

ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata

64. évfolyam 2023. 4-5. szám

A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat



VEK

ETE IX.

Villamos Energia Konferencia



SZERVEZŐ:
Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület

2023. november 28-29.

Hotel Four Points by Sheraton, Kecskemét

TOVÁBBI INFORMÁCIÓ:

titkarsag@ete-net.hu és vek2023@congress.hu

Jegyezze elő: 2024. március 6–7.

KLENEN'24

KLÍMAVÁLTOZÁS ENERGIATUDATOSSÁG ENERGIAHATÉKONYSÁG
XIX. KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS

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

Az energiahatékonysági kötelezettségi rendszer működtetésének tapasztalatai – az elszámolható energiamegtakarítás meghatározása, hitelesítése és forgalmazása

25
év

1999 - 2024

HATÁRIDŐK:

Jelentkezés előadás tartására _____ 2023. október 15.

Jelentkezés kiállításra és termékbemutatóra _____ 2024. január 15.

Jelentkezés a konferenciára _____ 2024. január 31.

További információ és jelentkezés:

www.klenen.eu és klenen@congress.hu



aeecenter.org



ete-net.hu



eszk.org



mekh.hu



bpmk.hu



bkik.hu



mee.hu



zerocarbonhub.hu

Médiapartnereink:

ENERGIAGAZDÁLKODÁS

innotéka

Főszerkesztő:

Dr. Gróf Gyula

Olvasó szerkesztő:

Dr. Groniewsky Axel

Szerkesztőség vezető:

Kaposvári Regina

Szerkesztőbizottság:

Czinege Zoltán, Dr. Csűrök Tibor,
Czibolya László, Dr. Farkas István,
Horváth Péter János, Dr. Imre Attila,
Ignácz Elek, Korcsog György,
Dr. Laza Tamás, Molnár Csaba,
Molnár Ferenc, PhD, Dr. Nagy Valéria,
Németh Bálint, Péter Szabó István,
Dr. Serédiné Dr. Wopera Ágnes,
Dr. Stróbl Alajos, Székely László,
Dr. Szilágyi Zsombor, Dr. Tóth 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:

Dr. Kiss Csaba, az ETE elnöke

A szerkesztőség címe:

BME Energetikai Gépek és
Rendszerek Tanszék

1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

D épület 208 sz.

Telefon: +36 1 463 2613.

Telefax: +36 1 353 3894.

E-mail: enga@ete-net.hu

Megjelenik kéthavonta.

Előfizetési díj egy évre: 5500 Ft

Egy szám ára: 920 Ft

Előfizethető a díj átutalásával a

10200830-32310267-00000000

számlaszámra a postázási és számlázási cím

megadásával, valamint az

„Energiagazdálkodás” megjegyzéssel

ISSN 0021-0757

Tipográfia:

Búki Bt.

bukiandras@t-online.hu

Nyomdai munkák:

EFO Nyomda

www.efonyomda.hu

Lapunkat rendszeresen
szemlézi a megújult

 **OBSERVER**

www.observer.hu

TARTALOM • CONTENTS • INHALT

Tartalom

Content

Inhalt

**Megújuló energia * Renewable Energy *
Erneuerbare Energie**

Hujber Ottó

Energiastratégiai program-javaslat az
időjárásfüggő megújuló energiák széleskörű
felhasználása érdekében

*Energy strategy program proposal for the
widespread use of weather-dependent
renewable energies*

*Energiestrategie-Programmorschlag für die
flächendeckende Nutzung wetterabhängiger
erneuerbarer Energien*

**Energia Politika * Energy Politics *
Energiepolitik**

Reményi Károly

Globális hőmérséklet és a szén-dioxid
(a tényeket ismerni kell)

*Global temperature and carbon dioxide
(facts must be known)*

*Globale Temperatur und Kohlendioxid
(Fakten, die bekannt sein müssen)*

Szilágyi Zsombor

Energiahordozók a tőzsdéken

Energy carriers on stock exchanges

Energieträger an der Börse

Szalai Gabriella

Primerenergia átalakítási tényező:

lehet-e valamivel alacsonyabb,

ha az elektrifikáció a cél?

