 0,3–1,6 bar porlasztási túlnyomás értékek közötti tartományt vizsgáltuk. Erre a későbbiekben egyszerűen porlasztónyomásként hivatkozunk.



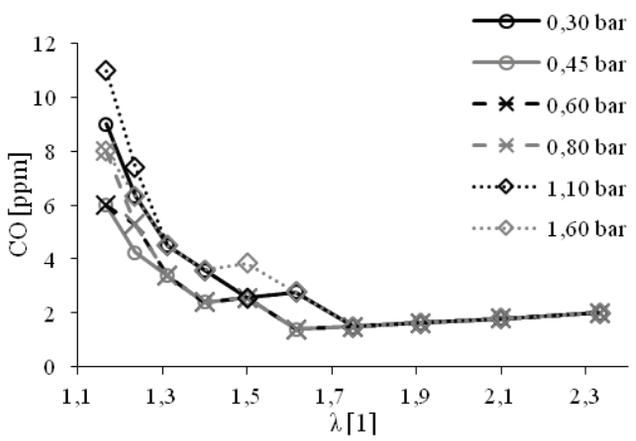
3. ábra. **Az alkalmazott diffúzorok keresztmetszete. A θ paraméter jelöli a félkúpszöget**

Az eredmények értékelése

A korábbi mérések során, amikor lángcső nélküli tüzelést valósítottunk meg, porlasztónyomástól és égőkialakítástól függően, kevés esetben fordult elő, hogy 2,2-es légfelesleg-tényező érték fölött is stabil üzemet tapasztaljunk [7]. Itt jegyezzük meg, hogy az égéslevegő egy része biztosan nem jutott be a reakciózónába, mivel légköri viszonyok mellett a szénhidrogének elméleti felső gyulladási határkoncentrációja a 2-es légfelesleg-tényező [12]. Lángcsőben való tüzeléskor azt tapasztaltuk, hogy az oxigénszint 12%-os értékig való növelése az üzemelésre nézve sehol nem jelentett problémát, a lánglefúvási határt meg sem közelítettük egyik esetben sem. A lángcső alkalmazásával a láng egy másodlagos támasztása és a forró égéstermékek további visszasugárzása valósult meg.

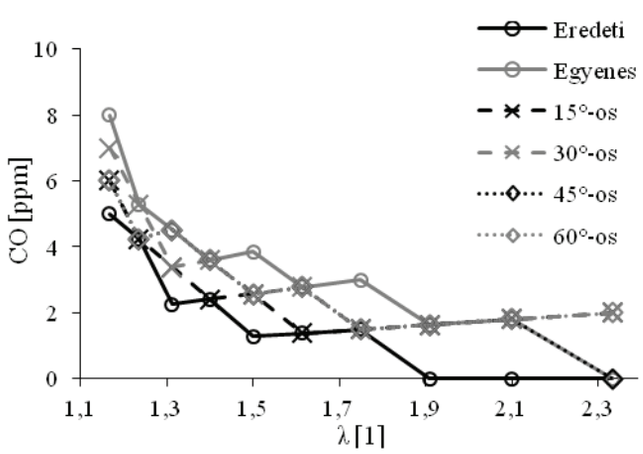
A kibocsátási értékeket minden esetben 3% oxigénszintre korrigáltuk, ami tipikus a kis légfelesleg mellett üzemelő atmoszférikus berendezések körében, mint amilyenek a kazánok is. A jelen esetben mért maximális CO tartalom 19 ppm volt, míg a korábbi, a környezet felé nyitott mérések alkalmával több mint egy nagyságrenddel magasabb értékeket is regisztráltunk [7]. A 4. ábrán látható a 15°-os nyílásszögű diffúzor alkalmazásakor mért CO kibocsátás. A légfelesleg növelésével ez minden porlasztónyomás esetén csökken, majd egy bizonyos oxigéntartalom után kis mértékben nő, azonban itt ez az 1 ppm kibocsátásnak, ami a műszer osztásából adódik, a 3% oxigénszintre való korrekció következménye. A különböző konstrukciók esetében is hasonló trendek figyelhetők meg, azonban az egyes porlasztónyomásokhoz tartozó görbék egymáshoz való viszonya között nem található közvetlen szabályszerűség, mivel a lángalakra is kihatása van a porlasztónyomásnak. Az ilyen irányú vizsgálatok későbbi méréseink alapját képezik. Az érvényben lévő károsanyag kibocsátásra vonatkozó szabványok, országtól szinte függetlenül, stacionárius üzemben működő tüze-

lőberendezések esetén 50–100 ppm CO koncentrációt állapítanak meg felső határként. Mivel a füstgázelemző műszer bizonytalansága 95%-os szignifikanciaszint mellett 6 ppm, mely a légfelesleg-tényező növelésével növekszik a korrekció mértékével. Esetünkben a statisztikailag szignifikáns eredmények az 1,3-es légfelesleg-tényező értékig találhatók.



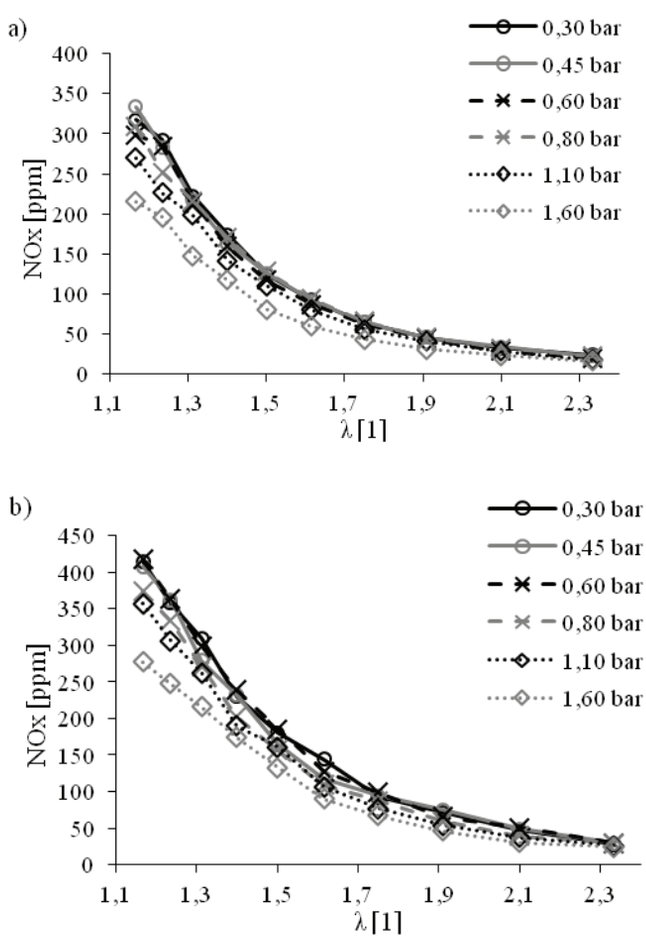
4. ábra. **CO kibocsátás a 15°-os diffúzor alkalmazásakor**

Az 5. ábrán 0,45 bar porlasztónyomás alkalmazásakor mért CO kibocsátási értékek láthatók a légfelesleg-tényező növelése során a különböző égőkialakítások esetében. A görbék jellege itt is hasonló: a légfelesleg-tényező növelésével a CO kibocsátás csökken, majd egy bizonyos oxigénszint elérése után már nem mérhető.



5. ábra. **CO kibocsátás 0,45 bar porlasztási túlnyomás esetén**

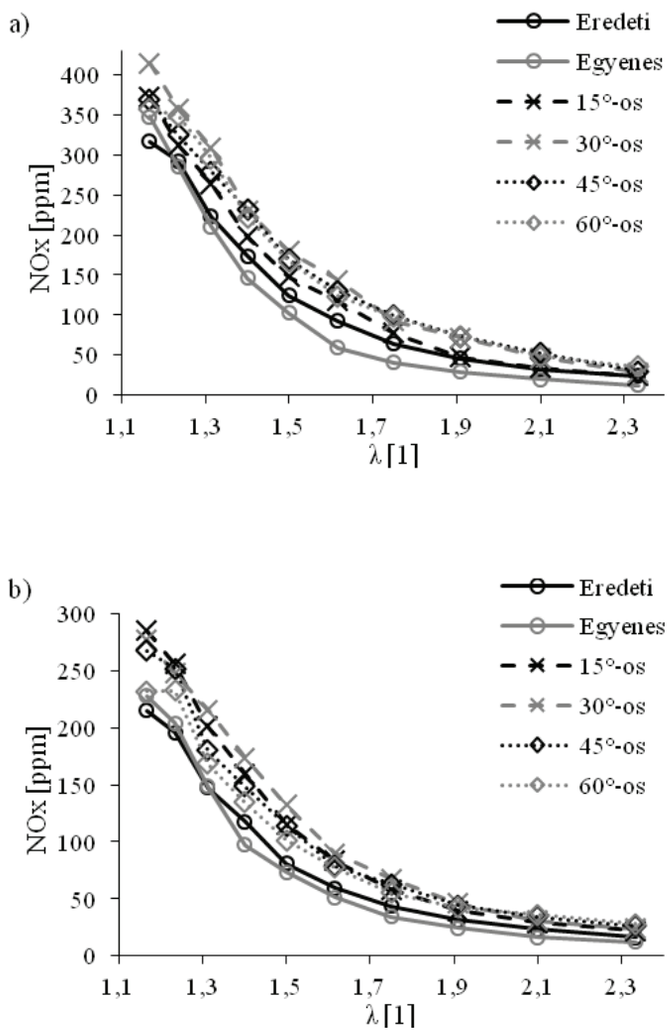
A NO_X kibocsátás változása a különböző égőkialakítások esetében a porlasztónyomás, illetve a légfelesleg-tényező változtatásával hasonló trendek szerint alakul a CO-hoz képest, ezt az eredeti égőkialakítás és a 30°-os diffúzor alkalmazása mellett a 6. ábra szemlélteti. Az egyes porlasztónyomásokhoz tartozó görbék a légfelesleg-tényező növelésével exponenciális jellegű lecsengést mutatnak. 1,17-es légfelesleg-tényező mellett a maximális NO_X kibocsátási értékek láthatók, mely maximum értékek között az eredeti kialakítás esetében 119 ppm, a 30°-os diffúzor esetében 140 ppm eltérés adódott. Minden konstrukció esetében a porlasztónyomások görbeseregét alulról a legnagyobb (1,6 bar) porlasztási túlnyomás alkalmazásakor kapott görbe határolja. Ebből adódóan általánosan levonható az a következtetés, hogy a vizsgált tartományon belül a porlasztónyomás növelésével csökken a NO_X kibocsátás, mivel a kisebb cseppek hamarabb el tudnak párologni és így keveredni az égéslevegővel, tehát az égő keverék homogenizálódik. A légfelesleg-tényező növelésével a NO_X kibocsátás csökken, a görbék 2,1-es légfelesleg-tényező érték felett összefutnak. Itt porlasztónyomástól függetlenül 10-40 ppm NO_X tartalom volt mérhető a füstgázban, ami igen kedvező égést mutat, különösen, ha a vonatkozó alacsony CO kibocsátást is figyelembe vesszük. A füstgázelemzés során a NO_X mérésének hibája 95%-os szignifikanciaszint mellett 4 ppm volt, ami a mért mennyiségek alapján igen pontos mérést jelent. Ebből kifolyólag a hibasávok mérete összemérhető az alkalmazott jelölők méretével. Az egységes oxigénszint miatt itt is a légfelesleg növelésével a hiba a korrekció mértékével növekszik. A NO_X kibocsátás korlátozásának szokásos értéke stacionárius tüzelés mellett 100 ppm, így gyakorlati alkalmazásokhoz a jelenlegi rendszer kiválóan illeszthető.



6. ábra. **NO_X kibocsátás a) az eredeti égőkialakítás esetén, b) a 30°-os diffúzor alkalmazásakor**

A 7. ábrán látható a NO_X kibocsátás változása a légfelesleg-tényező növelésével a különböző égőkialakítások esetében, rendre 0,3 és 1,6 bar porlasztási túlnyomásokon. A görbék exponenciális jellegű lefutása és a légfelesleg-tényező növelésével történő összetartása ezeken az ábrákon is megfigyelhető. A maximális NO_X kibocsátások között 0,3 bar esetén 98 ppm, 1,6 bar esetén 70 ppm

eltérés adódik. Minden porlasztónyomás esetében a különböző konstrukciók alkotta görbesereget alulról az egyenes toldat alkalmazása során kapott görbe határolja 1,3-es légfelesleg-tényező érték felett, míg ezalatt a legkisebb NO_X kibocsátást az eredeti égő alkalmazása mellett kaptuk. A vizsgált tartományon a legmagasabb NO_X kibocsátást általánosan a 30°-os diffúzor alkalmazása mellett mértük. A többi diffúzorhoz tartozó görbék elrendeződésére vonatkozólag nem állapítható meg egyértelmű szabályszerűség.



7. ábra. **NO_X kibocsátás a) 0,3 bar porlasztónyomás esetén, b) 1,6 bar porlasztónyomás esetén**

Összefoglalás

A jelenlegi kutatás során egy előkeveréses perdületes égő szájára helyezhető, különböző nyílásszögű diffúzoros elemek hatását vizsgáltuk a CO és NO_X kibocsátásra. Az atmoszférikus tesztpadon lévő égőt egy lángcső vette körül, közelítve a valós berendezések égőterében felépülő környezetet. A mérések különböző porlasztónyomásokon történtek, továbbá különböző félkúpszögű diffúzorokat illesztettünk az égő szájára 0°-tól 60°-ig 15°-os lépésközönként. Az emissziós értékeket minden esetben 3% vonatkoztatási oxigéntartalomra adtuk meg.

A maximálisan mért CO koncentráció a füstgázban 19 ppm volt. A füstgáz CO tartalmára a különböző porlasztónyomások és égőkialakítások mellett általánosan jellemző a kibocsátott mennyiség csökkenése a légfelesleg-tényező növelésével. 1,8-es légfelesleg-tényező érték felett már gyakorlatilag elenyésző volt CO kibocsátás. A füstgáz NO_X tartalmának változása jelentősebb volt. 3%-os oxigéntartalom mellett 200-450 ppm kibocsátást mértünk, ami 10-40 ppm-re csökkent 2,3-es légfelesleg-tényező mellett. A legalacsonyabb NO_X kibocsátás az 1,6 bar-os porlasztónyomás esetén adódott. Adott porlasztónyomás esetén, összehasonlítva az egyes égőkialakítások mellett kialakuló NO_X kibocsátást a légfelesleg-tényező növelésével a füstgáz NO_X tartalma exponenciális jelleggel csökken. 1,3-es légfelesleg érték alatt az eredeti égőkialakítás esetében látható a legalacsonyabb NO_X kibocsátás, míg e felett az egyenes toldattal rendelkező konstrukcióhoz tartozó görbe határolja alulról a görbesereget. Azonban a diffúzor félkúpszögének változtatásával a porlasztónyomáshoz hasonló trend egyértelműen nem állapítható meg, mivel a 30°-os diffúzor alkalmazása mellett mértük a legmagasabb NO_X kibocsátást.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Emberi Erőforrások Minisztériumának az ÚNKP-17-2-I. kódszámú, Új Nemzeti Kiválóság Program és a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatásával, az NKFI Alapból az OTKA-FK 124704 projekten keresztül valósult meg.

Irodalom

[1] J. M. Bergthorson és M. J. Thomson, ”A review of the combustion and emissions properties of advanced transportation biofuels and their impact on existing and future engines,” Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 42, pp. 1393–1417, 2015.

[2] A. H. Lefebvre és D. R. Ballal, Gas turbine combustion, 3. kiadás, Boca Raton: CRC Press, 2010.

[3] V. Józsa és D. Csemány, ”Evaporation of renewable fuels in a lean premixed prevaporized burner,” Period. Polytech. Mech. Eng., vol. 60, no. 2, pp. 82–88, 2016.

[4] N. Syred, ”A review of oscillation mechanisms and the role of the precessing vortex core (PVC) in swirl combustion systems,” Prog. Energy Combust. Sci., vol. 32, no. 2, pp. 93–161, Jan. 2006.

[5] Y. Huang és V. Yang, ”Dynamics and stability of lean-premixed swirl-stabilized combustion,” Prog. Energy Combust. Sci., vol. 35, no. 4, pp. 293–364, 2009.

[6] J. M. Beér és N. A. Chigier, Combustion aerodynamics. London: Robert E. Krieger Publishing Company, Inc., 1972.

[7] V. Józsa és A. Kun-Balog, ”Effect of diffusers on the blowout stability and emission of pollutants of a liquid fueled swirl burner,” J. Eng. Gas Turbines Power, 2018.

[8] U. Maas és S. B. Pope, ”Simplifying chemical kinetics: Intrinsic low-dimensional manifolds in composition space,” Combust. Flame, vol. 88, no. 3–4, pp. 239–264, 1992.

[9] A. Kun-Balog és K. Sztankó, ”Reduction of pollutant emissions from a rapeseed oil fired micro gas turbine burner,” Fuel Process. Technol., vol. 134, no. x, pp. 352–359, 2015.

[10] R. Hadef, K. Merkle, B. Lenze és W. Leuckel, ”An experimental study of airblast atomizer spray flames,” J. Inst. Energy, vol. 73, no. 494, pp. 50–55, 2000.

[11] A. Urbán, M. Zaremba, M. Malý, V. Józsa és J. Jedelský, ”Droplet dynamics and characterization of high-velocity airblast atomization,” Int. J. Multiph. Flow, vol. 95, pp. 1–11, 2017.

[12] I. Glassman és R. Yetter, Combustion, 4th ed. Burlington: Academic Press, 2008.

Párologtató hűtés kerámiákkal

Szilágyi Attila
tanársegéd, szilagyi.attila@nye.hu

Dr. Seres István
mérnök, seres.istvan@gek.szie.hu

Dr. Farkas István
mérnök, farkas.istvan@gek.szie.hu

Jelen dolgozat a kerámiákkal történő párologtató hűtés témakörrel foglalkozik. A klímaváltozás okozta hőhullámok enyhítésére egyre inkább alkalmazunk gépi hűtést. Ezen rendszerek többsége villamos energiával működik, mely nyáron a villamos energia rendszer felé többlet igényként jelentkezik. A hálózattól független hűtés megoldható például párologtatással is. Porózus anyagú edényekbe töltött víz párolgása során lehűl. Az így létrejött környezeti levegőtől alacsonyabb folyadék-hőmérséklet ideális lehet hűtési célú felhasználásra. Egyedi és nagy sorozatban készített agyagedényeket vizsgáltunk meg víz munkafolyadékkal. A mérési eredmények alapján megállapítható, hogy a párologtató kerámiahűtés alkalmas lehet klímaberendezések működtetésére, hiszen az elért hőmérséklet-különbség alkalmas az élő szervezethez igazodó optimális érték biztosítására (6-8 ºC). Mindez alacsony energia felhasználással és a víz nagy a párolgáshőjének kihasználásával megvalósítható.

*

This paper deals with the topic of the evaporation cooling with the use of ceramics. Because of the heat waves caused by the climate change we more and more often use air-conditioning systems. These systems use electric energy, so they cause high demand for the electrical energy system in summer. For decreasing the grid load, alternative cooling methods can be used, for example evaporation. If we fill water into porous dishes, the water will be cooled during its evaporation. So this cooled water (which has lower temperature than the environmental air) is ideal medium for cooling utilization. We measured the thermal effect of water evaporation in ceramic dishes which were made individually and series. According to the measurement data we can establish that evaporation cooling with ceramics can be used in air-conditioning systems. The temperature in summer between the cooled water and the outside air is an optimal value for human bodies (6-8 ºC). So this we can be realized with low energy consumption by using the high evaporation of specific latent heat of water.

* * *

A klímaváltozás nagymértékben megváltoztatja életünket, kapcsolatunkat a természettel. Az utóbbi években egyre nagyobb számban találkozhatunk hőhullámokkal, aszályos időszakokkal, és kánikulával. A 35 ºC feletti hőmérséklet -árnyékban mérve- igen megviseli az emberi szervezetet. A több napon át tartó magas hőmérséklet negatív hatását megpróbáljuk valahogy elviselni, átvészelni. Erre a célra megfelelően szigetelt lakóépületekben való tartózkodással és megfelelő hűtési rendszerrel próbáljuk meg a külső hőhatást csillapítani. A hűtési rendszerünk lehet passzív (energia bevitel nélküli, mely többnyire természetes vagy mesterséges árnyékolás alkalmazása) vagy aktív (úgynevezett gépi) hűtés. A hőérzetünk függ a hőmérséklettől és a levegő páratartalmától, így ezek kontrollálására alkalmazunk légkondicionáló berendezéseket. A háztartási igények kielégítésére alkalmazott légkondicionáló berendezések döntően villamos energiával működnek, melyek működtetése egy több napos kánikulai időszak esetén jelentős mértékben megterheli az országos villamos energiatermelő és ellátó rendszert. Ennek lehetnek negatív hatásai: túlterhelés esetén áramszünet, nagyobb mértékű erőművi emisszió. Az adott ország erőművi összetételétől függően nőhet az üvegházhatású gázok légkörbe jutása ebben a periódusban. Magyarország esetén a fosszilis tüzelőanyaggal működő erőművek a villamos energia előállításuk során nagy mennyiségű szén-dioxidot bocsátanak ki. Mindez a környezet globális felmelegedésének hatását növeli. Az energiahordozók nagyobb mértékű felhasználása külső forrásból egy energiabiztonsági kérdést vet fel, hogy mennyire függ egy ország az energiahordozók beszerzésétől. (Kovács és tsai, 2018).

A legrégebbi hűtési technika a természetes hó és jég elvermelése volt a nyári időszakra. Már az ókori Görögországban alkalmazták ezt a technikát. A túl nagy hőmérséklet-különbség hirtelen alkalmazása károsan hathat ezen eljárás során az emberi szervezetre – vélték abban az időben is felfedezni. Viszont ezen hűtéstechnika megfelelő alkalmazása jó lehetőséget biztosított a forró nyári napok elviselésére. Időszámításunk előtti 2500 körülire tehető azon egyiptomi falfreskók megjelenése, melyek a zománc nélküli agyagkorsókban történő folyadékhűtést ábrázolják. Az agyagkorsó pórusain a víz átszivárog és a külső felületen elpárolog. A párolgás hőelvonással jár, így a korsóban lévő folyadék lehűlt. A párolgás intenzitását legyezők segítségével növelték. (Komondy, Halász, 1970).

A párologtató kerámiahűtés főbb jellemzői:

- nincs hőbevitel,
- a víz mint munkaközeg környezetbarát és könnyen hozzáférhető,
- alacsony energia-felhasználással üzemeltethető (pl. napelemről közvetlenül egyenárammal),
- működése nem függ a villamos energia hálózattól, amely energiabiztonságot és könnyen mobilizálhatóságot jelent,
- könnyen szabályozható (a légáramlás sebességének és a felület nagyságának változtatásával),
- gyors reagálású.

A dolgozat célja, hogy megvizsgáljuk porózus anyagú edények hőelvonási értékeit párologtatás során víz munkaközeg felhasználásával. A mérések során azt vizsgáltuk, hogy kerámia edények párologtatás során elegendő hűtőhatást fejtenek-e ki, és alkalmazhatók-e légkondicionáló berendezéseknél, mivel napjainkban egyre fontosabbá válik az alacsony energiafelhasználású hűtőrendszerek és a környezetbarát hűtőközegek alkalmazása (Gaál és tsai, 2016).

Párolgás során elvont hőenergia meghatározása

Porózus anyagok esetén a folyadékok a szilárd anyagon keresztül tudnak diffundálni. Ennek megfelelően párolgás jön létre, mely hőelvonással jár. Zománc nélküli kerámiák esetén az agyagedényben lévő víz párolgás során eltávozik az edény külső felületén, melynek hatására a víz hőmérséklete csökken. A párolgás során hőelvonás történik, aminek az az oka, hogy a párolgás során a folyadék fá-

zis nagy energiájú részecskéi tudnak kilépni a folyadék fázisból, s emiatt a visszamaradó folyadék részecskéinek átlagos energiája, s ezzel együtt a hőmérséklete, kisebb lesz. A párolgási folyamatot szabályozhatjuk egy mesterségesen létrehozott légáramlással, például ventilátorral (Porumb et al., 2016).

A párolgás olyan folyamat, mely során a közeg folyékony halmazállapotból gáz halmazállapotúvá válik. A folyamat a folyadék felszínén bármely hőmérsékleten végbemegy. Zárt edényben a párolgás addig tart, amíg a folyadék felszíne feletti tér telítetté nem válik a közeg gőzével. Nyitott edény esetén a párolgás a közeg teljes gőzzé alakulásáig (gáz halmazállapotúvá válásáig) tarthat. A párolgási folyamat sebessége nyitott edény esetén függ a következő tényezőktől (Hall et al., 1984):

- a közeg felett kialakuló légáramok sebességétől,
- a folyadék szabad felszínétől,
- a hőmérsékletétől,
- a külső nyomástól,
- a közeget körülvevő levegő nedvességtartalmától,
- a közeg anyagi minőségétől,
- a közeg felszínén létrejövő kohéziós erőtől.

Ha növeljük az első három tényezőt és csökkentjük a nyomást és a nedvességtartalmat, akkor növeljük a párolgás sebességét. Az anyagi jellemzőt figyelembe véve tudjuk, hogy például az alkohol gyorsabban párolog, mint a víz. A párolgás következtében a folyadék lehűl, amennyiben külön hőenergia nem növeli a hőmérsékletét. Ha a víz túl gyorsan párolog, akkor az erős hűtés hatására megfagy. Gyakorlati példák:

- porózus nyitott agyagedényben a folyadék lehűl,
- nyári időszakban az öntözött úttest felülete lehűl,
- a fürdés vagy zuhanyzás után vizes állapotban fázunk, főleg ha légmozgás éri a testfelületünket,
- a forró leves levegő fújással lehűthető, melynek során a külső részek hamarabb hűlnek le.

A természet megoldásai:

- termeszváraknál a belső hűtést levegő átáramoltatásával oldják meg,
- például a kutyák a nyelvükön keresztül párologtatnak, ezáltal hűtik a testüket.
- növényeknél például a fák, bokrok esetén a gyökereiken keresztül szívják fel a talajból a vizet és a leveleiken keresztül párologtatják el a vizet, ami hűti őket.

A párolgás sebessége (pontosabban az elpárolgó víz tömegárama) szabja meg, hogy mennyire képes lehűlni a párolgás következtében a párolgó közeg. A folyamat energia-mérlege, ami a kialakuló egyensúlyi állapotban a párolgás során elvont hőt a környezetből a felületi hőátadással felvett hő pótolja, a következő egyenlettel írható fel (Porumb et al, 2016):

$$L_p\dot{m} = \alpha A(T_k - T_v), \qquad (1)$$

ahol:

L_p – a párolgáshő, J/kg,
$\dot{m}$ – a tömegáram, kg/s,
α – a felületi hőátadási tényező, W/K m^2,
T_k – a környezeti hőmérséklet, °C,
T_v – a víz mint munkaközeg hőmérséklete, °C.

Az egyenletből kifejezve a víz hőmérséklete:

$$T_v = T_k - \frac{L_p\dot{m}}{\alpha A}. \qquad (2)$$

Természetesen a párolgásos hűtéssel elérhető hőmérséklet csökkenés kisebb lesz, ha a lehűlt vízzel P_h hűtőteljesítménnyel egy közeget (pl egy légteret) hűtünk. Ebben az esetben a hűtővíz hőmérséklete:

$$T_v = T_k - \frac{L_p\dot{m} - P_h}{\alpha A} \qquad (3)$$

egyenlettel írható le, értelemszerűen az $L_p\dot{m} \geq P_h$ tartományban. Ezen egyenletek segítenek annak megtervezésében, hogy adott környezeti feltételek mellett egy adott hűtőteljesítmény eléréséhez mekkora párolgási tömegáramot kell megvalósítani.

A megadott összefüggésből látszik, hogy a víz hőmérséklet állandó párolgási tömegáram esetén egy adott értékkel (8-10 °C) alacsonyabb a környezeti hőmérsékletnél, azaz a környezeti hőmérséklet változásával a kialakuló vízhőmérséklet együtt mozog. Ez azért szerencsés, mert a klimatizálás egyik fontos feltétele, hogy limitált hőmérséklet-különbség legyen a hűtött és a külső tér között, ami ezen rendszer esetén a fentiek alapján automatikusan teljesül. Kerámia-edényekben tárolt folyadék hőmérséklete csökken a környezethez képest. Mindez porózus szerkezetüknek köszönhető, melyen a folyadék el tud párologni. A kerámiák alapanyaga az agyag vízzel keverve formázhatóvá válik, száradás után alaktartó lesz. Kiégetés során irreverzibilis folyamat játszódik le az anyagban. Az agyag, mint alapanyag összetételét tekintve eltérő lehet lelőhelytől függően (De Angelis et al., 2017).

A kiégetett agyag porózus szerkezetű, azaz mikroporózusokat tartalmaz (helyenként tartalmazhat üregeket, azaz makropórusokat), melyen keresztül gázok és folyadékok tudnak átdiffundálni. A pórusok kapcsolatban lehetnek az anyag külső felületével, ekkor nyitott, ún. kapilláris pórusokról beszélünk. Ezek a párolgás illetve a szellőzés szempontjából kedvezőek. A zárt pórusokat légpórusoknak nevezzük. A folyadékba (többnyire vízbe) mártott száraz porózus anyag pólusai megtelnek folyadékkal, mely térfogat mérések alapján számítással meghatározható. Összegezve, egy porózus szerkezetű edényben tárolt folyadék párolgása a nyitott kapilláris mikropórusokon keresztül fog megvalósulni. (Porumb et al., 2016).

A nyitott edényben tárolt folyadék idővel teljes mértékben el fog párologni. A felületi párolgást növelhetjük mesterségesen létrehozott légáramlással.

Párologtató hűtés vizsgálata agyagedényekkel

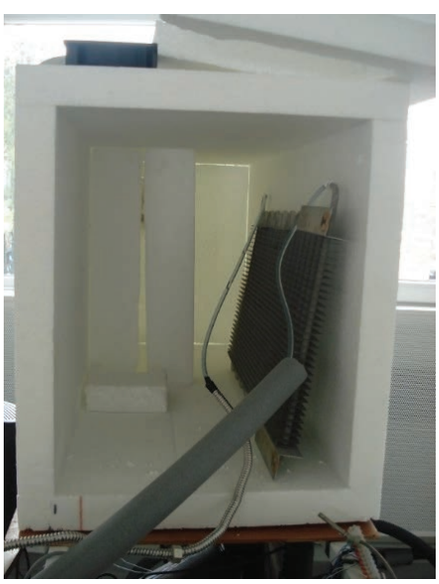
A fazekas edények közül a legáltalánosabban használt edény a virágcserép-edény, mely nagy sorozatban gyártva költséghatékony megoldás. Előállítási költsége akár tizedannyi, mint egy egyedi készítésű agyagedényé. A fazekas agyagedények agyag és víz felhasználásával készülnek. A formázás során kialakítják az edény alakját, majd ezt követően kemencében kiégetik. A hőkezelési eljárás során 980 °C-ra melegítik fel a kemence belső terét 8-10 óra alatt, mely hőmérséklet elérésekor az agyag víztartalmát elveszítve képlékeny állapotát megváltoztatva szilárd állapotú kerámia lesz (megfordíthatatlan folyamat). Ezt követően energiát már nem közlünk az anyaggal, és a kemencében körülbelül 8-10 óra alatt hagyjuk lehűlni a kész kerámiát. A mérés tárgya máztalan, csiszolatlan agyagedények vizsgálata volt vízzel feltöltve. A mérés során a párolgáskor jelentkező hőmérséklet-változás értékei lettek rögzítve, mellyel a jelentkező hőelvonás értéke határozható meg. A mérések a Szent István Egyetem KÖRI Napenergiás laboratóriumában történtek. A mérések zárt és nyitott edényekkel történtek (1-2. ábra). A hőelvonás vizsgálata természetes és mesterséges párologtatással történt,

utóbbi esetben egy 12 V-os egyenáramú 12 cm járókerék-átmérővel rendelkező ventilátort használtunk. A mérések során különböző méretű (térfogatú) és alakú edényeket vizsgáltunk meg.

1. ábra. **Nyitott agyagedény víztartalmának párologtatása ventilátorral**

2. ábra. **Zárt agyagedények vizsgálata**

Mivel a megépített kísérleti berendezés teljesítménye limitált, a laborépület méretéhez képest kicsi volt, a lehűtött víz hűtő hatását egy szigetelt dobozban lévő levegő lehűtésével vizsgáltuk. A felhasznált eszközök egy folyadék-levegő alumínium hőcserélő és egy 6 V-os egyenáramú szivattyú voltak (3-4. ábra).



3. ábra. **Szigetelt doboz belső hőcserélővel**

A mérések előtt megmértük az agyagedények száraz és vízzel feltöltött tömegét, majd a mérés végén újra megmértük az össztömegüket. Ezek alapján kiszámolható az edény által felvett víz tömege és a párolgás során elveszített folyadék tömege.

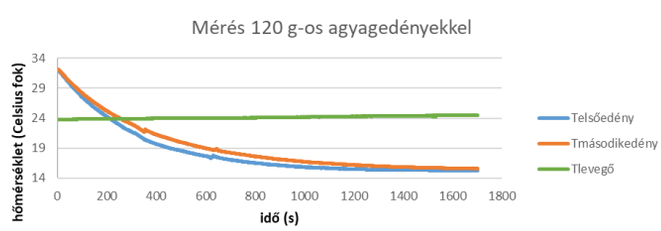
4. ábra. **Hűtött víz keringtetése egyenáramú szivattyú segítségével**

A méréshez használt eszközök Pt1000-es hőmérséklet-szenzorok, NEC H2640 típusú infravörös hőkamera, Peakmeter MS6252A típusú szélsebesség-mérő és digitális mérleg. A mérési eredmények kiértékelése a Report Generation Lite és az Excel programok segítségével történt.

A ventilátor által keltett légáramlás a távolság függvényében 1,57 – 1,15 – 0,8 – 0,4 m/s értékű volt. A ventilátor által felvett villamos teljesítmény 12,0 V és 0,16 A értéknél 1,92 W volt.

A szivattyú által felvett villamos teljesítmény 6,0 V és 1,5 A értéknél 9 W volt. Az indításhoz szükséges teljesítményszinten a térfogatáram 30×10^{-6} m^3/s volt. Alacsonyabb térfogatáramnál 2×10^{-6} m^3/s értéknél 2,5 V és 0,8 A esetén 2 W volt.

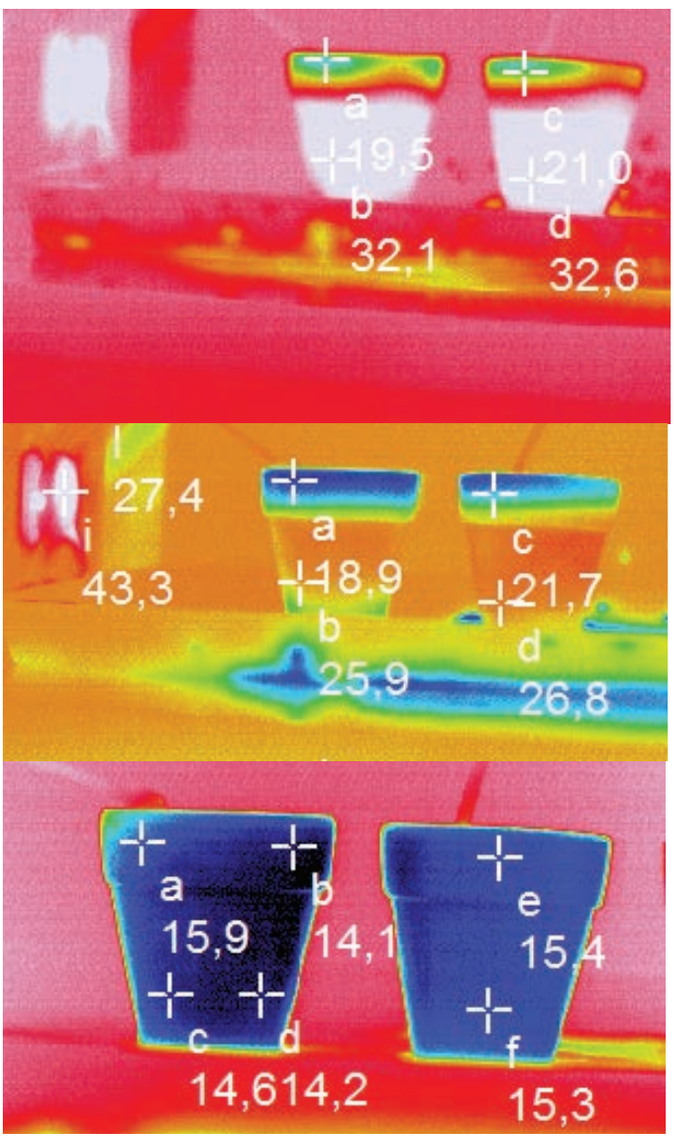
Az első mérés alkalmával 120 g-os száraz agyagedényeket vizsgáltunk meg. A vízbe történő beáztatás után 16 és 18 g vizet vettek fel az edények egyenként. Az edényekbe töltött víz hőmérséklete magasabb volt, mint a környezeti levegőé, 32 ºC-ról indult a víz hűtése. A párologtatás nyitott edényekkel történt. Az edényekbe töltött víz tömege 145 g volt. A levegő hőmérséklete 23,7 ºC volt



5. ábra. **120 g-os agyagedények hűtési értékei**

és a mérés végén 24,4 ºC lett. Az első edény, mely a ventilátorhoz közelebb helyezkedett el 56 perc elteltével 15,2 ºC-ra hűlt le, a második edény mely távolabb volt 15,5 ºC-ra hűlt le (5. ábra).

A hőmérséklet-eloszlás változását a jól mutatják a 6. ábrán látható hőkamerás felvételek. Az első képen a mérés elején jellemző hőmérsékleti értékek ºC-ban, a második képen a mérés közben jellemző hőmérsékleti értékek, a harmadik képen pedig a mérés végén jellemző hőmérsékleti értékek láthatók.



6. ábra. **120 g-os agyagedények hőkamerás felvételei**

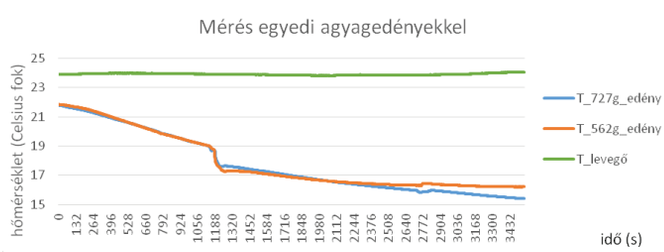
A mérés végén megállapítható volt, hogy a vízveszteség 7 g (–4,8%) volt. Az elért hőmérséklet-különbség a levegőhöz képest közel –9 ºC fok lett.

A második mérés alkalmával két egyedi készítésű henger alakú agyagedényt vizsgáltunk meg (7. ábra). Az egyik 562 g-os, a másik 727 g-os száraz állapotban. Geometriai méretre hasonlóak, eltérés elsődlegesen a falvastagságukból adódik. A kisebb tömegű átlagos falvastagsága 3,5 mm, míg a nagyobb tömegűé 4,5 mm. A vízbe történő beáztatás után a vékonyabb falú edény 40 g vizet, a vastagabb falú edény 50 g vizet vett fel.

Az edényekbe töltött víz hőmérséklete kb. 2 °C-kal volt alacsonyabb, mint a környezeti levegőé. A párologtatás nyitott edényekkel

7. ábra. **Előtérben a két egyedi készítésű agyagedény, háttérben egy borhűtő agyagedény**

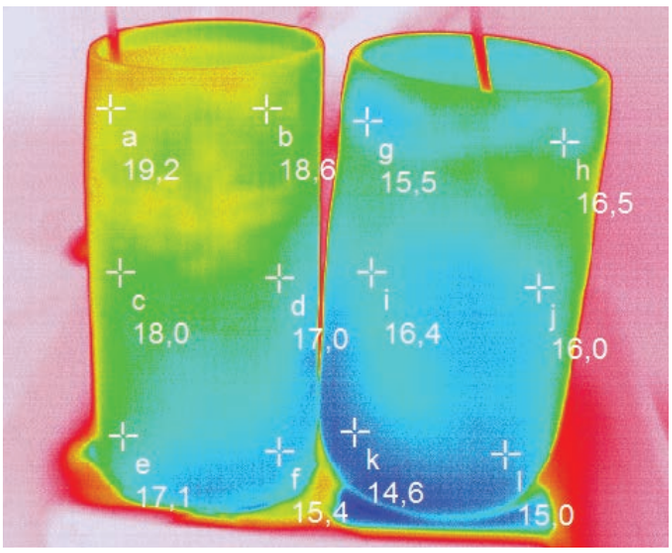
történt. Mindkét edénybe 1 liter víz lett beletöltve. A levegő hőmérséklete a mérés során közel állandó értékű, azaz 24,0 °C volt. Mindkét edény a ventilátortól ugyanakkora távolságban volt elhelyezve. 59 perc elteltével a vékonyabb falú edényben lévő víz hőmérséklete 15,4 °C-ra hűlt le, a vastagabb falú edényé 16,2 °C-ra hűlt le. Az elpárolgott víz tömege 31 g és 36 g (–3,1% és –3,6%) volt (8. ábra).