Primary energy factor: might it be

a little lower if electrification is the goal?

KLENEN'23

Konferencia összefoglaló

Conference Summary

Zusammenfassung der Konferenz

Gianone János, Imre Attila

Geotermikus hőforrás egyidejű használata

villamosenergia-termelésre és

távhőszolgáltatásra

1 *Simultaneous use of geothermal heat
sources for electricity generation and
district heating
Gleichzeitige Nutzung geothermischer
Wärmequellen für Stromerzeugung und
Fernwärme*

*Pózmán Réka Alexandra, Székely László,
Cselkó Richárd*

Elektrosztatikus szálképző berendezés
készítése és a működést befolyásoló

paraméterek vizsgálata

*Construction of an electrostatic
fiber-forming device and investigation
of the parameters influencing its operation
Entwurf einer elektrostatischen
Faserformungsanlage und Untersuchung der
Parameter, die ihren Betrieb
beeinflussen*

Kocsis Kende

HUHA2 hulladékégető mű létesítésének
értékelése budapest távhőellátásában

7 *Evaluation of the establishment of
HUHA2 waste incineration plant
in the district heating supply of Budapest
Bewertung der Einrichtung der
Müllverbrennungsanlage HUHA2 im Rahmen
der Fernwärme Versorgung von Budapest*

Békési Bálint

A fotovoltaikus rendszerek

termelésének előrejelzése

Forecasting the production

of photovoltaic systems

Vorhersage der Produktion

von Fotovoltaikanlagen

15 *Juhász Kristóf Péter, Táci István, Sztráda
Gyula*

Rendszer inercia várható változásai és

hatása a VER működésére

*Changes in system inertia and their impact
on the power system*

18 *Power-to-Gas/Power-to-Methan-*

Technologie – Wohin als nächstes?

*Änderungen der Systemträgheit und ihre
Auswirkungen auf das Stromnetz*

36. Távhő Vándorgyűlés Program

36th Annual district heating conference

35 *36. Jahrestagung Fernwärme*

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

Energiastratégiai program-javaslat az időjárásfüggő megújuló energiák széleskörű felhasználása érdekében

Hujber Ottó

okl. villamosmérnök, otto.hujber@coopinter.hu

Jelenleg a magyar villamosenergia felhasználás csak mintegy 10%-a származik nap- és szélenergiából és több mint 45%-át importból fedezzük. Az időjárásfüggő megújulóenergiák további nagyobb mennyiségű villamoshálózati integrálása problémákkal terhelt és lassan halad, melynek fő oka azok jelenlegi hasznosítási módjában keresendő. Javaslatot teszek olyan meglévő technológiák párhuzamos és egyidejű alkalmazására, amelyekkel többszörösére emelhető a nap- és szélenergia aránya az energia-mixben és általuk elérhető a villamosenergia import nullára való csökkentése. A javasolt módszerek lehetővé tehetik közel négymilliárd m³/év földgázimport megújuló energiával történő kiváltását és mintegy 7,8 millió tonna/év CO₂ légkörbe jutásának megakadályozását is.

*

Currently, only about 10% of Hungarian electricity consumption comes from solar and wind energy and more than 45% from imports. The integration of additional large quantities of weather-dependent renewable energies into the electricity network is fraught with problems and is progressing slowly, the main reason for which is to be found in their current utilization method. I propose the parallel and simultaneous application of existing technologies that can be used to multiply the proportion of solar and wind energy in the energy mix and reduce electricity imports to zero. The proposed methods can make it possible to replace nearly four billion m³/year of natural gas imports with renewable energy and prevent about 7.8 million tons/year of CO₂ from entering the atmosphere.

Az időjárásfüggő megújuló energiák gazdaságosan elérhető mennyisége jelentősen meghaladja hazánk energetikai és közlekedési energiaszükségletét. Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) által végzett kutatások eredménye szerint Magyarország technikaiilag elérhető napenergia potenciálja 486 000 GWh/év, az elérhető szélenergia potenciál pedig 56 850 GWh/év [1]. Ez az energiamennyiség több mint egy nagyságrenddel haladja meg hazánk villamos energia szükségletét, amely 2021-ben 43.850 GWh volt [2].