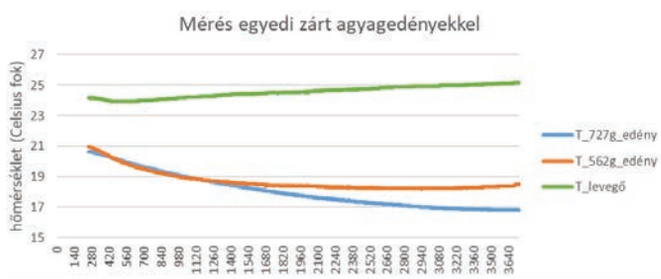
8. ábra. **Párolgás során létrejött hőmérséklet-változás egyedi nyitott agyagedényeknél**

Az edényekben létrejött hőmérséklet-eloszlás változását jól mutatják a hőkamerás felvételek (9. ábra). A hőmérséklet-görbéknél jól látszik, hogy először a vékonyabb falú edényben lévő víz hőmérséklete ért el alacsonyabb értéket, majd később a vastagabb falúé. A hőmérséklet-különbség a víz és a levegő között elérte 8,6 °C és 7,8 °C értéket, azaz átlagosan -8 °C-ot.

A harmadik mérés során az előbb használt két egyedi készítésű henger alakú agyagedényt vizsgáltuk meg. A vékonyabb falú 562 g-os, a vastagabb falú 727 g-os volt száraz állapotban. Mindkét edénybe 1-1 liter 21 ºC-os víz került. A környezeti levegő 24 ºC-os volt. A párologtatás zárt edényekkel történt. A levegő hőmérséklete a mérés során kis mértékben változott, a mérés végére 25,1 ºC lett. Mindkét edény a ventilátortól ugyanakkora távolságban volt elhelyezve. 58 perc elteltével a vékonyabb falú edényben lévő víz hőmérséklete 18,5 ºC-ra hűlt le, a vastagabb falú edényben lévő víz 16,8 ºC-ra hűlt le. Az elpárolgott víz tömege 66 g és 61 g (−4,2% és −3,5%) volt (10. ábra).

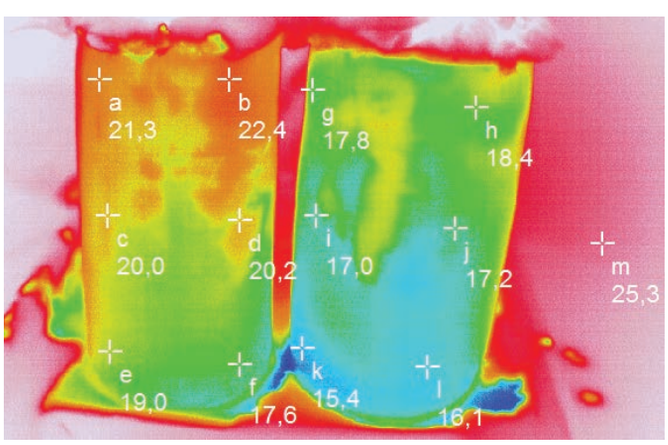


9. ábra. **Az egyedi agyagedények hőkamerás felvétele (hőmérsékleti értékek ºC-ban)**



10. ábra. **Párolgás során létrejött hőmérséklet-változás egyedi zárt agyagedényeknél**

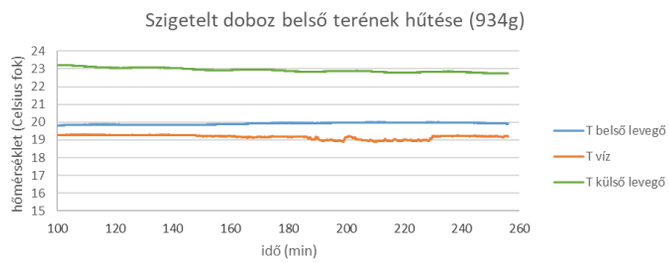
Az edényekben létrejött hőmérséklet-eloszlás változását jól mutatják a 11. ábrán látható hőképek. A hőmérséklet-görbéknél jól látszik, hogy először a vékonyabb falú edényben lévő víz hőmérséklete ért el alacsonyabb értéket, majd később a vastagabb falúé. A hőmérséklet-különbség a víz és a levegő között elérte 6,6 ºC és 8,3 ºC értéket, azaz átlagosan −7,45 ºC-ot.



11. ábra. **A zárt egyedi agyagedények hőkamerás felvétele (hőmérsékleti értékek ºC-ban)**

Szigetelt doboz belső terének hűtése

Az első mérés során egy 380 g száraz tömegű agyagtálat használtunk fel nyitott rendszerű párolgásos hűtésre 0,5 liter víz felhasználásával. A külső hőmérséklet a mérés elején 23,2 ºC volt, a szigetelt doboz belsejében a hőmérséklet 19,8 ºC volt (3,4 ºC-kal alacsonyabb érték). Az agyagtálba töltött víz kezdeti hőmérséklete 19,2 ºC volt. 2,5 óra eltelte után a külső hőmérséklet 22,7 ºC értékű, a doboz belsejében a hőmérséklet 19,9 ºC értékű, az agyagtálban lévő víz 19,2 ºC értékű lett (12. ábra).



12. ábra. **Szigetelt belső tér hűtése**

Összefoglalás, következtetések

A dolgozatban tárgyalt kutató munka azt vizsgálja, hogy a párolgásos közbeni hőmérséklet csökkenés hogyan használható fel hűtési, klimatizálási célokra. A mérések során az agyagedényekbe töltött víz hőmérséklete minden esetben csökkent, hőelvonás történt. A környezeti hőmérséklettől melegebb víz hőmérséklete csökkent betöltés után, majd egy 9 ºC-os hőmérséklet-különbség jött létre. A környezeti hőmérséklettől hidegebb víz esetén a hőmérséklete tovább csökkent betöltés után, majd egy 8 ºC-os hőmérséklet-különbség jött létre. Nyitott és zárt edények párologtatását összehasonlítva megállapítható, hogy a nyitott edény esetén nagyobb hőmérséklet-különbség jött létre. A mérések során elért hőmérséklet-különbség ideális lehet légkondicionáló rendszerekhez, hiszen az emberi szervezet számára ez az érték még megfelelő lehet, szemben az ettől nagyobb hőmérséklet-különbséggel.

A bemutatott rendszerek egyenlőre egy kisméretű légtér „klimatizálására” voltak alkalmasak. Az első részben bemutatott egyenletek alapján egy tényleges rendszer (pl. egy helyiség) hőmérsékletének kontrollálásához szükséges párolgási tömegáram meghatározható, és hozzá, a leírt geometriához hasonló, de nagyobb méretű kísérleti berendezés megépíthető.

Végezetül megállapítható, hogy a természetes (környezetbarát) munkaközeg alkalmazása, az alacsony energiafelhasználás, az energia-független rendszer és az alacsony feszültségű egyenáramú működtető rendszer mind-mind a környezetbarát hűtéstechnika egyik lehetőségét jelenti

Irodalom

[1] De Angelis, A., Saro, O., Truant M.: Evaporative cooling systems to improve internal comfort in industrial buildings, Energy Procedia 126 (201709), pp. 313–320.
[2] Gaál P., Gál P., Veres Cs.: Szabadhűtés – energiatakarékos, környezetbarát megoldás, Energiagazdálkodás, 2016., 1-2. sz., 12-13. o.
[3] Hall, C., Hoff, W.D., Nixon, M.R.: Water movement in porous building materials - VI. Evaporation and drying in brick and block materials, Building and Environment, Vol. 19, Issue 1, 1984, pp. 13-20.
[4] Komondy Z., Halász L.: Hűtőgépek, Tankönyvkiadó, Budapest, 1970.
[5] Kovács Z. (szerk.): Szabolcs-Szatmár-Bereg megye klímastratégiája, Nyíregyháza, 2018.
[6] Porumb, B., Ungureşan, P., Tutunaru, L.F., Şerban, A., Balan, M.: A Review of indirect evaporative cooling technology, Energy Procedia, Volume 85, January 2016, pp. 461-471.

A kadmium 113-as izotóp befogási hatáskeresztmetszetének vizsgálata hidegneutron-nyalábban[1]

Tóth Zsófia
energetikai mérnök, toth.zsofia@eszk.org

A magreakciók végbemenetelének valószínűségét jellemző fizikai mennyiség az energiafüggő hatáskeresztmetszet. A termikus, valamint az annál kisebb energiákon ez a mennyiség a legtöbb izotóp esetében fordítottan arányos a neutronsebességgel. Innen ered az 1/v-s hatáskeresztmetszetű atommag elnevezés. Bizonyos nehéz atommagoknál viszont ezzel szemben kisebb-nagyobb eltérések figyelhetők meg az 1/v-s hatáskeresztmetszettől, ennek oka, hogy az atommag bizonyos energiákon rezonánsan fogja be a neutront. Amikor a rezonancia a termikus 25,3 meV közelébe esik, akkor drasztikusan módosítja a hatáskeresztmetszet energiafüggését a vizsgált energiatartományban. Ennek figyelmen kívül hagyása nagy hibát eredményezhet számításaink során, így a hatáskeresztmetszet-adatok pontosítása kiemelten fontos feladat. Az irodalomban megtalálható [1] kadmiumra vonatkozó parciális hatáskeresztmetszetet folyadékban határozták meg, amely nem megbízható, mivel a neutron vízben bekövetkező termalizációja módosítja a neutronspektrumot, ezáltal befolyásolja a mérési eredményeket is. Az Cd-113 termikus befogási hatáskeresztmetszete (~21600 barn) kiemelt fontosságú az atomreaktorokat érintő reaktorfizikai számítások során. A Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpontjában az izotópokra a reakciógyakoriság mérése alapján számított hatáskeresztmetszet-adatok 1/v-s feltételezéssel történt, így ezek korrigálásra szorulnak, hogy pontosabb értékeket kapjunk. A választott kutatási téma kidolgozásának fő célja, hogy pontosítani tudjam a fent említett izotóp kis energiás hatáskeresztmetszet-adatait, amelyet a Budapesti Kutatóreaktor Neutron Analitikai és Radiográfiai Laboratóriumában méréssel is meghatározok, majd a mérési eredményeket Monte Carlo számítással is tesztelem.

*

The energy dependent cross section gives the probability of the occurrence of nuclear reactions. In the thermal and cold neutron energy region it is inversely proportional to the velocity of the neutron for most nuclei. These nuclei are called 1/v nuclei for this reason. For some heavy nuclei differences can occur from this 1/v shape because of low energy resonances that modify the cross section function drastically. Neglecting this fact can cause great errors in the calculations so the corresponding neutron cross section data need to be handled with great care. In the literature [1] the partial cross section concerning Cd-113 was specified in measurements in water which is a problem because the hydrogen molecules of water thermalize the neutrons and this effect influences the results of the measurement. The thermal radiation cross section of cadmium-113 is especially important concerning reactor-physical calculations of nuclear power plants. At the Hungarian Academy of Sciences Centre of Energy Research, the cross section data of cadmium-113 was calculated with the assumption of 1/v shape so they need to be revised to get more precise data. The main goal of my research work is to revise the radiation cross section data of cadmium-113 in the cold and thermal neutron energy range. I am going to perform neutron cross section measurements at the Budapest Research Reactor and run simulations using the MCNP program to check the consistency of the existing data.

* * *

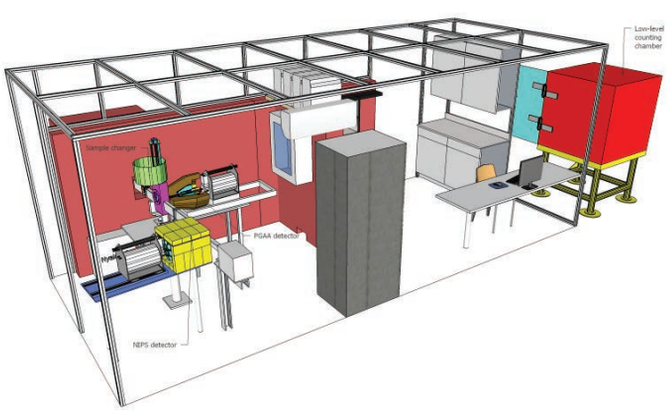
A magreakciók egyik legfontosabb jellemzője az energiafüggő hatáskeresztmetszet. Ez az adat egy reakció bekövetkezésének valószínűségét jellemzi. Általánosan az energiafüggő hatáskersztmetszetet egy adott rakcióra és atommagra adjuk meg, mint például urán-235 esetében a hasadási hatáskeresztmetszetet vagy xenon-135 esetében az abszorpciós hatáskeresztmetszetet.

Az általam vizsgált kadmium-113-as izotóp a szabályozórudak legfontosabb összetevője nagy befogási hatáskeresztmetszete miatt, aminek minél pontosabb meghatározása kiemelten fontos feladat. A munkám fő célja és motivációja ezen hatáskeresztmetszetadatok vizsgálata és pontosítása volt. Ennek a gyakorlati felhasználásban a harmadik plusz és negyedik generációs reaktorok tervezésénél van kiemelkedő szerepe.

A kutatásom öt nagyobb mérföldkő szerint épül fel, amiket a cikkben be is mutatok. Az első lépés a komparátoros mérések tervezése volt, ezek után elvégeztem a megtervezett méréseket, majd kiértékeltem azokat. A tervezett méréseket Monte-Carlo módszerrel MCNP programban szimuláltam, majd a szimuláció eredményeit összehasonlítottam a mérési eredményekkel.

A mérések tudományos háttere

Az elvégzett mérések a komparátor módszerre épültek, amelynek az alapja a prompt-gamma aktivációs analízis [2]. A módszer a sugárzásos neutronbefogáson alapul, a mintát besugározzák neutronokkal, amelyben lévő atommagok a neutronok egy részét elnyelik és erősen gerjesztett állapotba kerülnek. A legerjesztődés során keletkező prompt-gamma sugárzást a neutronnyalábra merőlegesen elhelyezett HPGe (nagy tisztaságú germánium) detektorral mérik. A mérőberendezés háromdimenziós képét a következő ábra mutatja.



1. ábra. **A PGAA berendezés ábrája (3)**

[1] A cikk a KLENEN ‘18 konferencián elhangzott előadás alapján készült.

A módszer nevében a komparátor elnevezés arra utal, hogy egy ismert és egy ismeretlen hatáskeresztmetszetű izotóp alkotja a mintát, és előbbi segítségével az ismeretlen mennyiség kifejezhető. Ha az ismeretlen hatáskeresztmetszetű mag 1/v-s, akkor ez egy egyenes arányossággal kiszámítható, viszont, ha nem 1/v-s, akkor a reakciógyakoriságok arányaiból, integrális méréssel tudunk következtetni a hatáskeresztmetszet adatokra, mivel az 1/v-s feltételezés ez esetben nagy pontatlanságot ad.

Az elvégzett mérések bemutatása

A kadmium kétféle formában állt rendelkezésre a laboratóriumban a mérésekhez: kadmium-oxid por és kadmium fólia formájában. A komparátor mag eldöntésekor több szempontot is figyelembe kellett venni, mint például, hogy a mag ne módosítsa a neutron spektrumot, illetve, hogy jól elegyedjen a porral vagy fólia formájában elérhető legyen. Kétféle mérést végeztem el azért, hogy a több mérésből több adatot kapjak, így pontosabb legyen a kutatás. Az első esetben kadmium-oxid port kevertem össze nátrium-kloriddal, ahol a klór-35-ös izotóp volt a komparátor. A második esetben a kadmium-113-at fólia formájában használtam, és az arany-197 volt mellette az ismert hatáskeresztmetszetű izotóp. A mérések tervezésekor fontos volt a tömegarányok meghatározása, amit az döntött el, hogy a reakciógyakorisága a kadmium-113-as izotópnak és a komparátor izotópnak egy nagyságrendbe essen. Amennyiben a neutronfluxust és a detektorhatásfokot állandónak tekintjük, ez azt jelenti, hogy a magsűrűsége az izotópoknak fordítottam arányos legyen a befogási hatáskeresztmetszettel.

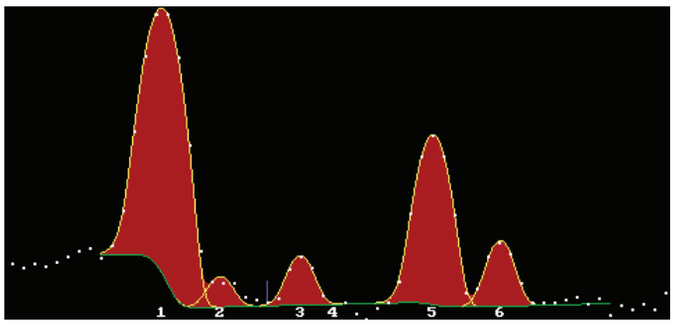
Ezek alapján nátrium-kloriddal három 1 g-os mintát terveztem készítettem, 30, 60 és 90 mg kadmium-oxiddal, míg a fóliák esetében 1 cm^2-es fóliákat helyeztem egymás mögé, amiből 10 mikrométer vastag volt a kadmium, és 25 mikrométer vastag az aranyfólia.

A porokból előállított minták esetében először a pontos tömegmérés volt a feladat, ami a kis tömegek miatt nagyon nehéznek bizonyult. Ezek után homogén keveréket igyekeztem kialakítani belőlük, majd pasztillákat nyomtam a keverékekből, amelyeket külön-külön teflon fóliákban helyeztem, majd 2 órán keresztül mértem mindegyiket. A fóliák előkészítésénél először a pontos méretre vágás majd egymásra helyezés volt a feladat, majd ezeket is teflon fóliába helyeztem. A mérést az arany csúcsok rövid felépülése miatt 18 órán keresztül végeztem el, az adatokat 2 óránként rögzítette a program.

A mért adatok kiértékelése

A mérési adatokat a Hypermet PC programmal értékeltem ki, amelylyel csúcsillesztéseket végeztem Az eredeti Hypermet kódot Fortran nyelven fejlesztették ki a Haditengerészeti Kutatólaboratóriumban, Washingtonban. Céljuk a hatékony többcsatornás spektrumanalízis megteremtése volt nagysebességű számítógépekkel. A program legnagyobb előnye, hogy minimális felhasználói beavatkozást igényel, ezzel is időt spórolva és csökkentve az emberi hibák nagyságát és számát [4].

Mindkét típusú mérés esetében a kadmium-113 558 keV-os csúcsát illesztettem, míg a klór-35 esetében az 1951 keV-os, az arany-197 esetében pedig a 247 keV-os csúcsokat használtam fel. Mindegyik mérés kiértékelése előtt energiakalibrációt hajtottam végre, illetve beolvastam a mérések előtti háttérmérés spektrumát és a detektorhatásfok függvényét. Az ábrán látszik egy példa a csúcsillesztésre, itt az 1-essel jelölt csúcs a kadmium-113 558 keV-os csúcsa.



2. ábra. **A kadmium-oxid és nátrium-klorid keverékével végzett mérés spektrumának kiértékelése - 1-essel jelölve a ^{114}Cd 558 keV-os csúcsát**

A kiértékelés következő lépéseként a kadmium és a komparátor magok rekaciógyakoriságának arányát számítottam ki, a nátrium-kloridos mérés esetében normálva a kadmium és a klór tömegekkel, hogy a három különböző minta arányai összehasonlíthatóak legyenek. Ezeknél a mintáknál a 33 mikrogrammot tartalmazó mérés esetében nagyobb eltérést kaptunk a másik kettőhöz képest, aminek az oka lehet a pontatlan tömegmérés, illetve a mintakészítés más pontatlanságai mint például a por letapadása vagy a minta inhomogenitása. Az eltérés miatt csak a kettő közel azonos eredményt adó minta kiértékelését vettem figyelembe. A fóliákkal történő mérés esetében történt egy nyalábleállás a mérés első felében, így csak az utána levő öt adatsort vettem figyelembe a kilencből, mivel az előtte levők nagyobb eltéréseket mutattak. Szerencsére az öt adatsor is elegendőnek bizonyult a megfelelő kiértékeléshez.

Számítások elvégzése MCNP program segítségével

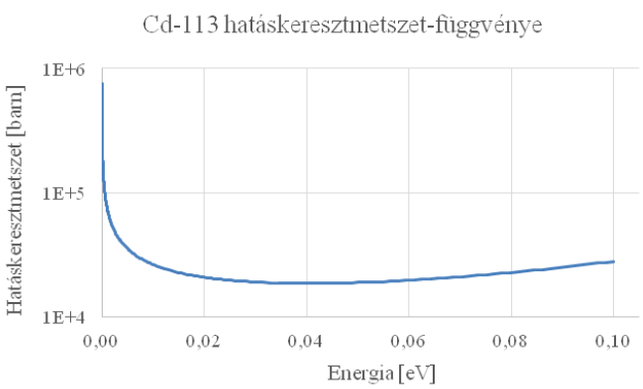
Az MCNP (Monte Carlo N-Particle) kód egy általános neutron, foton és elektron transzport kód, mely abba a kategóriába esik, amely nyomon követi a részecskék pályáját [5]. A program felhasználójának egy bemeneti fájlt kell megadnia a vizsgált problémára, ami tartalmazza a geometriát, az anyagi jellemzőket, a különböző források elhelyezkedését, a tallyk (mintavétel) típusát, illetve minden egyszerűsítő tényezőt, amivel a program futásának hatékonyságát növelni tudjuk. (A tally kifejezést használom a dolgozat során végig annak megfelelő magyar fordításának hiánya miatt.)

Ahhoz, hogy a prompt-gamma aktivációs analízisnél lezajló folyamatokat szimulálni tudjam az MCNP program segítségével egy bemeneti fájlt kellett létrehoznom, ami pontosan definiálja a problémát, meghatározza a vizsgált minta geometriáját, anyagjellemzőit és a neutronforrást. Nagyon fontos a megfelelő anyagi jellemzők definiálása. Ehhez az általunk manuálisan megadott adatokon kívül (tömegszám, rendszám, sűrűség, a vegyületekben az egyes anyagok részaránya) a beépített hatáskeresztmetszet könyvtárakat felhasználva lehet megadni adatokat, amelyeket a program egy speciális szövegfájlból hív be.

Két bemeneti fájlt készítettem a futtatásokhoz, az egyiket a 60 mg CdO-ot tartalmazó pasztillára, a másikat pedig a fóliákat tartalmazó mintára. Előbbinél bemeneti fájlban elsőként definiáltam a szükséges anyagjellemzőket, majd létrehoztam a geometriának megfelelő felületeket az MCNP5 felületi kártyáival. A minta és a nyaláb 30°-os szöget zár be egymással. A nyalábot az x tengelyen helyeztem el, a mintát pedig ehhez képest forgattam el a megfelelő szögben, a középpontját az x tengelyre tettem. Utóbbinál a bemeneti fájlban elsőként definiáltam a szükséges anyagjellemzőket,

majd létrehoztam a geometriának megfelelő felületeket az MCNP5 felületi kártyáival. A minta és a nyaláb 30°-os szöget zár be egymással. A nyalábot az x tengelyen helyeztem el, a mintát pedig ehhez képest forgattam el a megfelelő szögben, a középpontját az x tengelyre tettem.

Azért, hogy a mérési adataimat megfelelően össze tudjam hasonlítani a futtatások során kapott hozamarányokkal, a 2016-ban elkészült TDK dolgozatomban felhasznált adatokat szerettem volna az MCNP futtatásokhoz is használni. Ahhoz, hogy ezt meg tudjam tenni, módosítani kellett a program által behívott hatáskeresztmetszet könyvtárat. A módosításhoz Peter Schillebeeckx kutatócsoportja által kiszámított adatokat [6], illetve a Breit-Wigner formulát használtam fel, a módosítás a kadmium 113-as izotópjának befogási hatáskeresztmetszet adatait érintette. A felülírást 0,1 eV-ig végeztem el, a módosított függvény az alábbi diagramon látható.



3. ábra. **A Cd-113 módosított hatáskeresztmetszet-függvénye**

A bemeneti fájlok megírása és a futtatások utána kimenetként megkaptam a reakciógyakoriságok értékeit az egyes magokra. Mindkét minta esetében kiszámítottam a Cd-113 és a komparátor mag reakciógyakoriságának hányadosát (ahogyan azt a mérések kiértékelésénél is tettem), illetve a pasztilla esetében itt is normáltam az értéket az izotópok mennyiségével, hogy az összetételtő függetlenül tudjam összehasonlítani a hányadosokat.

A kétféle módszer eredményeinek összehasonlítása, összefoglalás

A pasztillákkal történő mérés kiértékelése során az első kiugró értékét nem vettem figyelembe, így a második és harmadik mérés intenzitásarányainak átlaga 0,0474 lett. Ugyanez az MCNP futtatás által 0,0457-nek adódott a legkisebb hibájú pontban (utolsó pont). A két eredmény egymáshoz képest 4%-os eltérésen belül van, ami nagyon jónak értékelhető. A különbség okai a tömegmérés pontatlansága és a detektor hibája lehetnek. A kis eltérés miatt kijelenthető, hogy a mérés igazolja az MCNP futtatáshoz behívott adatokat, azaz a Peter Schillebecks és mérőcsoportja által mért gammaszélesség és energiaértékekből a Breit-Wigner formula segítségével kiszámítható hatáskeresztmetszet-értékeket [7]. Így az integrális mérés eredményeképp megkaptuk, hogy a kadmium-113-as izotóp befogási hatáskeresztmetszete a termikus pontban (0,0253 eV) 19742,5 barn, illetve kis energiákon a fenti függvény írja le a hatáskeresztmetszet változását.

A fóliákkal történő mérés kiértékelése során kapott hozamarányok átlaga 6,4625-öt ad ki, míg az MCNP szimuláció esetén a legkisebb hibával rendelkező pontban (utolsó) a hozamarány 5,9183, ami 9,1%-os eltérésre van a másik módszerrel kapott eredménytől. Az eltérés okai közé lehet sorolni a fóliák előkészítésének, méretre vágásának pontatlansága is közre játszhat a különbségben. Ezek mellett a legnagyobb bizonytalanságot a fóliák megadott vastagságának pontatlansága okozhatja. A kadmium 10 μm-es vastagságát tekintve 1 μm eltérés is okozhatja már a kapott 9,1%-os különbséget, míg az aranyfólia esetében körülbelül 2 μm pontatlanság okozhat ugyanekkora differenciát. Ezeket figyelembe véve a kapott 9,1%-os eltérés kicsinek mondható. Látván, hogy a fentebbi mérés nagyon pontosan visszaadta Schillebeeckx értékeit, illetve, hogy ezen mérés során az eltérés indokolható a vastagság pontatlanságával, ezért az integrális mérésünk összhangban van Schillebeeckx csoportjának a mérésével.

EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTÉRIUMA

Ezen munka az emberi erőforrások minisztériuma ÚNKP-07-1-I. kódszámú új nemzeti kiválóság programjának támogatásával készült.

Irodalmi hivatkozások

[1] Zs. Révay , G. L. Molnár, Standardisation of the prompt gamma activation analysis method (Radiochim. Acta 91, 361–369 (2003))
[2] Internetes forrás: http://www.iki.kfki.hu/nuclear/research/chopper_hu.shtml (2018.05.01.)
[3] Internetes forrás: http://www.iki.kfki.hu/nuclear/instruments/pgaa_hu.shtml (2018.05.01.)
[4] G.W. Phillips, Guide to program HYPERMET, Version A.1, Radiation Technology Division, Naval Research Laboratory, Washington D. C., 1977Holbert K.E; Heyd G.T. Prospects for dynamic transmission circuit ratings, USA
[5] Haykin S. 16. Benov, Dobriyan M., The Manhattan Project, the first electronic computer and the Monte Carlo method, Monte Carlo Methods and Applications, 2016/1: p. 73–79
[6] Dr. Aradi P; 18. K. Volev et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 300 (2013) 11–29
[7] Altrichte 20. P. Schillebeeckx et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics and in Research B 300, p. 11-29 (2013)

Ismét indul az energetikai szakirányú továbbképzés!

További információ és jelentkezés a www.energia.bme.hu címen

Biomassza szerepe az energiaszegénység mérséklésében kistelepüléseken

Mentes Dóra
BSc anyagmérnök, mentes.dora@t-online.hu

Dr. Szemmelveisz Tamásné
okl. kohómérnök, tuzszemt@uni-miskolc.hu

Munkánk célja az energiaszegénység helyzetének elemzése. Az energiaszegénység az egész világra jellemző és megoldásra váró feladat. Kutatásunk során egy kistelepülés példáján keresztül azt vizsgáljuk, hogy hazánkban az ország adottságait figyelembe véve a helyben megtermelt biomassza milyen szerepet játszhat az energiaszegénység mérséklésében.

*

Aims of our studies to analyze the status of energypoverty. The energypoverty can be found everywhere all over the world, and with this investigation we want to seek solution for this problem. In our research considering the characteristics of our country we investigated the locally produced biomass what role it can be play in mitigation of energypoverty through example of a small settlement.

* * *

A biomassza megújuló energiaforrás, melynek használata hosszú időre nyúlik vissza. A földgáz-alapú fűtés megjelenése után, a biomassza használata jelentősen visszaszorult a magyarországi háztartásokban. A 70-es évek közepétől kezdve a földgáz lakossági célú felhasználása egyre népszerűbbé vált, annak köszönhetően, hogy a földgáz üzemeltetésű kazánok alkalmazása kényelmesebbnek és olcsóbbnak bizonyult. A 90-es évektől kezdve, azonban fokozatosan növekedett a földgáz ára, és ezzel egy időben egyre több családfenntartó vált munkanélkülivé, ami azt eredményezte, hogy nem tudták kifizetni energiaszámláikat. Ezt a jelenséget energiaszegénységnek hívjuk.

Az energiaszegénység mérséklése, mind Európában, mind Magyarországon egy megoldásra váró feladat. Ez a fogalom nem nagyon ismert, mégis mindenhol jelen van. Maga a jelenség az energiahordozó lelőhelyekben gazdag országokat is folyamatosan fenyegeti, ezért egyre több tudományos fórumon foglalkoznak a probléma megoldási lehetőségeivel. Mivel a Földön az eddig ismert energiahordozók lelőhelyei kifogyóban vannak, ezért alternatív megoldásokat kell keresni, amelyek az energiaéhség csökkentésére is lehetőséget kínálhatnak.

Az energiaszegénységet befolyásolja a lakóhely energiával való ellátottsága, a környéken lévő energiaforrások elérhetősége és minősége, valamint az ország energiapolitikai helyzete. A definíciók egy része még figyelembe veszi a háztartás személyi összetételét, a lakóépületek műszaki állapotát, valamint a település lélekszámát is.

Az energiaszegénység miatt a jellemzően alacsony jövedelmű, elsősorban kistelepüléseken élők egyre nagyobb számban térnek vissza a szilárd tüzelésű berendezések használatához. Az ilyen berendezésben hasznosítható egyik tüzelőanyag a biomassza, amely származhat az erdő- és mezőgazdasági melléktermékekből, faipari hulladékokból és a törvények betartásával végzett erdőművelési tevékenységekből. A felsorolt alapanyagokból többféle módon, többféle technológiával állíthatunk elő tüzelőanyagot, mellyel hosszabb távon a földgáz is kiváltható.

Hosszútávon fenntartható energia- és környezetgazdálkodást energianövények, elsősorban energia erdők telepítésével, művelésével, majd adott korban történő kitermelésével lehet biztosítani. Magyarországon az energiaültetvények létrehozására jó lehetőséget biztosítanak a mezőgazdasági művelésre alkalmatlan, úgynevezett kedvezőtlen adottságú területek, amelyekhez nagyobb folyóink árterületei is kapcsolhatók a fenti célok megvalósításához.

Energiaszegénység helyzetének elemzése

A leggyakrabban használt értelmezés szerint egy háztartás akkor tekinthető energiaszegénynek, ha az nem képes megfelelő szintre fűteni lakását (általában 21 °C nappaliban és 18 °C a többi helyiségben), illetve bevételeinek egy meghatározott százalékánál többet költ energiaszámláira [1].

Az angol tanulmányokban Brenda Boardam meghatározását tekintik az energiaszegénység alap definíciójának, amely szerint akkor beszélhetünk energiaszegénységről, ha a jövedelem 10 százalékánál többet kell az otthon melegen tartására fordítani. Az Európai Újjáépítési és Fejlesztési Bank (European Bank for Reconstruction and Development – EBRD) szakemberei a 10 százalék helyett 25 százalékot állapítottak meg. Boardman 2010-ben javított az energiaszegénységről szóló meghatározásán. Nem köti a jövedelem százalékához, mert ha rögzítik az értéket, akkor a gyakori áremelkedések és csökkenések gyakran változtatnák meg az energiaszegénységben élők számát. Vagyis hamis statisztikai értékeket eredményezne a számbavétele [2].

Az Energiaklub javaslata alapján az energiaszegénység hazai definíciója a következő. Azokat a háztartásokat tekintjük energiaszegénynek, amelyekben a következő három tényező egyszerre áll fenn:

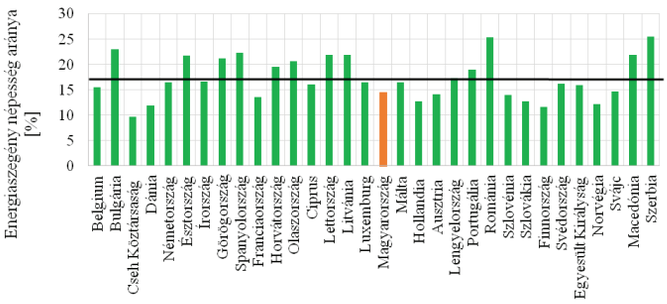
- a háztartás éves összjövedelme elmarad a magyar háztartások jövedelmi mediánjának 60%-tól,
- a lakás 20 °C-ra történő fűtéséhez és a meleg víz előállításához elméletileg szükséges energia éves költsége, valamint a háztartás összjövedelmének aránya meghaladja az összes háztartás tényleges, bevallott adataiból képezett középérték kétszeresét, azaz 34%-át,
- az épület energetikai besorolása F-nél rosszabb [1].

Tehát a legtöbb tanulmány egyetért abban, hogy három – különböző kombinációkban előforduló – fő oka van az energiaszegénységnek [3]:

1. alacsony jövedelmek,
2. kicsi energiahatékonyságú és rossz lakáskörülmények,
3. magas energiaköltségek.

Az 1. ábrán az európai országok energiaszegény népességének arányát tüntettük fel.

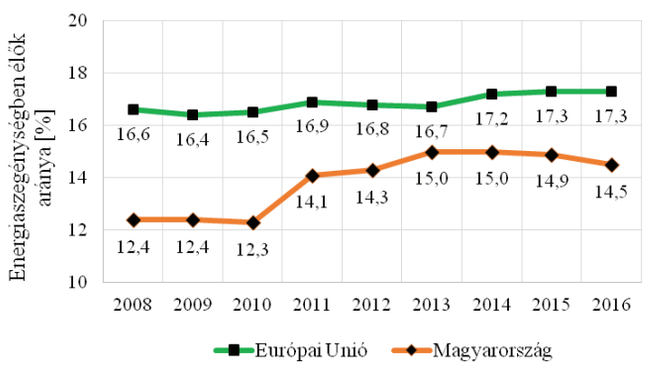
Látható, hogy Európa lakosságának (ugyanúgy, mint Lengyelország lakosságának) 17,3%-át veszélyezteti az energiaszegénység, ugyanis jövedelmük nem éri el a nemzeti medián jövedelem 60%-át. Ez a szám körülbelül 100 millió főre tehető. Az energiaszegények aránya Szerbiában, Romániában és Bulgáriában a leg-



1. ábra. **Energiaszegény népesség aránya az európai országokban 2016-os adatok alapján [4]**
Saját szerkesztés a forrás alapján (Eurostat, 2018)

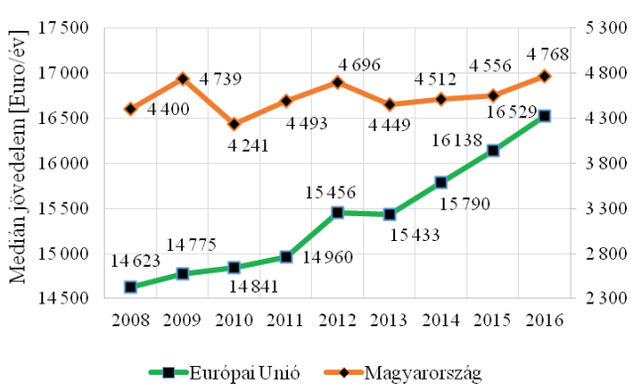
nagyobb. Ezekben az országokban a medián jövedelem nagyon alacsony, 3200 Euro/év alatt van. Magyarország lakosságának 14,5%-a mondható energiaszegénynek. Ez az arány az átlag alá esik, de így se elhanyagolható a probléma.

A 2. ábrán az Európai Unióban és Magyarországon energiaszegénységben élők százalékos eloszlását mutatjuk be.



2. ábra. **Energiaszegénységben élők százalékos eloszlása az Európai Unióban és Magyarországon 2008-2016 között [4]**
Saját szerkesztés a forrás alapján (Eurostat, 2018)

Az Európai Unióban 2008 óta egyre növekvő jelenségnek számít az energiaszegénység (2. ábra). Rosszul szigetelt lakások, a fogyasztók által fizetett fokozatosan emelkedő energiaárak és az aktuális gazdasági helyzet okozta jövedelemstagnálás okolható az energiaszegénységért [5].

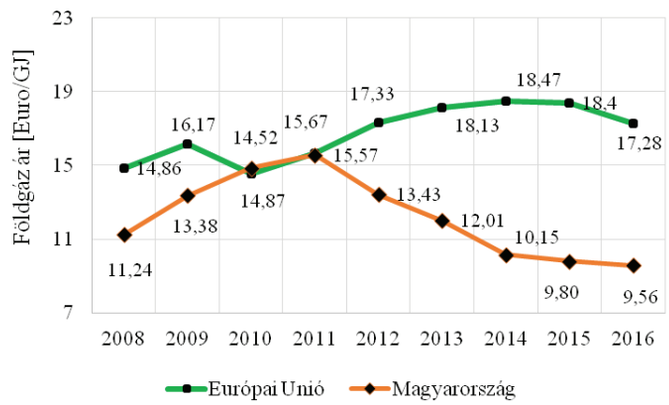


3. ábra. **Medián jövedelem alakulása 2008-2016 között Európai Unióban és Magyarországon [4]**
Saját szerkesztés a forrás alapján (Eurostat, 2018)

Magyarországon a 2013-tól kezdve nem nőtt az energiaszegénységben élők aránya, számuk kis mértékű csökkenést mutatott.

Az Európai Unióban a medián jövedelem 2008-tól folyamatosan növekedett, 2016-ban 16 529 euró/év volt, ami háromszorosa a magyar medián jövedelemnek (3. ábra).

Magyarországon a medián jövedelem értéke 2008-tól kezdődően folyamatosan ugrált, azonban 2013-tól növekedő tendenciára állt be. A legnagyobb medián jövedelemmel 2016-ban rendelkezett, számszerűen 4768 euró/év volt.



4. ábra. **Földgáz ár alakulása közepes háztartások esetén Euro/GJ-ban [4]**
Saját szerkesztés a forrás alapján (Eurostat, 2018)

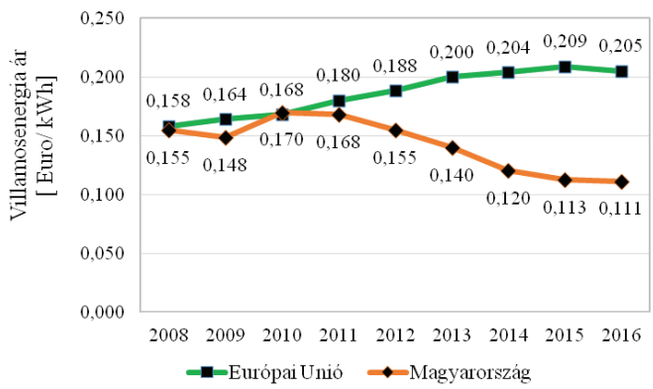
Az EU-ban az energia ára különböző keresleti és kínálati feltételektől függ, többek között a geopolitikai helyzettől, a nemzeti energiaszerkezettől, az import diverzifikációjától, hálózati költségektől, környezetvédelmi költségektől, szélsőséges időjárási körülményektől, illetve a jövedéki adó és adózás szintjétől. Az árak a lakossági fogyasztók esetében magukba foglalják az adókat (például: hozzáadott érték adó – HÉA) és az egyéb használati díjakat [6].