A magyar villamosenergia-fogyasztás mintegy 45,5%-át (19 967 GWh) 2021-ben villamosenergia-importból fedeztük, és csak mintegy 8,7%-át (3.796 GWh) termeltük meg napelemekkel [3].

Másfelől, ebben az évben már előállt az a helyzet, amikor a napenergia befogadása érdekében nem lehetett elegendő földgáz-üzemű erőművet visszatérhelni és/vagy leállítani, napelem parkokat kellett kitiltani a hálózatról [4].

A fenti tények világosan mutatják, hogy az időjárásfüggő energiák megfelelő mértékű hasznosításának eléréséhez ki kell dolgozni azok célszerű felhasználási módját [5; 6].

Egyértelmű, hogy a nap- és szélenergia közvetlenül az energia-mix részeként való felhasználása korlátos lehetőség. A helyzetet némileg javíthatja a fölös napenergiából termelt hidrogén földgáz hálózatba, illetve földgáz tárolókba való bekeverése.

A földgáz tárolókba történő besajtolás útján való hidrogén-bekeverés egy szükséges, de nem elégséges megoldás. Ha 5%-os bekeverési arányt veszünk figyelembe, akkor ez mintegy 350 millió m³/év hidrogént jelent, amely a jelenlegi legjobb 58%-os villamos hatásokkal számolva 350 millió m³ · 2,995 kWh/m³ · 0,58 = 607,9 GWh/év, vagyis az éves villamosenergia-fogyasztásunk mintegy 1,4%-a. A még elképzelhető 10%-os bekeverési arány esetén ez a szám is csak 2,8%.

A lehetséges megoldások rendszere

Annak érdekében, hogy az időjárásfüggő megújuló energiákat sokkal nagyobb mértékben tudjuk hasznosítani, párhuzamosan és egyidejűleg kell alkalmazni a rendelkezésre álló különféle nap- és szélenergia hasznosítási lehetőségeket úgy, hogy az egyes technológiákban lévő szinergiákat is kihasználjuk, például növelve az egyes fő berendezések (vízbontók, metanizátorok és akkumulátorok) éves üzem-idejét.

Vegyük számba a rendelkezésre álló főbb technológia megoldásokat, amelyek hatékonyan egészíthetők ki a nap- és szélenergia közvetlen energia mixben való hasznosítását és a földgázhálózati hidrogén-bekeverést.

A széndioxid hagyományos P2G technológiával való metanizációja [5], és az előállított megújuló metán földgáz tárolóba való juttatása szezonális energiatárolás céljából, jelentős nagyságú gazdasági eredménnyel bírhat, kiegészítőleg a hidrogén földgázhálózati bekeveréséhez.

Itt a korlátot a gazdaságosan elérhető CO₂ mennyisége jelenti. A metanizációhoz szükséges CO₂ gazdaságosan fermentációs technológiákból nyerhető (az erőművek füstgázából való CO₂ kivonás egyelőre még túl magas CAPEX és OPEX vonzatú).

- A Pannonbio és a Hungrana cégek bioetanol üzeménél a CO₂ éves mennyisége 2,2 millió t/év kukorica 0,39 t/t CO₂ = 0,858 millió tonna széndioxid. A CO₂ térfogatsúlya alapján ez 0,858 millió t : 1.000 kg/t : 1,99 kg/m³ = 0,43 milliárd m³/év CO₂. Ebből ugyanannyi, vagyis 0,43 milliárd m³/év szintetikus földgáz állítható elő metanizációval.

A metanizációhoz szükséges hidrogén mennyisége 4 · 0,43 milliárd m³/év = 1,73 milliárd m³/év. Vagyis, ily módon, kiegészítőleg a hidrogén-bekeveréshez, 1,730 millió:350 millió = 4,9 szerez nap- és szélenergia hasznosítható (4 · 607,9 = 2.978,7 GWh/év).

- A biogáz üzemek esetében rendelkezésre álló CO₂ mennyiség ennek csak mintegy a 2-3%-a [10]. Ez további 2.978,7 · 0,02 = 59,6 GWh/év időjárásfüggő megújulóenergia hasznosításának a lehetőségét jelentheti.