Habár 2009-tól kezdve a földgáz piaci átlag ár folyamatosan csökkent, 2010-től az Európai Unióban a földgáz ára folyamatosan növekedett (4. ábra). Ez a jelenség a különböző uniós országokban eltérő mértékben változó hálózati díjjal, adókkal és az egyéb díjakkal lehet magyarázni. 2008 és 2015 között a rendszerhasználati ár növekedése évi 2,5%-os volt, és jelentősen hozzájárult a háztartásokat érintő összesített áremelkedéshez. Az adók és egyéb díjak évi 4,2%-kal nőttek, 15,6 EUR/MWh-ra. Ez utóbbi tényezők növekedése jelentős részben az általános adókra vezethető vissza [7, 8].

A lakossági földgázárak átlag 10%-kal emelkedtek 2011-2016 között az EU-ban. Az EU-s tagállamok közül leginkább Portugáliában (33,1%-kal), Nagy-Britanniában (23,1%-kal) és Spanyolországban (20,8%-kal), emelkedtek az árak, míg Magyarországon (–38,5%), Dániában (–30,4%) és Észtországban (–17,3%) csökkentek a lakossági fogyasztói árak. Az Európai Bizottság 2017. február 1-jén közzétett, az Energiaunió helyzetéről szóló éves jelentése kiemelte, hogy az EU-ban többnyire ott csökkent az energiahordozók ára, ahol hatósági árszabályozás van (Málta, Magyarország, Szlovákia, Ciprus) [9].

Magyarországon 2016-ra a lakossági energiaárak 2011-hez képest jelentősen csökkentek. A csökkenés megjelent azoknak a szolgáltatásoknak az árában, amelyek hatósági árszabályozás alatt állnak (háztartási gáz és áram), de ott is, ahol csak a piaci mozgások befolyásolták az árat (benzin). A 4. és 5. ábra a földgáz- és a villamosenergia-ármozgásokat mutatja be. 2008-tól 2016-ra a ház-

tartási gáz ára 14,95%-kal, míg a lakossági áram ára 28,39%-kal csökkent [10].



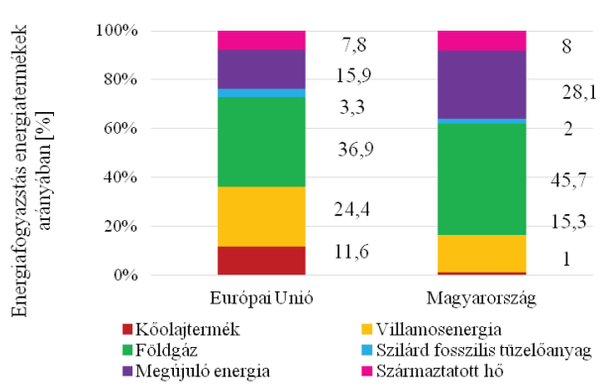
5. ábra. **Villamos energia-ár alakulása közepes háztartások esetén Euro//kWh-ban [4]**
Saját szerkesztés a forrás alapján (Eurostat, 2018)

A villamosenergia-ára három tényezőből tevődik össze: energiahordozó ára, adók és rendszerhasználati díjak.

Az Európai Unióban a villamos energia esetén az energiahordozó ára 2008- tól 2015-ig 15%-kal csökkent. A rendszerhasználati díj mértéke évente átlagosan 3,3%-kal nőtt. Az adók és egyéb díjak ára szintén jelentősen nőtt, az átlagárban képviselt részesedése pedig 28%-ról 38%-ra nőtt [8].

A villamos energia lakossági fogyasztói ára 19%-kal emelkedett 2010 és 2016 között EU-ban. Az EU-s tagállamok közül különösen Lettországban (35,5%), Portugáliában (32,5%), Görögországban (31,1%) és az Egyesült Királyságban emelkedtek az árak (28,9%), míg Magyarországon (–34,5%), Máltán (–23,6%) és Cipruson (–17,8%) csökkentek a lakossági fogyasztói árak [9].

A 6. ábrán az Európai Unióban és Magyarországon lévő háztartások energiafogyasztását tüntettük fel az energiatermékek arányában.



6. ábra. **Háztartások energiafogyasztása energiatermékek arányában, az Európai Unióban, illetve Magyarországon (2016) [4]**
Saját szerkesztés a forrás alapján (Eurostat, 2018)

A háztartások energiafelhasználása tekintetében az Unióban földgázból fogyott a legtöbb 2016-ban (36,9%). Ezt követi a villamos energia (24,4%), a megújuló energia (15,9%), a kőolajtermékek (pl. fűtőolaj, benzin, gázolaj – 11,6%), a származtatott hő (pl. távfűtés – 7,8%) és a szilárd fosszilis tüzelőanyagok (elsősorban szén – 3,3%). Az egyes tagállamok háztartásainak fogyasztási mixe természetesen a fentitől akár jelentősen is eltérhet, Olaszországban, Hollandiában és az Egyesült Királyságban például 53% fölötti a földgáz aránya, Dániában, Észtországban és Svédországban pedig a származtatott hő aránya emelkedik mintegy 33% fölé [11].

2003 óta a teljes földgázfogyasztás körülbelül 40%-kal csökkent Magyarországon, azonban még így is a legfontosabb energiaforrás a lakossági szektorban. A háztartások energiafogyasztásának 45,7%-át ma is földgázból fedezik, mely döntően Oroszországból érkezik [12].

A háztartások által használt energiahordozók közül a második helyen a megújuló energia (28,1 %), a harmadikon a villamos energia áll (15,3 %). Sajnos a megújulók legnagyobb része nálunk még mindig a tűzifa, aminek a megújulásáért azért nekünk is tenni kell egyet s mást. Az energiaültetvények létesítésével megőrizhető válik a magyarországi erdőállomány [12].

Magyarország szempontjából a gázra felépített ellátás komoly kiszolgáltatottságot, energiafüggőséget jelent. Ennek csökkentésére elsősorban a hazai megújuló részarány növelésével lenne lehetőségünk, hiszen az adottságaink kihasználásától még messze vagyunk [12].

Kistelepülések Magyarországon

A vidék, de különösen a kistelepülések napjainkban igen nehéz helyzetbe kerültek. A nehézségek egy részét szociokulturális (elnéptelenedés, elöregedés, munkanélküliség stb.), másik részét a gazdasági erőforrások hiánya (ipari, mezőgazdasági vállalkozások és szolgáltatások) jelenti és okozza [13].

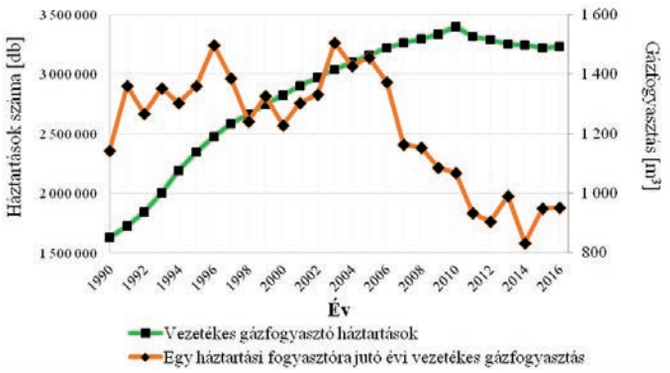
2017-ben összesen 3155 település volt Magyarországon, melynek 76,57%-a 2000 fő alatti és 56,64%-a 1000 fős lélekszám alatti település (1. táblázat). A megyéket tekintve a 2000 fő alatti települések száma Borsod-Abaúj-Zemplén megyében a legnagyobb, számszerűen 301 [13].

1. táblázat. A kétezer fő alatti kistelepülések száma és megoszlása megyénként [14] *Saját szerkesztés a forrás alapján (KSH, 2018)*

Megye	-199 fő	200-499 fő	500-999 fő	1000-1999 fő	összesen
Bács-Kiskun	2	8	20	36	**66**
Baranya	98	113	50	20	**281**
Békés	2	8	9	19	**38**
Borsod	58	96	75	72	**301**
Csongrád	–	8	6	15	**29**
Fejér	1	2	23	31	**57**
Győr-Moson	18	40	42	44	**144**
Hajdú-Bihar	2	3	15	20	**40**
Heves	2	14	28	41	**85**
Jász-Nagykun	1	4	11	23	**39**
Komárom	–	7	15	23	**45**
Nógrád	12	27	42	36	**117**
Pest	1	5	14	41	**61**
Somogy	39	85	57	41	**222**
Szabolcs-Szatmár	8	26	60	69	**163**
Tolna	7	25	31	23	**86**
Vas	47	89	48	17	**201**
Veszprém	36	76	51	32	**195**
Zala	86	77	57	26	**246**

Magyarországon 2017-ben 2879 településen volt vezetékes gáz, mely az összes település 91,2%-át jelentette.

Szemléletesen mutatja a 7. ábra, hogy a rendszerváltás óta hogyan változott a vezetékes gázzal való ellátottság az országban.

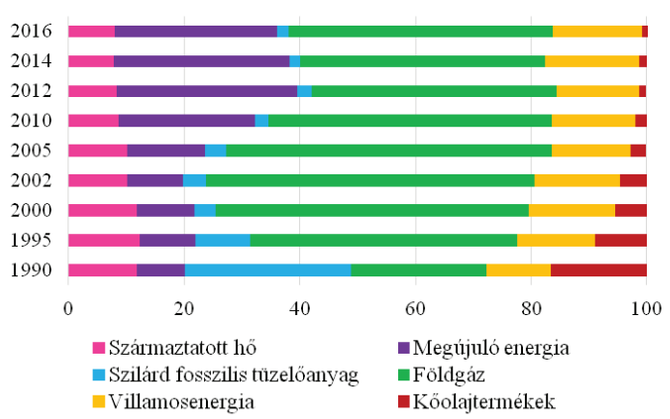


7. ábra. **A vezetékes gázfogyasztó háztartások száma és gázfogyasztásuk [15]**
Saját szerkesztés a forrás alapján (KSH, 2018)

1990-2010 között a vezetékes gázfogyasztó háztartások száma fokozatosan nőtt. 2010-től a vezetékes gázfogyasztó háztartások száma kismértékű csökkenést mutat, ugyanis ezek háztartások a magas energiaárak miatt kénytelenek voltak átállni más alternatív fűtőanyagok használatára [13].

A vezetékes gázt fogyasztó háztartások számának bővülésével nem nőtt jelentős mértékben az egy fogyasztóra jutó évi vezetékes gázfogyasztás volumene. A fogyasztás 2003-ban érte el a maximumát, amikor az egy háztartási fogyasztóra jutó évi vezetékes gázfogyasztás 1505 m^3 volt. 2003-tól ez az érték fokozatosan csökkent, 2016-ban 952,8 m^3 volt [13].

A 8. ábrán látható, hogy 1990. évi adatokhoz képest 2002-ben körülbelül 2,5-szeresére nőtt a földgázfogyasztás. 1990-ben meghatározó energiahordozó a szilárd fosszilis tüzelőanyag volt, míg 2016-ban a földgáz és a megújulók. Észrevehető, hogy a földgáz hányadának csökkenésével, nő a megújulók részaránya.



8. ábra. **Magyarországi háztartások energiafogyasztásának alakulása 1990-2016 között, az energiatermékek arányában [15]**
Saját szerkesztés a forrás alapján (KSH, 2018)

A vezetékes gázról lemondó háztartások döntő hányada kistelepüléseken találhatók. A földgáz kiváltására fát (biomasszát), és ahol ennek hagyománya van szenet használnak a fogyasztók. Ezek a háztartások újra használatba veszik rossz energiahatékonysággal rendelkező, elavult szilárd tüzelőanyagú berendezéseiket. Szilárd tüzelésű kazánok energia hatékony és környezetbarát üzemeltetése a gázkazánokhoz képest nagyobb szakértelmet igényel a felhasználótól [13].

Az energiaszegénységben élők nem csak a tüzelőanyag-váltással próbálnak spórolni, hanem oly módon is, hogy nem fűtik fel megfelelő szintre lakásaikat, vagy csak egy szobát fűtenek. Ennek következményeképpen a kihűléses halálesetek kétharmada nem megfelelően felfűtött házban történik. Elmondható tehát, hogy a kihűléses halálesetek és az energiaszegénység között szoros kapcsolat van. Statisztikai adatok alapján a kihűlés miatt elhunytak általában [16]:

- alacsony jövedelemmel rendelkeztek,
- alacsony iskolai végzettségűek,
- egyedül éltek,
- 50 év felettiek voltak.

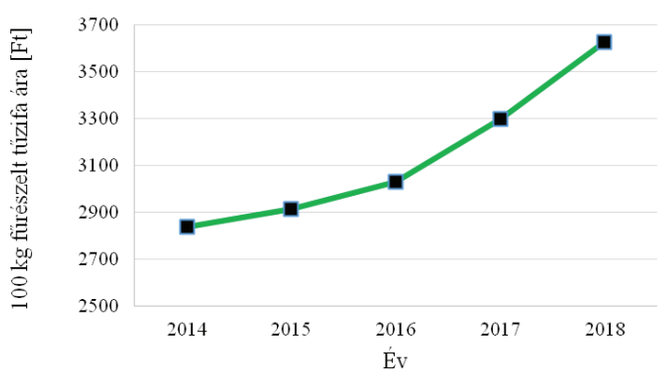
Az 500 főnél kisebb településeken majdnem háromszor akkora valószínűséggel hűl ki egy ember, mint egy nagyobb (5000–10000 fős) településen. Tehát a legveszélyeztetettebb helyzetben a kistelepülésen lévő, mediánjövedelem 60%-a alatti jövedelemmel rendelkező egyszemélyes (főleg egyedülálló idősek, betegek) háztartások. Körükben minden harmadik háztartás nem tud megfelelő fűtést biztosítani [16].

Biomassza, mint megoldás

Alapvetően három különböző forrásból lehetne biztosítani a biomasszát egy energiaszegény háztartás számára [17]:

- helyben begyűjtött, esetleg vásárolt biomassza alapú melléktermékek, hulladékok felhasználásával aprítékként,
- helyben megtermelt energianövények felhasználásával, aprítékként,
- tűzifa vásárlásával, rönk vagy hasábfa formájában.

Ugyanakkor az elmúlt években a tűzifa ára folyamatosan emelkedett (9. ábra). A nehéz helyzetben lévő kistelepüléseken vagy ahhoz közeli területeken az energiaültetvények létrehozásával és fenntartásával megfizethető megújuló energiahordozóhoz jutnának az energiaszegénységben élők.

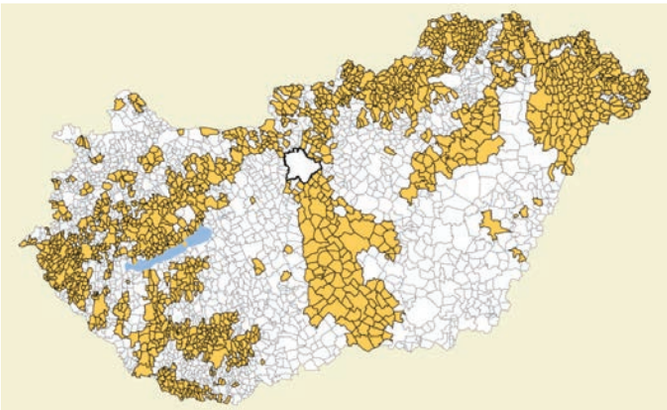


9. ábra. **100 kg fűrészelt tűzifa árának alakulása 2014-2018 között [15]**
Saját szerkesztés a forrás alapján (KSH, 2018)

A munkahelyek teremtése, a vidéki lakosság otthontartása és az életminőség javítása a vidéki régiókban az egyik további előnye a biomasszák felhasználásának. Úgy lehet számolni, hogy egy év alatt megtermelt 500 tonna száraz biomassza jelent egy munkahelyet. Ennek a megteremtéséhez átlagosan számolva 25 hektár terület kell, tehát 100 hektár energetikai ültetvény 4 munkahelyet teremt. Egy 10 MW/óra teljesítményű bioenergia erőmű, ami évente 60 ezer tonna száraz biomasszát igényel (ez 3000 hektár területet jelent), helyi szin-

ten összesen körülbelül 100-120 embernek jelent munkalehetőséget, megosztva az erőmű és a mezőgazdaság között [18].

Az energiaültetvényeket olyan területeken kell létesíteni, melyek rossz talajminőséggel rendelkeznek emiatt mezőgazdasági növények termesztésére is alkalmatlanok. A kedvezőtlen talajadottságú magyarországi szántóterületeket helyét a 10. ábra szemlélteti.



10. ábra. **Kedvezőtlen talajadottságú (átlagosan 17 aranykorona érték alatti) szántóterületek [19]**

Hazánkban több százezer hektárra tehető azon szántóterületek nagysága, melyek talajviszonyai nem teszik lehetővé a hagyományos szántóföldi növénytermesztést. Ezek a gyakran vízjárta, belvíz kialakulására hajlamos területek, továbbá a szélsőséges víz és tápanyag-gazdálkodású, többnyire homok- vagy homokos vályog talajok. A gyorsnövésű fafajok termesztésére viszont valamennyi mezőgazdasági művelésre használt talaj megfelelő. Egyes növények (pl. akácfajták) a kifejezetten száraz, aszályra hajló körülmények között is biztonsággal termeszthetők. Magyarország szántóterületének mintegy 60 százaléka erózióra vagy deflációra hajlamos, ezeken a területeken rövid vágásfordulójú ültetvények telepítésével kiváló talajvédő hatást, csaknem egész éves talajfedettséget érhetünk el [20].

A kistelepülések energiagondjainak enyhítésére a kormány számos pályázati, támogatási rendszert dolgozott ki. Jelenleg ismert, a Vidékfejlesztési Programban megvalósuló, a Széchenyi 2020 keretében megjelent „Erdősítés támogatása" című (VP5- 8.1.1-16 kódszámú) felhívás tartalmazza a mezőgazdasági és nem mezőgazdasági területeken történő ipari célú fás szárú ültetvények telepítéséről szóló támogatást. Az erőltetett ütemű erdészeti fafelhasználás helyett törekedni kell az erdőállomány védelmére és a fenntartható erdőgazdálkodás érvényesítésére [21].

Csernelyen végzett kutatások, mint alkalmazható modell

Biomasszával történő energiaszegénység mérséklésére már történtek próbálkozások. A Miskolci Egyetemen, a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 projekt keretében megvalósuló kutatási feladat centrumába Csernely település hőellátási rendszerének (intézményi és lakossági) kidolgozását helyezték. Ez nem csupán a gázalapú hőtermelés biomassza alapúra való átalakítását jelenti, hanem a decentralizált rendszer legalább részben centralizált kiépítését. A projekt része volt a lakosság körében végzett kérdőíves felmérés is. Ebben a projektben kidolgozott energiagazdálkodási modell mintaként szolgálhat más települések számára is az energiafüggőségük csökkentésére [13,22].

A kérdőív alapján megállapítható, hogy a családok jelentős része fával fűt, illetve körülbelül minden harmadik háztartás földgázzal, minden ötödik szénnel. A háztartások 98,4 %-ában keletkezik lágyszárú hulladék, de ennek elenyésző részét használják fűtésre (válaszadók 92,3%-a nem használja ilyen célra). A háztartások 65,8%-ában keletkezik fásszárú hulladék és ennek is elenyésző részét használják fűtésre: 92,9%-át egyáltalán nem hasznosítják [22,23].

Csernelyen a közintézmények hőellátását 1998-2011 között decentralizált rendszerben, hét darab, különböző teljesítményű és műszaki állapotú gázkazán látta el, melynek üzemeltetési költségei 2011-re meghaladta a település önkormányzatának pénzügyi lehetőségeit. Ennek oka: a földgáz árának drasztikus növekedése, valamint a részben elavult, rossz hatásfokú, nagy karbantartási igényű kazánok költségei. 2011-ben visszatértek a korábban használt, 1992-ben telepített, 2 db szén és biomassza tüzelésre is alkalmas kazánokhoz [13].

A település önkormányzatának tulajdonában álló épületek olyan szegmensét képezik a település hőellátásának, ahol érdemes centralizált módon ellátni több épületet egy kazánról vagy kazáncsoportról. Ennek oka, hogy a közintézmények közel helyezkednek el egymáshoz, a település legnagyobb hőfogyasztóinak csoportját alkotják, a rendszer kiépítése viszonylag kevés ráfordítással kiépíthető. Csernelyen a központosított közintézményi hőellátás megvalósult. A lignittel fűtött kazánok és a hozzájuk kapcsolódó berendezések műszaki állapotának felmérése során azonban megállapították, hogy a rendszer teljes hosszára kiterjedő megfelelő áramlási paraméterek beállításához segéd keringtető szivattyúk beépítése szükséges, a csővezetékeket szigeteléssel kell ellátni, valamint füstcsatornát tömíteni és tisztítani kell. A kazánok tűzterét nagy hőtároló képességű tűzállóanyaggal bélelnék ki, és a rostély szabad nyílásainak méretét a tüzelőanyag darabnagyságaihoz választanák meg, akkor a lignit helyett fával történő tüzeléssel komoly mértékben csökkenthető lenne a település légszennyezése [24, 25].

A hőellátási rendszer központosításának elsődleges feladata a pontforrások csökkentése. Az energiaszegény háztartások a környezetvédelmi ellenőrzés hiányában a szilárdtüzelésű kazánjaikban olyan kommunális hulladékokat is elégethetnek (pl. cipő, ruha), melyek az egészségre és a környezetre is káros hatással lehetnek. A probléma enyhítésének egyik lehetséges módja a helyi adottságokat is figyelembe véve a település lakóházainak egy, vagy több kazánról történő hőellátása. Amennyiben a hőellátás kiterjed a lakosságra is, a környezetvédelmi szempontok is előtérbe kerülnének, hiszen javul a környezet állapota, mert a sok kis, nehezen ellenőrizhető, egyedi hőtermelés helyett néhány, vagy akár egyetlen helyen, jól szabályozott, csekély légszennyezéssel járó hőszolgáltatás jönne létre. A 140 kW bemenő hőteljesítményű és az ezt meghaladó kazánhoz tartozó kémény, olyan helyhez kötött légszennyező forrás, mely a környezetvédelmi hatóság engedélyével létesíthető és felügyeletük mellett üzemeltethető [17, 24, 26].

A település célja, hogy a hagyományos, nagy energiaellátó rendszerektől független, azoknál olcsóbb, saját kézben lévő, megújuló energiahordozó alapú energiaszolgáltatás valósuljon meg. A tüzelőanyag-ellátás optimális esetben helyben termelt forrásokból lehetne biztosítani [17,24].

Az energianövények termesztéséhez termőföldre van szükség. Csernely környezetében rengeteg olyan (leginkább parlagon lévő) terület van, amely alkalmas lenne a biomassza előállításához szükséges növények termesztésére. A kérdőívezés során kiderült, hogy e földterületek egyrésze önkormányzatok, de legnagyobb része magánszemélyek tulajdonában van. E területek hasznosítása során figyelembe kell venni azt a tényt, hogy csak azokon a területeken lehetne energiaültetvényt telepíteni, amelyek más mezőgazdasági alapanyag termelésére alkalmatlanok, vagy a területekben rejlő lehetőségeket a környék mezőgazdasági termelői nem tudják kihasználni [27].

A lakosság körében elvégzett közvélemény-kutatás kérdései között az alábbi két kérdés is szerepelt [17]:

- Részt venne-e a biomassza alapú energetikai rendszer alapját adó energianövények termesztésében?
- Van-e olyan földterülete, amin energianövényt tudna termelni?

A válaszok alapján kiderült, hogy a megkérdezett háztartások 47%-a szívesen részt venne energianövények termesztésében, és a háztartások 45%-ának van is olyan földterülete, ahol ilyen típusú növényeket tudna termelni [17].

A lakosságtól kapott pozitív válaszoknak köszönhetően Csernelyen 2012 tavaszán megtörtént az energiaültetvények számára alkalmas területek felmérése, és az önkormányzati birtokában lévő földterületre nyár-és fűzdugványokból, illetve akáccsemetékből próbaültetvényeket telepítettek. A nyár- és a fűzdugványok nagy része megeredt, az akáccsemetéknek csak kevesebb, mint fele fogant meg [17].

A számítások alapján, ha a távhőrendszerbe 40 db családi ház bekötése létrejönne, akkor a biomassza-alapú tüzelőanyag-szükséglet közel 90%-a helyben rendelkezésre állna [17, 24].

Összefoglalás

Az energiaszegénység felszámolása egy olyan megoldásra váró feladat, amely világszerte gondot jelent.

Európában, a világhoz képest, kisebb az energiaszegénység által sújtott népesség. 2016-ban az Európai Unió lakosságának 17,3%-a volt energiaszegény, jövedelmük a medián jövedelem 60%-át sem érte. Habár 2009-tól kezdve a földgáz piaci átlag ár folyamatosan csökkent, 2010-től az Európai Unióban folyamatosan növekedett. Tehát az EU-n belüli országok többsége nem érzékeltették a világ piacon bekövetkező csökkenést a lakossággal.

Magyarországon a 2013-tól kezdve nem nőtt az energiaszegénységben élők aránya, számuk kis mértékű csökkenést mutatott. Ez a lakossági energiaárak csökkenésének, valamint medián jövedelem enyhe növekedésével magyarázható, de még így is nagyobb, mint 2010-ben.

A biomassza nem csak a földgáz kiváltására alkalmas alternatív tüzelőanyag, hanem az energiaszegénység mérséklésére is megoldást nyújthat. A kistelepülésen vagy ahhoz közeli területeken, az energiaültetvények létrehozásával munkát is tudnának adni a rászorulóknak, és a folyamatos tüzelőanyag ellátás is biztosítva lenne a kistelepülésen élők számára. A kistelepülések energiagondjainak enyhítésére a kormány számos pályázati, támogatási rendszert dolgozott ki. Jelenleg ismert, a Vidékfejlesztési Programban megvalósuló, a Széchenyi 2020 keretében megjelent „Erdősítés támogatása" című (VP5- 8.1.1-16 kódszámú) felhívás tartalmazza a mezőgazdasági és nem mezőgazdasági területeken történő ipari célú fás szárú ültetvények telepítéséről szóló támogatást.

Biomasszával történő energiaszegénység mérséklésére már történtek próbálkozások. Csernelyen a lakosság megfelelő motivációja mellett megvalósíthatóvá válhatnak a háztartások számára termelhető és viszonylag önellátó tüzelőanyag előállítás. A csernelyi projektben kidolgozott energiagazdálkodási modell mintaként szolgálhat más települések számára is az energiafüggőségük csökkentésének szempontjából, melynek alkalmazásával minimalizálni lehetne az energiaszegénységben élők számát.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-2-I.-ME/16 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával valósult meg.

Irodalmi hivatkozások

[1] Fellegi D., Fülöp O.: Szegénység vagy energiaszegénység? Az energiaszegénység definiálása Európában és Magyarországon. Energiaklub. 2012. p. 29. http://energiaklub.hu/sites/default/files/energiaklub_szegenyseg_vagy_energiaszegenyseg.pdf
[2] Department of Energy & Climate Change: Fuel Poverty Report Updated. 2013. p.58. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/2 26985/fuel_poverty_report_2013.pdf
[3] Meszerics T.: Kézikönyv az energiaszegénységről. Budapest. 2016. p. 101.
[4] Eurostat adatbázisa, 2018. http://ec.europa.eu/eurostat/data/database
[5] M. Jeliazkova: Energy Poverty: the three pillars approach. EAPN Bulgaria. 2014. p. 14.
[6] Eurostat: Statistical article/hu. Villamosenergia-árakra vonatkozó statisztika. 2017. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_price_statistics/hu
[7] Trading Economics. Natural Gas. https://tradingeconomics.com/commodity/natural-gas#
[8] Európai Bizottság: A bizottság jelentése az európai parlamentnek, a tanácsnak, az európai gazdasági és szociális bizottságnak és a régiók bizottságának: Energiaárak és -költségek Európában. Brüsszel. 2016. http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/HU/COM-2016-769-F1-HU-MAIN.PDF
[9] Dr. Aradszki András: Az energiaárak alakulása Európában. 2017. http://www.aradszkiandras.hu/az-energiaarak-alakulasa-europaban/
[10] Bartha Z.: Energiaárak alakulása Magyarországon és az OECD államokban. 2015. https://www.researchgate.net/publication/283055417
[11] Interaktív Eurostat-jelentés III.: Milyen energiát fogyasztunk az EU-ban? 2016. http://enhat.mekh.hu/index.php/2016/10/10/interaktiv-eurostat-jelentes-iii-milyen-energiat-fogyasztunk-az-eu-ban/
[12] Magyar László: Háztartások energiafogyasztása. Energiaklub. 2016. https://energiaklub.hu/node/4056
[13] Szemmelveisz T.-né., Vincze T.: Kistelepülések hőenergia-ellátásainak kihívásai, és az ezekre adható válaszok. Magyar Energetika. 2012/ különszám. p. 8.-11.
[14] Központi Statisztikai Hivatal: Magyarország közigazgatási helynévkönyve. Budapest. 2017. p. 257. http://www.ksh.hu/docs/hun/hnk/hnk_2017.pdf
[15] Központi Statisztikai Hivatal adatbázisa, 2018. www.ksh.hu
[16] Koltai L.: Kihűlés és fagyhalál. Habitat for Humanity Magyarország. 2012. p. 8. http://www.habitat.hu/files/Habitat_kihules2013.pdf
[17] Póliska Cs.: Kistelepülési biomassza fűtőmű tüzelőanyag-szükségeltének lehetséges forrásai. Magyar Energetika. 2012/ különszám. p. 32.-35.
[18] http://hunion.hu/media/11_energiaultetvenyek_13.pdf
[19] Központi Statisztikai Hivatal. A mezőgazdaság területi jellemzői. 2010. https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/regiok/mezoter10.pdf
[20] Póliska Cs.: Fás szárú energianövények szerepe kistelepülések hőenergia ellátásában. Anyagmérnöki Tudományok. 2012. p. 331.–342. http://www.matarka.hu/koz/ISSN_2063-6784/37k_1_2011/ISSN_2063-6784_37k_1_2011_331-342.pdf
[21] Hutkainé G. Zs., Bánhidi O.: A biomassza-energia alkalmazásának környezeti vonatkozásai. Magyar Energetika. 2012/ különszám. p. 54.-59.
[22] Varga B., Petrovics P.: Csernely község társadalmi helyzete. Magyar Energetika. 2012/ különszám. p. 25.-27.
[23] Szabó-Tóth K.: Alkalmazott szociológiai kutatás Csernelyen, a település energiagazdálkodásának megújítására. Magyar Energetika. 2012/ különszám. p. 16.-19.
[24] Koós T., Szűcs I., Kovács T.: Csernely közintézményei hőellátásának alakítása centralizált biomassza alapú távfűtéssé. Magyar Energetika. 2012/ különszám. p. 36.-40.
[25] Koós T., Szűcs I., Erdélyi J.: Kistelepülés közintézményeinek hőigényét ellátó kazán lignitről fatüzelésre történő átállítását megalapozó vizsgálatok. Magyar Energetika. 2012/ különszám. p. 41.-45.
[26] Green Expert: Légszennyező pontforrás és diffúz légszennyező forrás engedélyeztetése - pontforrás emisszió mérés, LAL és LM bejelentés. http://greenexpert.hu/levegotisztasag-emisszio-meres.html
[27] Olajos I.: A csernely biomassza fűtőmű-projekt jogi problémái. Magyar Energetika. 2012/ különszám. p. 20.-23.

Alternatív hajtású járművek – melyiket válasszam?[1]

dr. Zsebik Albin, CEM
okl. gépészmérnök, zsebik@jomuti.hu

Novák Dániel
okl. energetikai mérnök, novak@jomuti.hu

Az elektromos-, a sűrített földgáz (CNG) és a cseppfolyósított (LPG) PB-gáz gépjárművek alkalmazása jelentős mértékben hozzájárulhat a városok levegőszennyezésének csökkentéséhez, emellett – a jelenlegi támogatási rendszer esetén – gazdasági szempontból is kedvező lehet.

A cikk az energetikai auditori és szakreferensi feladatok keretében a közelmúltban végzett elemzések alapján

- **bemutatja az elektromos-, az LPG és CNG hajtású gépjárművek gázolaj-hajtásúval történő összehasonlításának eredményeit;**
- **rámutat arra, milyen feltételek mellett válik az alternatív hajtású gépjármű használata gazdasági megfontolások alapján is indokolttá.**

*

The electric, compressed natural gas (CNG) and Liquefied petroleum gas (LPG) powered vehicles plays significant role in the reduction of air pollution in cities. In the case of the current governmental aid scheme, they might be economically from the business point of view as well.

The paper, based on recent analyzes

- **introduces the results of the comparation of the electric- and CNG with the modern diesel-powered vehicles;**
- **points out the conditions under which the use of alternative powered vehicles are economically from the business point of view as well.**

* * *

A szállítás CO_2 kibocsátás meghatározása

A szállítás által kibocsájtott CO_2 számításával számos irodalom foglalkozik. Az energetikai auditorok és szakreferensek számára egyszerű és jól kezelhető módszert javasol European Chemical Transport Association (ECTA) további társszervezetekkel jegyzett kiadványa [1]. A kiadvány a CO_2 kibocsátás számítására

1. a tevékenységen (activity-based) és/vagy
2. az üzemanyag felhasználáson (energy-based) alapuló módszert javasolja.

Az első módszert azon cégek esetében célszerű alkalmazni, akik a szállítást kiszervezték, ismerik a szállítás módját, a szállított termékek mennyiségét és a szállítás távolságát, de nem ismert számukra a szállításra felhasznált tüzelőanyag mennyiség.

A kibocsájtott CO_2 meghatározásának módja ez esetben:

$$CO_2\,[t] = M \cdot L \cdot e_1 / 1\,000\,000\ [t \cdot km \cdot gCO_2/t,\ km]$$

ahol:

M – az adott módon szállított mennyiség, tonna (a képletben és továbbiakban t)

L – a szállítási távolság, km

e_1 – átlagos CO_2 kibocsátás, g/t, km

A CO_2 kibocsátás, M és L egy vizsgált időszakra, t/év, t/hó, km/év, km/hó stb. vonatkozik.

A hazai gyakorlatban elsősorban a második módszert célszerű alkalmazni, mert nagyvállalatoknál és a szakreferens igénybevételére kötelezett vállalatoknál a szállítás elsősorban a fő tevékenység kiszolgálása érdekében történik. Az érintett vállalatok ismerik a személy és tehergépjárművek, valamint a munkagépek tüzelőanyag fogyasztását, járművekre bontva nyilvántartják, a felhasználást saját maguk elemzik és értékelik, vagy az auditor és szakreferens rendelkezésre bocsátják.

A kibocsájtott CO_2 meghatározásának módja ez esetben:

$$CO_2\,[t] = V \cdot e_2 / 1000\ [l \cdot kg_{CO2} / l]$$

ahol:

V – az adott típusú üzemanyag felhasználás, liter (a képletben és továbbiakban l)

e_2 – átlagos CO_2 kibocsátás, kg / l

A CO_2 kibocsátás és V egy vizsgált időszakra, l/év, l/hó stb. vonatkozik.

A fajlagos CO_2 kibocsátás

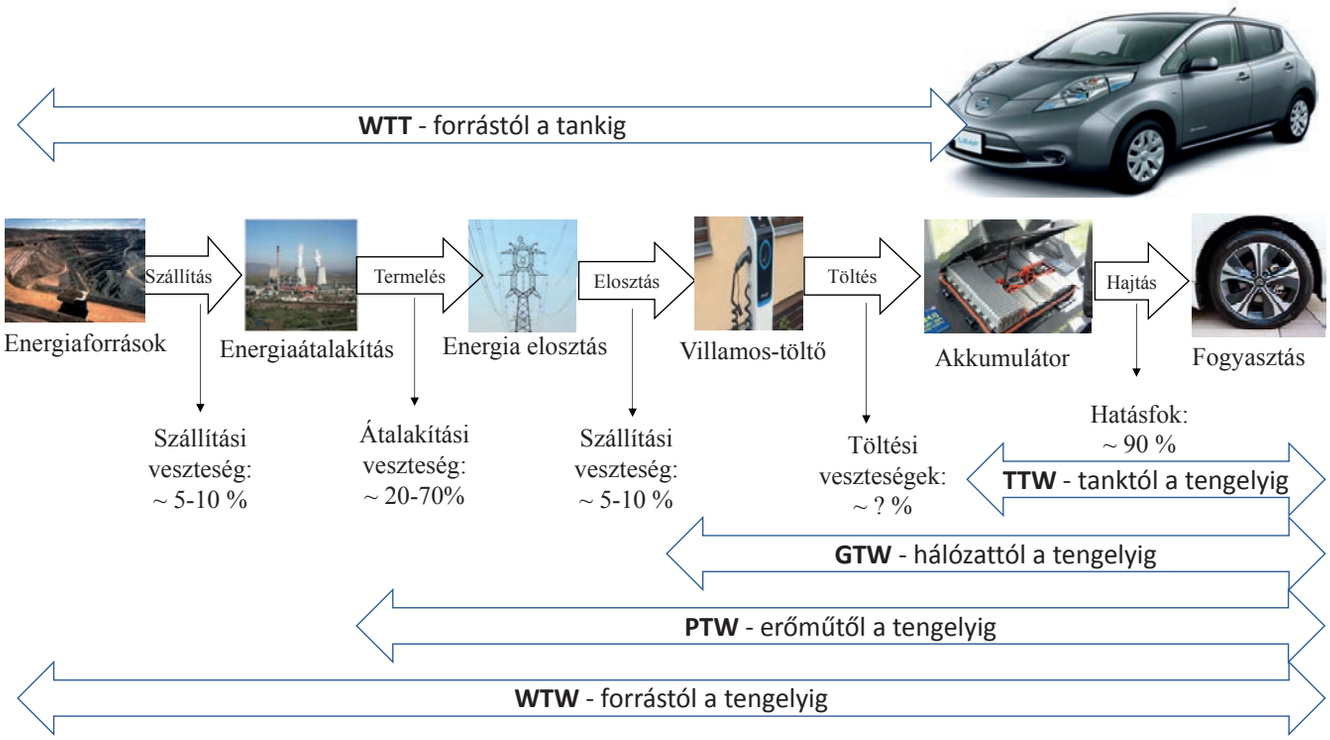
A fentebb bemutatott módszerek lényegét képezi, hogy milyen átlagos fajlagos CO_2 kibocsátással számolunk. A hazai gyakorlatban a tüzelőanyagokban a vegyileg kötött energia égéssel történő felszabadítása, a hagyományos erőművekben a villamosenergiatermelés során keletkező CO_2 átlagos fajlagos mennyiségét a szakirodalom, – például [3], [4] által javasolt értékekkel – vagy bizonyos esetekben a jogszabályra [5], vagy útmutatóra [6] hivatkozva szoktuk meghatározni. [5] szerint a földgáz esetén figyelembe veendő fűtőérték 34 MJ/m^3 15°C-ra vonatkoztatva 1013,25 hPa nyomáson, a „kibocsátási tényező" 56,1 t_{CO2} / TJ; [6] szerint „a projekt üvegházhatású gázok (ÜHG) csökkentéssel kapcsolatos számszerűsíthető környezeti előnyeit többek között a következő fűtőértékkel, és kibocsátási tényezővel kell meghatározni (1. táblázat).

1. táblázat. Tüzelőanyagok fűtőértéke és CO_2 kibocsátási tényezője[2]

Megnevezés	Fűtőérték, MJ/kg, MJ/gnm^3	Kibocsátási tényező t_{CO2} / TJ
Benzin	44	69,3
Dízelolaj	42	74,07
Földgáz	34	56,1
PB-gáz	45,7	63,07
LPG	45,7	63,07

[1] A cikk a szerző KLENEN '18 konferencián tartott előadása alapján készült.

[2] 272/2004. (IX. 29.) Korm. rendelet egyes létesítmények üvegházhatású gázkibocsátásának engedélyezéséről, nyomon követéséről és jelentéséről, (letöltve 2018. január) http://www.kvvm.hu/cimg/documents/272_2004_korm_rend.pdf



1. ábra. **A hajtóanyagok/energia CO_2 kibocsátásának főbb állomásai és tartományai villamos hajtás esetén** [saját szerkesztés]

A villamosenergia-termelés CO_2 kibocsátása az erőmű típusától és hatásfokától függően széles tartományban változik. Ezt széndioxid-leválasztás nélkül és annak feltételezésével részletesen elemzi [4]. [6] 930 kg CO_2 / MWh fajlagos kibocsátás figyelembevételét javasolja, ha nem áll rendelkezésre pontosabb adat.

A tüzelő és üzemanyagok égetésével keletkező CO_2 fentebb ismertetett értékei a felhasználáshoz kapcsolódó levegőszennyezést mutatják. A járművek hajtása esetén ez az üzemanyag „tartálytól/tanktól a tengelyig" (Tank-to-Wheel – TTW) nemzetközi jelölésnek megfelelő tartományt jelenti, 1. ábra.

Az 1. ábra a hajtóanyagok/-energia CO_2 kibocsátásának további főbb állomásait és tartományait is szemlélteti. Ennek kezdete a bánya, és/vagy szénhidrogén kutak, (ahol a kitermelésre fordított energia termelése során keletkezett CO_2 mellett további üvegház hatású gázok (ÜHG) jutnak a légkörbe [7]). Folytatása a termelvénynek a szállításra előkészítése, majd szállítása, az erőműben az energiatermelés/átalakítás, majd az elosztás során keletkezett CO_2 figyelembevétele. Ehhez adódnak még a töltési veszteségek, mielőtt az üzemanyag/villamos energia a belsőégésű, illetve elektromos motorokban a járművek hajtására hasznosul. A nemzetközi gyakorlatban alkalmazott, a hajtóanyag/energia útját és CO_2 kibocsátás főbb tevékenységeit tartalmazó tartományok jelölései:

a) „forrástól a tartályig/tankig" (Well-to-Tank – WTT),
b) a „forrástól a tengelyig" (Well-to-Wheel – WTW), amely a fenti kettőt (TTW+WTT) összegzi,
c) „erőműtől a tengelyig" (Plant-to-Wheel – PTW), és
d) „a hálózattól a tengelyig" (Grid-to-Wheel – GTW).

Ez utóbbi tartalmazza a töltőállomások üzemeltetéséhez felhasznált energia megtermelésekor keletkező CO_2-t, villamos energia esetében a töltési veszteséget.

[2] a vizsgálat tárgyát képező üzemanyagok esetére az átlagos fajlagos kibocsátási értékeket a forrástól a tengelyig – WTW tartományban a 2. táblázat szerint határozza meg.

A táblázatban található értékek – hivatkozva forrásukra – használhatók a kibocsátás meghatározására, de nem szabad megfeledkezni arról, hogy a tényleges kibocsátás ez esetben is függ a szállítási távolságtól. Jelentős eltérés lesz a szén, a földgáz és kő-

2. táblázat. Különböző hajtású járművek fajlagos CO_2 kibocsátása TTW és WTW tartományban [2]

	TTW		WTW		WTT=WTW - TTW	
Megnevezés	**kg_{CO2} / kg**	**kg_{CO2} / liter**	**kg_{CO2} / kg**	**kg_{CO2} / liter**	**kg_{CO2} / kg**	**kg_{CO2} / liter**
Benzin	3,25	2,42	3,86	2,88 (2,8)[1]	0,83	0,46
Gázolaj	3,21	2,67	3,9	3,24 (2,9)[1]	0,69	0,57
CNG	2,68	0 ?	3,07	0	0,39	0
Kerozin	3,13	2,5	3,76	3,01	0,63	0,51
LPG	3,1	1,71	3,46	1,9 (1,9)[1]	0,36	0,19
Biodízel	0	0	2,16	1,92 (1,9)[1]	2,16	1,92

[1] [1] – ECTA (European Communities Trade Mark Association): Guidelines for Measuring and Managing CO_2 Emission from Freight Transport Operations

olajtermékek szállítása során a CO_2 kibocsátás, ha azt Szibériából, vagy hazai forrásokból szállítják a feldolgozás helyszínére.

[7] a lignit és kőszén kitermelésére és eltüzelésére, valamint a földgáz kitermelésére, szállítására és eltüzelésére a sorrendet megtartva a következő értékeket adja meg 0,777; 0,821; 0,769 kg_{CO2}/kg.

Különös figyelmet érdemel az elektromos járművek környezeti hatásának elemzése. Szakreferensként az egyszerű utat keresve kimondhatjuk, hogy az elektromos hajtású járműveknek lokálisan, (TTW) nincs CO_2 kibocsátása, ha télen a járművekben a fűtés is villamos energiával van megoldva (a hazai gyakorlatban van rá más példa is). CO_2 kibocsátás az erőművekben van, közelebb vagy távolabb a felhasználás helyétől. Összetettebb lesz a feladat, ha az elemzés a WTW tartományban történik (lásd fentebb).

Az alternatív hajtású járművek műszaki elemzése

Az üzemanyag váltás/kiegészítés lehetősége

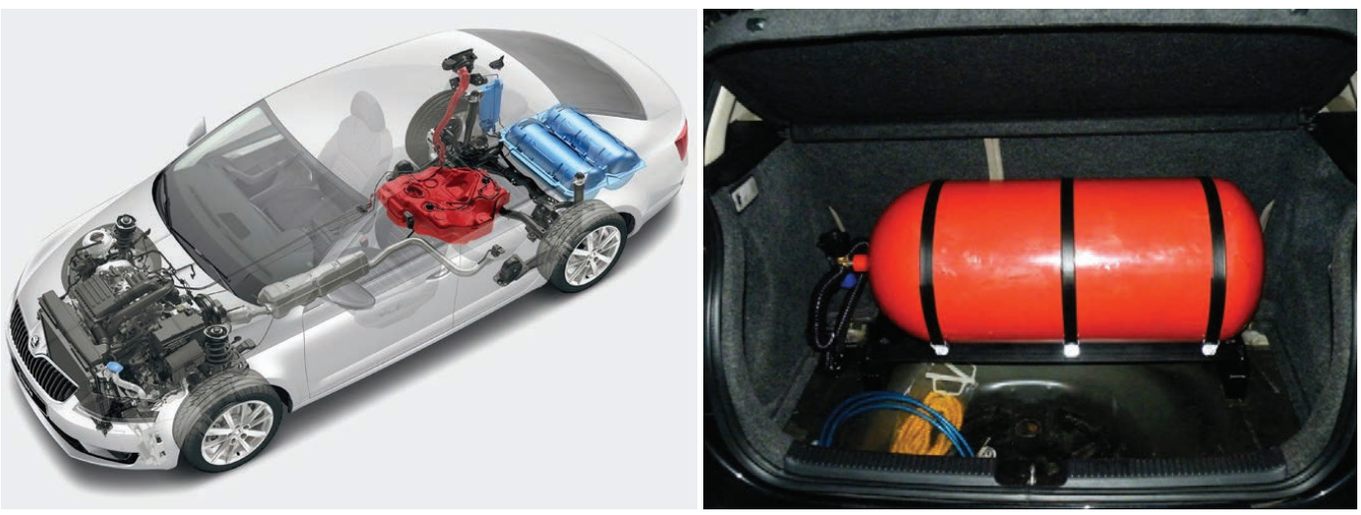
Az Otto-motorok – köszönhetően a szikragyújtásnak – gáznemű üzemanyaggal is működőképesek. A gyakorlatban szinte bármelyik használó gépjárművek is[3]) melyben gázhalmazállapotban tárolják a CNG-t. Az LPG-t folyékony halmazállapotban 7 bar-on lehet tárolni. Az átalakítás a csomagtér kapacitásának csökkenésével jár (2. és 3. ábra).

Diesel-motor hengertérben a gázolaj nagynyomáson, gyújtógyertyák nélkül öngyullad. Mivel a CNG és LPG cetánszáma kicsi, gyulladási hőmérsékletük magas, a gáz igényli a szikragyújtást.

A külföldi szakzsargon által BEV-nek (battery electric vehicle) nevezett elektromos hajtású járműveknek minimum egy elektromos motor az erőforrása. A tisztán elektromos meghajtású járművekben nincs belsőégésű motor. Hibrideknek nevezik azokat a járműveket, melyekben mindkét típusú erőforrás megtalálható. A villamos energiát általában a járművek utastere alatt kialakított térben elhelyezett akkumulátorokban tárolják (4. ábra).

A hatótávolság, töltőállomások

Egy átlagos kiegészítő LPG tartály 35-45 literes, ami egy átlagos személyautó 8-9 liter/100 km fogyasztása esetén 400-500 kilométer megtételére alkalmas.



2. ábra. **CNG tartályok gyári és utólagos elhelyezéssel**[4]

3. ábra. **LPG tartályok gyári és utólagos elhelyezéssel**[5]

benzinmotort át lehet alakítani CNG és LPG üzeműre. Az átalakítás legjelentősebb lépése, hogy a gáz tárolására a járművekbe egy kiegészítő tartályt kell beszerelni. Az első esetben ez egy ~200 bar névleges nyomású tartály, (vannak 700 bar túlnyomású tartályt

[3] https://duckduckgo.com/?q=cng+storage+pressure&t=ffsb&ia=web (letöltve 2018. május)

[4] http://w3.hu.skoda.at/modellek/uj_octavia/uj_octavia/octavia_g_tec/ és http://www.cng-autogaz.hu/galeria/toyota-corolla/#prettyPhoto

[5] https://www.autonavigator.hu/cikkek/oromhir-az-autogazosoknak/ és http://www.azauto.hu/2009/03/16/gazrendszer-az-autoban/

4. ábra. **Az utastér alatt elhelyezett akkumulátorok**[6]

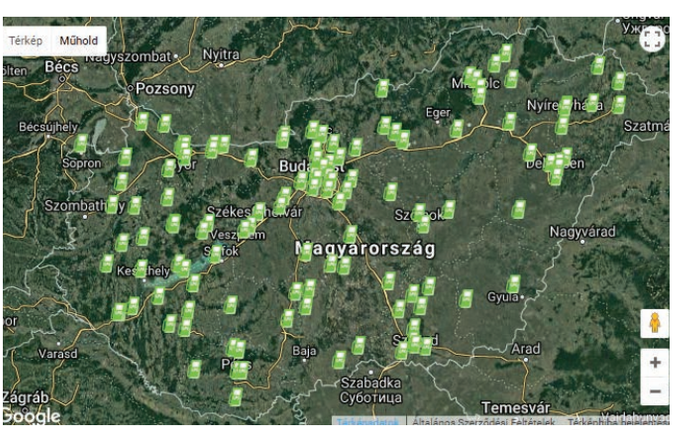
A személyautókba épített CNG tartályokba ~16 kg komprimált földgáz tankolható. 3,5-4 kg/100km fajlagos fogyasztás esetén ~400-460 km-t lehet az autóval alternatív üzemmódban megtenni.

Látható, hogy a hasznos hatótávolság mindkét esetben közel fele a konvencionális üzemanyagokkal megtehető távolságnak. Gáz tankolása esetén a tankolási időtartam szinte azonosnak tekinthető a hagyományos üzemanyagok betöltésének idejével.

Az elektromos autók akkumulátorai ugyan az utastér alatt vannak elhelyezve, de velük kapcsolatban is elmondható, hogy a csomagteret csökkentik, és jelentő mértékben megnövelik a jármű önsúlyát. A tervezők az akkumulátor súlya, elhelyezési lehetősége, hatótávolság, töltési idő közötti optimális kialakítást keresik. Egy átlagos középkategóriás BEV ~100-200 km-t képes megtenni, így általában városi felhasználásra javasolt a használatuk. A Tesla legújabb modelljeit, a feneken elhelyezett nagyszámú és kapacitású akkumulátoraival már 400-500 km hatótávolsággal hirdetik [9].

Mintarendszerekben folynak elemzések, miként lehetne a munkahelyek parkolóiban kialakított töltőállomásokra kapcsolt elektromos hajtású gépjárművek akkumulátoraiban tárolt energiát a cégek csúcsfogyasztásának letörésére hasznosítani.

Az LPG töltőállomások sűrűn vannak telepítve Magyarországon (5. ábra). Létesítésében nagy gyakorlati tapasztalat áll a rendelkezésünkre. Sok helyen a cégek saját LPG kutakat létesítettek a saját igényeik kielégítésére. Átlagosan ~6-7 MFt-ba kerülnek (~5 m^3 tartály, kútoszlop, földmunka, engedélyeztetés stb.).



5. ábra. **LPG töltőállomások Magyarországon**[7]

6. ábra. **CNG töltőállomások Magyarországon**[8]

A CNG töltőállomások (ellentétben az LPG-vel) ritkán vannak telepítve (6. ábra), Kiépítése jelenleg még elég drága. A töltőállomásokat telepítő CNG Port Kft. ajánlata alapján egy napi 500 kg (31 db jármű töltése) feletti kapacitású kisvállalati töltőállomás komplett beruházási nettó költsége ~45 000 000 Ft.

Az elektromos járművek töltőállomásai egyre nagyobb számban vannak Magyarországon, térképen történő kimutatásától eltekintünk. (Települések szintjén lenne érdemes.). A Kormány által alapított e-Mobi Nkft. elsődleges küldetése[9] többek között „a felhasználók számára komfortos szolgáltatást biztosító töltőhálózat kialakítása, olyan nemzeti infrastruktúra rendszer felépítése, mely hosszútávon képes hatékonyan működni, fejlődni". A töltőhálózat fejlődése követhető a társaság fentebb hivatkozott honlapján, illetve további honlapokon is[10].

A sok cég épít ki saját töltőállomást, egyes áruházláncok parkolóikban teszik lehetővé az elektromos autók töltését.

Karbantartás

A gázüzemű járművek karbantartási igényével kapcsolatosan a gyakorlati tapasztalatok alapján kimondható, hogy az egyszerű energetikai elemzéseknél a folyékony üzemanyagú járművekével azonosnak tekinthető. A gázüzem nincs jelentős hatással a motor műszaki élettartamára, de elmondható, hogy bizonyos részegységeket (befecskendezés, gyújtás) ajánlott gyakrabban megvizsgálni, s cserélni (pl.: gyújtógyertyákat).

Az elektromos járművek karbantartási igényeiről jelenleg még nincs sok gyakorlati tapasztalat és információ. Egy biztos, hogy számos olyan berendezés/műszaki egység nincs az elektromos autóban, ami a belsőégésű motorokkal szerelt járművekben igen (pl. olaj, olajszűrő, befecskendezési rendszer, gyújtási rendszer, sebességváltó, kettőstömegű lendkerék, turbófeltöltő stb.). A gyakorlatban pont ezeknek az egységeknek a javítása a legköltségesebb, így elmondható az elektromos autókról, hogy nagy valószínűséggel karbantartási költségük alacsonyabb, mint a belsőégésű motorokkal üzemelőké. Hangtalanul, és rezgésmentesen üzemelnek. Végsebességük (átlagos középkategória esetében) elmarad egy hagyományos autóhoz képest, de gyorsulásuk jobb, nyomatékuk nagyobb. A teljes üzemelési tartományban képesek azonos teljesítményt produkálni. A feltöltési idő nagymértékben függ a töltő infrastruktúrától. Napjainkban megjelentek már az „úgynevezett" villámtöltők, melyek akár félóra alatt is képesek feltölteni a járművet,

6 https://www.greenoptimistic.com/nissan-leaf-battery-upgrade-20171010/

7 http://www.autogazkutkereso.hu/ (2018. 03. 01.)

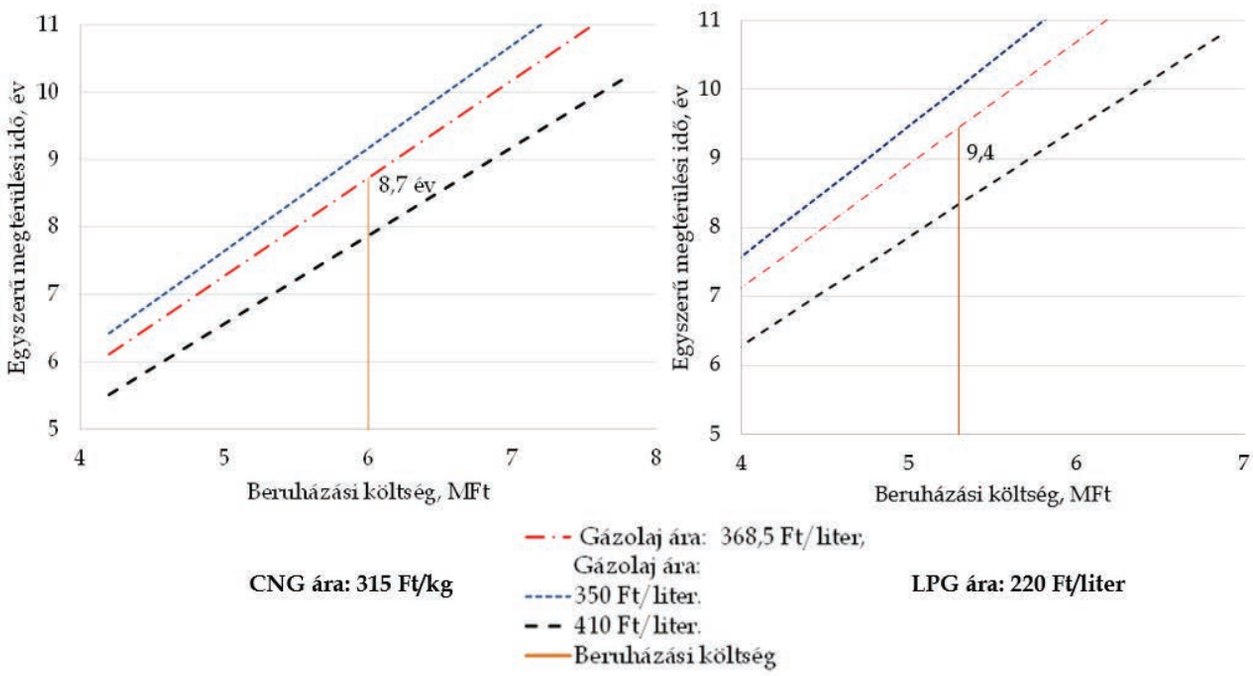
8 https://holtankoljak.hu/cng-kutak#a=cng&view=map (Megekintve: 2018. 03. 01.)

9 https://e-mobi.hu/hu/tevekenysegunk

10 https://openchargemap.org/app/?view=map-page

3. táblázat. Az alternatív és gázolaj hajtású járművek tájékoztató adatai

Megnevezés	Beruházási költség többlet, ~Ft/darab	Üzemanyag ár (referencia)	Fogyasztás, /100km	Üzemanyag költség, Ft/km	CO_2 kibocsátás, g/km
CNG[11]	~300 000	315 Ft/kg	5,5–3,99 kg	~13	101
LPG[12]	~ -400 000	220 Ft/liter	8–9 l	~17,5	127
ELEKTROMOS[13]	~2-4 000 000	35 Ft/kWh	16,5 kWh	~5,8	0 (lokálisan)
GÁZOLAJ	0	368,5 Ft/liter	5–6 l	~18,4	~106



7. ábra. **Korszerűtlen dízel jármű cseréje új CNG-vel és LPG-vel hajtott autóra**

de ezek még elég kis számban találhatók meg a közutakon. Általánosan elmondható, hogy egy elektromos autó feltöltése inkább órákban mérhető, mintsem percekben.

Az alternatív hajtású járművek gazdasági elemzése

A fentebb felsorolt hajtású (CNG, LPG, elektromos, gázolaj) járművek gazdasági elemzésénél igyekeztünk körültekintően eljárni, ezért az összehasonlításhoz hasonló típusú járműveket választottunk, amelyek árait árajánlatok és/vagy listaár alapján határoztunk meg. A gyűjtésünk eredményét ugyanakkor a nagy szórás ellenére összesítettük és a 3. táblázatban közzé tesszük. A táblázatban a beruházási költségtöbblet a gázolajhajtásúhoz viszonyított. Az árajánlatok alapján megállapítottuk, hogy a CNG hajtású járműveket hasonló áron (vagy kicsivel drágábban) kínálják, az LPG hajtású kismértékben olcsóbb, az elektromos hajtású viszonylag nagyobb mértékben drágább. Az üzemanyag árát referencia árakkal, a fajlagos fogyasztásukat a gépkönyvi adatokkal, a CO_2 kibocsátást a TTW tartományban vettük figyelembe.

Az elemzés során

1. az első esetben arra kerestük a választ, érdemes-e a jelenlegi járműparkot fizikai élettartamuk, vagy költségük leírása előtt gazdasági megfontolások (a társaság energiahatékonyságának növelése érdekében) alapján a jelenleginél kisebb üzemeltetési költségű alternatív hajtású járműre cserélni,
2. a második esetben azt határoztuk meg, milyen esetben célszerű a gépjárműpark felújítása során a konvencionális tüzelőanyagú helyett alternatív hajtásút beszerezni.

Az első esetben az összehasonlítást egy korszerűtlen, a második esetben egy korszerű dízel jármű feltételezésével végeztük.

Az elemzés során a gépjárművek tankolását nyilvános töltőállomásokon feltételeztük, az üzemeltetési költségeket a kiinduló adatként megadott referencia üzemanyag és az alternatív tüzelőanyag árakkal számoltuk.

A még üzemképes, de korszerűtlen dízel hajtású járművek cseréje

Vizsgáljuk meg, hogy érdemes-e a még üzemképes, de nagy fogyasztása miatt korszerűtlennek számító dízel járművet kizárólag üzemanyag megtakarítás érdekében alternatív hajtásúra lecserélni. Az elemzést az LPG és a CNG hajtású járművekre végeztük, annak feltételezésével, hogy a járművek futásteljesítménye 20 000 km/év, fogyasztása 9 liter/100km gázolaj, 3,5 kg/100km CNG, 8 l/100 km LPG. Feltételeztük továbbá, hogy egy új CNG hajtású jármű ára 6 M Ft, az LPG hajtásúé 5,3 M Ft. Az új jármű karbantartási és más egyéb a járművekkel kapcsolatos költségek a régivel szemben évi 250 000 Ft-tal kevesebb. A járműcsere egyszerű megtérülési ideje a kiinduló esetben 8,7, illetve 9,4 év, változását a beruházásiölt-

[11] Škoda Octavia Style 1.4 TSI G-TEC

[12] Opel Astra Notchback, 1.4 NET, LPG

[13] Nissan Leaf 30 kWh

ség függvényében különböző gázolajárak feltételezésével a 7. ábra mutatja.

Az ábra alapján az a következtetést vonjuk le, hogy csak az üzemanyag megtakarítási szempontok alapján a még üzemelő járművet valószínűleg nem fogják lecserélni még akkor sem, ha a számításaink alapján egy korszerűtlen dízel jármű (9 liter/100 km) CNG-re cserélése esetén megegyező (20 000 km) futásteljesítmény mellett évente **2,93 tonna CO_2-ot (TTW érték 2,68 kgCO_2 / kg) lehet megtakarítani. Az LPG hajtású jármű CO_2 kibocsátása (TTW érték 1,7 kgCO_2 /liter) közel ~2,1 tonnával lenne kevesebb.**

Az alábbiakban azt mérlegeljük, **milyen hajtású járművet válasszak a gépjárműpark felújítása esetén.** (Korábban – amíg a gázolaj ára alacsonyabb volt, mint a benzin ára – azt szoktuk mérlegelni, hogy benzines, vagy dízel autót válasszunk.)

Járműpark felújítás esetén korszerű dízel vagy CNG autók

A CNG hajtású járművek üzemeltetési költségük tekintetében versenytársai lehetnek a gázolajjal üzemelő járműveknek. Az összehasonlítást a 8. ábrán látható 1,4 literes négyhengeres Otto-motorral és turbó feltöltővel ellátott Škoda Octavia 1,4 G-Tec modell következő műszaki adatait használjuk. A gépkönyve alapján a modell névleges teljesítménye 81 kW (110 LE), gyorsulása (0-100km/h) 10,9 s, legnagyobb sebessége 195 km/h, Átlagos fogyasztása 3,5 kg/100 km CNG, vagy 5,4 l/100km benzin, listaára 7 126 000 Ft. Informatív árajánlatként kapott árajánlat ennél kevesebb, 5 755 516 Ft.

8. ábra. **A Škoda Octavia 1,4 G-Tec modell**[14]

A hagyományos dízel üzemű (turbótöltéses dízelmotor nagynyomású, közös nyomócsöves, közvetlen üzemanyag-befecskendezéses rendszerrel[15]), hasonló műszaki adatokkal rendelkező változat lista ára kereken 7 144 930 Ft, az informatív árajánlat szerint 5 774 600 Ft. Ennek figyelembevételével az elemzés során azt feltételezzük, hogy a CNG hajtású jármű ára 225 400 Ft-tal magasabb.

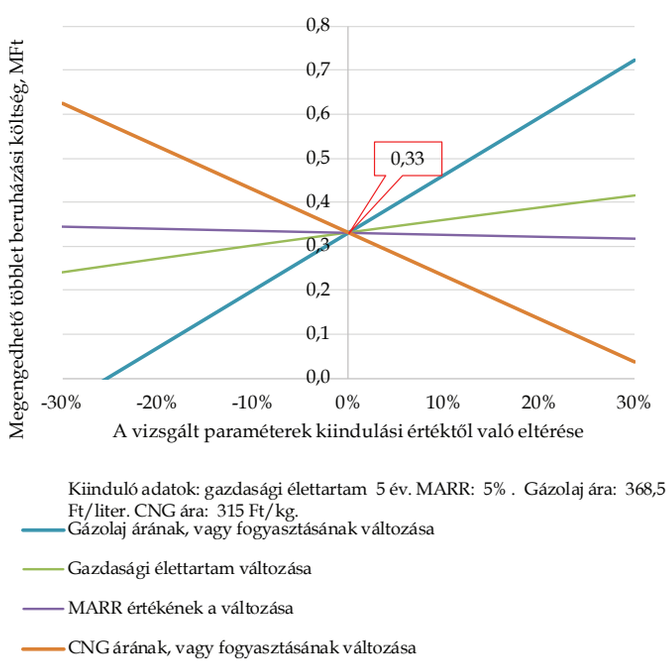
A gépkönyve szerint a dízel motorral szerelt kivitel üzemanyag fogyasztási normája kombinált felhasználás mellett 4,1 l/100 km (gyári adat, a valóságban és városi forgalomban valószínűleg magasabb ~5-6 l/100 km).

A gázolaj átlagos árát ismét 368,5[16] Ft/l értékkel, a CNG árát 315 Ft/kg-mal vettük figyelembe. A CO_2 kibocsátást a fentebb hivatkozott Škoda katalóguslap alapján a CNG esetében 101 g/km, a gázolaj esetében 106 g/km értékkel számoljuk (a nyersolaj termeléstől a motor hajtásig (WTW) számított fajlagos szén-dioxid kibocsátása 2,9 kgCO_2 /liter[17]). A CO_2 kibocsátás csökkenése a fenti fajlagosokra tekintettel elhanyagolható.

Egyszerű energetikai számításoknál feltételezhető, hogy a CNG hajtású járművek fajlagos fogyasztása CNG kg-ban megegyezik a dízel gépjárművek fajlagos fogyasztásával gázolaj liter-ben. Példaként a fentebb ismertetett Škoda modell kedvezőbb fogyasztást adtunk meg, a számításokat a hivatkozott adatokkal végeztük el.

A dízel helyett CNG hajtású autók beszerzési többlet költségének egyszerű megtérülési ideje ~2,76 év. Ez esetben már az állapítható meg, hogy az ismertetett feltételek mellett a CNG járművek alkalmazása, a korszerű dízel járművek helyett már üzleti megfontolások alapján is kedvező lehet.

Tekintettel arra, hogy a CNG töltőállomáshoz az eljutás többletfogyasztást jelent, ennek költségét a telephely és a legközelebbi töltőállomás közti, a bemeneti adatokban megadott távolsággal határozzuk meg. A számítás során azt számoljuk ki, hogy a bemeneti adatokban megadott futás teljesítmény és megadott CNG tartály mellett hányszor kell a járművet tankolni. Majd ezt a számot a megadott távolsággal, és megadott CNG fogyasztással és a referencia árral megszorozzuk. Így megkapjuk, hogy mekkora a távolság miatti többletköltség. A CNG töltőállomások hiánya miatti többletköltséget figyelembe véve, a számítás teljes lefutása után a megtérülési idő ~2,95 év.



9. ábra. **A CNG hajtású járművek megengedhető többletberuházási költsége és érzékenysége a főbb paraméterek változására**

[14] https://www.autonavigator.hu/cikkek/skoda-octavia-1330-km-es-hatotavval-es-nem-dizel/

[15] http://www.skoda.hu/megujult-octavia/octavia/katalogusok

[16] https://holtankoljak.hu/ - letöltve 2017. december 6.

[17] http://www.cefic.org/Industry-support/Responsible-Care-tools-SMEs/5-Environment/Guidelines-for-managing-CO_2-emissions-from-transport-operations/

Ez már további elemzésre ösztönöz, ezért megnézzük, mekkora lehet a CNG hajtású járművek többlet beruházási költsége a korszerű gázolajhajtásúakkal szemben. Ha feltételezzük, hogy a gazdasági élettartama 5 év, a beruházás minimális elvárt hozama (MARR) 5%, a kiinduló adatokkal a megengedhető többlet beruházási költsége ~330 000 Ft. A 9. ábra azt szemlélteti, miként változik a megengedhető többletberuházás költsége, ha a kiinduló paraméterek ±30% tartományban megváltoznak.

Amint az a 9. ábrán látható, a legnagyobb változást a CNG és a gázolaj árának vagy a járművek fajlagos fogyasztásának változása okozza. Az ábra azt is mutatja, hogy a gázolaj árának bizonyos szint alá csökkenése esetén már nem szabad a CNG hajtású autót vásárolni. Ha a gázolaj ára a kiinduló árhoz képest 25%-kal csökken, a megengedhető beruházási költség a negatív tartományba lép át.

Járműpark felújítás esetén korszerű dízel vagy LPG autók

Tekintettel arra, hogy az LPG hajtású járművek ~400 000 Ft-tal olcsóbbak, mint gázolajos társaik, a beruházási költségük tekintetében versenytársai lehetnek a gázolajjal üzemelő gépjárműveknek.

Az üzemeltetési költség számításánál a gázolaj átlagos árát 368,5[18] Ft/l értékkel, az LPG árát 220 Ft/liter-rel (2018. január 10.) vettük figyelembe. A CO_2 kibocsátást a LPG esetében 130 g/km, a gázolaj esetében 106 g/km értékkel számoltuk (a nyersolaj termeléstől a motor hajtásig (WTW) számított fajlagos szén-dioxid kibocsátása 2,9 kgCO_2 /liter[19]).

A fentiek alapján megállapítható, hogy az LPG hajtású járművek fajlagos fogyasztása magasabb, mint a dízel gépjárműveké, az üzemanyag ára ugyanakkor (jelenleg) alacsonyabb, emiatt évi 20 000 km/év futás feltételezésével az átlagos éves megtakarítás 16 500 Ft /év.

Ez esetben az ismertetett feltételek mellett az állapítható meg, hogy az olcsóbb LPG járművek alkalmazása, a korszerű dízel járművek helyett üzleti alapon célszerű beruházás lehet. Megállapítható ugyanakkor, hogy az LPG hajtású járművek esetén 20 000 km/év futásteljesítmény esetén a CO_2 kibocsátás évi 480 g-mal nagyobb lesz, mind a dízel autóké.

Járműpark felújítás esetén korszerű dízel vagy elektromos autók

Az elektromos autók esetén két Nissan gyártmányú járművet elemeztünk. Azt feltételezzük, hogy az elektormos fogyasztása 16,5[20] kWh/100 km. A korszerű dízel járművek fogyasztása ~5,7 [21] liter/100 km.

Az összehasonlítás első esetében az elektromos autó támogatás nélküli árával (8 100 000 Ft) számoltunk. A hagyományos dízel üzemű jármű nettó árát 4 275 000 Ft-nak tekintettük, így az elektromos autó többletköltsége 3 825 000 Ft volt. Ilyen kiinduló adatokkal, 24 Ft/kWh és 368,5 Ft/l gázolaj referencia árral számolva a dízel helyett elektromos hajtású autók beszerzési többlet költségének egyszerű megtérülési ideje támogatás nélkül ~11,2 év.

Ez esetben az állapítható meg, hogy az ismertetett feltételek mellett az elektromos járművek alkalmazása, a korszerű dízel járművek helyett üzleti alapon nem megtérülő beruházás. (A számolásban a pénz időértékét nem vettük figyelembe, ami tovább rontja a helyzetet.)

Elektromos autók beszerzése támogatással

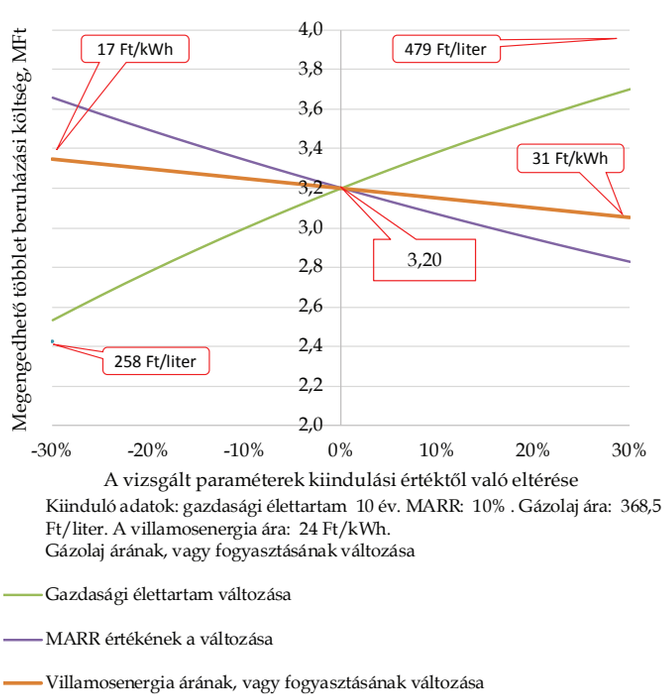
Az elektromos járművek beszerzése mellett szól, hogy a Nemzetgazdasági Minisztérium 2016. év szeptemberében pályázatot írt ki az elektromobilitás elterjedésének ösztönzése érdekében tisztán elektromos személygépkocsik és/vagy legfeljebb 3,5 tonna megengedett legnagyobb össztömegű tisztán elektromos tehergépkocsik megvásárlásának támogatására. A pályázatra többek között a Magyarországon székhellyel vagy telephellyel, vagy fiókteleppel rendelkező gazdasági társaságok is jogosultak. Ezek esetében a pályázati kiírás alapján nyújtott támogatás az Európai Unió működéséről szóló szerződés 107. és 108. cikkének a csekély összegű támogatásokra való alkalmazásáról szóló, 2013. december 18-i 1407/2013/EU bizottsági rendelete szerinti támogatásnak minősül. A pályázati kiírás keretében gazdasági társaságonként legfeljebb öt elektromos gépkocsi beszerzése támogatható. Az „Elektromos gépkocsi katalógusban" szereplő jármű beszerzése esetén a támogatás mértéke a vásárlás időpontjában érvényes bruttó eladási ár 21 százaléka, de legfeljebb 1,5 millió forint.

A támogatás csak bruttó 15 millió forintot meg nem haladó eladási áru elektromos gépkocsi beszerzésére vehető igénybe.

A fenti kiinduló adatokkal, de a lehetséges támogatással számolva az többlet beruházási költség egyszerű megtérülési ideje már 6,52 év.

A megengedhető többlet beruházási költség

Az alábbiakban azt határozzuk meg, hogy a 2018. januárban figyelembe vett referencia villamos energia (24 Ft/kWh) és gázolaj (368,5 Ft/l) árak mellett mennyi lehet az elektromos hajtású gépjármű megengedhető többlet költsége, ha 5,7 l/100 km fogyasztású korszerű dízel jármű helyett 16,5 kWh/100 km fogyasztású elektromos hajtású járművet vásárolunk. A számítások során még azzal



10. ábra. **Érzékenység vizsgálat, MARR = 10%**

[18] https://holtankoljak.hu/ - letöltve 2017. december 6.

[19] http://www.cefic.org/Industry-support/Responsible-Care-tools-SMEs/5-Environment/Guidelines-for-managing-CO2-emissions-from-transport-operations/

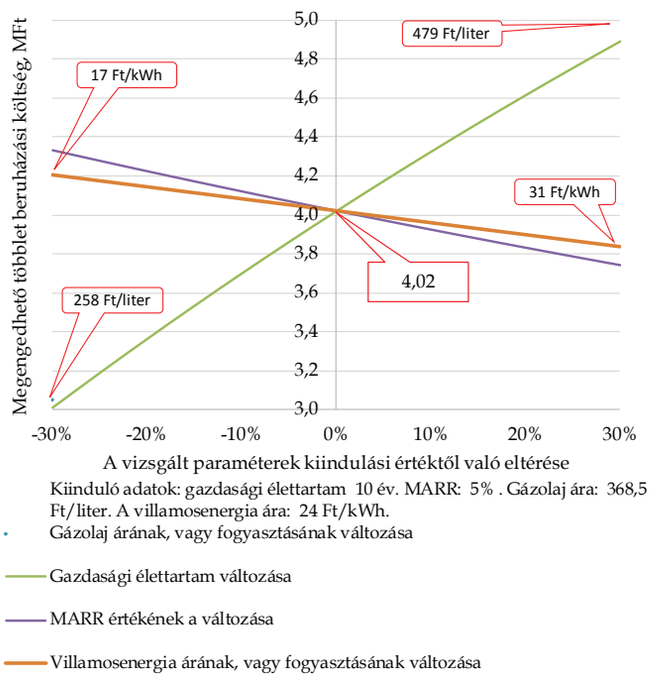
[20] Nissan e-NV200 gyári fogyasztása (elektromos kivitel)

[21] Nissan NV200 gyári fogyasztása (dízel motor)

is számoltunk, hogy a dízel jármű éves karbantartási/ üzemeltetési többlet költsége 20 000 km/év futásteljesítmény esetén 180 000 Ft/év.

A megengedhető többlet beruházási költség meghatározásánál most 10 év gazdasági élettartamot és 10%, illetve 5% minimális elvárt hozamot feltételeztünk. Ezekkel a kiinduló adatokkal az elektromos autó megengedhető többlet beruházási költsége ~3,2, illetve ~4 MFt volt. A 10. és 11. ábra azt szemlélteti, miként változik a megengedhető többletberuházás költsége, ha a kiinduló paraméterek ±30% tartományban változnak.

A gázolaj ár, vagy a fajlagos üzemanyag-fogyasztás növekedésével a megengedhető beruházási költség is nő. A villamos energia árának, valamint a MARR értékének növekedésével csökken ez az érték.



11. ábra. **Érzékenység vizsgálat, MARR = 5%**

Elektromos autók környezetvédelmi haszna a dízellel szemben

Az elektromos autók környezeti haszna elsősorban abban van, hogy a szennyezőket (CO, NO_x, korom) elviszik a felhasználás helyéről, a sűrűn lakott területekről. Globális szinten az elektromos és dízel járművek környezetvédelmi összehasonlítását a fentebb megadott két Nissan gyártmányú jármű feltételezésével végeztük el. 20 000 km éves futásteljesítmény mellett a korszerű **dízel jármű várható CO_2 kibocsátása 3,31 t/év** (5,7 liter/100 km és 16,5 kWh/100 km fajlagos fogyasztásnál). **Lokális szinten ez megtakarításként értékelhető.** Ha azonban a villamosenergiatermelést 0,93 tCO_2 /MWh fajlagos kibocsátással terheljük, **3,07 t/év CO_2 kibocsátást a rovására kell elkönyvelnünk.** Ezzel a ~megtakarítás már csak **0,24 t/év CO_2 (4. táblázat), azaz ~7% kibocsátás csökkenést jelent.**

Az elektromos gépjárműveket érintő további előnyös lehetőségek – mint például a közterületen elhelyezett töltőoszlopok díjmentes használata, díjmentes parkolás – tovább növelik a megtakarítás mértékét, csökkentik a megtérülési időt. Ez az állapot azonban várhatóan csak rövid ideig fog fennállni, valamilyen adó feltételezhetően az elektromos autók töltését is terhelni fogja.