A villamosenergia-rendszerünk tartalmaz olyan földgáz üzemű berendezéseket, amelyek nem terhelhetők vissza, vagy nem korlátla-

ner terhelhetők vissza. Ebben az esetben a megoldás az, ha a nap- és szélenergiából először megújuló metánt (szintetikus földgázt) állítunk elő, amit ezek a földgáz alapú erőművek fogyasztanak el [16]. A földgázfogyasztó berendezés alapú, zéró CO₂ kibocsátású, szintetikus földgázt előállító új P2G technológia erre alkalmas – a keletkezése helyén és idejében szünteti meg a gázmotorok, gáz-turbinák és gázkazánok CO₂ kibocsátását, abból metánt állítva elő, amit maguk az erőművek földgázfogyasztó berendezései hasznosítanak [18].

- A kapcsoltan villamos- és hőenergiát termelő erőműveket nem célszerű visszatérteni, hiszen azok szabályozása a hőtermelési-szükséglet szerint működik, a villamos energia ezen erőművek esetében csak „melléktermék”. Tehát az esetükben szükségszerű az üzemidejük fenntartása, ezért célszerű a földgázfogyasztásuk időjárásfüggő megújuló energia alapú metánnal való kiváltása.

A magyarországi kapcsolt energiatermelő erőművek fogyasztása az EUROSTAT CHP adatai szerint 2019-ben 55,61 PJ volt, amely erőművek 68,5%-a földgáz alapon működött, vagyis a földgázfogyasztás, amit célszerű kiváltani: $55,61 \text{ PJ/év} \cdot 0,685 = 38,1 \text{ PJ/év} = 38.100 \text{ GJ} : 3,6 = 10.583 \text{ GWh/év}$ [9].

- Ugyancsak nem lesznek korlátlanul visszatérhetők az új építésű kombinált ciklusú erőművek. A beruházási döntést megalapozó, garantált üzemidejüket, vagyis a garantált éves villamosenergia mennyiség megtermelését számukra biztosítani kell. Ezért itt is célszerű a földgázfogyasztásuk megújuló metánnal való kiváltása.

A tervek szerint az MVM Tiszai Erőmű tiszaujvárosi bázisán két, egyenként 500 MW teljesítményű, az MVM Mátra Energia Zrt. Mátrai Erőmű visontai telephelyén pedig egy 650 MW teljesítményű blokk létesül. A két új tiszaujvárosi blokk évente átlagosan 5.200 GWh, míg a mátrai 3.800 GWh villamos energiát termelhet majd. Ez az évi 9.000 GWh megtermelendő villamosenergia 58%-os hatásfok mellett $9.000 : 0,58 = 15.517 \text{ GWh/év}$ energiatartalmú szintetikus földgáz előállításának igényét jelenti.

A fentiekből látható, hogy a P2G technológiák megfelelő alkalmazásával a hidrogén-bekeverés által elérhető 607,9 GWh/év nap- és szélenergia hasznosításon túlmenően, azt kiegészítendő, további 2.979 (bioetanol) + 60 (Biogáz) + 10.583 (CHP) + 15.517 (új CCGT) = 29.139 GWh/év energiamennyiség tartalmú import földgáz-mennyiség váltható ki karbonmentes villamos energiából származó szintetikus földgázzal.

Az új P2G technológia továbbá lehetővé teheti az új kombinált ciklusú erőművek szerződéses értéken túlmenő kihasználtságát is. Ebben az esetben a nap- és szélenergia ezúton történő hasznosítása az új erőművek termelésére vetítve mintegy további 47%-kal növelhető és 15.517 GWh/év helyett 22.810 GWh/év lehet.

Így az időjárásfüggő megújuló energia alapú hálózatba juttatható villamos energia mennyisége $29.139 - 15.517 + 22.810 = 36.432 \text{ GWh/év}$ lehet.

A 2021. évi villamosenergia-fogyasztásunk 43.850 GWh volt, de a jövőben az éves villamosenergia fogyasztás intenzív növekedése várható, és egyes prognózisok szerint, 10-15 éven belül elérheti a 60 ezer GWh/év körüli volument is.

A fentebb javasolt megoldások együttes alkalmazása lehetővé teheti a villamosenergia igényünk mintegy 60%-ának hazai terme-

lésű nap- és szélenergiával való kielégítését, kiváltva a jelenlegi 45,5% nagyságú importot.

Ehhez olyan intenzív ütemű, tervszerű vízbontó, metanizátor és akkumulátor telepítés szükséges, melynek üteme lépést tart a villamosenergia fogyasztásunk növekedésének ütemével.

A tervszerű beruházások és nagy volumenű berendezés-rendelések számottevő berendezésár csökkenéseket eredményeznek, amelyek jelentősen jobb megtérülést biztosítanak a vízbontók, metanizátorok és akkumulátorok vonatkozásában.

Az időjárásfüggő megújuló energiák célszerű felhasználásának elvei

A fentiek alapján összefoglalom az időjárásfüggő megújuló energiák hasznosításával kapcsolatos fontosabb elveket:

- A nap- és szélenergia energia-mixbe való közvetlen hasznosítása, a legjobb hatásfokú, de korlátos megoldás, mint egyedüli eljárás, nem tartható fenn.
- A hidrogén földgáz hálózatba való bekeverése (földgáz tárolókba való besajtolása) az időjárásfüggő megújuló energiák okozta csúcsok csökkentése céljából szükséges, de nem elégséges megoldás annak korlátos volta miatt.
- A hagyományos P2G technológia is korlátos megoldás, de hatékonyan alkalmazható és alkalmazandó a fermentációs technológiák (bioetanol és biogáz) által termelt CO₂ metanizálására szezonális energiatárolási céllal.
- A Földgázfogyasztó berendezés alapú, zárt ciklusú körforgásos új P2G technológia [18] hatékonyan egészítheti ki az a.-c. eljárásokat. Ez a hiányzó technológiai láncszem, amely oly módon teszi lehetővé a nap- és szélenergia villamoshálózati befogadását, hogy ne kelljen a földgáz üzemű erőműveket visszatérteni és/vagy leállítani.
- A Földgázfogyasztó berendezés alapú, zárt ciklusú körforgásos új P2G technológia [18] szükségtelessé teszi az aFRR szabályozó kapacitások létesítését és fenntartását. Ez a technológia maga nyújt a hálózat számára 100% aFRR szabályozó kapacitást azáltal, hogy a nap- és szélenergiából előállított szintetikus földgázt maguk az üzemelő földgáz fogyasztó berendezések fogyasztják el, amelyek szükség esetén (amikor nem áll rendelkezésre a megújuló energia alapú metán) automatikusan áttérnek a hagyományos földgáz üzemre.
- Az energia-mix és a közlekedés párhuzamos, egymásra épülő, egymást támogató zöldítése előnyökkel, többek között jobb eszközkihasználtsággal járhat. További eszközkihasználtság javulás érhető el, ha a szintén karbonmentes mélyvölgyi nukleáris energiát is bevonjuk ebbe a zöldítési folyamatba. Mélyvölgyben többnyire nem működnek-, vagy nem teljes kapacitással működnek a gázüzemű erőművek, ekkor az új P2G technológia vízbontói teljes kapacitással működve, a közlekedés számára állíthatnak elő hidrogént a mélyvölgyi nukleáris energiából [18]. A mélyvölgyi nukleáris energia töltheti az energiatároló akkumulátorokat is, amely energiából napközben karbonmentes szintetikus földgáz állítható elő.
- Az energiatároló egységeket (pl. az akkumulátoros energiatároló konténereket) a lehető legközelebb kell elhelyezni az időjárásfüggő megújuló energia forrásaikhoz, a nap- és szél-erőmű parkokhoz, illetve a HMKE-k esetében a lakóházakban, vagy lakóház csoportok közelében.

- h. Az a. – g. technológiák és eljárások közös szabályozású integrált rendszerként történő villamoshálózati alkalmazása (közös szabályozása) a legelőnyösebb megoldás, amely biztosíthatja az energiatároló akkumulátorok, vízbontók és hidrogéntároló kapacitások optimális kihasználását.
- i. Az a. – h. eljárások alkalmazásától jelentős mennyiségű (évi több milliárd köbméter) földgáz-import csökkentés várható.
- j. Az a. – h. pontok alatt javasolt integrált technológiai rendszer egy 12-15 éves beruházási terv keretében történő megvalósítása további előnyökkel járhat, a fő berendezések (vízbontó, metanizátor, puffertartályok, energiatároló akkumulátor stb.) árának jelentős csökkenését eredményezve.