4. táblázat. A korszerűsítési intézkedés által elért becsült eredmények

	Gázolaj, liter/év	Villamos energia, kWh/év	CO_2-kibocsátás t/év	Költség, MFt/év
Bázis érték (jelenlegi állapot)	1140	0	3,31	0,420
Intézkedés utáni érték	0	3300	3,07	0,079
Nettó megtakarítás	1140	-3300	0,24	0,341

Összefoglalás

A fenti elemzések azt mutatják, hogy az alternatív hajtású járművek környezetvédelmi szempontból kedvezőbbek, mint a konvencionális hajtásúak. Gyakorlati szempontból a csomagtér csökkenés és CNG és elektromos töltőállomások sűrűsége miatt alkalmazásuk kedvezőtlen.

Az üzemanyagárak változása miatt a gazdasági szempontok alapján történő döntés rejti magában a legnagyobb kockázatot. Ennek oka egyrészt az energiahordozók világpiaci árának, másrészt a hazai adópolitika bizonytalan változása.

Mindemellett ez esetben is javasolható, hogy a döntéseknél ne csak az üzleti szempontokat vegyük figyelembe, tartsuk szem előtt a környezeti hatásokat is. Ha tehetjük, alkalmazzuk az alternatív hajtású járműveket környezeti levegőnk tisztántartása érdekében.

Irodalom

[1] ECTA (European Communities Trade Mark Association): Guidelines for Measuring and Managing CO_2 Emission from Freight Transport Operations. 2011. évi kiadványa. https://www.ecta.com/Best-Practices-Guidelines Letöltve: 2018. 02. 25.

[2] CSN EN 16258 − Methodology for calculation and declaration of energy consumption and GHG emissions of transport services (freight and passengers)

[3] Büki G.: Energetika. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.

[4] Gács I.: Gazdasági növekedés és klímaváltozás. Magyar Energetika XXII. (2015) 3. sz. p. 2-5.

[5] 410/2012. (XII. 28.) Korm. rendelet az üvegházhatású gázok közösségi kereskedelmi rendszerében és az erőfeszítés-megosztási határozat végrehajtásában való részvételről szóló 2012. évi CCXVII. törvény végrehajtásának egyes szabályairól.

[6] KEOP-2011-4.2.0/B útmutatója a megvalósíthatósági tanulmány elkészítéséhez. Helyi hő és/vagy hűtési igény kielégítése megújuló energiaforrásból c. pályázati konstrukcióihoz.

[7] Kamarás B.: Üvegház Hatású Gázok (ÜHG) szerepe a klímaváltozásban. Energiagazdálkodás, ISSN 0021-0757, 59. évf. 2018. 1-2. sz. 26-28. old.

[8] Szilágyi Zs.: A környezetbarát villanyautó. Energiagazdálkodás, ISSN 0021-0757, 59. évf. 2018. 1-2. sz. 32-33. old.

[9] https://www.tesla.com/models (Megtekintve: 2018. 03. 01.)

Atomerőművek felhasználása tengervíz sótalanítására

Dr. Szondi Egon János
aranyokleveles gépészmérnök, dregonjanos@gmail.com

A cikk általános képet ad a tengervíz sótalanítással történő ivóvíz előállításról. Vázolja a Föld vízkészletét, ezt követően az ENSZ „vizes" döntéselőkészítő bizottsága néhány tagországának helyzetét mutatja be. Ezen bevezetés után ismerteti az atomerőművek tengervíz sótalanítására történő felhasználásának előnyeit a többi módszerrel szemben. A módszer lehetőségeit működő atomerőműves sótalanító berendezések részleteivel mutatja be, és összefoglalja a már elhatározott, illetve a beruházás előkészületi fázisában lévő létesítmények adatait. A cikket az atomerőműves sótalanítás perspektíváinak vázolása zárja.

*

The article gives an overview on the production of drinking water on the basis of seawater desalination. It outlines the water resources of the World, thereafter it shows the situation in some member states of the decision-making „aqueous" committee of the UN. After this introductiory part, it shows the advantage of the use of nuclear power plants for seawater desalination against the other methods. The possibilities of that method is shown by details of the operating desalination plants at NPPs, and by the data of designed or decided facilities. The closing part of the article outlines the perspectives of the desalination by NPPs.

* * *

A sótalanítással ipari méretekben történő ivóvíz-készítésről 1961 óta beszélhetünk, amikor JFK „elindította" a texasi Freeport vízellátó rendszeréhez kapcsolt 1 MGD berendezést. (A sótalanítási témával kapcsolatos alapfogalmak összefoglalója: [1]. 20 MLD-nél nagyobb létesítmények listája: [2]). Mivel a sótalanítás az energetikai szakma határterülete, az ezzel a témával foglalkozó publikációkban sok olyan rövidítés található, melyek az energetikában nem használatosak. Ezek közül ebben a cikkben is előfordulnak:

- MED — Multi Effect Distillation (több fokozatú felületi fűtéses desztillálás)
- MED-RO — Hibrid rendszer. MED, a folytatása RO vagy párhuzamos MED és RO.
- MGD — million gallons per day (millió gallon naponta) 1 MGD ≈ 3,77 MLD
- MLD — million liters per day (millió liter naponta) 1 MLD = 1000 m^3/d
- MSF — Multi Stage Flash distillation (több fokozatú befecskendezéses desztillálás) – Meleg vizet a telítésinél kisebb nyomású térbe fecskendezve egy része azonnal elgőzölög (Flash), amit kondenzálva desztilált víz nyerhető. Több ilyen egység sorba kapcsolható. A vízmelegítés és a nyomás-szabályozás energia-igénye általában 23~27 kWh/m^3.
- MSF-RO — Hibrid rendszer. MSF, a folytatása RO vagy párhuzamos MSF és RO.
- RO — Reverse Osmosis (fordított ozmózis) – A „normális" ozmózis esetén egy félig áteresztő hártya két oldalán ugyanaz az oldat eltérő moláris koncentrációban van. Ekkor az oldószer diffúziója megindul a hígabb oldatból a sűrűbb felé. Ha a sűrűbb oldatra elegendően nagy nyomás hat (többnyire 1,5 és 7,5 MPa között), az oldószer diffundál a hígabb oldal felé. Ennek a módszernek energia-igénye általában 4~6 kWh/m3.
- UF — Ultra Filtration (ultra szűrés). Szűrés meghatározott max. szilárd szennyező-tartalom elérésére.

A Föld vízkészlete

A vízkészlet [3] zöme a tengerek vize, ~97,5%[1], mint azt az 1. ábra torta-diagramjának 1-es szektora mutatja. A ~2,5% egyéb víznek ~70 %-a jég (2) és ~30%-a föld alatti víz (3). Közvetlen fogyasztásra a folyók és tavak ~0,3%-ra becsült felszíni vize (4) alkalmas, ami a Föld vízkészletének mindössze ~0,0075%-a. A helyzetet rontja, hogy ennek területi eloszlása eltér a fogyasztásétól. – A budapesti ivóvíz „parti szűrésű" dunavíz, vagyis a 4-es kategóriába tartozik. A Fővárosi Vízművek honlapján a fogyasztásról nincs adat, csak egy 2008-ban publikált, 2007-es értéket sikerült találni róla [5]: Budapest és az agglomeráció nyári csúcsigénye 774 MLD volt.

Az egy főre jutó évi ivóvíz-fogyasztás sok tényezőtől függ. (Gondoljunk az ugyanabban az éghajlati övben lévő Szaudi Arábiára és a szomszédos Jemenre.) Az ezzel az adattal történő érvelés a politikusok fegyvertárának a része.

A közvetlen fogyasztásra és a mezőgazdaság ellátására használt ivóvíz hiánya miatt kézenfekvő megoldás a tengervíz ihatóvá tétele. A sótalanítás legrégebben használt módszere a desztillálás. Mintegy 15 ezer[2] tengervíz sótalanító üzem van a világon, elsősorban Közép-Keleten és Észak-Afrikában [6], ezek összesen ~40000 MLD ivóvízet állítanak elő. (Jelenleg a legnagyobb üzem a Szaudi Arábia-i Ras Alkhair [7], aminek kapacitása 1000 MLD[3], a budapesti csúcsfogyasztás 1,3-szerese!). A desztillálás hőigényét fosszilis fűtéssel fedezik, az üvegház hatású gázok (ÜHG) kibocsátásával nem törődve [4] (a vízigény fedezése fontosabb, mint a CO_2-höz nem bizonyítva hozzárendelt klímaváltozás). Mint arról alább részletesen szó lesz, nukleáris energia felhasználásával történő sótalanítás esetén nincs ÜHG kibocsátás.

Az ENSZ tevékenységről

A vízhiány sok humanitárius következménye közül csak egyet kiemelve: a tömeges migráció a vízzel ellátott területek felé irányul. Érthető, hogy az ENSZ döntéselőkésztő bizottságokat hozott létre mind a vízhiány okozta gondok [10], mind a migráció kezelésére. (A két bizottság javaslatai „köszönő viszonyban sincsenek" egymással.) Magyarországot a vizes bizottságban a legmagasabb szint,

---

1 [4] becslése ~97,2%. Ez az eltérés jelentéktelen, de mutatja a különböző forrásokból származó adatok biztosra nem vehető voltát.

2 [4] 18 ezerről tud

3 Üzemmódja hibrid: desztillálás + RO, villamos teljesítmény-felvétele 2400 MW, saját erőműből [7], a hőigényt nem közölték. A második legnagyobb a csak RO módszert használó izraeli Sorek létesítmény: 624 MLD [8].

4 A Föld ÜHG kibocsátásának 22%-a Kínából ered, USA 17%, India 5%, Oroszország 5%, többi < 5%. Néhány adat az egy lakosra jutó ÜHG kibocsátásról (önkényes egységben): USA, a környezetvédelem fekete bárány a 18,0; Közép-Kelet országai: Qatar 49,0, Kuwait 30,1, Arab emiratus 25,0, Bahrain 21,4, Oman 17,3. [9] – A [9] publikáció címében szereplő Tadzsikisztán 0,47.

a köztársasági elnök képviseli. Igaz, hogy a vízellátás megoldása tipikus mérnöki feladat, de – egyesek szerint – jogászi végzettség is elegendő hozzá [11].

Néhány országot a sajtó külön kiemelt a bizottsági tagok közül [12]. Ábécé sorrendben: Banglades, Dél-Afrikai Köztársaság, Hollandia, Jordánia, Mexikó, Peru, Tadzsikisztán. Ezek szerepe eltérő a tengervíz sótalanításban. Rövid helyzetkép:

1. ábra. **A Föld vízkészlete**
1-(világos szürke) tengervíz
2-(fehér) jég
3-(sötét szürke) föld alatti víz
4-(fekete) folyók és tavak vize

Banglades: A számtalan apró (napi néhányszor 10 liter vizet sótalanító) berendezést követően a Qatar Charity NGO [13] támogatásával 2016-ban megkezdődött a Paigasa Desalination Plant beruházása [14]. A teljesítményéről csak annyit tudni, hogy „produces around 80,000 liters of water for drinking and home use", vagyis sem ipari, sem mezőgazdasági felhasználásról nincs szó. Ha napi termelése ennyi, az csupán 0,08 MLD, ha óránkénti ennyi, az már 1,92 MLD, ami viszont még mindig jelentéktelen az iparág szempontjából. Ráadásul az alkalmazott rendszert sem ismertetik (hacsak nem arabul vagy bengáliul).

Dél-Afrikai Köztársaság: A vízhiány Cape Town-ban olyan akut probléma, hogy a Zero Day idejének előrejelzése (2018. április 22.?, május 11.?) amikor lekapcsolják a városi vízművek hálózatáról az agglomeráció településeit, a napisajtó állandó témája. Jóllehet a lakosság vízfogyasztása egy év alatt 34%-kal csökkent, a víztárolókban már 30%-nál is kevesebb a tartalék [15]. Gyors megoldásként a „sok millió rand[5]-os" Sea Harvest's desalination plant (RO; 1,15 MLD) 2018 március végén üzembe lépett. Folytatásként még két ideiglenes berendezést létesítenek rövid időn belül [16], összesen 18 MLD termeléssel. A városi önkormányzat intézkedéseit magánerőből is támogatják. Példa erre, hogy az egyik nagy szálloda-lánc saját sótalanítókat létesít, hogy vendégforgalmuk ne csökkenjen a korábbi évi 1,6 millió alá a már bevezetett vízkorlátozás miatt [17]. – A Koeberg NPP [18], Afrika egyetlen atomerőműve (1860 MW, PWR), Cape Town ivóvíz-hiányának kezeléséhez azzal járul hozzá, hogy 2018. február 14-én üzembe lépett az erőmű által fogyasztott, ivóvízhez közeli minőségű víz kiváltására talajvizet kezelő sótalanító berendezésük [19]. A saját célú tengervíz-sótalanítás is szerepel terveik között. (Az erőmű csak 35 km-re van CT központjától, tehát a CT számára történő ivóvíz-előállítás is realitás.)

Hollandia: Az ország nagy része a tengerszint alatt van[6]. Ez azzal jár, hogy a talajvíz pótlása tengervíz, tehát a lakossági vízellátás bázisa ezeken a területeken tengervíz sótalanítás. (Másutt felszíni vízforrásokat hasznosítanak, természetesen megfelelő kezeléssel.) – Az ENSZ bizottságban a többi résztvevőhöz képest a „másik oldalon" vannak. Ezt bizonyítja, hogy a [20] oldal 43 sótalanító berendezést (is) gyártó céget sorol fel. Ezek termékei mind bel-, mind külföldön megtalálhatók.

Jordánia: 2017 március 18-án Aqabában 12 MLD-vel üzembe helyezték az első sótalanító üzemet [21], melynek évi termelése ~5 millió m^3. A tervezett max. teljesítményről nincs adat. Az éghajlat miatt egyenletes termelést feltételezve: ~5000/365 ≈ 16 MLD. Az ünnepségen bejelentették a létesítmény bővítését, bár az igényeket jelenlegi formájában is kielégíti 2035-ig. A teljes energiafogyasztást biogáz és napelemek fedezik.

Mexikó: A 2016. októberi hivatalos információ [22] nagyratörő tengervíz sótalanítási tervekről számolt be. A Csendes Óceán, illetve a Kaliforniai Öböl partjára tervezett létesítmények legfontosabb adatait az 1. táblázat foglalja össze. Az akkor már épülő Ensenada BC létesítmény néhány érdekessége: az RO technológia inputja Ø 914 mm csövön érkező 700 l/s tengervíz, az amiből készült 250 l/s, csúcsban 300 l/s ivóvizet 18 km távolságra Ø 508 mm csövön szállítanak el. A 400 l/s „hulladékvizet" Ø 610 mm vezetéken részben a tengerbe viszik vissza, részben a talajon terítik szét. A napi termelésre nincs adat (az RO szűrőket rendszeresen tisztítani kell), 20 óra üzemidőt felvéve 18~22 MLD lehet. – Figyelemre méltó az állami támogatás korlátozott volta, ennél a létesítménynél 31,3%, a többinél max. 40%-ot irányoznak elő.

Magyarország: Nem szabad kihagyni a tengervíz sótalanító (?) berendezések fejlesztéséhez nyújtott magyar hozzájárulás ismertetését. Az IWAT (Intelligent Water Aid Technology) konténerekbe szerelt, napelemes energiaellátást használó rendszer [23] mindössze 0,03 MLD ivóvizet termel. „Modular water purification technology designed to the raw water contaminants" – sem a gyártó honlapján, sem a rendszert ismertető brosúrában nincs adat arról, mi a működési elve, milyenek a nyersvíz összetételi határai, és az IWAT miért jobb pl. a tengervíz sótalanításra alkalmas RO-nál.[7] A fejlesztés

[5] Tájékoztató átszámítás: 12 ZAR ≈ 1 USD

[6] A belvíz eltávolítására létesültek a híres „szélmalmok", azaz szivattyútelepek.

[7] A szerző tájékoztatást kért a fejlesztő Aquaprofit-tól. Az e-mail-re: „T. Cím! Mivel sem honlapjukon, sem az onnan letöltött brosúrában nem találtam az IWAT működéséről mérnöki szintű információt (pl. folyamatábrát adatokkal, a kezelhető vizek kémiai, mechanikai és biológiai összetételi határait), kérem küldjék el azt e-mail címemre, hogy megismerhessem, mi termékük újdonsága. Amihez eddig hozzájutottam, laikusoknak való." a kézirat leadásáig nem érkezett válasz.

1. táblázat. A legnagyobb mexikói tengervíz sótalanítók (2016. okt.)

	Termelés		Beruházási költség millió MXP*		
	l/s	MLD	állami	privát	totál
Ensenada BC (épül)	250	~18	162	355	517
La Paz BCS (jóváhagyva)	200	~15	218	327	545
Tijuana BC (I-II)	1000	~72	440	660	1100
Ensenada BC (La Mision)	250	~18	120	180	300
Los Cabos BCS (Amp.)	200	~15	120	180	300
San Carlos (Son)	100	~7	100	150	250
*Tájékoztató adat: 1000 MXP ≈ 55 USD.					

furcsasága, hogy az 58% állami támogatást nem egy mérnökökből álló zsűri itélte oda, hanem egy atomfizikus egyszemélyi döntése volt [24].

Peru: A közelmúltban kezdődött meg az ország első ivóvizet előálltó sótalanító üzemének 24 hónapra tervezett létesítése [25]. A hír forrása megkérdőjelezhető: az újság nem perui, hanem chilei. Az egyetlen adat „400 l/s sótalanító létesítmény". Ennyit dolgoz fel? Hogyan? Ha ez a termelése és nem RO (tehát nem kell tisztítani), nagyságát 34,6 MLD jellemzi. – Érdekesség, hogy 2007-ben megtiltották az egyik bányavállalatnak a közeli folyó vízének ipari célra történő hasznosítását (a mezőgazdaság támogatása), a pótlásra 60 l/s (5,2 MLD) tengervizet sótalanítanak, egy holland cég által létesített RO üzemben. A távvezeték hossza 40 km, a szintkülönbség 1850 m [26] – a hidrosztatikus nyomáskülönbség 18,5 MPa.

Tadzsikisztán: A 2030-ig terjedő Nemzeti Fejlesztési Stratégia szerint az ivóvíz-igény a vízkészlet 5%-a [27]. A közmű-hálózat hiányzik, a vízminőségről nem esik szó. Ennek pótlása, azaz a minőségi vízhiány szakemberek által történő detektálása egyszerű feladat lenne. A megoldás megtalálása annál bonyolultabb. Példa: a 93 oldalas, internetről letölthető, a legjobb gyakorlatot leíró Best Practices c. „tankönyvben" [28] az RO rövidítés nem is fordul elő. Lásd még: [8].

Az atomerőműves sótalanítás módszerei

„Tankönyvként" használható a nukleáris sótalanítás megismeréséhez a NAÜ összefoglaló kiadványa, ami már 18 éves, tehát a legújabb módszereket (pl. RO) nem tartalmazhatja [29]. A jelenlegi helyzetről – sajnos nagyon kevés adattal – a [30] ad képet.

Tulajdonképpen az energiaforrás eltérésén kívül nincs különbség a „megszokott" sótalanítás eljárásaihoz képest. A desztillálás hőigényét az erőmű gőzturbináinak megcsapolásából fedezik, ezzel az erőmű entalpia-alapon számolt hatásfoka nő. A MED vagy MSF vákuumszivattyúit és/vagy az RO nyomásfokozó szivattyúit az erőmű helyben termelt árama hajtja, tehát nincs távvezetéki veszteség. Az RO-ból kilépő (nem ivó-) vizet energiájának részbeni visszanyerése végett turbina-hajtásra hasznosítják, az onnan távozó víz kerül vissza a tengerbe. Egyetlen konstrukciós különbségről lehet csak beszélni, erről a környezetvédelmi elemzés után lesz szó.

A környezetvédelem szempontjából az atomerőműves sótalanításnak nincs versenytársa. Nincs közvetlen CO_2 kibocsátás és nincs az üzemanyag-ellátás (pl. szállítás) okozta környezetszennyezés. 2016-ban az üzemelő sótalanító létesítmények összes kapacitása 88600 MLD volt [31]. Egy ennek ½ %-át termelő, csupán 443 MLD teljesítményű, a budapesti igénnyel összemérhető nagyságú *fiktív* MED-RO létesítmény CO_{2e} kibocsátásáról a 2. táblázat tartalmaz adatokat. Budapesten a szélerőművek elképzelhetetlenek, a „vízerőmű" tiltott kifejezés, ezért a geológiai adottságok miatt legkedvezőbb zöld megoldást, a geotermikus erőműves sótalanítást lehet összehasonlítani az atomerőműves megoldással. 60 év élettartammal számolva, minden felújítást figyelembe véve *a geotermikus erőműves sótalanítás ÜHG lábnyoma*

2. táblázat. Egy 443 MLD sótalanító teljes életre számolt napi átlag ÜHG lábnyoma
([31] adatainak felhasználásával; átszámítás: 3,5 kWh_e/m^3)

Üzemanyag	Üvegház-hatású gázok (ÜHG) termelése, illetve kibocsátása		
	g CO_{2e}/kWh_e	g CO_{2e}/m^3	t CO_{2e}/d
Szén	1023	3580	1586
Olaj	780	2729	1209
Földgáz	606	2121	940
Biomassza	86	300	133
PV naperőmű	71	248	110
Geotermikus	67	233	103
Szél	31	109	48
Vízerőmű	25	89	39
Atomerőművek	14	49	22

$$60\times365{,}25\times(103-22) = 1\,775\,115 \text{ t } CO_{2e}$$

(közel 2 millió tonna) *többletet jelent az atomerőműves sótalanításhoz képest.* (A Közép-Keleten használt olajos fűtés helyett atomerőműves rendszerre áttéve 26 millió tonnával csökkenne ennek az egyetlen létesítménynek a lábnyoma...)

Sok város távfűtése történik atomerőművekből. Például az Orosz Federációban 8 városban alkalmazzák ezt a megoldást (belojarszki, bilibinói, kalinyini, kolai, kurszki, novovoronyezsi, Szent Pétervár-i Leningradskij és szmolenszki erőművek) [32], 8 ország 63 erőműblokkjára[8] hivatkozik a [33] előadás. A távfűtés forró vízzel történik, aminek az erőmű szekunder köri gőzrendszeréből vett gőzzel történő előállítása régóta nem probléma. Ezzel szemben a sótalanítás új típusú feladatok megoldását kívánja.

A sótalanítás desztillációs fázisának legnagyobb hőmérséklete általában 120 ºC körül van [34]. A részleteket (több fokozat, mindegyikben az előző fokozat hulladékhőjének hasznosítása) elhanyagolva felvehetjük, hogy a párolgáshő ⅓ része elegendő a nyersvíznek, ami a sótalanított víz kb. kétszerese, kb. 30 K felmelegítéséhez.

A fenti példát folytatva: a bejövő tengervíz mennyisége $2\times443\times10^6$ kg/d, vagyis 10255 kg/s. A felvett hő $\sim10255\times30\times4{,}2 = 1{,}29\times10^6$ kJ/s. A párolgáshő 2202.15 kJ/kg [35], tehát a fűtőgőz mennyisége $⅓\times1{,}29\times10^6 / 2202.15 \approx 195$ kg/s. A száraz telített gőz fajtérfogata (az 1~2 % vízfázissal nem törődünk) ~0,8913 m^3/kg [35], ezzel a fűtőgőz térfogatárama ~173,8 m^3/s. A szokásos 40 m/s körüli gőzsebességgel Ø 1200 mm névleges csőátmérőt kapunk. Az egyébként is zsúfolt turbina-gépházból ekkora vezetéken át a fűtőgőzt a nagy helyigénye miatt az erőműtől távol telepített desztilláló egységhez eljuttatni reménytelen kísérlet lenne. A feladat megoldására kidologozott módszer szerint a gépházban zárt rendszerben cirkuláló vizet fűtenek, azt vezetik a desztilláló egységhez, ahol ezzel a vízzel fejlesztik a fűtőgőzt.

[8] Köztük Paks I négy blokkjára

3. táblázat. Kínai atomerőműves sótalanítók [44] adatai alapján

Erőmű adatai				Sótalanító adatai		
Atomerőmű	**Teljesítmény MW**	**Rendszer**	**Státusz (2016)**	**Termelés MLD**	**Rendszer**	**Szállító**
Hong Yanhe	6×1119	PWR	3 üzemel 3 épül	15	UF+ RO	Hangzhou water treatment technology development center, China
Haiyang	2×1250	PWR	épül	16,8		
Xudabu	2×1080	PWR	tervezés	11,5		
Shidao Bay	1×211	HTGR	épül	3		
Sanmen	2×1250	PWR	épül	8,5		Sunrui marine environment engineering Co.,Ltd., China

Megvalósított sótalanító atomerőművek

Oroszország 4000 (4150) MW

Az ismertetés első helyére Oroszország nem csak azért kerül, mert a sótalanító atomerőművek villamos teljesítménye itt a legnagyobb, hanem azért is, mert nagyon korán kezdték: az 150 MW-os Aktau atomerőmű (Kazahsztánban, a volt szovjet tagköztársaságban Sevcsenko néven létesült) 1972-től 1998-ig termelt 120 MLD vizet [32]. (A leálltott erőmű pótlásáról még vitatkoznak: honnan?, hová?, milyent?, mikor? [36].) Ez a sótalanító atomerőmű eltér az összes többitől: BN-350 típusú, ipari méretű kisérleti gyors tenyészreaktor volt a hőforrása a Mangyshlak „kombinált erőmű és tengervíz sótalanító létesítménynek" [37],[38], a Káspi Tenger partján. (A gyors tenyészreaktorok több hasadóképes üzemanyagot – főleg plutóniumot – állítanak elő, mint amennyit elfogyasztanak. Áttekintő ismertetés: [39].) Az erőmű történetéről bővebben: [40], ahol linkek találhatók további részletekhez, beleértve a nagyobb típus-változatokat is. Az üzemanyag ^{235}U-ban erősen dúsított (átlagosan ~20%) UO_2, pálca formában. A reaktor 3-körös: a reaktorban aktiválódó folyékony nátrium hűtőközeggel fűtik a második, inaktív kör szintén folyékony nátrium hőhordozóját (ezzel megakadályozva a Na + H_2O üzemzavari találkozásakor radioaktív nátrium-vegyületek létrejöttét), végül a harmadik kör a Na-fűtéses gőzfejlesztés (2. ábra [41]).

A Rosztovi atomerőmű nyomottvizes reaktorokkal üzemel (nemzetközi rövidítése PWR, orosz VVER[9]). A blokk-teljesítményre utal a VVER-1000 jelzés (1000 MW). A negyedik egységet 2018. február 1-jén Putyin elnök léptette üzembe [42], ezzel teljesítménye 4000 MW-ra nőtt. A MED elven működő sótalanító termelése 96 MLD [32].

A témához kapcsolódik, hogy egyedül Oroszország üzemeltet atom-meghajtású jégtörőket, melyek fejlesztés alatt álló új típusának hajtása egy 60 MW-os (175 MW_t) törpe erőművel történik. Az ivóvíz előállítása is a rendszer része [43].

Kína 3357 MW

A 3. táblázatban összefoglalt adatok szerint Kínában 2016-ban a Hong Yanhe NPP három 1119 MW-os PWR blokkjához kapcsolt sótalanító egység volt üzemben 15 MLD termeléssel [44]. A sótalanítók UF + RO rendszer alapján működnek, mindegyik kínai gyártású.

USA 2256 (4966) MW

Jelenleg csak a 1138+1118 MW-os PWR rendszerű Diablo Canyon NPP erőműben [45] történik sótalanítás. Ez az erőmű nem fogyaszt „tiszta" vizet [46], mivel a teljes 0,675 MGD igényt tengervízből fedezik (UF+RO). – A szintén kaliforniai, 456+2×1127 MW-os San Onofre PWR atomerőmű (SONGS) 2013-as leállítása óta az olaj- és gáztüzeléses, 950 MW-os Encina erőmű fedezi az 50 MGD sótalanító energiaellátását.

India 470 MW

Indiának a nem-nukleáris tengervíz-sótalanítás terén nagy hagyományai vannak. Elegendő két létesítményt név szerint megemlíteni a https://en.wikipedia.org alapján:

Minjur_Seawater_Desalination_Plant, RO, 100 MLD.

Nemmeli_Seawater_Desalination_Plant, RO, 100 MLD.

A kísérleti munka kiterjed a kishőmérsékletű sótalanítotásra, ami a hatásfok-javításnak egyik eszköze [47]. A munka az indiai félsziget déli csúcsához közeli North Chennai[10] Thermal Power Station-ban, ipari méretekben folyik. Érthető, hogy az atomerőművi sótalanítást is alkalmazni kívánják. (Az indiai atomerőművek összes kapacitása 2007-ben 3900 MW volt, 2800 MW pedig épült [48]). A várostól délre lévő, nyomott-nehézvizes (PHWR), két blokkos, összesen 470 MW-os Madras Atomic Power Station atomerőműhöz kapcsolt MSF-RO rendszerű sótalanító a sajtó szerint [49] 4,5 MLD kapacitással „a világ legnagyobb nukleáris sótalanító üzeme", ugyanekkor a hivatalos adat szerint a demonstrációs célú létesítmény 6,3 MLD vizet állít elő [50].

Pakisztán 90 MW

Karachi közelében az 1971 óta üzemelő, eredetileg 100 MW-os, de életkora miatt 90 MW-ra engedélyezett Karachi 1 PHWR erőműhöz kapcsolva működik 2012 óta egy 4,8 MLD-re tervezett MED sótalanító, ami 2014-re elérte az 1,6 MLD értéket [51].

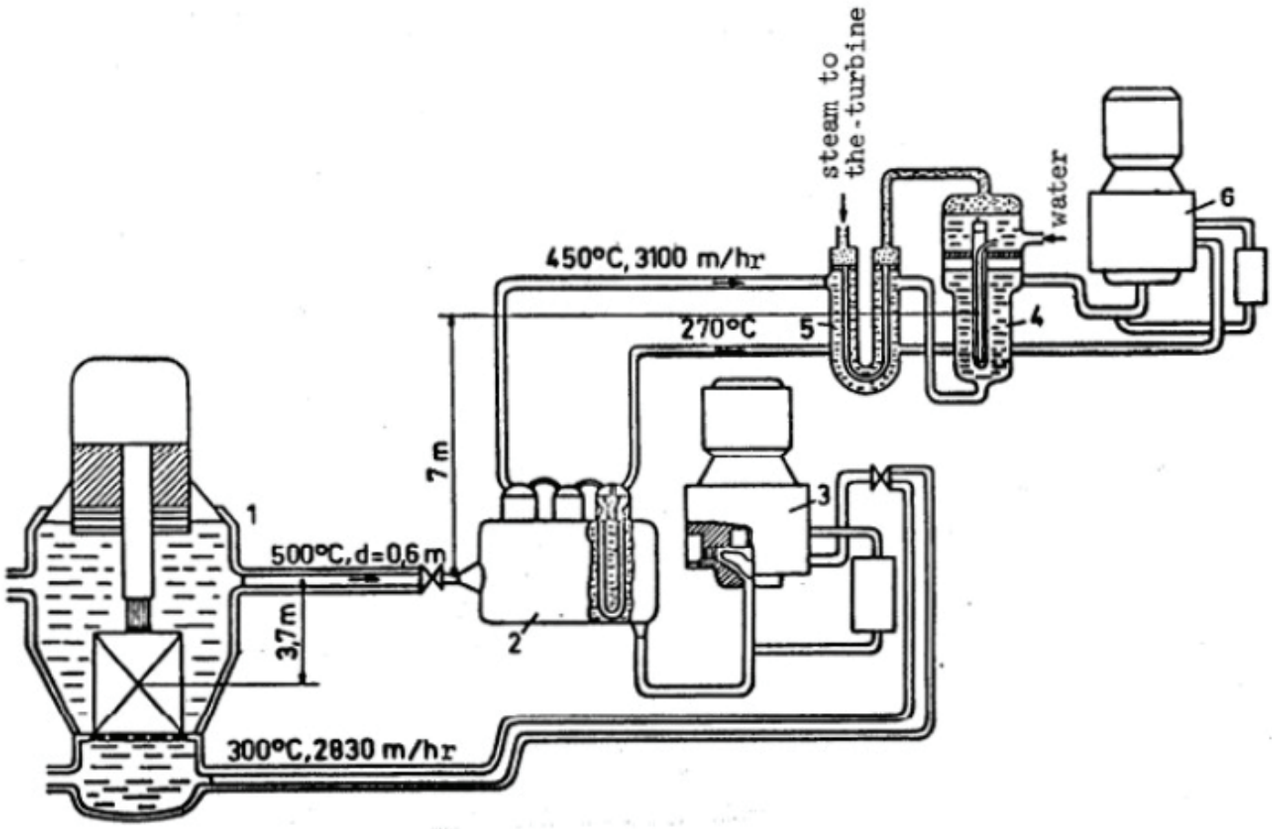
Japán ? MW

~10 sótalanító üzem működött a Fukusima baleset előtt, PWR reaktorokhoz kapcsolva, összesen ~10 MLD kapacitással, ~100 reaktor-év üzemidővel [30]. Az atomerőműves sótalanítás jelenlegi helyzetéről csak ellentmondásos információ érhető el.

- A Fukusima I atomerőműben a 2011. március 11-én, helyi idő szerint 14:46-kor bekövetkezett tóhokui földrengés és az azt követő cunami romboló hatásai súlyos nukleáris üzemzavarok és -balesetek sorozatát indították el (INES 7. fokozat) [52].
- Az üzemzavart követően az eltérő politikai irányzatú kormányok leállították az összes, majd 2014-ben engedélyezték az atomerőművek egy részének újra indítását [53].

[9] Ezek ismertetésére felesleges lenne kitérni, hiszen a sótalanítás szempontjából egyformák. (Az Energiagazdálkodás minden olvasója ismeri Paks 1 VVER-440 reaktorait.)

[10] A város régi neve: Madras



2. ábra. **A BN-350 reaktor hűtőkörei (1 a 6-ból).** Forrás: [41]
1-reaktor; 2-Na-Na hőcserélő az 1. és 2. hűtőkör között; 3-primerköri keringető szivattyú; 4-gőzfejlesztő (a 2. és 3, hűtőkör között); 5 túlhevítő; 6-szekunderköri keringető szivattyú

- Nonszensz, de megtörtént eset. A japán Nuclear Regulatory Agency biztonsági előírásai „legszigorúbbak a Földön", az ezeket teljesítő Ikata NPP [54] 3. blokkja (PWR, 890 MW) újraindítása 2017-ben megtörtént. A területileg illetékes bíróság (az anti-nukleáris lobbi kezdeményezésére) december 13-án előírta a blokk leállítását. Indoklás: 90 ezer évvel ezelőtt volt egy akkora vulkánkitörés az erőmű helyétől 130 km-re, amekkora nem szerepel a biztonsági szabályokban [55]. Megjegyzés: ilyen kitörés 300 ezer évenként egyszer várható. (A tiszta kép érdekében: a Homo Sapiens migrációja 35–25 ezer évvel ezelőtt jutott el a japán szigetekhez [56].)

A NAÜ illetékes szakembere 2016-ban 9 sótalanításra (is) használt blokkról írt [33], de megnevezés nélkül. Ennek következménye, hogy típusuk, teljesítményük és a sótalanító üzem teljesítménye a cikk lezárásáig nem volt kideríthető. Egyébként 2017 decemberéig csak 5 blokk üzemelt, valamint 4 kapott engedélyt az újraindításra [57].

Épülő és tervezett sótalanító atomerőművek

Kína 8568 (10728) MW

A 3. táblázatban összefoglalt adatok [44] szerint Kínában 2016-ban a Hong Yanhe NPP három 1119 MW-os PWR blokkjához másik három épül, valamint a Sanmen NPP és a Haiyang NPP két-két 1250 MW-os PWR blokk-kal történő bővítése folyamatban volt. A 211 MW-os, HTGR típusú Shidao Bay NPP jelenleg szintén épül. A két 1080 MW-os PWR reactorral létesülő Xudabu NPP tervezése most folyik. – A HTGR a IV. generációs reaktorok egyik csoportjának neve (High Temperature Gas-cooled Reactor). Ezek közös jellemzője, hogy nagy (~750 ºC vagy akár ~1000 ºC-t megközelítő) hőmérsékleten üzemelnek. Közülük sok a grafit-moderátoros termikus, az uránnál sokkal több rendelkezésre álló tóriumot feldolgozó $^{232}Th \rightarrow {}^{233}U$ tenyészreaktor[11]. A fejlesztési munka céljai között szerepel a moduláris kis teljesítményű erőműblokkok kidolgozása. A gázhűtésű nagyhőmérsékletű reaktorok áttekintése: [58].

Egyiptom 2380 MW

Orosz szállítással tervezik a két (VVER-1200 kategóriájú) AES-2006 típusú blokkal az El-Dabaa NPP erőművet, 180 MLD sótalanítóval kiegészítve [30].

USA 2256 MW

A Diablo Canyon Power Plant két üzemelő PWR blokkjához terveznek sótalanító üzemet létesíteni [33], de ennek nagyságáról nincs adat. A helyzetet bonyolítja, hogy a két blokk üzemeltetési engedélye 2024-ben, illetve 2025-ben lejár [45].

Törökország 1114 (4456) MW

Megkezdődött az Akkuyu atomerőmű 4 db VVER-1200 blokkja közül az első építése, amit a 2018-ban aláírt államközi szerződés alapoz meg [59]. A többi blokk még tervezési fázisban van. A sótalanító termelése 13 MLD [32],

Az atomerőműves sótalanítás perspektívája

Friss áttekintés (2017. december) található a [30] publikációban. (A téma iránt érdeklődőknek ajánlott ennek a publikációnak letöltése és tanulmányozása.) A dokumentum legfontosabb megállapításai:

[11] A BN-sorozatban nem termikus-, hanem gyorsneutronok végzik a hasítást.

- Az ivóvíz hiánya a Föld nagy részén gátolja a fejlődést.
- Az atomerőműves sótalanítás már létező technológia és a jelenlegi használatnak sokszorosa a potenciális lehetőség.
- A nukleáris sótalanítás lényegesen olcsóbb a hagyományos fűtéssel működő megoldásnál[12].
- Nem csak tengervizet, hanem más eredetű, akár a szennyvizet is fel lehet dolgozni.

A fent név szerint említett sótalanító atomermű között több kis teljesítményű van (< 300 MW), ami igazolja a publikációnak a megállapítását: „Small nuclear reactors {are} suitable for desalination".

Sok, most még bizonytalan technológiájú sótalanító létesítmény felsorolása is megtalálható ebben a publikációban, pl. mezőgazdasági (öntözési) céllal. Ezek nagy hányada megfelel atomerőműves energiaellátásra (a környezettől függően kis- vagy nagy teljesítményű blokkokkal).

A működő, épülő és tervezett sótalanító atomerőműveknek az előző szakaszokban olvasható listája alátámasztja a dokumentum megállapításait

.