Az energetikai ágazat lehetséges közreműködése a közlekedés zöldítésében

Az időjárásfüggő megújuló energiák nagy volumenű hasznosításának tervezését illetően célszerű az energetikai- és a közlekedési ágazatot együtt kezelni, a részükre szükséges megújuló hidrogén előállítását egymással összefüggésben tervezni.

Például a hidrogén-bekeverési technológia egyik jellemzője, hogy nagy teljesítményű vízbontókat, mint a fölös megújuló energiát levezető villamos fogyasztókat kell üzemeltetni, azokat viszonylag rövid ideig működtetve. Ezeket a vízbontókat célszerű a nap folyamán tovább üzemeltetni közlekedési célú hidrogén előállítás céljából is. Ebben a viszonylatban a vízbontók teljesítményét célszerűen a gazdaságos távolságokra lévő közlekedési hidrogén-igény és a rendelkezésre álló hidrogéntároló tartályok kapacitása kell, hogy határozza meg oly módon, hogy csak a fölös hidrogént kelljen bekeverésre a hálózatba juttatni. A tervezés során azt is fontos figyelembe venni, hogy a vízbontók üzemideje a lehető legnagyobb legyen, azok megtérülési mutatóinak javítása érdekében.

Hasonló a helyzet a földgázfogyasztó berendezés alapú, zéró CO₂ kibocsátású, szintetikus földgázt előállító új P2G technológiával [18] is. Az éjszakai mélyvölgyi időszakban a technológia által táplált kombinált ciklusú erőművek üzemét az üzemidejük jelentős többségében korlátozni célszerű, így nem áll-, vagy nem áll kellő mennyiségben rendelkezésre a metanizációhoz szükséges CO₂. Viszont valószínűsíthető mélyvölgyi nukleáris energia rendelkezésre állása (főleg abban az időben, amikor még működik Paks I. és már a Paks II. is üzemel), így a technológia vízbontója alkalmas közlekedési célú karbonmentes hidrogén termelésére.

A közlekedési ágazat zöldítésének vizsgálata meghaladja a jelen tanulmány kereteit, de azt meg kívánom jegyezni, hogy az egész közlekedés kizárólagosan TESLA típusú akkumulátoros járművekre való átállítása nem látszik célszerűnek, többek között a villamos hálózat, illetve annak üzemeltetése szempontjából sem.

A nehézgépjárművek, illetve a teherforgalom közlekedési folyosók mentén hidrogénnel való ellátását, mint megoldást, többé kevésbé konszenzus övezi. Jelenleg az is célszerűnek látszik, hogy a személygépkocsik egyik része TESLA típusú akkumulátoros-, másik része pedig hidrogén alapú üzemanyag cellás legyen.

Az egy töltőállomáson belül együtt üzemelő akkumulátoros és üzemanyag-cellás technológiák kiegyenlített üzemeltetést biztosíthatnak a töltőállomáson működő gépkocsi akkumulátortöltők- és a hidrogén puffertartállyal ellátott vízbontó számára. A mintegy fele részben lévő hidrogén előállítás elfogadható mértékűre csökkentheti a töltőállomások villamosenergia-igényét és kitérttségét; a vízbontó akkor működhetne, amikor nincs gépkocsi-akkumulátor töltési igény – többnyire az éjszakai órákban.

A javasolt komplex napenergiahasznosítás berendezés-igénye

A felvázolt jelentős mennyiségű időjárásfüggő energia hasznosításának berendezés-igénye arányos a hasznosítandó nap- és szélenergia mennyiségével, vagyis a kiváltandó fosszilis energia nagyságával.

A hagyományos P2G technológia energiaátalakítási hatásfoka annak két fő berendezése (vízbontó és metanizátor) hatásfokainak szorzatával egyenlő. Ez a szám ma csak alig magasabb 50%-nál, de folyamatosan javul. A közeljövőben (5-10 éven belül) 80% körüli összhatásfok érhető el.

Az új P2G technológia [18] kapcsolt energiatermelés területén való alkalmazás esetén, a vízbontó és metanizátor berendezések hulladékhőinek távfűtésben való hasznosíthatóságának köszönhetően, már jelenleg is 70% körül van.

A továbbiakban csak napenergiával-, és az egyszerűség kedvéért csak a rosszabb (50%-os) energetikai hatásfokkal kalkulálok.

A célul tűzött 36.432 GWh/év energiamennyiség előállításához 2·36.432 GWh/év:1.200 h/év=60,7 GWp napelem kapacitásra, valamint a hozzátartozó mennyiségű vízbontóra és metanizátorra van szükség (a 2-es szorzó az 50%-os hatásfokot veszi figyelembe).

A 2·36.432=72.864 GWh szolár energiamennyiség a magyarországi napenergia potenciálnak (486.000 GWh) csak mintegy a 15%-át jelenti. (Marad tehát nap- és szélenergia a közlekedés zöldítésére is.)

A 36.432 GWh/év energiataralmú megújuló villamosenergia feldolgozásához 36.432.000 MWh:(0,92·8760 h/év):0,5=9.041 MW villamos összteljesítmény igényű vízbontó kapacitásra van szükség (ahol 0,92 a P2G technológia rendelkezésre állási mutatója; 0,5 a P2G technológia 50%-os energia-átalakítási hatásfokát veszi figyelembe).

A fontosabb adatokat az 1. táblázatban foglaltam össze.

1. táblázat. A javasolt rendszer komponenseinek jellemzői

| Kiváltandó fosszilis energia (GWh/év) | Napelem kapacitás (GWp) | Megtermelhető napenergia (GWh/év) | Vízbontó teljesítményigény (MW) | Akkumulátor kapacitás (MWh) |
|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 36432 | 60,72 | 72864 | 9041 | 54247 |

A 60.700 MWp teljesítményű napelemhez és 9.041 MW villamos teljesítményigényű vízbontó kapacitáshoz mintegy 6·9.041=54.246 MWh akkumulátor-kapacitás telepítése látszik célszerűnek.

Összehasonlításként: a leendő magyar akkumulátorgyártó kapacitás mintegy 180 GWh/év lesz. Egy 15 éves beruházási program esetén: 54,25 GWh:15 év=3,6 GWh/év vagyis, csupán mintegy 2%-a a leendő éves akkumulátorgyártó kapacitásunknak.

Ez az akkumulátor kapacitás igény még jelentősen csökkenthető, ha nagyobb mennyiségű napelemet szélerőművel váltunk ki, mivel a nap- és szélenergia termelés üzemideje csak ritkán esik egybe.

A javasolt megoldásokkal kiváltható import földgáz mennyisége

Az 1. számú táblázatban szereplő időjárásfüggő megújuló energiamennyiségek hasznosítása esetén jelentős mennyiségű földgáz-import takarítható meg.

A táblázatban szereplő vízbontó és metanizátor berendezések üzembeállításával elérhető földgázfelhasználás csökkentésének mértéke:

2. táblázat. Villamos energia fogyasztási adatok

| | Atom | Földgáz | Nap | Szél | Biomassza + biogáz | Szén | Egyéb | Import | | |
|-------------|-------|---------|-------|------|--------------------|------|-------|--------|--------|-----|
| 2021 | 36,5 | 22,0 | 8,7 | 1,5 | 4,7 | 7,1 | 1,5 | 45,5 | 100 | % |
| | 15990 | 9653 | 3796 | 664 | 2070 | 3105 | 652 | 19967 | 43 850 | GWh |
| 2040 | 26,7 | 5,9 | 60,7 | 2,5 | 3,1 | 0,0 | 1,1 | 0 | 100 | % |
| | 15990 | 3538 | 36432 | 1502 | 1886 | 0 | 652 | 0 | 60 000 | GWh |

36.432.000 MWh/év:3600 MJ/MWh:34 MJ/m³=3.857.505.882 m³/év, mintegy **3,9 milliárd m³/év.**

Az elérhető dekarbonizáció mértéke

Az 5. pont alatt jelzett 3,9 milliárd m³ évenkénti földgáz-kiváltás ugyanannyi m³ CO₂ kibocsátását akadályozza meg.