Hivatkozások[13]

[1] https://thisdayinwaterhistory.wordpress.com/tag/seawater-desalination/
[2] https://en.wikipedia.org/wiki/Desalination_by_country
[3] http://www.unwater.org/statistics.html
[4] http://www.4-network.org/desalination-past-present-future/
[5] http://www.origo.hu/gazdasag/hirek/20080603-megugrott-a-fovaros-vizfogyasztasa.html
[6] http://teachnuclear.ca/all-things-nuclear/other-nuclear-applications/food-andwater/water-desalination/
[7] https://en.wikipedia.org/wiki/Ras_Al-Khair_Power_and_Desalination_Plant
[8] http://www.ide-tech.com/blog/b_case_study/sorek-project/
[9] UNDP National Human Development Report 2012. Tajikistan: Poverty in the Context of Climate Change. Dushanbe 2012.
[10] http://magyarhirlap.hu/cikk/102442/Ader_Janos_Viz_es_elelem_nelkul_beke_sincsen 2017.11.07
[11] https://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%81der_J%C3%A1nos
[12] http://nepszava.hu/cikk/1106675-vizvalsagra-figyelmeztetett-ader-janos
[13] https://en.wikipedia.org/wiki/Qatar_Charity
[14] http://www.gulf-times.com/story/510447/QC-sets-up-desalination-plant-in-Bangladesh
[15] https://www.biznews.com/briefs/2018/01/11/cape-town-drought-water-supply/
[16] http://ewn.co.za/2018/02/09/city-of-ct-to-have-three-temporary-desalination-plants
https://www.news24.com/SouthAfrica/News/rush-to-get-cape-towns-temporary-desalination-plants-online-20180201
[17] https://www.biznews.com/sa-investing/2018/02/08/15-sun-desalination-plant-cape-town/
[18] https://en.wikipedia.org/wiki/Koeberg_Nuclear_Power_Station
[19] https://www.timeslive.co.za/news/south-africa/2018-02-14-koeberg-power-station-launches-desalination-plant/
[20] https://www.environmental-expert.com/companies/keyword-water-desalination-2369/location-netherlands
[21] http://www.19danembassyus.org/blog/19dan-s-first-water-desalination-plant-opens-aqaba
[22] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/152419/Strategic_Projects_-_October_2016.pdf
[23] http://www.aquaprofit.com/Index.aspx?MN=IWATmenu&LN=Hungarian
http://www.aquaprofit.com/download/iwat_brochure.pdf
[24] https://hu.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1link%C3%A1s_J%C3%B3zsef_(fizikus)
https://index.hu/gazdasag/2018/03/22/ader_janos_palinkas_jozsef_viz_vilagtalalkozo_viztisztito/
[25] https://www.bnamericas.com/en/news/waterandwaste/peru-building-limas-first-desalination-plant1
[26] http://www.waterworld.com/articles/wwi/2015/12/veolia-wins-o-m-contract-for-peru-mine-desalination-plant.html
[27] http://nafaka.tj/images/zakoni/new/strategiya_2030_en.pdf
[28] http://www.tajwss.tj/new/images/part_one_ruslan_en.pdf
[29] https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TRS400_scr.pdf
[30] http://www.world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/industry/nuclear-desalination.aspx
[31] https://www.iaea.org/NuclearPower/Downloadable/Meetings/2017/2017-05-29-05-31-NPTDS/D1-06-USA-Mr.Leon.pdf
[32] https://www.iaea.org/NuclearPower/Downloadable/Meetings/2016/2016-03-14-03-16-NPTDS/Russia_Fed1.pdf
[33] https://www.iaea.org/NuclearPower/Downloadable/Meetings/2016/2016-05-23-05-25-NPTDS/02.IAEA-NEApp-Khamis.pdf
[34] https://es.scribd.com/document/367680859/The-Development-of-MSF-Desalination
[35] W. Wagner, H-J. Kretzschmer: Properties of Water and Steam. 2nd Edition. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008. ISBN 978-3-540-21419-9
[36] http://factsanddetails.com/central-asia/Kazakhstan/sub8_4e/entry-4675.html
[37] http://www.okbm.nnov.ru/english/component/content/article/6--/113-35-reactors
[38] http://www.nti.org/learn/facilities/456/
[39] http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/fastneutron-reactors.aspx
[40] https://en.wikipedia.org/wiki/BN-350_reactor
[41] http://mragheb.com/NPRE%20457%20CSE%20462%20Safety%20Analysis%20of%20Nuclear%20Reactor%20Systems/Steam%20Generator%20Leakage%20at%20the%20BN-350%20Desalination%20Plant.pdf
[42] http://en.kremlin.ru/events/president/news/56767
[43] A. V. Dobrokhotov: Multi-purpose nuclear icebreaker UAL-60. Obedinennaya Sudostroitelnaya Korporaciya, Moscow, May 31, 2016.
[44] https://www.iaea.org/NuclearPower/Downloadable/Meetings/2016/2016-03-14-03-16-NPTDS/China.pdf
[45] https://en.wikipedia.org/wiki/Diablo_Canyon_Power_Plant
[46] https://www.forbes.com/sites/jamesconca/2015/06/09/californias-megadrought-nuclear-power-to-the-rescue/#18f3c46441fb
[47] https://www.hindustantimes.com/health/india-set-to-launch-national-mission-on-desalination/story-G5pOUgNwEY8RlwjvlOfmLL.html
[48] http://www.worthview.com/list-of-nuclear-powerresearch-plantsreactors-in-india/
[49] https://46iknews.com/asia/201702091050512948-india-water-desalination/
[50] http://www.barc.gov.in/pubaware/water1.html
[51] http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/pakistan.aspx
[52] https://hu.wikipedia.org/wiki/Fukusimai_atomer%C5%91m%C5%B1-baleset
[53] https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_nuclear_reactors#Japan
[54] https://en.wikipedia.org/wiki/Ikata_Nuclear_Power_Plant
[55] http://www.asahi.com/ajw/articles/AJ201712140031.html
[56] https://hu.wikipedia.org/wiki/Ember#/media/File:Map-of-human-migrations.jpg
[57] http://eneken.ieej.or.jp/data/7764.pdf
[58] https://www.iae.or.jp/htgr/pdf/05_newsletter/05_2/05_2_rahp_No15_201603_en.pdf
[59] http://www.rosatom.ru/en/press-centre/news/jsc-akkuyu-nuclear-designated-strategic-investor-in-turkey/

[12] A melléktermék is hasznosítható: a háziasszonyok megveszik a drágább „tengeri sót" a bánya-só helyett.

[13] A könnyű elérhetőség érdekében a papír-alapú és elektronikus referenciák közül az utóbbi van megadva.

Villamosenergia-ellátásbiztonság az EU-ban a 2020-as években

Dr. Molnár László
okl. gépészmérnök, lmolnar@t-online.hu

The article shows how power generating capacities will change in the EU in the next years. Capacities in coal, oil and nuclear power plants are expected to decrease by a total of 83 GW while natural gas and renewable capacities will grow by 168 GW. In 2017 the EU only had 4 major net exporter countries. If the current EU energy policy is upheld, by the early 2020-ies even France and Germany will need to import energy due to the closure of nuclear and coal-fired power plants. This may lead to serious problems regarding security of supply in the EU.

* * *

Globális helyzetkép

Az OECD prognózisok szerint a globális villamosenergia-igény 2040-ig 60%-kal nő, és ennek 85%-a a fejlődő gazdaságokban jelentkezik. A motorok, készülékek, hűtés-klímatizálás, információs és kommunikációs technológiák elterjedése áll a gyors növekedés mögött. Az energiahatékonyság növekedése és a gazdasági szerkezet változása miatt azonban a gazdasági növekedés és a villamosenergia-fogyasztás közötti korreláció gyengül, a közlekedés fokozódó elektrifikációja (villanyautó, vasutak, metrók, villamosok) ellenére is. Vagyis a növekvő GDP nem feltétlenül jár villamosenergia-fogyasztás növekedéssel.

Az elmúlt években a világ vezető gazdaságaiban markáns energiapolitikai változás történt a villamos energia terén, a szénfogyasztás csökken, a megújuló energiák és a földgáz aránya nő. Ezen a pályán haladva a földgáz tüzelésű erőművek kapacitása 2030-ra megelőzi a szenes erőműveket. A napenergia 2025-ig megelőzi a szelet, majd 2040-ig a vízerőműveket. Egyes régiókban, főképp Ázsiában a szenes kapacitások is nőnek, de jóval lassabban, mint a megújulók. Az atomenergia csak néhány tucat országban fejlődik, míg a megújulók elterjedése világszerte nő.

2040-ig a villamosenergia-fogyasztás növekedésében a szél és a földgáz 23%-ot, a napenergia 20%-ot képvisel. Ugyanakkor a fosszilis energiák részaránya 2/3-ról 1/3-ra csökken, míg az atomenergia őrzi mostani 10%-os szerepét. 2030 után az EU-ban a vezető energiaforrás a szél lesz. Az USA-ban az olcsó árak miatt a földgáz megőrzi vezető szerepét. 2040-ig Indiában csökken a szén szerepe (76%-ról 50%-ra), míg a napenergia 100-szorosára, a szélenergia 9-szeresére nő. A fosszilis energiák erőművi felhasználási hatékonysága gyorsan nő, így 2016-tól 2040-ig 60%-os áramtermelési növekmény mellett a gázfogyasztás csak 40%-kal nő.

A fő trend tehát a megújulók növekedése, de le kell szögezni, pillanatnyilag szinte minden országban a fosszilis energiák és az atom dominálja a villamosenergia termelést. A világ különböző régióiban különböző trendek bontakoznak ki: az USA hosszú távon is ragaszkodik az olcsó földgázhoz, India még szenes erőműveket épít, Kína – a nagyvárosaiban lévő elviselhetetlen légszennyezés miatt – szeretné csökkenteni szénfelhasználását, és ezért több mint száz atomerőmű építését tervezi. Az EU más úton jár, itt rendkívüli sebességgel akarják növelni a megújulók részarányát. Az EU-n belül is kiemelkedik Németország, mely új energiapolitikája, az Energiewende (EW) keretében rendkívül ambiciózus megújuló célokat fogalmaz meg: 2050-re a villamos energia 80%-át megújuló energiával kell megtermelni. A részidei célok: 35-40%-os részarány 2025-re, és 55-60%-os 2035-re. A 2017. évi német megújuló részarány az áramtermelésben 16,1%. Ezzel szemben az USA-ban a megújulók részarányát a 2013-as 13%-ról 2040-re 18%-ra tervezik növelni. Szembetűnő különbség, 18% az amerikai célkitűzés a német 60%-kal szemben.

Melyek az Energiewende fő célkitűzései és kihívásai?

Az Energiewendén belüli legfontosabb terület a villamos energia, ahol a német energiapolitika szerint a veszélyes vagy nagy CO_2 kibocsátású üzemanyagokat – az atomenergiát és a szenet – kiváltják a megújuló energiák. Hosszabb távon Németországban egyre nagyobb szerepe lesz a közlekedésben és a hőellátásban a villamos energiának.

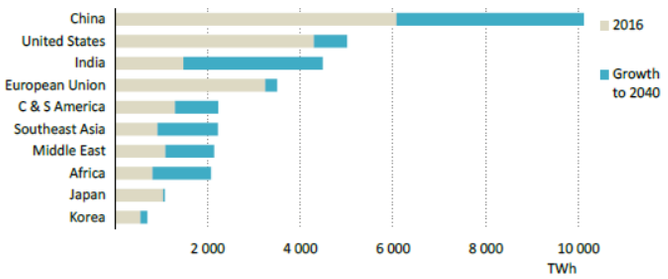
Az EW két legfontosabb pillére a szél- és napenergia. Növekvő részarányuk alapvetően megváltoztatja a német villamosenergia-rendszert és piacot. Miért? Mert a hagyományos erőművek képesek folyamatosan a pillanatnyi áramigénynek megfelelően termelni. Ezzel szemben a szél- és napenergiás áramtermelés az időjárástól (például fúj-e a szél), a napszaktól (például éjjel nem süt a nap) és az évszaktól (például télen sokkal gyengébb a napenergia) függ. A szél- és napenergiás áramtermelés beruházási költsége rendkívül magas, de kedvezőek az üzemeltetési költségek. Azonban a fogyasztástól független, állandóan ingadozó termelés nagy gond. Ha az áramigény nagyobb a termelésnél, akkor a tartalék-kapacitásokat beindítani. Ha pedig kisebb az igény a termelésnél, a többletet tárolni kellene, de a technika jelenlegi szintjén mind a szivattyús, mind az akkumulátoros tárolási kapacitások nagyon kicsik és egyúttal rendkívül drágák. Ennek következtében például Németországban jó szél és erős napsütés idején a fölös villamos energia hurokáramok formájában átáramlik a szomszédos és gyakran még a messzebb fekvő országokba is, nem csekély gazdasági és szabályozási galibát okozva.

A szél- és napenergia magas részarányú bevezetése az egész VER átalakítását teszi szükségessé. Az eddig központilag megtermelt energiát felváltja a decentralizált termelés, a konvencionális üzemanyagokat (szén, atom, földgáz) helyettesítik a megújulók, és az eddigi stabil termelés helyére lép a random változó termelés. Ennek következtében megjelenik a hálózati instabilitás és torlódás, és a piacok volatilissé válnak. A fenti problémák kezelésére megjelennek az okos hálózatok és az intelligens piacok, és a rendszer alapfilozófiája lesz a rugalmasság. Megjelenik még egy „apróság” is, ezentúl nem az áramtermelés igazodik a fogyasztók igényeihez, hanem a fogyasztást kell hozzáigazítani a véletlenszerűen változó termeléshez. Vagyis életbe lép az új jelszó, „akkor vasalj, ha fúj a szél”.

Ezt a helyzetet tovább nehezíti az EW több célkitűzése. Az atomerőművek és a szénerőművek leállítása mellett a német szakma úgy véli, hogy a CCS (carbon capture and storage = CO_2 tárolás) technológia nem alkalmazható, továbbá a fracking (palagáz kitermelési) technológiát is elveti a német közvélemény és a szakma, pedig ez utóbbi belföldi gázforrást biztosítana a német erőművek számára. A nemzetközi közösség kíváncsian figyeli, hogy hová vezet ez az út, realisztikus-e a 80%-os megújulós áramtermelési részarány kitűzése 2050-re a fejlett, iparosított Németország részére. Felmerül a kérdés, ez a cél megalapozott-e, vagy csak a politika és megújuló energia lobbi érdekeit szolgálja?

Az EU villamosenergia-termelés alakulása

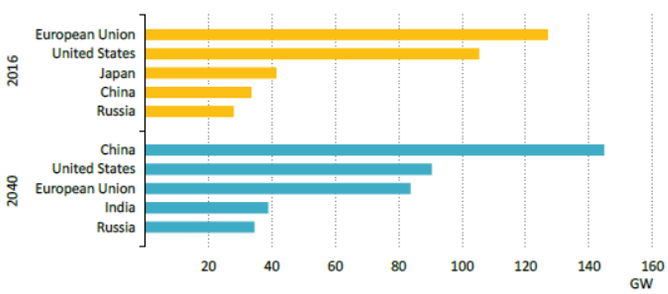
A következő negyed században a villamosenergia fogyasztás világszerte rohamosan nő (lásd 1. ábra).



1. ábra. **A globális villamosenergia termelés régiónkénti alakulása 2016 és 2040 között, TWh (az oszlopok sötét, jobb oldali része a 2040-ig kialakuló növekedés)** (Forrás: OECD IEA WEO-2017)

Az adott ciklusban a kínai villamosenergia-termelés több mint 4000 TWh-val nő, azaz majdnem annyival, mint az USA jelenlegi fogyasztása. India fogyasztás-növekedése majdnem akkora lesz, mint a mostani EU fogyasztás. Ugyanakkor az EU villamos energia fogyasztása alig nő. Az okok: stagnáló népesség, lassú növekedés, a hatékonyság javulása és az energiaintenzív ágazatok kitelepítése.

Európában az atomenergia kezd háttérbe szorulni, de más régiókban fokozódó szerephez jut (lásd 2. ábra).



2. ábra. **Az 5 vezető gazdasági régió nukleáris kapacitásainak alakulása 2016-2040 között, GW** (Forrás: OECD IEA WEO-2017)

Az EU elveszíti vezető pozícióját az atomenergia termelésben, és Kína lesz a legnagyobb atomenergia termelő. India is jelentős nukleáris kapacitásokat épít ki.

Érdekes megnézni, hogy az EU-ban a villamosenergia-termelő kapacitások hogyan változnak a következő években.

A 2. táblázat a szén, olaj és atom erőműveknél összesen 83 GW kapacitás csökkenést és a földgáz és megújulók terén

1. táblázat. Összesített erőművi kapacitás növelés és csökkenés az EU-ban az Új Politika Szcenárió szerint, 2017-2025, GW (Forrás: OECD IEA WEO-2017)

Kapacitás növekedés, 2017-2025, GW					
Szén	Földgáz	Olaj	Atom	Megújulók	Összesen
11	26	0	4	183	224
Kapacitás csökkenés, 2017-2025, GW					
Szén	Földgáz	Olaj	Atom	Megújulók	Összesen
-45	-7	-26	-26	-34	-137

2. táblázat. Összesített erőművi nettó kapacitás mérleg az EU-ban az Új Politika Szcenárió szerint, 2017-2025, GW (Forrás: OECD IEA WEO-2017)

Nettó kapacitás mérleg, 2017-2025, GW					
Szén	Földgáz	Olaj	Atom	Megújulók	Összesen
-35	19	-26	-22	149	87

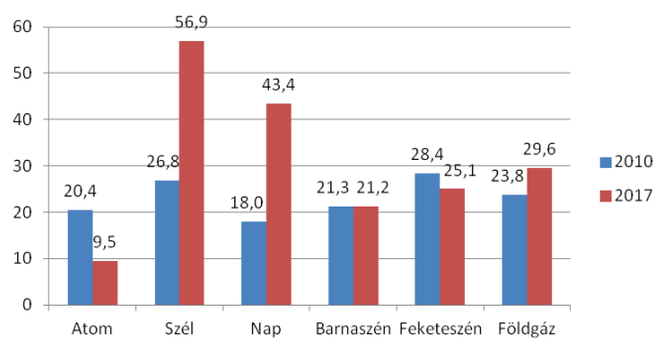
168 GW növekedést mutat. Látszólag tehát nőni fog az ellátásbiztonság, hiszen több kapacitás áll rendelkezésre. Ezt a kérdést a nagy pontossággal rendelkezésre álló német energiaadatok segítségével fogjuk megvizsgálni.

A német villamosenergia-ellátás elemzése

Az elmúlt évtizedben Németország volt az EU-ban a megújuló energiák – elsősorban a szél és napenergia – fejlesztésének élharcosa. Tette ezt annak ellenére, hogy Németország északi fekvésű, borús-esős és nem igazán szeles ország, és így a német szélturbinák és szolár-cellák termelése jóval kisebb, mint dél-európai társaiké. Viszont a német politika beállt a megújulók mögé, és 2017-ben már 27 milliárd Euróval támogatta a szél- és napenergiát. A támogatások forrása a lakossági fogyasztókra kivetett ún. EEG járulék, melynek következtében a német háztartási áramár ~100 Ft/kWh, míg a magyar áramár ~35 Ft/kWh.

Minden erőfeszítés ellenére a 2017-es német villamosenergia-mérlegben a tüzelőanyagok 62%-ot, az atom 12%-ot, a vízenergia 4%-ot és az egyéb megújulók (szél, nap, geotermikus stb.) mindössze 22%-ot képviselnek. Azaz igen távol vannak még a 2025-re kitűzött 35-40%-os részaránytól. 2017-ben a német összes villamosenergia-termelés 628, az import 29, az export 80 TWh volt.

A német áramtermelő kapacitások alakulását mutatjuk be a 3. ábrán, GW-ban.

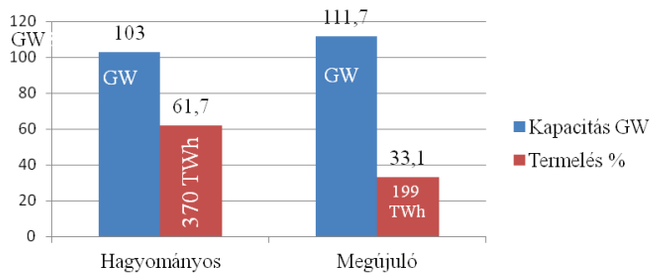


3. ábra. **Német VER kapacitások alakulása 2010-2017 között, GW** (Forrás: AGEB – Energie Bilanzen)

Az ábrán látható, hogy a nukleáris kapacitások 7 év alatt a felére csökkentek; a tervek szerint a 2020-as évek elejére lenullázódnak. A szél- és napenergia kapacitások viszont megduplázódtak, és nőttek a földgáz kapacitások is.

Érdekes megnézni, hogy Németországban az összesített hagyományos (szén, földgáz, olaj, atom) és a megújuló kapacitások összértéke és áramtermelése hogyan alakult 2017-ben. A német villamosenergia-fogyasztás 2017-ben 600 TWh volt.

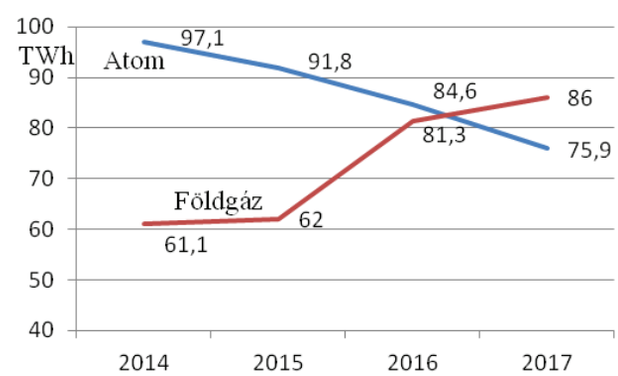
2017 végére a megújuló kapacitások (baloldali oszlopok) már meghaladják a hagyományos kapacitásokat. De kisebb kapacitásuk ellenére is a hagyományos termelők jóval több villamosenergiát (370 TWh) termelnek, mint a megújulók (199 TWh). A megújulók gyenge



4. ábra. **A német hagyományos és megújuló kapacitások és termelő-képességük, 2017-ben**
(Forrás: AGEB - Energie Bilanzen, a szerző ábrája)

termelési képességét a megújulók kis energiasűrűsége és az alacsony működési óraszám okozza (lásd 3. táblázat). (Az ábra nem mutatja az ún. egyéb termelők adatait.)

A 4. ábra azt is mutatja, hogy a német VER-ben párhuzamos rendszerek – hagyományos és megújuló – nőnek fel. A megújulók a kötelező átvétel miatt preferenciát kapnak, de mégis keveset működnek. Ezzel szemben a hagyományos termelők háttérbe vannak szorítva, így a szabályozó erőművek gyakran keveset működnek, és veszteségesek. A megújulók a támogatások miatt gyors ütemben nőnek, míg a hagyományos erőművek terén sok a leselejtezés, új erőmű pedig alig épül.



5. ábra. **Gáz, illetve nukleáris bázisú áramtermelés Németországban, 2014-2017, TWh**
(Forrás: AGEB - Energie Bilanzen, a szerző ábrája)

2014-től a német kormány sorban állítja le az atomerőműveket, melyek teljes leállítása 2022-ig befejeződik. A másfél évtizede még 171 TWh-s nukleáris termelés 2014-re 97 TWh-ra, 2017-re 76 TWh-ra csökkent. Ezzel Németország kb. évi 10 milliárd eurós bevételről mond le. A leállított atomerőművek termelését földgáz erőművek vették-veszik át, így a német földgáz import 2014 óta 25 TWh-val nőtt.

3. táblázat. Németország kapacitásai és bruttó villamosenergia termelése, 2017 (Forrás: AG Energiebilanzen, Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern)

	Kapacitás, GW	Termelés, TWh	Működési idő, óra	Működési idő, %
Atom	9,52	75,9	7973	91
Szél	56,89	105,5	1846	21,1
Nap	43,41	39,8	898	10,3

A következmény: a német CO_2 emissziók nőttek, Németország nem tudja teljesíteni emissziós célkitűzéseit.

Az éves kihasználás idejét a Termelés/Kapacitás osztással lehet megkapni. A működés százalékos értékét a Működési idő/8760 hányados adja meg.

A szél és napenergia összesen több mint 100 GW-os kapacitásai 145 TWh-t, míg a 9,5 GW-os atomerőművek 76 TWh-ot termeltek. Azaz a több mint 10-szer nagyobb szél és napenergia kapacitások csak alig kétszeres mennyiségű áramot termeltek. És azt sem akkor, amikor a fogyasztás igényli. Ezért a növekvő megújuló részarány – a stagnáló-csökkenő hagyományos kapacitások mellett – nagy ellátás biztonsági kockázatot jelent.

Mi várható 2020 után az EU villamosenergia-piacain?

A német energiapolitikát, a megújulók erőltetett fejlesztését, az atomerőművek leállítását és a szénerőművek csökkentését – már részletesen ismertettük. Németország az EW-t minden EU tagállam részére példamutatónak tartja, és az ún. Energia Unió keretében megpróbálja ráerőltetni a tagállamokra.

Mi várható a 2020-as évek elejétől, ha az EU mai környezet és energia politikája folytatódik?

- Az EU-ban a mai kapacitás bőségből kapacitás hiány lesz. 2017-ben a fontosabb EU államok nagy része: Ausztria, Belgium, Dánia, Finno., Görögo., Magyaro., Olaszo., Luxembourg, Hollandia, Lengyelo., Szlovákia, Spanyolo., Svájc, UK már mai is nettó importőr. A nagy exportőrök, Németo., Franciao., Cseho., Svédo. nettó importőrökké vál(hat)nak (részletesen lásd 4. táblázat). Svédország hatalmas export többletét annak köszönheti, hogy nem hajtott végre egy, az atomerőműveket leállító népszavazást. Ugyanakkor Ausztria – mely egy népszavazás miatt nem indította be kész atomerőművét – 7TWh importra kényszerül.
- A mai viszonylag stabil áramárak rendkívül volatilissé válnak, mindennapossá válnak a negatív árak illetve a 100 euró/MWh-nál drágább árak.
- Az áram ára 2020-tól 2040-ig 35 euró/MWh-ról 100 Euró/MWh-ra nő.

A 4. táblázat mutatja, 2017-ben mindössze 4 nettó exportőr ország volt. Ebből Németország rövidesen kiesik, hisz 2022-ig leállítja most még működő atomerőműveit, és ezzel elveszít 76TWh nukleáris eredetű áramot. Továbbá a németek a lignites és barnaszén erőműveik mielőbbi leállítását is célul tűzték ki. Ugyancsak csökkennek Franciaország export lehetőségei, mert a Franciaország is csökkenteni akarja nukleáris termelését. Holland elnök idején döntés született arról, hogy 70%-ról 50%-ra csökkentik a francia áram-mixben az atomenergia részarányát. Ez kb. 110 TWh villamos energia kiesését jelenti. A cseheknél a 2017-es villamosenergia-mixben az éghető tüzelőanyagok (főképp szén) 47TWh-t tettek ki, melyet az új EU energiapolitika, az ún. Energia Unió a szenet kiszorító célkitűzései (CO_2 csökkentés!) ugyancsak ellehetetlenítenek. Néhány éven belül Franciaország és Németország télen akár 10000 MW-os importra szorulhat.

Az EU-ban egyéb változások is várhatók. Sok tagállam leállítja atomerőműveit. A most kidolgozás alatt álló ún. Energia Unió keretében a szén kiszorításával kell számolni. Párhuzamos rendszerek nőnek fel: fosszilis és nukleáris vs. megújuló. A kettős rendszer fenntartása rendkívül költséges.

A hagyományos és a szén-földgáz erőművek helyzete az EU-ban: zsugorodik piaci részesedésük, a csak energia piacon nem

4. táblázat. Kiemelt EU tagállamok villamosenergia import-export szaldója 2017-ben, TWh (Forrás: IEA Monthly Electricity Statistics 15 May 2018, a szerző táblázata)

Ország	Import-export szaldó*	Ország	Import-export szaldó*	Ország	Import-export szaldó*
Ausztria	7	Németország	-53	Lengyelország	2
Belgium	6	Görögország	6	Szlovákia	3
Csehország	-13	Magyarország	13	Spanyolország	10
Dánia	5	Olaszország	37	Svédország	-19
Finnország	20	Luxemburg	6	Svájc	6
Franciaország	-39	Hollandia	2	UK	15

* Pozitív értékek esetén az ország nettó importőr, negatív értékeknél nettó exportőr

tudnak megélni, gyakoriak az erőmű bezárások. Öregedik az erőmű park, fenntartásra is kevesebb jut, egyre több a látszat kapacitás (a még működőként számon tartott, de valójában működésképtelen erőművek), nincsenek új beruházások. Növekednek a rendelkezésre állási kihívások, szűkülnek a szabályozó kapacitások.

Egyre nagyobb támogatást kapnak a megújuló energiák, így az ár semmit sem mond. A piacon pszeudo-verseny van. A kötelező átvétel mindent felülír.

A nukleáris és a szenes erőművek leállításának és a megújulók fejlesztésének következményei:

1. Keveset működő, gyakran veszteséges, főképp földgáz-tüzelésű tartalék-kapacitások fenntartását teszik szükségessé (de nincs EU szintű kapacitáspiac).
2. Rontja az ellátás-biztonságot.

Az áramár emelkedését az új, megújuló kapacitások magas beruházási költségein felül még a szabályozó, főképp gáztüzelésű erőművek, a szükséges hálózatfejlesztések költségei és a villamos energia tárolásának megoldatlansága okozzák. Hangsúlyozni kell, a megújuló energiák – főképp a szél és nap – egy bizonyos részarány (kb. 30%) fölött nem képesek biztonságos villamosenergia-ellátást biztosítani, egyrészt kiszámíthatatlan működésük, másrészt az energiatárolás megoldatlansága és magas ára miatt. A megújulók 30% feletti penetrációja felett 90%-os hagyományos tartalékot kell fenntartani. Figyelembe kell venni, hogy Németországban kb. évi 600 óra időtartamban van egyidejű szélcsend és sötétség, azaz nem működnek sem a szélturbinák, sem a szolárcellák. Tavaly Németországban két héten keresztül fennállt ez az állapot.

A jövő egyik nagy kérdése, hogy a német energiapolitika, az Energiewende, illetve az Energia Unió sikerre vezeti-e Európát, vagy ehelyett a romló ellátásbiztonság és az egekbe szökő árak tovább rontják az EU gazdasági jövőképét.

Külföldi és belföldi szakértők egész sora úgy látja, az EU politikai és energetikai vezetősége felelőtlen és téves energiapolitikát folytat, mely a közeljövőben súlyos ellátás biztonsági problémákhoz fog vezetni. Talán néhány nagy „blackout”, azaz áramszünet meghozza az ébredést, a visszatérést a realitásokhoz.

Az ETE Energiahatékonysági Szakosztály ülése

A Szakosztály legutóbbi ülése 2018. május 22-én a BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék helyiségében volt. Az ülés a szakmai program mellett fontos feladatot teljesített. Tekintettel arra, hogy megnőtt a szakosztály tagjainak száma, az Egyesület küldöttközgyűlésére újabb küldött delegálására nyílt lehetőség. („A Küldöttközgyűlésen szavazati joggal rendelkező küldötteket a szervezeti egységek létszámarányosan választják meg. Minden megkezdett 20 fő tag után 1 fő küldöttet választhatnak. A szervezeti egységek a küldötteket négyévi időtartamra választják.”) A jelenlevők Nagy Tibort választották küldöttnek, így Dénes Lászlóval együtt képviselik a szakosztály tagjait az ETE legfőbb szervében.

Nagy Tibor villamos mérnök, mérnök-üzemgazdász, energetikai auditor és szakreferens, a FETMI Mérnöki Iroda Kft. tulajdonos ügyvezetője. Rendszeres előadója a KLENEN konferenciáknak, bátor hozzászólója az auditorok és szakreferensek részére szervezett szakmai fórumoknak.

Az ülés meghívott előadója Palkovics Mihály, a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) munkatársa, szabványosító menedzser, a MSZT/MB 938 számú Energiagazdálkodás Műszaki Bizottság titkára volt. Előadását az MSZT szabványosítási tevékenységeinek bemutatásával kezdte, majd bemutatta az ISO 50 001 Energiagazdálkodási rendszer várható változásait a jóváhagyás előtt álló változat (Final Draft International Standard – FDIS) alapján.

Az előadó a továbbiakban tájékoztatást adott a kidolgozás alatt lévő prEN 17267 Energiahatékonysági intézkedési terv. Tervezés és fejlesztés szabványjavaslat jelenlegi állapotáról és a tervezett további életútjáról. A prEN 17267 alkalmazási területe hasonló az ISO 50000 szabványcsaládba tartozó ISO 50015:2014 szabványhoz, a szervezetek energiagazdálkodásának értékelésére irányul. Követelményeket és módszertant határoz meg szervezetek számára az energiahatékonyságot javító intézkedési tervek kialakítására és fejlesztésére. (A szabványtervezet lapzárta előtt érkezett véleményezésre az MSZT-hez, az előadó továbbította az MSZT Energiagazdálkodás Műszaki Bizottság tagjainak. Akik részt kívánnak venni az európai szabványjavaslat véleményezésében, jelentkezzenek a szabvtit@mszt.hu címen.)

Az előadó végezetül felhívta a résztvevők figyelmét a Nemzetközi és hazai szabványok keresési lehetőségeire, s a tájékozottság növelése érdekében biztatott az MSZT honlapjának http://mszt.hu látogatására.

Az előadáshoz kapcsolódóan felvetődött, hogy az ISO 50001 szabvány magyar nyelvű változatban a kifejezések nem mindig követik a magyar energetikai terminológiát, néhol pedig kifejezetten zavaróak.

Dr. Zsebik Albin javaslatára a szakosztály vállalta, hogy a módosítás átvezetésekor javaslatot tesz a magyar változatban alkalmazandó kifejezésekre. A szakosztály jelenlévő tagjai megbízták Czinege Zoltánt az októberi szakosztály összejövetel megszervezésével, amit ő el is vállalt. Feladata a magyar nyelvű szabvány tervezet, vagy annak hitelesen kivonatolt részének eljuttatása a tagokhoz szeptemberben, legalább egy hónappal a szakosztály összejövetel előtt, a szükséges előkészítés elvégzése a megfelelő javaslatok kialakítása érdekében.

Az ülés harmadik napirendi pontjának keretében az energetikai szakreferensi tevékenységgel kapcsolatos kérdések kerültek terítékre. Az éves jelentések kapcsán megosztásra kerültek a tapasztalatok. A kötelező adatszolgáltatással kapcsolatban a jelenlévők arra kérték a szakosztály elnökségét, hogy továbbítsák a MEKH felé azt az igényt, hogy a természetes energiamennyiségekből képzett származtatott mennyiségek (különösen az ÜHG/CO2 kibocsátás esetében) legyen egységes fajlagos megadva, lehetőség szerint a cellák képletezésével legyenek értékek felajánlva. Ez segítené az összehasonlíthatóságot, egységesítést.

Az almérők kérdésében elhangzott többek részéről, hogy a MEKH nem tud konkrét határidőt megadni az általa készítendő rendelet megszületésére. Várhatóan ez a jogszabály a közeljövőben nem születik meg.

Dr. Csűrök Tibor szakosztálytitkár

A megújuló energiahordozók hatása a földgáz piacra

Szilágyi Zsombor
mérnök; drszilagyizsombor@freemail.hu

A Föld népessége 2015-ben 7,4 milliárd fő volt, 2020-ra 7,8 milliárdra becsülhető és 2040-re akár 9,2 milliárd is lehet [1]. A gyarapodó emberiségnek lakás, élelem, energia kell, közlekedni akar, vagyis a világ 2016. évi 13276,3 Mtoe energia igénye mindenképpen nőni fog. A 2016. évi energia igényből az olaj termékek 33,3%-ot, a földgáz 24,1%-ot, a szén 30,4%-ot tett ki. A megújulók közül a vízenergia 6,8 %, az összes egyéb megújuló 3,1%-ot jelentett [2].

A világ energia fogyasztását az U.S. EIA így prognosztizálja [5] (10^9 kWh):

	Összesen	OECD	nem OECD
2015	169,8	68,8	101,0
2020	175,7	65,9	109,8
2030	185,9	68,2	117,7
2040	215,2	71,5	143,7

A kőolaj a világ legfontosabb energia hordozója. Jelen van a világ minden országa életében. A kőolaj mintegy 60%-át motorok hajtására használjuk. A többi kőolaj a légi közlekedésnek, a kenőanyag iparnak, a műanyag gyártásnak, villamos áram termelésnek ad alapanyagot. A kőolaj árát a tőzsdék határozzák meg. Európában a Brent típusú kőolaj ára a piac meghatározó tétele, az USA-ban a WTI kőolaj típusé. A tőzsdei kőolaj ár mozgása magával sodor jónéhány más áru tőzsdei árát is: ipari fémekét, az aranyét, a földgázét, a szénét, de mezőgazdasági termékekét is. A kőolaj piac nagyon érzékeny a piaci túlkínálatra és a hiányra is, és azonnal árváltozást idézhetnek elő egyes valós vagy spekulatív tőzsdei üzletkötések. A kőolaj piac mintegy 45%-a a Kőolaj Exportáló Országok Szövetsége (OPEC) hatáskörében van. (Nem tagja ennek a szervezetnek sem az USA, sem Oroszország.) Az OPEC határozta el még 2016-ban, hogy nem csökkenti a kőolaj kitermelését még akkor sem, ha a piaci ár leesik. Ennek hatására a 100-120 dollár/hordó kőolaj ára egészen 27 dollár/hordó szintig esett. A döntés mögött nagyrészt az a cél volt, hogy az USA-ban meglendült a nem hagyományos kőolaj („palaolaj") kitermelés, és reálissá vált az, hogy tíz éven belül az USA önellátó lesz kőolajból. Ez a helyzet az OPEC országok piacának összeszűkülését jelentené, tehát tenni kell valamit a palaolaj karrierje letörésére. Az áresés nagy kavarodást okozott a világpiacokon, szinte minden tőzsdei termék ára zuhanni kezdett. Pár hónapig látszott is az áresés eredménye az USA kőolaj kitermelésében, de utána azonnal jelentkezett a palaolaj termelők termelés racionalizálási és költség csökkentési akciójának az eredménye, és ma már 50 dollár/hordó árszinten is tudnak nyereséget realizálni a palaolaj termelők. Mára 60-70 dollár/hordó szinten mozog a kőolaj ára, és a piac stabilizálódása látszik.

A kőolaj árának hullámzása a többi energiahordozó árára is hatással volt, a szén és a földgáz ára is követte az olaj ármozgását. A megújuló energiahordozók piacán is krízist idézett elő az olcsó kőolaj ár, és még ma is nagyon erős a verseny az olajtermékekkel szemben.

A földgáz szerepét a világ energia ellátásában minden kutatóintézet legalább 2040-ig töretlenül erősödőnek látja. Szerepe van az optimista prognózis kialakulásában a Föld ma ismert földgáz készleteinek, az új földgáz előfordulási formák (palagáz, metánhidrát) gazdagságának és a még megkutatásra váró területek (sarkvidékek, Szibéria, Dél-Amerika) nagy reménybeli készleteinek.

A fosszilis energiahordozók közül a jövőben a szén felhasználás stagnálását esetleg csökkenését jósolják a nagy kutató intézetek. A megújuló energiahordozókra a Föld klímaváltozása hívta fel a figyelmet. 1900 óta 2013-ig a földfelszín átlag hőmérséklete 1,6 ºC-kal nőtt, 2014-2016 között pedig további 0,43 ºC-kal [3].

A hőmérséklet emelkedést első sorban a légkör egyre növekvő széndioxid tartalma okozza, de közrejátszik még több, további légszennyező anyag is: például a metán, a lebegő por. A légkör elviselhető széndioxid tartalmát 400 ppm mértékben határozták meg, de 2016-ban már ezt a szintet túlléptük. A megújuló energiahordozók használatát azért helyezik előtérbe, mert nem növeli a légkör széndioxid tartalmát.

A megújuló energiahordozókhoz soroljuk a szél-, a nap-, a vízi energia hasznosítást, és a biomassza (biogáz, szilárd bio tüzelőanyagok, bio üzemanyagok) használatát energia kinyerésre. Ezek közül a biomassza energetikai hasznosítása légszennyezéssel jár, és nemcsak széndioxid kerül a levegőbe, hanem például metán, szénmonoxid, nitrogénoxid is. Azt viszont el lehet fogadni, hogy a biomassza tüzelésekor éppen annyi széndioxid kerül a levegőbe, mint amennyit a növény élete során megkötött, vagyis a biomassza tüzelés nem növeli a légkör széndioxid tartalmát, de nem is csökkenti.

A nukleáris energiahordozó használatával sem kerül széndioxid a levegőbe, de az atomerőművek üzemelésének egyéb járulékai miatt mégsem sorolják a környezetbarát energiahordozók közé.

Az egész világon foglalkoznak a fosszilis tüzelőanyagok helyettesítésével, lecserélésével megújuló energiahordozókra. A British Petroleum kutatóintézete a primer energiahordozók megoszlására készített becslést [6] (%):

	2015	2040
Kőolaj termék	34	28
Szén	29	24
Földgáz	23	25
Megújulók	14	23

A kőolajtermékek BP által vázolt karrierjével több más kutató intézet nem ért egyet, a kőolaj vezető szerepét markánsabbnak látják a jövőben. A megújulók gyors előretörését minden energetikai intézet hasonlóan jósolja.

A megújuló energiahordozók használata beruházás igényes, a beruházások megtérülési ideje hosszú. Az erőművek létesítési költsége átlagosan [4]:

	Létesítés költsége ezer Ft/kW	**Éves üzemóra** óra	**Élettartam** év
vízi	1000	8000	80
nap	500	2000	25
szél	330	2000	35
Paks II	1250	8000	60
szén	450	8000	35
gáz	240	8000	35
biomassza	400	8000	35

Az áramtermelés költsége [4](Euro/MWh):

barnaszén	46
feketeszén	71
földgáz	86
szárazföldi szél	76
tengeri szél	157
biomassza	175
háztartási naperőmű	120
nagy naperőmű	98
Paks ma	42
PAKS tervezett	53

A megújuló energiahordozók használatának gyorsabb elterjesztésében Európa jár az élen, és az EU elég hatékony támogatási rendszert dolgozott ki a megújulók fokozottabb használata elérésére. Megjegyezhetjük, hogy az USA is ad különböző kedvezményeket a megújulók beruházóinak, például a napelem telepítők 2017-ig jelentősebb, 2017-től szolídabb adó kedvezményt kapnak. Kínát is a megújulók felé forduló országnak tekinthetjük: most naponta 500 ezer napelemet telepítenek és a naponta üzembe álló szélgenerátorok száma is 50 körül van.

A megújuló használatra tervezett villamos erőművek építése állami támogatás, vagy garantált árú, hosszútávú áramátvételi szerződés nélkül alig fordul elő.

Ugyanakkor a megújuló energiahordozók használatához szükséges berendezések fejlesztése roham tempóban folyik, a berendezések létesítési költségei csökkennek. Például a napelem parkok építése 2010 és 2016 között évente 15%-kal lett olcsóbb, és az áram termelés költsége is 162-100 USD/MWh szintről 67-40 USD/MWh szintre süllyedt [7]. Ez az árszint már versenyképes a földgázzal. A földgáz előnye talán még sokáig megmarad az áram termelésben, mert több száz megawatt teljesítményt percek alatt nem lehet más technikával beléptetni a villamos rendszerbe, csak gázturbinás erőművel. Erre pedig szükség lehet, ha például eláll a szél, vagy beborul az ég. A villamos energia tárolásárára víztározók és vízi erőművek létesítésével van lehetőség, de ehhez földrajzi adottságok is kellenek, nem beszélve az igen komoly beruházási költségekről. Talán a hidrogén hajtású erőművek jelenthetnek másik megoldást a szél- és naperőművek szezonalitásának kiegyenlítésére, az erre irányuló fejlesztések kiteljesedése után.

Már jelentkezett a szél- és naperőművek gyors elterjedésének néhány váratlan következménye:

- Németországban és Kaliforniában voltak olyan napok, amikor a szél- és naperőművek megtermelték az összes villamos energia felhasználást, és a többi erőművet le kellett volna állítani, pár órára. Ez a helyzet súlyos zavarokat okoz.
- A megújuló áram termelés nem biztos, hogy ott jelentkezik, ahol a felhasználás súlypontja van. Például: a szélerőművek Németországban az ország északi részén települtek, az áram szükséglet súlypontja meg dél-nyugat Németországban van. Az áramot szállítani kell, akár külföldre is. Ehhez a vezetékhálózatot fejleszteni kell, az áram nemzetközi kereskedelmét is át kell szervezni.

Magyarországon is az első szélerőművek létesítésekor magas áram átvételi árat garantáltak a befektetőnek, tíz évre. A befektetők gyors tempóban telepítették a szél generátorokat, egészen 450 MW teljesítményig, amikor szembesültünk azzal a helyzettel, hogy ha a szél eláll, akkor azonnal kb. 400 MW másik erőművet kell indítani, ami esetünkben gázturbina lehetett.

Bio üzemanyagok: a bio etanol és a bio dízel mezőgazdasági szemes terményekből előállított motor hajtóanyagok, amiket a hagyományos kőolaj alapú benzinhez, illetve gázolajhoz kevernek. A hagyományos járműpark 4-10% bio üzemanyag hozzáadást visel el. Magyarországon a bio üzemanyag gyártásához használt gabona féléket az ország számára rendkívül fontos exportból vonják el. A hazai bio üzemanyagok karrierjét a kőolaj világpiaci ára lényegesen befolyásolja, mert a gabona export árával kell versenyezni a bio üzemanyag árának.

A földgáz szerepét és jövőjét ebben a bonyolult energetikai környezetben nem könnyű megjósolni. A földgáz és a kőolaj egy sor gazdasági területen képes egymást helyettesíteni: hőtermelés, villamos áram termelés, műanyagipar, és elindult a földgáz használat a közlekedésben is. Ezért is szoros összefüggés figyelhető meg a kőolaj és a földgáz tőzsdei ára között.

A földgáz piacokon sok újdonságot figyelhettünk meg a közelmúltban:

- a legújabb geofizikai és geológiai kutatási módszerek új földgáz mezőket eredményeznek a már régebben megkutatott területeken is.
- előretör a cseppfolyós földgáz (LNG): a világ földgáz fogyasztásának kb. 10%-a már LNG formájában utazik a felhasználó országba.
- egy sor olyan ország jelent meg a földgáz világ kereskedelemben, mint Ausztrália, Indonézia, Malajzia, Peru, Vietnam, amelyek az LNG ipari léptékű kezeléséig nem tudtak mit kezdeni saját földgáz készleteikkel
- rohamosan nő a nem hagyományos lelőhelyekből termelt földgáz mennyisége („palagáz")
- megindultak a metánhidrát termelési kísérletek, ezzel ma még megbecsülhetetlenül nagy új metán készletek kitermelésére nyílik lehetőség

Az európai földgáz készletek gyorsan apadnak, ezt is ellensúlyozza az EU a megújulók kiemelt támogatásával. A piac pedig az LNG fogadásával oldja a vezetékes import földgáz árának eddigi merevségét.

Oroszország volt eddig Európa legfontosabb csővezetékes földgáz beszállítója. Most is határozott szándéka az Északi Áramlat II. vezeték megépítése és újabb évi 50 milliárd m^3 földgáz szállítása Európába. Ez a földgáz találja magát szemben egyrészt a megújulók gyors terjedése miatt csökkenő földgáz igénnyel, másrészt az Európába áramló LNG-vel. Az oroszok a saját földgázuk versenyképességét új árazási rendszerrel próbálják megőrizni: az orosz földgáz árát ma már első sorban a tőzsdei árak határozzák meg. A földgáz szállítási szerződések sokkal rugalmasabbak lettek, a vevő igényeit igyekeznek pontosan kiszolgálni. Az oroszok beléptek az LNG világ kereskedelmébe is, de egyelőre csak Távol-Keleten.

A földgáz világpiaci helyzetét a megújuló energiahordozók ma még nem nagyon befolyásolják, de a megújulók használatának technikai fejlesztései egyre inkább hatással lesznek a földgáziparra is. Ahogy a palaolaj termelőket az áresés kényszerítette a műszaki és költség racionalizálásra, úgy a földgáz termelőkre is hatással lehet az, hogy a megújulók is egyre olcsóbbak lehetnek.

[1] Global and Russian Energy Outlook 2016
[2] BP Statistical Review of World Energy June 2017
[3] Arizona University: Geophisical Research Letters, 2017
[4] Fraunhofer Institut 2013
[5] U.S. Energie Information Administration 2017
[6] BP 2017 Energy Outlook
[7] gurulohordo.blog.hu 2018. 02. 07.

A háztartások földgáz felhasználása

Szilágyi Zsombor
mérnök; drszilagyizsombor@freemail.hu

A magyar háztartások energia ellátásában a földgáznak jelentős szerepe van. A földgáz szerepének értékeléséhez több statisztikai adatforrást is felhasználtunk. A statisztikák néhol kissé ellentmondó adatokat közölnek, a lényeges változások megállapításához azonban megfelelőek. A KSH és a MEKH adatait használtuk.

A magyar lakásállomány alakulása (KSH):

4393 ezer (2012)
4402 ezer (2013)
4408 ezer (2014)
4414 ezer (2015)
4405 ezer (2016)
4427 ezer (2017)
4439 ezer (2018. jan)

Napjainkban az látható, hogy az új lakás építés üteme fokozódik, a 2013. évi 7 ezres új lakás átadási mélypontról kijutottunk. Az új lakás építés súlypontjai a megyeszékhelyeken és a Budapest körüli településeken van.

A lakott lakások száma (KSH):

3937 ezer (2005)
3854 ezer (2016)

Nem lakott (más célra használt, idényszerűen lakott, üresen álló) lakások aránya nő az utóbbi években:

2001	9,2%	373 ezer
2011	11,0%	476 ezer
2016	12,0%	550 ezer

Ha a nem lakott lakások számának gyarapodását vizsgáljuk, akkor több okot állapíthatunk meg:

- a népesség fogyása talán lassult, de nem állt meg
- a kistelepülések lakosságának átlagosnál gyorsabb öregedése, az idős emberek gyermekekhez (esetenként külföldre) vagy ápolási otthonokba költözése
- munkalehetőség hiánya miatti elköltözés az ország másik tájára vagy külföldre
- tanulás miatt elvándorlás külföldre
- nagyvárosi lakásokban működő irodák és üzleti vállalkozások számának gyarapodása
- az üdülésre használt lakásokat is a nem lakott lakásokhoz sorolja a statisztika
- lakáshitel tartozás miatti kényszer kiköltöztetés (Igazságügyi Min. becslése 2018. májusban: 30 ezer lakás érintett) Van még további 500 ezer lakáshitel is, ami törlesztésénél gondokat okozhat a kamatlábak emelkedése.

Az új lakás építések számát a lakásépítés állami támogatási rendszere nagyban befolyásolja. 1921 óta 1975-ben adták át a legtöbb lakást, 99 588-at. Ez az időszak volt a házgyárak és a nagy paneles tömblakás építés időszaka. A devizahitelek fénykorában, 2004-ben is 43 913 lakás épült. A 2008-al kezdődött gazdasági válság hatása itthon megmutatkozott az új lakás építések számának zuhanásában is, ami 2015-ben érte el mélypontját. Napjainkra több kormányzati intézkedés hatására újra fellendülőben van a lakásépítés.

Az épített új, és megszűnt lakások száma:

Év	Épített	Megszűnt
2009	31 994	4140
2013	7000	...
2014	8358	1724
2015	7612	2000
2016	9994	2485

A tömeges panel lakás építés velejárója volt a városi fűtőművek építése is. Ma 95 településen van távhő rendszer, 665 ezer lakást látnak el távhővel. Az évente termelt távhő kb. 45 PJ. A távhő szolgáltatás energiahordozója 83%-ban földgáz, a megújulók kb. 5%-ban adják a távhő ellátás alapját.

Háztartások fűtése az energiahordozók szerint (2011. Energiaklub, Metropol 2014. 10. 02.):

földgáz	51%
tűzifa	22%
gáz és tűzifa	11%
távhő	12%
elektromos	2%
egyéb	2%

2011. óta nőtt azoknak a háztartásoknak a száma, ahol a gázfűtést kiegészíti fa- és széntüzelés is.

A háztartások végső energia felhasználása 2016-ban (TJ)

fűtés	190 560	73,96%
hűtés	274	0,10%
víz melegítés	31 580	12,25%
főzés	11 437	4,44%
világítás, villamos készülékek	23 798	9,24%
összesen	257 649	

A háztartási földgáz felhasználók száma (ezer):

	2014	2015	2016	2017
mérő nélkül	406,1	405,1	404,2	403,7
20 m^3/h alatt	2827,1	2826,1	2829,4	2832,7
21 m^3/h felett	2,6	2,3	2,3	2,3
összesen	3235,8	3233,5	3235,9	3238,7

2017. év végén a háztartások 73,1%-a használt földgázt. Ez az arány magas, a háztartási felhasználók számának növekedése a jövőben várhatóan nem nagyon haladja meg az utóbbi évek adatait, a nettó évi 2…5 ezres felhasználó szám emelkedést.

A mérő nélküli felhasználók általában panel házban élnek, távfűtés és táv-melegvíz ellátás van, a földgázt csak a tűzhely használatához veszik igénybe. A mérő nélküli felhasználó a lakás szobáinak száma és a gáztűzhely típusa alapján fizet gáz átalányt.

A háztartási felhasználók számának hullámzásában sok tényező van:

- lakás, családi ház átépítése, felújítása: erre az időre általában leszerelik a gázmérőt, amit a munkák befejezése után visszaszerelnek, nem biztos, hogy ugyanabban az évben
- a lakásból kiköltözők egy része (becslés szerint kb. a fele) fennhagyja a gázmérőt és fizeti az alapdíjat, de nem fogyaszt gázt, az elköltözők másik része még a mérőt is leszerelteti
- mindig vannak szabálytalanul vételezők (szabálytalan gázszerelés, lopás), akiket a gázszolgáltató kikapcsol
- a felhasználók jelentős része nem tudja időben kifizetni a gázszámláját, és ezeket a felhasználókat általában két hónap tartozás után kikapcsolják
- időnként a kormány kikapcsolási tilalmat rendel el, leginkább választások közeledtével

Háztartási felhasználók kikapcsolása évente

- díjhátralékos kikapcsolás 1,5%
- díjhátralék miatt véglegesen kikapcsolt 0,2%
- a felhasználó kérésére, a gázfogyasztó berendezés átalakítás miatt 1% (később vissza is kapcsol)
- műszaki ok miatti végleges kikapcsolás 0,01%

A nem fizetés miatt kikapcsolt felhasználók száma az utóbbi években csökken. A nem fizetés miatt kikapcsolt lakások az átlagos lakásméretnél kisebbek, és a komfort fokozatuk is alacsonyabb.

A kikapcsolt felhasználók egy része (becslés szerint kb. fele) a kikapcsolás okának rendezése után visszatér a gázfelhasználók közé.

Földgáz felhasználás (millió m^3)

	2014	2015	2016	2017
lakosság összesen	2831	3188	3451	3624
mérő nélkül	63	62	65	65
20 m^3/h alatt	2635	2984	3244	3406
21 m^3/h felett	133	142	142	153

A háztartások földgáz felhasználása az ország teljes földgáz igényének valamivel kevesebb, mint fele és növekvő tendenciát mutat.

A gázfelhasználást csökkentő tényezők:

- takarékosság,
- hőszigetelés és lakás felújítás (korszerűbb fűtési rendszerek),
- a légkör hőmérsékletének emelkedése,
- közmunkás bér, átlagnál alacsonyabb nyugdíj
- fatüzelés (részleges) bevonása a fűtésbe
- a régi, alacsonyabb hatásfokú gázkészülékek újra cserélése
- nem lakott lakás, fennhagyott gázmérővel

A gázfelhasználást növelő tényezők:

- rezsicsökkentés,
- életszínvonal emelkedése,
- az új lakások nagyobb alapterületűek

A háztartási felhasználók éves, átlagos gázfogyasztása (m^3/felhasználó)

	2014	2015	2016	2017
Fajlagos fogyasztás	874	986	1066	1119

A háztartások megoszlása a gáz felhasználási módja szerint:

Tömbfűtés (lakáscsoport, társasház közös kazánnal):	4,6%
Lakásfűtés (lakáson belül központi fűtés):	34,0%
Helyiségfűtés (konvektoros fűtés):	28,7%
Távfűtés:	19,1%
Csak tűzhelyes fogyasztó:	13,5%

A lakások egyéb fűtési megoldása 2015-ben:

Fűtés nélküli lakás:	10 ezer
Villannyal fűtött lakás:	60 ezer
Tüzelőolaj fűtés:	5 ezer
Szénfűtés:	141 ezer
Fatüzelés:	663 ezer
Egyéb megújuló:	12 ezer

Az EU szorgalmazza a megújuló energiahordozók használatát. Az EU programjával egyezően a magyar kormány is támogatja a háztartásokban a megújulók használatát, évente pársz lakás vehet igénybe támogatást vagy hitelt kedvező feltételekkel. A háztartások megújuló energiahordozó felhasználásában a leglényegesebb a szilárd biomassza tüzelés, amit egyszerűbben fatüzelésnek is mondhatunk. A további megújuló energiahordozók lakossági felhasználásáról becslés áll rendelkezésünkre.

Egyéb megújuló energiahordozók a lakásfűtésben (becslés, 2012.)

	részleges fűtés (db lakás)	**teljes fűtés (db lakás)**
hőszivattyú	2000	500
napkollektor	10000	2000
geotermikus	500	10000

2012. óta az előző, megújulóval üzemelő fűtési rendszerek száma nagymértékben nem változott.

Áttekinthetjük a háztartások/családok költésének összetételét is: a háztartási energia az összes költség 11,7%-a, és ennek meghatározó része a fűtés.

Átlagos állampolgár költése	**2006. év**	**2013. év**	
Élelmiszerek	141 ezer Ft	198 ezer Ft	21,5%
Lakásfenntartás, háztartási energia	133 ezer Ft	206 ezer Ft	22,4%
Kultúra, szórakozás	55 ezer Ft	50 ezer Ft	5,4%
Egészségügy	26 ezer Ft	36 ezer Ft	3,9%
Ruházat	23 ezer Ft	24 ezer Ft	2,6%
Közlekedés		90 ezer Ft	9,8%
Hírközlés		54 ezer Ft	5,9%
Összesen:		**920 ezer Ft**	
Nettó jövedelem:		**995 ezer Ft**	

A lakossági földgázfogyasztás jellemzői:

- a fűtési célú földgáz fogyasztás a külső hőmérséklet alakulásával szorosan összefügg: a földgáz fogyasztás kb. −15 ºC külső napi átlag hőmérséklet alatt már nem nő, és +15 ºC felett már nem csökken
- a főzési és a vízmelegítési gázigény közel egyenletesen oszlik el az év során, a nyári időszakban figyelhető meg kismértékű csökkenés, első sorban az üdülések miatt

A több, mint 2 millió fűtésre is földgázt használó háztartás tipikus fogyasztási profilja:

Hónap	Éves fogyasztás %-a
Január	15,7
Február	15,5
Március	13,9
Április	7,0
Május	4,0
Június	2,9
Július	1,8
Augusztus	2,1
Szeptember	2,8
Október	3,2
November	15,4
December	15,7

A földgáz felhasználás szezonalitásában április és szeptember gázfelhasználása térhet el lényegesen a sokévi átlagtól, ugyanis a rendszeres fűtés megszűnése (április) és indítása (szeptember) időszakában a lakásokat tűzhellyel is szokták temperálni, vagy ekkor vesznek igénybe nagyobb mértékben fatüzelést. A földgáz felhasználás szezonalitása a klimatikus körülményekhez igazodik. A légkör átlag hőmérséklete emelkedése ezt a gázfogyasztási szezonalitást mérsékli. A háztartások földgáz ellátásba kapcsolása Magyarországon kiemelkedő arányú, az EU országok között. A lakosság részére szolgáltatott földgáz hatósági ára lehetőséget ad arra is, hogy a földgáz fogyasztást befolyásolja a kormány: egyrészt a biztonságos földgáz ellátással minden felhasználó részére adott az energia igények legnagyobb részének fedezete, másrészt a felhasználók ösztönzése a megújuló energiahordozók fokozottabb használatára.

Szénhidrogének és műanyagok

Szilágyi Zsombor
mérnök; drszilagyizsombor@freemail.hu

Földünkön ma a fosszilis energiahordozók szerepe meghatározó, a teljes primer energia felhasználás 32%-a az olaj, 28%-a szén, 24%-a földgáz volt 2015-ben [1]. A megújuló energiahordozók súlya még csak 12% volt. 2040-ig elmozdulás várható: a szén szerepe csökkenni fog, a megújulóké pedig erőteljesen nőni. A kőolaj és a földgáz továbbra is nélkülözhetetlen energiahordozók lesznek. A Föld egyes térségeiben ezek a tendenciák eltérőek lesznek, részben az adott térség saját energiahordozó készleteitől, részben a saját energia felhasználás mai struktúrájától függően. A primer energiahordozó struktúrát lényegesen befolyásolják a palaolaj, palagáz kutatások és a kitermelés sikerei, vagy a cseppfolyós földgáz, amely bármely tengerparti ország számára ma már elérhető. Hatással lesznek az energiahordozók jövőjére az ENSZ klímavédelmi konferenciái is, mert a világ legtöbb országa elfogadta a klíma védelmére a fosszilis tüzelőanyagok használatának fékezését.

Az amerikai EIA intézet [1] a kőolaj felhasználás szektorait is vizsgálja a világban. 2015-ben a teljes kőolaj felhasználás 54%-a a szállítást szolgálta, 36% ipari felhasználásra került. 6%-ot az épületek működtetésére (fűtésre) használtak. A villamos energia termelésre felhasznált kőolaj mindössze 4% volt. A világ teljes kőolaj felhasználása 2015-ben 4341 millió tonna volt.

2040-re több változást jósol az EIA: a szállítási célú kőolaj felhasználás a teljes fogyasztás 56%-a lehet, az ipari felhasználás marad a 36%-os szintnél, az épületek működtetésének olaj igénye 5%-ra csökken, és csökken a villamos áram termelés olaj felhasználása is: 2% lesz. 2040-ig a kőolaj felhasználás tovább nő, és a kőolaj marad a legfontosabb energiahordozó. Ezt annak ellenére állítja az amerikai intézet, hogy a világ legtöbb térségében határozott kampány folyik a fosszilis tüzelőanyagok használatának visszaszorítására, a légkör védelme érdekében. A British Petrol kutatóintézete is megerősíti a kőolaj szerepét, 2035-re már 5115,1 millió tonna olaj felhasználást becsül [2].

A földgáz helyzetét és jövőjét szintén pozitívan látja a BP [2], ugyanis a világ teljes földgáz felhasználása 2015-ben 3160,2 Mtoe volt, és 2035-re 4428,1 Mtoe a várható. A földgáz felhasználásban a villamosenergia-termelés 2040-ben még mindig 33% lesz, az ipari felhasználás 40%, és a szállítási célú földgáz fogyasztás fog mintegy 10%-kal előretörni [1]. Az ipari felhasználás magában foglalja a földgáz vegyipari alapanyagként alkalmazását is. Európa különleges helyet foglalhat el a következő évtizedekben a világban, a szénhidrogének felhasználása területén. Európa lakossága 2040-ig alig fog nőni (kb. 1%), ami magával vonja a lakosság közlekedési célú szénhidrogén felhasználásának stagnálását. Elősegíti ezt a tendenciát a járművek egyre hatékonyabb üzemanyag hasznosítása és a villamos járműhajtás gyors elterjedése, a bio üzemanyagok használata is. Európában a kőolaj alapú üzemanyagok termelése csökkenhet, ennek következménye az, hogy a kőolaj és földgáz feldolgozás nagyobb teljesítménnyel tudja kiszolgálni a műanyag gyártást.

Ma nem tudnánk elképzelni az életünket a műanyagok nélkül. Nemcsak a háztartásban, hanem a teljes környezetünkben jelen vannak a műanyagok, sokszor az ember számára észre nem vehetően is. Használati eszközeinkben, a ruházatunkban, a közlekedésben, az ipari termelés minden területén egyre nagyobb teret hódítanak a műanyagok. A műanyag ki tud váltani fémeket, és műanyaggal olyan konstrukciós feladatok is megoldhatók, amire más természetes anyagok már nem alkalmasak. Nélkülözhetetlen a műanyag a villamos- és a hőszigetelésben is. Nő a gyártott műanyagok mennyisége is, összefüggésben a Föld népességének gyarapodásával és az életszínvonal emelkedésével. Újabb és újabb fajta műanyagok születnek, köszönhetően a vegyipar állandó fejlesztéseinek.

A műanyagokat sok szempont szerint szokták csoportosítani. A legtöbbször alkalmazott besorolás:

- hőre lágyuló: például polietilén, polipropilén, polisztirol, PVC, poliamid
- hőre keményedő: például poliuretán, poliészter, polikarbonát, fenoplasztok

A legnagyobb tömegben a polietilént és a PVC-t gyártják. Elterjedt iparág a műanyag hulladékok újra hasznosítása.

Ma a műanyag gyártás legfontosabb alapanyagai a kőolajból és földgázból előállítható szerves vegyületek. Megjelentek az alapanyagok között a biotermékek is: a biodízel és a bioetanol is. A kőolaj és a földgáz is szerves anyagok elegye, lelőhelyenként más-más összetételben.

Becslések szerint 2013-ban 300 millió tonna műanyagot gyártottak, 2040-re 500 millió tonna fölé fog nőni a termelés [3]. 2013-ban Kína volt a legnagyobb műanyag felhasználó ország, a világ termelés mintegy

30%-át adta, Európa kb. 19%-kal, Észak-Amerika 17%-kal követte. A világon kb. 130 ezer műanyag gyártó és feldolgozó vállalkozás van. A műanyagok legnagyobb piaca a csomagolóanyag gyártás, a műanyag termelés kb. felét veszi fel. Az építőipar kb. 20%-kal a második legnagyobb műanyag felhasználó [6]. A műanyag gyártás legfontosabb alapanyagai: az etán, a propán, a bután, a vegyipari benzin és a gázolaj. Az 500 millió tonna műanyag gyártásához becsülhetően 250-300 millió tonna vegyipari benzin, 100-150 millió tonna propán-bután, 300-350 millió tonna metán és etán lesz szükséges.

A földből kinyert földgázt a termelőhelyen előkészítik csővezetékes szállításra: ez a nyers földgáz szilárd szennyeződésektől mentesítését, a víztartalom kivonását és a nehezebb szénhidrogének leválasztását jelenti. A vezetékes földgáz legnagyobbrészt metánt tartalmaz, van még etán, propán és bután tartalma is, ezeket a nyílt szénláncú, telített szénhidrogéneket homológ sornak is hívjuk. (a földgáz tartalmazhat még széndioxidot, nitrogént is). A földgáz alkotói gáz halmazállapotúak, a folyékony komponenseket (pentán, hexán stb.) a szállítás biztonsága érdekében le kell választani. Ezeket a földgáz komponenseket a nyílt szénláncú szénhidrogének csoportjába soroljuk, szén- és hidrogén atomok alkotják (a szénatomok egy vonalban helyezkednek el), és az atomok között egyszeres kötések vannak). A földgázból leválasztható nehezebb szénhidrogének atmoszférikus körülmények között már cseppfolyós halmazállapotúak, de lényegében szén- és hidrogén atomokból állnak. A nehezebb komponensek között már vannak elágazó szénláncok (izomerek) és kettős kötések is.

A kőolaj sokkal összetettebb ásványi anyag. Összetétele lelőhelyenként változik. A kőolaj alkotóit is szén és hidrogén atomok alkotják. A kőolajat a vele termelt földgáz komponensektől már a termelőhely közelében elválasztják, és a további feldolgozásra már az atmoszférikus körülmények között folyékony halmazállapotú (stabil) anyag kerül. Szintén a lelőhely közelében leválasztják a kőolaj szilárd szennyezőit és a vizet. A kőolaj alkotói lehetnek:

- a szénlánc alakja alapján:
  - nyílt szénláncú szénhidrogének
  - zárt láncú, vagy gyűrűs szénhidrogének
- a szén-hidrogén kötések alapján:
  - telített szénhidrogének: csak egyszeres C-C kötést tartalmaznak (alkánok)
  - izomerek: a szénlánc elágazik
  - az aromások adják a sztirol nevű műanyag alapanyagát.

A kőolaj elsődleges feldolgozása az atmoszférikus desztilláció. Ezzel az eljárással a kőolaj könnyű párlat összetevőit választják le, ezek a könnyű párlatok alkotják a különböző benzineket és a gázolajokat. Ennek az eljárásnak a terméke a repülésben használt kerozin is. A motor hajtóanyagok tulajdonságait adalékokkal és keveréssel állítják be. Az atmoszférikus desztilláció maradéka a pakura, vagy fűtőolaj, amit évekkel ezelőtt még ipari fűtésre használtak. Mára a pakura már eltűnt a kőolaj vég termékek közül, a pakura a további vegyipari műveletek alapanyaga. A további műveletek közül a katalitikus krakkolás a legelterjedtebb. A krakkolással a hosszabb szénhidrogén láncokat rövidebbre tördelik. A krakkolás után visszamaradó termék a petrolkoksz, ami kiváló tüzelőanyag.

A kőolaj és a földgáz alkotóinak desztillációs szétválasztása után következnek a szénhidrogén molekulák átalakítási eljárásai [5]. A cél a telített szénhidrogének átalakítása telítetlen szénhidrogénné, amelyekben egy vagy több kettős kötés található. Jellemző vegyipari műveletek a szénhidrogénekkel:

- hőbontás: a szénhidrogén kötések magasabb hőmérsékleten felhasadnak, kisebb szénatom számú vegyületek keletkeznek
- krakkolás: a nagyobb szénatomszámú szénhidrogén láncok feldarabolása, általában katalizátor jelenlétében
- szubsztitúciós reakció: a szénhidrogén molekula egyes hidrogén atomjait más atomra cserélik
- addíciós reakció: két vagy több molekula egyesülése
- polimerizáció: több telítetlen molekula óriásmolekulává egyesül
- alkohol gyártás: a metánhoz vagy az etánhoz hidroxil csoportot kapcsolnak, a termék a metanol és az etanol

A katalitikus krakkolás a leggyakrabban alkalmazott eljárás a szénhidrogén molekulák lebontására. Alumínium vagy magnézium szilikát katalizátor jelenlétében, 10-70 bar nyomáson, 400-600 ºC hőmérsékleten folyik. A fő termék az etilén. A katalitikus krakkolással például a műanyag hulladékból cseppfolyós, tovább feldolgozható szénhidrogén nyerhető.

Az etilén előállításához az etán a legkiválóbb alapanyag, ugyanakkor a legolcsóbb is. 2016. őszén egy tartályhajó érkezett Rotterdam kikötőjébe, az Egyesült Államokból. A szállítmány „négykilences" tisztaságú, cseppfolyós etán volt, ami közvetlenül további vegyipari reakcióba vihető. A nagy tisztaságú etánt a földgáz mélyhűtéses cseppfolyósítási eljárásából lehet kinyerni, mert a földgáz komponenseinek forráspontjai jól elkülönülnek. Az USA-ban gyorsan bővül az etán és az etilén gyártás, éppen az olcsó palagáz nagy mennyiségének köszönhetően [4].

A fenti petrolkémiai műveletek fejlesztése, olcsóbbá tétele állandóan folyik. Ennek eredményeként újabb eljárások jelennek meg, nagyobb tisztaságú termékek készülhetnek, a nagyipari eljárások egyre olcsóbbak lesznek.

Az olcsó, nagy mennyiségben gyártható szénhidrogén komponensek kínálják a lehetőséget, a szokásos műanyagok nagyipari gyártására és az újabb műanyagok fejlesztésére.

Az USA fellendülő földgáz és kőolaj termelése folyamatosan erősíti az amerikai műanyag gyártást: 2023-ra 11,5 millió tonna földgáz alapú etilén gyártást jósolnak az elemzők [4], és a polietilén termelés is elérheti a 10,7 millió tonnát. Kínában és Európában a kőolaj alapú etilén gyártás a jellemző, ahol a kőolaj könnyűpárlatok használata mellett a piacon felesleges propán-bután is az etilén gyártás alapanyaga lehet.

A kőolaj és a földgáz felhasználásban a műanyag gyártás még nem meghatározó, de napról-napra növekvő súlyú. A vegyipar az etán-etilén alapú műanyag gyártás mellett más szénhidrogén alapú termékek fejlesztésében is eredményes, és néhány év szükséges csak ahhoz, hogy a világ legtöbb térségében ipari méreteket öltsön az újabb műanyagok termelése.

A műanyagok fejlesztésének egyik fő iránya az újra hasznosítás lehetőségének biztosítása. Ha a szelektív hulladék kezelés mértékét sikerül tovább erősíteni, akkor ez a cél egyre inkább teljesülhet. A másik fejlesztési irány kimondottan környezetvédelmi indíttatású: a műanyag hulladékok gyorsabb lebomlása környezetbarát anyagokká. Első sorban a szokásosan egyszer használatos csomagolóanyagok a célpont, ami a teljes műanyag gyártás 15%-át adja. Ezzel sokat léphetünk a légkör védelme érdekében.

Irodalom

[1] U.S. Energy Information Administration: International Energy Outlook 2017 (September 14, 2017)
[2] BP Energy Outlook projections to 2035. (2016. szept.)
[3] gurulohordo.blog.hu 2016. 12. 16.
[4] gurulohordo.blog.hu 2017. 10. 20.
[5] Dr. Gál T.: Petrolkémiai technológiák. Nemzeti Tankönyvkiadó 2009.
[6] wikipedia.org 2017. 12. 23.

Virtuális Erőmű Program – már 205 MWe kiváltva, a 7. legnagyobb hazai villamos erőmű!

2018-ban már hetedik alkalommal került sor március 6-án, a nemzetközi energiatakarékossági világnapon a Magyar Innováció és Hatékonyság Nonprofit Kft. (MI6) által működtetett Virtuális Erőmű Program (VEP) díjátadójára. Idén egy többnapos nemzetközi eseménnyel ünnepelték a zöld gazdasági és fenntarthatósági szakmai és kormányzati szereplők a közösen elért eredményeket – továbbá fontos bejelentésekre és egy új program indítására is sor került.

A díjátadón részt vettek a LOCARBO projekt 4. Steering Group és az 5. Transnational Working Team találkozóinak résztvevői is. A meglehetősen gazdag program a Local Living Lab találkozójával, valamint a Virtuális Erőmű Program nyilvános díjátadó gálájával nyitott, majd zárt körben folytatódott a projekt partnerek, valamint hét ország energetika irányító hatósági képviselőinek részvételével, ahol a cselekvési tervek véglegesítése, és a jó gyakorlatok kerültek megvitatásra.

A Virtuális Erőmű a következőképpen működik: az energiahatékonysági beruházással elért megtakarításukat a szervezetek „bebankolják" a programba. A Program az éves megtakarításukat átszámolja erőművi kapacitásra, vagyis meghatározza, hogy mekkora erőműre nincs szükség a megtakarítás eredményeképpen. Az egyes szervezetek megtakarításaiból tehát egy láthatatlan, virtuális erőmű épül, melynek célja egy nagy, hagyományos (fosszilis, tehát tipikusan gáz-, szén- vagy olajalapú) erőmű kiváltása.

A díjátadón a Get-Energy Magyarország Kft. és az Energrade Kft. első, a Cothec Energetikai Üzemeltető Kft. pedig hatodik alkalommal vehette át a Virtuális Erőmű Program legrangosabb vállalati díját, az Energiahatékony Mentorvállalati díjat.

Energiahatékony Vállalatok:

- MOL Petrolkémia Zrt.
- CREATON South-East Europe Kft.
- Continental Automotive Hungary Kft.
- Termofok-Sió Kft.
- Honeywell Hőtechnikai Kft.
- FŐTÁV Zrt.

Energiatudatos Vállalatok:

- Budapesti Közlekedési Zrt.
- KRONOSPAN-MOFA Hungary Kft.
- FALCO Zrt.
- Weinberg'93 Kft.

Az egyéni díjazottak közül kiemeljük a Program történetében először átadott VEP életműdíjat, melyet Dr. Zsebik Albin vehetett át.

2020-ra kitűzött célját a Virtuális Erőmű már idén tavasszal túlteljesítette: a 2020-ra vállalt 200MWe helyett már 205 MWe energiát takarítottak meg. Ezzel az eredménnyel a Virtuális Erőmű a 7. legnagyobb magyar villamos erőművé vált.

A Virtuális Erőmű sikerének köszönhetően **a 2018. március 6-án meghirdetett VEP2 program célja, hogy a Program 2030-ra Magyarország második legnagyobb erőműve legyen.** Ennek a célnak az eléréséhez növekedésre van szükség:

1. Az **új elektomobilitási erőmű blokk** létrehozásával a kormányzati felelős e-mobi Kft. által letelepített töltők és a támogatásukkal megvásárolt elektromos járművek megtakarításának bebankolása a programba.
2. A **helyi kiserőművek:** az eddigi centralizált működési struktúra helyett hely „franchise"-ok létrehozása, várhatóan megyei szinteken. Az első ilyen kiserőmű építése még az idén megkezdődik.
3. **Külföldi erőművek:** folyamatban van a Program nagy-britanniai bevezetése és több más országgal is ígéretes tárgyalások folynak.
4. **Intergenerációs hálózatfejlesztés:** a fiatalabb nemzedékek szemléletformálásának, felkészítésének kiegészítés a generációk közti tudások integrálásával, a korábban széles körben alkalmazott jó gyakorlatok megosztásával és az idősebb generációk szemléletének formálása a jó gyakorlatok modern eszközökkel és/vagy technológiákkal való megtámogatásának lehetőségére.

A 2011-ben megkezdett Program tehát a korábbi filozófia és az Európai Unió által is elismert és díjazott jó gyakorlatként folytatódik tovább, új, még ambiciózusabb célkitűzések mentén.

Jól ismert Energiahatékonysági Kiválósági Pályázatunk a Program történében először éven belül újra meghirdetésre kerül a nagy érdeklődésre való tekintettel.

A pályázati kiírások már elérhetők a következő linkek alatt:

- Energiatudatos vállalat: www.mi6.hu/etud (benyújtási határidő: 2018. szeptember 1.)
- Energiahatékony vállalat: www.mi6.hu/ehat (benyújtási határidő: 2018. szeptember 1.)
- Pályázati feltételrendszer: www.mi6.hu/ekp

Őszi díjátadónk kisfilmje elérhető a www.mi6.hu oldalon és a https://www.youtube.com/watch?v=uYK7ei2dLOQ alatt.

Csatlakozzon Ön is Virtuális Erőmű Programhoz, osztozzon a sikerekben, és vegye át a díjat a zöld szakmai és politikai élet kiemelt szereplőitől!

Az ETE 2018. évi rendes Küldöttközgyűlése

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület évi rendes Küldöttközgyűlését 2018. május 24-én a Károli Gáspár Egyetem dísztermében tartotta. A közgyűlés napirendje és az előterjesztésre kerülő dokumentumai az Egyesület honlapján, www.ete-net.hu olvashatók.

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

Tisztelt Küldöttközgyűlés!

A mai napi küldöttközgyűlésen Egyesületünk tavaly megválasztott, illetve újraválasztott elnöksége nevében számolunk be Egyesületünk 2017. évi szakmai munkájáról és gazdálkodásáról.

2017 a tisztújítás éve volt és az év első heteitől kezdve szervezeti egységeink, majd a küldöttközgyűlést követően Egyesületünk új, illetve megújult vezetőséggel látta el feladatait.

Összességében elmondhatjuk, hogy a tavalyi évre kitűzött munkatervi feladatainkat teljesítettük és gazdálkodásunk kiegyensúlyozott volt.

Egyesületünk elnöksége az Alapszabálynak megfelelően látta el feladatait. Az elmúlt évben öt elnökségi ülést tartottunk, és év elején megrendeztük a hagyományos elnök-titkári értekezletet.

Munkatervünk – mind a központi munkaterv, mind szakosztályaink, területi szervezeteink munkatervei – alapvetően teljesültek. Központi rendezvényeink maradéktalanul megvalósultak. Ezek közül kiemelésre tartozik a szokásos tavaszi KLENEN'17 Klímaváltozás, Energiatudatosság, Energiahatékonyság konferencia, amelyet a társszervezőkkel 12. alkalommal rendeztünk meg, a szeptemberben Balatonfüreden rendezett 30. Távhő Vándorgyűlésünk, a novemberi siófoki Nemzetközi Gázkonferencia, valamint tavalyi központi nagyrendezvényünk, amelyet Gárdonyban tartottunk „Az EU Energiapolitikája és a hazai villamosenergia-ellátás biztonsága" címmel, amelynek fókuszában az EU „Tiszta Energia" csomagja állt. Örvendetes, hogy új rendezvények is megvalósultak, remélhetően hagyományteremtő módon. Ide tartozik Csongrádi szervezetünk szervezésében novemberben Szegeden tartott SZENERG Konferencia, illetve a Magyar Vas- és Acélipari Egyesüléssel és a TÜKI-vel novemberben Budapesten tartott Energetikai Konferencia. A nagyobb rendezvényekről általában elmondhatjuk, hogy Egyesületünkhez méltóan igen magas szakmai színvonalon, a legjobb szakmai előadók felkérésével, és rangos vitákkal folytak le. Egyúttal sajnálatos, hogy a konferenciákon – különösen a „fizetős" rendezvényeinken – a közönség részvétele még mindig nem érte el a korábbi évek szintjét.

Energetikai Tudományos Tanácsunk tavaly egy sikeres rendezvényt mondhat magáénak: szeptemberben tartotta, a magyarországi gázellátás biztonságával foglalkozó ülést. Egyesületünk 2017-ben egy állásfoglalást tett közzé a hazai villamosenergia-ellátás biztonságáról, amelyet a Magyar Energetikai Társasággal és a Magyar Atomfórum Egyesülettel közösen jegyeztünk. Társegyesületeinkkel, a MET-el és a MEE-vel együtt szerveztük szeptemberben a Kárpát-medencei magyar energetikusok fórumát.

Szervezeti egységeink, elsősorban területi szervezeteink szerteágazó munkát végeztek. Egyesületi tagjaink, illetve a szervezeteink vonzáskörében elérhető szakemberek szakmai tájékoztatását nagyon sok szervezeti egység kiemelt feladatának tekinti. Fontos, hogy szervezeti egységeink nagyon sok társszervezettel folytatnak gyümölcsöző együttműködést. A teljesség igénye nélkül ide sorolhatók (a már említettek MET és MEE egyesületeken kívül) az egyetemek, a Magyar Mérnöki Kamara, a Magyar Kapcsolt Energia Társaság, a MTESZ több helyen tovább működő területi szervezetei.

Igen jellemzőek a szakmai kirándulások is, amelyet számos területi szervezet rendszeresen szervez. Külön megjegyzendők és támogatandók a fiatalság, az egyetemeken kívül a középiskolások körében folytatott szakmai tájékoztató munka. Legaktívabb szervezeti egységünk változatlanul a Szenior Klub, amely hetente igen változatos tartalmú rendezvényeket tartott az elmúlt évben is.

Külön örvendetes, hogy a tisztújítást követően újult erővel látott munkához és látványos eredményeket ért el Csongrád megyei, Székesfehérvári szervezetünk és a Nukleáris Szakosztály is. Külön köszönet és elismerés jár ezért vezetőiknek. Ugyanakkor egyik vállalati szervezetünk, a Bakonyi csoport bejelentette megszűnését, aminek hátterében az erőmű tulajdonosváltása, illetve az azt követő személycserék és leépítések állnak.

„Energiagazdálkodás" folyóiratunk (ENGA) Szerkesztő Bizottsága is sikeresen tevékenykedett: 2 dupla és 2 szimpla száma jelent meg a múlt évben, szakmai színvonala is szokásosan magas, tartalma változatos volt. Gazdálkodásunk a 2015 végén, 2016 elején végrehajtott „reform" utáni második – tulajdonképpen az első teljes – év volt, és összességében sikeresnek mondható. Lényegében a kitűzött „technikai nulla" eredményt, azaz a non-profit gazdálkodást sikerült folytatnunk anélkül, hogy tartalékainkhoz érdemben hozzá kellet volna nyúlnunk.

(.....)

A mérleget és az eredménykimutatást átnézve sikerként könyvelhetjük el, hogy a tagdíjbevételt, illetve az ENGA előfizetésből befolyt összegeket növelni tudtuk. Egyesületünk szakmán belüli elismertségét is jelzi, hogy a vállalati támogatások sorokon is a tervet meghaladó bevételt tudtunk realizálni. Ugyanakkor a konferencia szervezési bevételek maradtak el a tervtől, ami egyrészt a nagykonferenciánk alacsonyabb részvételből adódó árbevétel kiesése, illetve a Nemzetközi Gázkonferenciából második éve elmaradó bevételünk okozott. A kiadási oldalon a szigorú gazdálkodás 2016-ban bevezetett feltételeihez tartottuk magunkat. A kiegyensúlyozott eredményben szerepet játszik, hogy kiadásaink a tervezettnél alacsonyabban alakultak.

Több éves jogi „harcunk" után végre úgy tűnik, hogy két alapítványunk, az ETE-ENER Energiagazdálkodási Alapítvány és a Szabó professzor úr a Műegyetemért Alapítvány sorsa is rendeződött. Tavaly az új alapító okiratok törvényszéki bejegyzését követően – amely egy több éves folyamat volt – az Elnökség által korábban megválasztott kuratórium lemondott. Új kuratóriumot kellett választanunk, az új kurátorok bejegyzése a közelmúltban történt meg – mindkét alapítványnál.

A 2018. évre Egyesületünk a megszokott mederben tervezi munkája folytatását. Munkaszervezeteink programjai az előző évekhez hasonló terveket tartalmaznak, míg a központi programokat külön napirendi pontként tárgyalja Küldöttközgyűlésünk. A munkaprogram végrehajtása már megkezdődött (pl. KLENEN, tartottunk egy ETT ülést), több rendezvényre, így tervezett Nagykonferenciákra is az őszi időszakban kerül sor.

Szakmai munkatervünk során figyelemmel kísérjük az EU jogalkotást, különösen a „Tiszta energia csomag" egyeztetéseinek előrehaladását, a Paksi Atomerőmű bővítésének fejleményeit. Javasoljuk továbbá a Kormányzat részére a 2011-ben elfogadott Nemzeti Energiastratégia aktualizálását.

Fontosnak tartjuk az ifjúsági munkák javítását, a társszervezetekkel való együttműködésünk folytatását.

Idei terveink között szerepel honlapunk megújítása. Remélhetőleg lesz elég erőnk (és aktív tagunk), hogy a megújulás nem csak informatikai és esztétikai javulást, de tartalmi gazdagodást és az aktualitás javulását eredményezze.

2018. évi pénzügyi tervünk az elmúlt évek tapasztalatai alapján készült és a változatlanul szigorú költséggazdálkodás mellett „0-szaldós" gazdálkodást irányoz elő.

Végezetül e helyütt is szeretnék köszönetet mondani szervezeti egységeink vezetőinek, az elnökség és az Ellenőrző Bizottság tagjainak az elvégzett munkáért. Külön köszönet illeti Wiegand Győző elnökhelyettest az ügyvezetési feladatok ellátásért és Molnár Alexát a Egyesület napi titkársági és gazdasági teendőinek proaktív ellátásért. Szeretném külön is megköszönni Dr. Gróf Gyulának az ENGA főszerkesztőjeként elvégzett színvonalas munkáját és azt, hogy a folyóirat költséggazdálkodását is az előirányzott mederben tartotta.

Budapest, 2018. május

Bakács István
elnök

Az ETE 2018. évi kitüntetettjei

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakmai és egyesületi tevékenységükért a 2018. május 24-én tartott Küldöttközgyűlésén a következő személyeket részesítette díjazásban:

Szabó Imre-díjban részesült:

Dr. Gróf Gyula, az Elnökség tagja, az Energiagazdálkodás folyóirat főszerkesztője

Dr. Gróf Gyula 1979 óta végez oktatói tevékenységet a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karán. 2008-tól az Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék vezetője, a Fenntartható Energetika Kiemelt Kutatási Terület felelőse. 2011-től az Energiagazdálkodás szakfolyóirat felelős szerkesztője, majd 2014-től főszerkesztője. A lap céljának tekinti, hogy az energetikusok széles közössége megismerkedjen az energetika hazai tudományos műhelyeiben folyó sokoldalú kutatások eredményeivel.

Dr. Gróf Gyula kitüntetését a BME Gépészmérnöki Karának 2018. június 8-i ünnepélyes ülésén vette át.

Szikla Géza-díjban részesült:

Tompa Ferenc, a Hajdú-Bihar Megyei Csoport tagja

Tompa Ferenc 10 éven keresztül volt a Csoport titkára, jelenleg az Energiahatékonysági Szakosztály társelnöke is. Aktív tevékenységet folytat az új Szakosztály eredményes működtetésében. Tompa Ferenc fontos munkát végzett a Tiszántúli régióban felépült két kombinált ciklusú erőmű létesítésében.

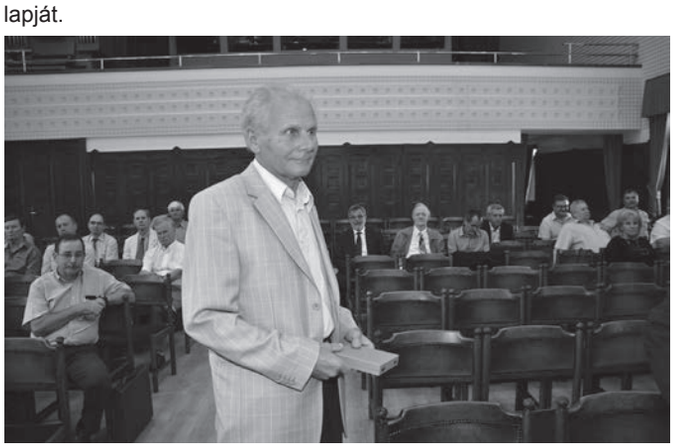
Energiagazdálkodásért kitüntetésben részesült:

Dr. Nagy Valéria, a Csongrád Megyei Csoport titkára

Dr. Nagy Valériának fontos szerepe volt abban, hogy 2017-ben sikeresen újraindult a Csongrád Megyei Csoport tevékenysége, amelynek egyik jelentős eredménye a Szegedi Energiagazdálkodási Konferencia megszervezése, amelynek megismétlését a Csoport 2018-ban is tervezi.

Maléth Márton, a Szenior Klub aktív tagja

Maléth Márton jelentősen közreműködik Szenior Klub rendszeres programjainak megszervezésében és kezeli a Szenior Klub honlapját.



Horváth Pál, a Szenior Klub tagja

Horváth Pál az energetikában hosszú évtizedeken keresztül végzett kiemelkedő tevékenységet mint az Orosházi Üveggyár főenergetikusa. A Szenior Klub programjainak fáradhatatlan, aktív résztvevője és a programok kialakításának segítője

Koncz Dezső, a Székesfehérvári Csoport tagja, volt vezetőségi tagja

Koncz Dezső szívügyének tekinti a fiatal nemzedék oktatását, energiatudatos szemlélet kialakítását. Hosszú idő óta iskolai osztályok részére rendszeresen tart tájékoztatókat a Székesfehérvári Erőmű bemutatásával egybekötve.

Tordai György, a Hőszolgáltatási Szakosztály tagja

Tordai György kiemelkedő szerepet töltött be a salgótarjáni hőszolgáltatás fejlesztésében. Vezetésével valósult meg egy hőközponti rekonstrukciós program, valamint a rendszer távfelügyelete. Tordai György a Hőszolgáltatási Szakosztály és a MATÁSZSZ elnökségi tagja és elősegítője a két szervezet együttműködésének..

A díjazottaknak gratulálunk, további munkájukhoz jó erőt, egészséget és sok sikert kívánunk!

Korcsog György, a díjbizottság elnöke

Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület Hőszolgáltatási Szakosztálya

31. TÁVHŐ VÁNDORGYŰLÉS-ét

2018. szeptember 11-12. között tartja meg

Kecskeméten.

Az **„Okos-e a távfűtés?”** mottóval és

„A 4G, energiahatékony távfűtési megoldások a termelésben, elosztásban és felhasználásban”

címmel

szervezett Vándorgyűlés foglalkozik többek között az energiapiaci mozgások hatásaival, a termelés-elosztás oldali technológiai fejlesztések legfontosabb megoldásaival, a fejlesztések várható eredményeivel valamint energiatudatos megoldásokkal, az energiafelhasználás optimalizálásának időszerű kérdéseivel.

A programban szereplő főbb témakörök

az energiaellátás és a távhőszolgáltatás aktuális vonatkozásai,
az okos mérés,
az együttműködő hőtermelő rendszerek, és
épületenergetikai szakmai kérdések és megoldások.

A vándorgyűlésen résztvevők az első napon előadásokat hallhatnak a távhőszolgáltatás aktuális kérdéseiről, az európai energiaellátás új trendjeiről, az okos mérés céljáról és megvalósításának kereteiről, a távhőszolgáltatás műszaki fejlesztéséiről és azok hatásairól, az együttműködő távhőrendszerek szabályozásának kritériumairól – a hőkooperáció várható eredményeiről és az eddigi tapasztalatokról, majd a záró blokkban sor kerül a Hőszolgáltatási Szakosztály által díjazott diplomaterv(ek) bemutatására is.

A második napon előadóink bemutatják az okos mérés alkalmazásának eredményeit, távvezetékek tervezésének kritériumait, egy LEED GOLG minősítésű épület távhőellátását, a fűtési rendszerek hidraulikai optimalizálását, valamint előadás hangzik el az energiatárolásról és az öltözködés hatásáról az épületek energiafelhasználására.

Gerda István
elnök
Hőszolgáltatási Szakosztály

A magyar energiagazdaságért felelős miniszterek és államtitkárok[1]

2018. május 18-án alakult meg a negyedik Orbán Viktor vezette kormány. A miniszteri kinevezéseket Áder János köztársasági elnök május 18-án a Sándor-palotában, az államtitkári kinevezéseket május 22-én az Országházban adta át.

A miniszteri eskütétel alkalmával a kormányfő beszédében kiemelte, hogy „a kormány tagjának lenni egyszerre küldetés és szolgálat", azt ígérte kormánya nevében, hogy "hűséggel szolgálják a nemzetet, és a nehéz időkben is fenntartás nélkül szeretik majd Magyarországot".

Az energiagazdaság területén ez a feladat, illetve hatékony irányítása elsősorban három miniszterre és államtitkáraira hárul.

Dr. Palkovics László innovációs és technológiai miniszter tárcájához került az Energiaügyekért és Klímapolitiáért Felelős Államtitkárság, amelyet **Dr. Kaderják Péter** államtitkár fog vezetni. Munkáját a tervek szerint két helyettes államtitkár fogja segíteni. Kinevezésük lapzártánkig nem történt meg.

Süli János a paksi atomerőmű bővítéséért felelős tárca nélküli miniszter folytatva az előző kormányban megkezdett munkáját, felelős lesz azért, hogy a Paks II. atomerőmű a tervezett ütemterv szerint és a költségterv keretein belül valósuljon meg. Államtitkárként munkáját **Dr. Aszódi Attila** és **Dr. Becskeházi Attila Csaba** segíti.

Bártfai-Mager Andrea, nemzeti vagyon kezeléséért felelős tárca nélküli miniszter lesz felelős többek között a hazai energetikai társaságok működtetéséért.

A miniszter asszony, miniszter és államtitkár urak kinevezéséhez gratulálunk, felelősségteljes munkájukhoz sok sikert kívánunk.

Életutak, tervek

Dr. Palkovics László innovációs és technológiai miniszter pályafutása a Műegyetemhez kötődik. 1989-ben az autógépész szakon végzett, majd a Gépjárművek tanszékén jutott el az egyetemi tanári kinevezésig. Egyetemi oktatói tevékenysége mellett kutatóként és vezetőként dolgozott a Knorr Bremse cégeinél, tudományos munkatársa volt az MTA SZTAKI-nak. 2006-tól levelező 2013-tól rendes tagja a Magyar Tudományos Akadémiának.

Az Országgyűlés gazdasági és kulturális bizottsága együttes ülésén megtartott, kinevezés előtti meghallgatásán hangsúlyozta, hogy a technológiaváltás az ország előtt álló egyik nagy kihívás, jelentősen növelni kell a magyar tulajdonú vállalatok súlyát a gazdaságban a hozzáadott értéket tekintve. A feladatok közé sorolta a magyar tulajdonú globális értékláncok és magyar márkák építését, ahogy a multicégek megtartását is az országon belül, és esetükben a magasabb hozzáadott értékű tevékenységek bevonzását, a magyar tulajdonú vállalatok mint lokális partnerek segítségével.

Dr. Kaderják Péter 1987-ben a Közgazdaságtudományi Egyetem szerzett oklevelet, majd ismereteit külföldi tanulmányai során bővítette. Tanulmányainak befejezését követően a Budapesti Közgazdaságtudományi Egyetem Vállalatgazdaságtan, majd Mikorökonómia Tanszékén dolgozott. 1997–1998 között a Harvard Institute for International Development, Central and Eastern European Environmental Economics Program, Budapest, környezetpolitikai főtanácsadója, 1998–1999 között a Gazdasági Minisztérium, kabinetfőnöke, a Gazdasági Kabinet tiktára, 2000–2003 Magyar Energia Hivatal, főigazgatója, 2002. áprilistól elnöke volt. 2004-ben alapította a BCE, REKK: Regionális Energiagazdasági Kutatóközpontot, amelynek azóta a vezetője, 2010 óta a Corvinus Egyetem energiagazdálkodási posztgraduális képzés irányítója.

Vezetésével a kutatóközpont számos energetikai stratégiai tanulmányt készített, amelyek megalapozzák a felkészültségét az államtitkári feladatok ellátására, itthon és külföldön tekintélyt szereztek számára.

Süli János szakmai életútja az energetikához kapcsolódik. Műegyetemi tanulmányait követően 1980-ban üzembe helyező mérnökként az Erőmű Beruházási Vállalatnál helyezkedett el, majd 1985 után a Paksi Atomerőmű üzembe helyező csoportvezetői beosztásával kezdve különböző vezetői megbízásokat ellátva jutott a 2009. évi vezérigazgatói kinevezéséig.

E tisztséget egy évig töltötte be, ezt követően még egy évig vezérigazgató-helyettes volt. 2014-17 között Paks város polgármestere, 2017-től a paksi atomerőmű két új blokkja tervezéséért, megépítéséért és üzembe helyezéséért felelős tárca nélküli miniszter volt.

Munkásságáért számos szakmai és közéleti kitüntetésben részesült.

Süli János a munkáját segítő munkaszervezetben sem személyi, sem strukturális változásokat nem tervez. Mint elmondta, a kerítésen belüli feladatok tekintetében a Paks II. szervezetére támaszkodik, a térségfejlesztés terén kitűzött célok végrehajtása érdekében viszont többletmunkaerőre lesz szükség. Egyelőre a kabinet székhelye Budapesten marad, de a korábbi tervekkel összhangban

[1] Forrás: http://www.kormany.hu/ , Magyar Közlöny, MTI

„kétlakivá” válik, és a súlypont áthelyeződik Paksra, különösen a térségfejlesztés tekintetében – mondta el az eskütétel után a sajtó munkatársainak.

Süli János arról is beszélt, elsőként a 20/10 kilovoltos alállomás építése kezdődhet meg, illetve rövidesen megjelenhetnek a munkagépek a felvonulási területen is. Ide nyolcvan épületet terveznek, ezeknek 2020-ig kell elkészülniük, mert a főépület kivitelezését a terv szerint kezdik, mondta a miniszter. Az új blokkok határidőre, 2026-27-re megépülnek, de nem az a cél, hogy arra az időpontra megépüljenek, hanem az, hogy megfelelő minőségben készüljenek el. A biztonság minden más szempontot megelőz.

Dr. Aszódi Attila életútja is az energetikához kapcsolódik. A Műegyetemen 1991-ben energetikai mérnöki, majd 1993-ban folyamattervező szakon gépészmérnöki oklevelet szerzett. Ezt követően BME Energetika Tanszéken doktori ösztöndíjas, majd a Nukleáris Technikai Intézetben egyetemi adjunktus lett, ahol 2002-től az igazgatóhelyettesi, 2004-től 2014-ig az igazgatói feladatokat is ellátta. 2003. május – 2004. június között a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium Paksra kiküldött miniszteri biztosi tisztséget teljesítette. 2012. augusztus – 2013. márciusa között tudományos és innovációs rektorhelyettes volt, ezt követően lett a paksi kapacitás fenntartásért felelős kormánybiztos, amely tisztséget 2017-től államtitkárként látta el.

Dr. Becskeházi Attila Csaba 1985-ben szerzett kitüntetéses oklevelet az ELTE BTK-n. Oktatott a Nyíregyházi Főiskolán/Egyetemen/ (1981-86, 2005-15), a Miskolci Egyetemen (1992-96), tudományos munkatársként dolgozott a Budapesti Közgazdaságtudományi Egyetem (1992-96), a BME Tudásvagyon Hasznosítási Osztályát vezette (2015-17). 1996-1998 között társelnöke volt a Magyar Vállalkozásfejlesztési Alapítványnak, 1998-2000 között főcsoportfőnökként dolgozott az Ipari- és Kereskedelmi Minisztériumban, igazgató ITDH, Beszállítói Központnak, majd ügyvezető igazgatója a PROMEI Kht-nak (MEH). 2007-2012 között a Paksi Atomerőmű Zrt. vezérigazgatói tanácsadója, 2012-2015 között ügyvezető a Central European Research Associatesnek.

A Paksi Atomerőmű Kapacitásának Fenntartásához Kapcsolódó Infrastruktúra-fejlesztésért, Innovációért és Lokalizációért Felelős államtitkáraként feladata lesz a beruházásban résztvevőkkel a kapcsolattartás és munkájuk koordinálása. Személyesen is fontosnak tartja, hogy minél nagyobb mértékben a hazai és a térségnek az erőforrásait használja. Ezért vezetésével az érintett térség településein olyan fejlesztéseket fognak végrehajtani, melyek csökkentik az ott élők beruházás miatti „terhelését”. A kormányzat vállalta, hogy Pakson és a környező településeken már a beruházás alatt is javítsa az ott élők életminőségét, ami a települések gazdasági versenyképességét is erősíteni fogja.

Bártfai-Mager Andrea, nemzeti vagyon kezeléséért felelős tárca nélküli miniszter a Budapesti Közgazdaságtudományi Egyetem nemzetközi kapcsolatok szakán végzett, posztgraduális tanulmányok keretében pénzügyi menedzsment és banki kapcsolatok képzésen vett részt. Bankszakmai pályafutását a Postabank és Takarékpénztár Rt.-ben kezdte, a Kockázatkezelési Divízió munkatársaként vezető kockázatértékelő volt, majd a vezérigazgató szakmai titkára lett. 2001-ben került a Magyar Nemzeti Bankhoz, ahol a Bankfőosztályt vezette. 2006-tól a Pénzügyi Stabilitás szakterület vezetése volt a feladata igazgató-helyettesi beosztásban. 2007. szeptember 1-jétől a Gazdasági Versenyhivatal Versenytanácsának tagja. 2010 után a Magyar Közlönynél dolgozott, később az MNB Monetáris Tanács tagja lett. 2016 óta postaügyért és a nemzeti pénzügyi szolgáltatásért felelős kormánybiztosként dolgozott.

A miniszter asszony parlamenti meghallgatásán azt mondta, hogy két fontos iránya lesz a vagyonpolitikának: a közvagyon gyarapítása és értékének megőrzése, illetve az állami irányítás alá tartozó vállalatok versenyképességének növelése. Emellett azt is célként említette, hogy a közműszolgáltatások állami kézben maradjanak, meggátolják a magyarok külföldi függését és a profit kiáramlását. A közműtársaságokat Bártfai-Mager Andrea erős és jó jövőképpel rendelkező vállalatoknak látja, ami szerinte hozzájárul ahhoz, hogy a rezsicsökkentés eredményei fenntarthatóak legyenek.

Energetikai szakirányú továbbképzés

A képzést azok figyelmébe ajánljuk, akik fel akarják frissíteni energetikai ismereteiket, vagy bár más műszaki területen szereztek oklevelet, de az energetika szektorban tevékenykednek. Az órákat kéthetente, péntek-szombaton tartjuk.

Jelentkezési határidő: 2018. szeptemberben induló képzésre: 2018. augusztus 31.
A képzés költsége 265 000 Ft/félév, várható kezdete: 2018. szeptember 3. hete
A jelentkezési lap letölthető: www.energia.bme.hu

A szak megnevezése: Energiatermelési szakirányú továbbképzési szak levelező képzés BSc (főiskolai) végzettségűek számára

A képzési idő:
- a félévek száma: 4 félév, a kontaktórák száma: 480 (kéthetente péntek-szombat)
- az oklevél megszerzéséhez szükséges kreditek száma: 120.

A szakért felelős oktató, kapcsolattartó:
- Dr. Ősz János egyetemi docens, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, osz@energia.bme.hu, 06-1/463-2558

26. DUNAGÁZ Konferencia és Kiállítás

2018. április 18–19-én a visegrádi Thermal Hotelben volt a hazai gázszakma jelentős eseménye, a 26. Dunagáz Konferencia és Kiállítás. A konferencia szervezők célja a hagyományos éves iparági összejövetelek fenntartása volt, ezért a rendezvény szakmai támogatásában, segítésében a DUNAGÁZ Zrt. mellett többek között a Magyar Mérnöki Kamara Gáz- és Olajipari Tagozata is közreműködött.

A szervezők az előző évek tapasztalatait is figyelembe véve nagy gondot fordítottak a szakmai program megszervezése során a gázipart ma foglalkoztató főbb témák teljes körű áttekintésére, a legfontosabb témák többoldalú vizsgálatára is. Az előadók elsősorban a gázpiac szereplőinek gondjait, terveit hozták a hallgatóság elé, bár néhány remek technikai újdonság bemutatásával az egyes fejlesztő cégek eredményei is megvitatásra kerültek.

A konferenciát Gáspár Zsanett, a DUNAGÁZ vezérigazgatója nyitotta meg. A megnyitóban hangsúlyt kapott, hogy a magyar gázipar egyik legnagyobb érdeklődéssel kísért rendezvényére több, mint 170 részvető regisztrálta magát, és a 11 kiállító a szakma legújabb technikai újdonságait mutatja be. A rendezvény szerves része a DUNAGÁZ szakmai programjának, amellyel a gázszolgáltatást és a kiegészítő szakmai képzéseket szolgálják.

A hivatalos programot dr. Völner Pál államtitkár, a térség országgyűlési képviselője nyitotta meg, az energiaipart ma foglalkoztató legfontosabb kérdések áttekintésével: befejeződik a gázszolgáltató iparágban a tulajdonosváltás, erős állami gázszolgáltató cég alakul. Új technológiák jelennek meg, megáll a fogyasztószám csökkenés, nő a gázfogyasztás.

A magyar földgázpiac legnagyobb vállalatát, a Konferencia fővédnökét, a Nemzeti Közműveket Kóbor György elnök-vezérigazgató képviselte, nyitó előadással. Az NKM megalapításával létrejött a földgáz forrás kontroll az országban, a fogyasztási piac is átláthatóbbá vált és a tároltatás is racionális keretek közé került. Az NKM céljaiként jelölte meg az egységes vállalati szemlélet kialakítását, a digitalizáció kiterjesztését, a technológiák fejlesztését, a modernizálást, amit kiterjesztenek az ügyfél kapcsolatokra is. Az NKM megindította az áramszolgáltatást is. Biczók András, az NKM Földgázszállító Zrt. vezérigazgató helyettese szinte folytatta Kóbor úr által megkezdett cég bemutatását: a vállalati célok között kiemelkedik az informatika fejlesztése, a hatékonyság fokozása, a cég egyes egységeinek homogenizálása. A cégen belül a munkavállalók teljesítményének mérésével kiterjesztik a teljesítmény bérezést is. Dr. Pálfi Géza, a NKM Nemzeti Közművek Zrt. energiatárolási és hálózati pályázatokért felelős menedzsere is összefoglalta a társaság főbb céljait: a felhasználóknál okos eszközökkel biztosítani kell a kényelmes kommunikációt a szolgáltató felé, az ügyintézésben a digitalizációt fejleszteni kell, az elektromos autók terjedésének elősegítése is fontos cél, a napelem telepítések támogatását tovább kell fejleszteni, fontos cél a földgáz használat elősegítése a dízel járművek kiváltásánál.

Nagy Gyula, a Magyar Mérnöki Kamara elnöke a mérnököket összefogó testület tevékenységéről, működéséről és főbb céljairól beszélt előadásában. A versenyképes és innovatív mérnök társadalom érdekében újjá szervezték a mérnökök továbbképzési rendszerét, és hatékonyan közreműködnek a mérnökök státuszát szabályozó jogszabályok módosításában is.

A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal előadója bemutatta az ingyenes lakossági bekapcsolás tartalmát és kereteit. Megtudhattuk, hogy az ingyenes bekapcsolás költségeit a hatóság a mindenki által megfizetett rendszerhasználati díjak korrekciójával téríti meg az elosztónak.

A bányahatóság átszervezésének lényegét és ellentmondásait mutatta be a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat előadója. Az állami közigazgatásba áttelepítés a bányászati hatósági eljárások átértékelését eredményezi.

Az FGSZ Földgázszállító Zrt. előadója a földgáz szállítás előtt álló új feladatokat vázolta: az ország földgáz igényeit új nemzetközi szállítóvezetékek építése teheti biztonságosabbá: a jelenlegi orosz-ukrán szállítási irányt felválthatja a Németországot bekapcsoló Északi Áramlat II. távvezetékről Kelet-Európába futó gázvezeték, amelyhez az ausztriai Baumgartenben csatlakozhatunk. Reményteljes a Fekete-tengeri új földgáz előfordulás, amelyből 2020-tól akár 4-6 milliárd m^3 földgáz is érkezhet Románia felől. A környező országok meglévő és épülő LNG termináljai lehetőséget adnak újabb beszállítások fogadására.

A kétnapos rendezvény előadói foglalkoztak a gázipar új hatósági szabályozásai ellentmondásaival és lehetséges hatásaival, a szabályozások hiányosságaival is. Sajnos, az elhangzottakat éppen a jogszabályok alkotói nem hallották.

Az előadók bemutatták a gázszolgáltatás mai helyzetét, köztük a negatív jelenségeket és jellemzőiket is: sok az üres lakás, az elosztóhálózat kihasználtsága alacsony, az acél elosztó vezetékek rekonstrukciója sürgető feladat, elöregedett, alacsony hatásfokú gázkészülékek üzemelnek.

Két előadás is az Európai Unió környezetvédelmi követelményei fokozatos bevezetésével kapcsolatos gondokat sorolta: a gázkészülékekkel kapcsolatos követelmények és az épületek energetikai követelményei csak az új építésű lakásoknál teljesíthetők, jelentős többlet költségekkel.

A TIGÁZ DSO területén az üzemzavarok száma és tartalma kedvező képet mutat, az állapot annak ellenére elfogadható, hogy a hálózat fenntartására rendelkezésre álló pénz relatíve csökkent. Az ÉGÁZ-DÉGÁZ Földgázelosztó Zrt. előadója a hálózatüzemeltetés kockázat kezelésével foglalkozott, bemutatta azokat a módszereket, melyekkel az üzemeltetés kockázatai csökkenthetők.

Megismerhettük az NKM Földgázhálózati Zrt.-nél kialakított integrált informatikai rendszerhez illeszkedő hálózat szivárgás ellenőrző rendszert. Az új eljárás munkaerőt takarít meg, és nagyon pontos nyilvántartást biztosít a hálózati szivárgásokról. Az országos E-közmű nyilvántartás eddigi eredményeivel ismer-

kedhettünk meg a Lechner Nonprofit Kft. képviselőjének előadásával. Jó érzés volt azt hallani, hogy az E-közmű nyilvántartások rendszerében az elosztók magas szinten vesznek részt.

Az E.ON Hungária Zrt. előadója a gázhálózatok kihasználtságának romlását részletezte, bemutatva olyan községeket, ahol az üres lakások miatt a gázfelhasználás csak jelentéktelen. A helyzet kialakulásában nagy szerepe van – különösen vidéken – a fatüzelés ismételt elterjedésének.

Előadást hallhattunk az épületek energia igénye változásáról, amit az épületenergetikai szabályozások változása idéz elő. A szabályozás elősegítheti az épület felújítások során a mai átlagosnál lényegesen magasabb energia takarékosságot.

A DUNAGÁZ Zrt. bemutatta új képzési stratégiáját, amivel a gázipar megváltozó működési környezetének és a technikai háttér fejlődésének gyors kezeléséhez nyújt humán képzésekkel segítséget. A képzések megalapozzák a gáziparban a különböző munkakörökhöz előírt minősítések megszerzését és rendszeres továbbképzéseket biztosítanak a jogosultságok fenntartásához.

A BME Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnikai Tanszék vezetője bemutatta azt az együttműködést, amelyet a tanszék és a DUNAGÁZ Zrt. alakított ki egymás erősségeire építve, a közös munkából adódó szinergiákat kiaknázva azzal, hogy a gázipari képzés mind közép-, mind felsőfokon egy egységes, magas szintű és naprakész tudást adjon a szakembereknek.

A földgáz új szerepét ismerhettük meg az LNG alkalmazásról a közlekedésben. Az előadó eléggé optimista képet vázolt fel a földgáz hajtású személy- és tehergépjárművek számáról és a kiszolgáló hálózatról.

A minőségirányítás és a biztonságtechnika új módszereit mutatta be az ÉGÁZ-DÉGÁZ Földgázelosztó Zrt. előadója. A biztonságtechnikai követelményeket oktatással, ellenőrzéssel erősítették meg, és kiterjesztették a beszállítókra is.

A meglévő gázhálózatokban az acél csövek és a hagyományos tompahegesztéssel készült PE csőhálózatok felújításának hatékony módszerét mutatta be a BONEX Kft. előadója.

Két távolabbra mutató téma is napirendre került: a Miskolci Egyetem Phd hallgatója a hidrogén földgázba keverésének lehetőségét értékelte, az ország legnagyobb biogáz üzemének vezetője pedig a biogáz földgáz hálózatba vezetése rendszerét mutatta be.

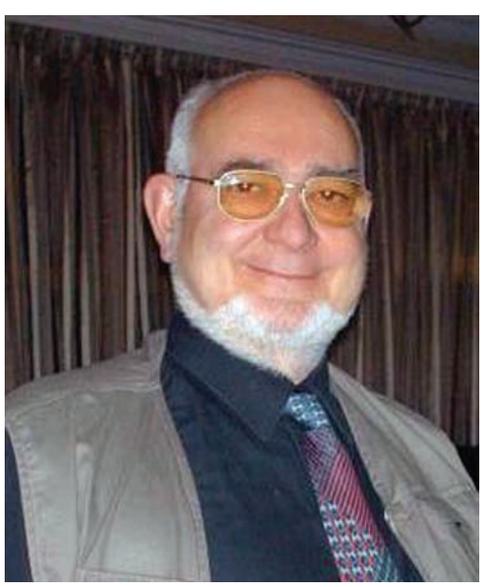
A rendezvény résztvevői egy sor kérdésben széles körű tájékoztatást kaphattak, módszereket ismerhettek meg, amelyeket saját munkájukban alkalmazhatnak, és mint minden hasonló rendezvényen a hivatalos program mellett sokrétű tapasztalatcserére is volt lehetőség. A visszajelzések alapján a résztvevők a konferenciát sikeresnek és színvonalasnak ítélték meg.

Szilágyi Zsombor

Komlós Ferenc
(1943–2018)

okleveles gépészmérnök, épületgépész, ny. minisztériumi vezető-főtanácsos

Komlós Ferenc 75 éves korában tragikus hirtelenséggel elhunyt. Személyisége a megújuló energiák és különösen a hőszivattyúzási technológia társadalmi megismertetésében és a jó példák, jó megoldások nem mérnökök számára is érthető bemutatásában meghatározó, fontos szerepet töltött be hazánkban. Több évtizedes tervezőmérnöki tevékenysége után 2001-től nyugdíjazásáig látott el főtanácsos kormánytisztviselőként szakmai feladatokat. Nyugdíjazását követően önkéntesen és fáradhatatlan aktivitással vállalata fel a hőszivattyú technológia nemzeti fejlesztésének ügyét. Publikációkban, konferencia előadásokban, rádióinterjúkban állt ki a megújuló energiák hazai hasznosításának és elterjesztéséért, a környezetvédelmi indokok mellett mindig szem előtt tartva a haza haladásának ügyét. Komlós Ferenc a Magyar Napenergia Társaság (MNT) Szoláris hőszivattyúk munkacsoportjának vezetője volt és aktív tagja számos szakmai szervezetnek, mint a Magyar Mérnöki Kamara (MMK), a Magyar Elektrotechnikai Egyesület (MEE), a Magyar Hidrológiai Társaság (MHT), az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület (ETE), a Magyar Ipari Ökológiai Társaság (MIPOET), a Magyar Energetikai Társaság (MET), a Magyar Épületgépészek Szövetsége (MÉGSZ) és a Magyar Hőszivattyú Szövetség (MAHŐSZ). Egyik alapítója és az elnökség tagja volt az Építéstudományi Egyesület (ÉTE) Hőszivattyús Szakosztálynak. Az Európai Civil Koordinációs Egyesület (ECKE) tiszteletbeli tagjaként, a Magyar Virtuális Mikrohálózatok Mérlegköri Klaszter Egyesület (MIKROVIRKA) alapító, tiszteletbeli tagjaként is tevékenykedett. Munkásságáért számos díjban és elismerésben részesült. Szívügyének tekintette a hazai hőszivattyúzás előmozdítását és az általa Heller-programnak elnevezett társadalmi kezdeményezést hozta létre ennek érdekében, melynek megvalósítása még várat magára Komlós Ferenc áldozatos küzdelme ellenére. Derűs személyisége, kitartása a hőszivattyúzás ügye mellett hiányozni fog az energetikával foglalkozó szakemberek köréből! Emlékét megőrizzük, nyugodjék békében!



Az ETE szenior Energetikusok Klubja a mellett, hogy több évtizedes múltra tekint vissza, jelenleg is eredményesen működik az Elektrotechnikai Múzeum támogatásával.

Az év első felében 15 előadást szerveztünk és egy szakmai kirándulást, az elmúlt év végén üzembe helyezett Kerepesi 400/120 kV korszerű berendezésekkel felszerelt, a MAVIR központjából távirányítással kezelt alállomáson

Az előadások látogatottsága és az adott témák iránti érdeklődése jó, köszönhetően elsősorban a kiváló előadóknak. Ebben a félévben a hallgatók részvétele megközelítette a 600 főt.

Az elmondottak alapján szeretném meghívnia kollégákat a következő félévi alábbi programunk bármelyik előadásra:

IX. 13. **Wiegand Győző,** az ETE elnökhelyettese
Prognózisok, jövőképek az energetikában, a valóság tükrében
Házigazda: Szabó Benjamin
KLUBNAP

IX. 20. **Horváth-Sántha Hanga,** doktorandusz, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kara
Iszlamista indíttatású radikalózódás és terrorizmus Európában
Házigazda: Szabó Benjamin

IX. 27. **Dr. Reményi Károly, akadémikus**
Energetika és szén-dioxid, globális felmelegedés
Házigazda: Dr. Iring Rezső

X. 4. **Bencsik Tibor,** MAVIR igazgató
A villamos átviteli hálózat fejlesztése és üzemeltetése
Házigazda: Forgács János

X. 11. **Kimpián Aladár,** nyugalmazott főmérnök
Nemzeti villamosenergia-rendszer skandináv módra. 2. rész. Norvégia
Házigazda: Szabó Benjamin

X. 18. **Kaiser Ferenc,** egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem
Édesvíz szűkösség, illetve annak globális hatásai
Házigazda: Lengyel János

X. 25. **Cserháti András,** műszaki főszakértő (MVM Paksi Atomerőmű Zrt.)
Atomenergetika a világban és itthon-adatok, események, trendek, érdekességek
Házigazda: Szabó Benjamin

XI. 8. **Görgey Péter,** nyugalmazott főmérnök
Digitális esélyek, digitális veszélyek
Házigazda: Kimpián Aladár

XI. 15. **Csalóközi István,**
Hazai gázellátásunk aktuális helyzete
Házigazda: Elek János

XI. 22. **Hózer Zoltán (AEKI)**
Az új paksi blokkok üzemanyaga
Házigazda: Czibolya László

XI. 29. **Fichtinger Gyula,** főigazgató
Tabby csillaga és egyéb rejtélyek az égen
Házigazda: Szabó Benjamin

XII. 6. **Dr. Almár Iván,** csillagász
Ötven éve jutott el az ember a holdra – egy szemtanú visszaemlékezései
Házigazda: Szabó Benjamin

XII. 13. **Elek János,** gépészmérnök
IÉpítsünk Erőművet?!
Házigazda: Szabó Benjamin

XII. 20. **Görög Ibolya,** protokoll szakértő
Európai viselkedés kultúra alapjai
Házigazda: Szabó Benjamin
KLUBNAP

Az ülések helye és ideje:
Magyar Elektrotechnikai Múzeum,
Zipernovszky terem II. emelet
Budapest, VII. Kazinczy u. 21., 10 óra

Szabó Benjamin s.k.
a Szenior Energetikusok
Klub elnöke

Jegyezze elő naptárába!

2019. MÁRCIUS 7-8.

KLENEN'19

KLÍMAVÁLTOZÁS
ENERGIATUDATOSSÁG
ENERGIAHATÉKONYSÁG

XIV. KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS

„Osszuk meg tapasztalatainkat, dolgozzunk együtt a természet egyensúlyának megőrzéséért"

Az energiahatékonysági törvény végrehajtásának tapasztalatai, energetikai audit eredmények bemutatása

HATÁRIDŐK:

Jelentkezés előadás tartására	– 2018. október 15.
Jelentkezés kiállításra és termékbemutatóra	– 2019. január 15.
Jelentkezés a konferenciára	– 2019. január 31.

VÁRJUK JELENTKEZÉSÉT!

További információ és jelentkezés: **www.klenen.eu**

aeecenter.org ete-net.hu eszk.org virtualiseromu.hu bpmk.hu bkik.hu

Magyar Elektrotechnikai Egyesület

65. VÁNDORGYŰLÉS, KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS

ÚTON A TISZTA ENERGIA FELÉ

125 éves a magyar villamos energia elosztás

2018. szeptember 12-14.
Visegrád, Thermal Hotel Visegrád

Főtámogató: ELMŰ • ÉMÁSZ TÁRSASÁGCSOPORT

Társszervező: MEE ELMŰ ÜZEMI SZERVEZETE

További részletek: vandorgyules.mee.hu