A CO₂ térfogatsúlyát figyelembe véve, a jelzett mértékű földgáz-kiváltás 3,9 milliárd m³/év*1,99 kg/m³ = 7,76 milliárd kg/év = **7,76 milli tonna CO₂** légkörbe jutását akadályozhatja meg, évente.

Összefoglalás

A jelen rövid tanulmány célja az időjárásfüggő megújuló energiák célszerű hasznosítási lehetőségeinek ismertetése, valamint annak bemutatása, hogy miért szükséges túllépni a nap- és szélenergiák energia-mixben közvetlenül való hasznosításán és az azt kiegészítő földgázvezetési hidrogén-bekeverésen.

Igyekeztem bizonyítani, hogy nincs egyedül üdvözítő megoldás a jelentős mértékű import-földgáz kiváltásra és dekarbonizációra, de létezik olyan technológia [18], amely a jelenlegi módszerekkel párhuzamosan és együttesen alkalmazva lehetővé teszi a szénfelhasználásunk és a villamosenergia-importunk teljes kiváltását nap- és szélenergiával.

A fentebb kalkulált 36.432 GWh/év napenergia több mint kilenceszerese a jelenlegi éves villamoshálózati napenergia hasznosítás-

nak, nem zavarva meglévő földgáztermékek üzemét.

Ez a napenergia mennyiség mintegy az 1,8-szorosa a jelenlegi importenergia mennyiségének.

Ez a napenergia-mennyiség közel négymilliárd m³/év import-földgáz kiváltását teszi lehetővé.

A fenti emisszió-csökkentési értékek és energiamennyiségek, valamint berendezés-méretetek nem csak a lehetséges nagyságrendeket jelölik meg, de hosszabb távon elérhető célt is képezhetnek, egy 12-15 éves beruházási program keretében.

A javasolt program megvalósítása kapcsán a 2021. évi villamosenergia-fogyasztási tény-adatokat, valamint a 2040-re prognosztizált, elérhető adatokat a 2. táblázat mutatja.

A 2. táblázatban szereplő energiatípusok arányait szemléltetik az 1. ábra és 2. ábra diagramjai.

Látható, hogy a nap- és szélenergia 2019.évi 8,7 + 1,5 = 10,2%-os aránya 2040-re 60,7 + 2,5 = 63,2 % lehet, vagyis több mint hatszorosára növekedhet oly módon, hogy emiatt nem kell visszatérni, és/vagy leállítani más erőműveket.

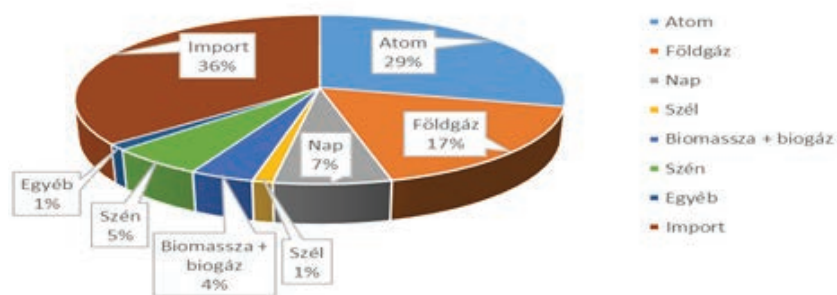
A 2. számú táblázat, illetve az 1. és 2. ábrán látható diagramok adatai csak példaként tekintendők a nap- és szélenergia arányok tekintetében – amennyiben az lehetséges, célszerű a szélenergia arányának és mennyiségének növelése. A napenergia mellett, azt kiváltandó és/vagy kiegészítendő, a szélenergia növekvő aránya csökkenti a szükséges energiatároló akkumulátor-kapacitások nagyságát, ugyanolyan vízbontó kihasználtság mellett.

A kétfajta időjárásfüggő megújuló energia egymással „helyettesíthető”, hiszen mindkettő mögött ugyanaz a vízbontó + metanizátor + gázmotor/gázturbina + energiatároló akkumulátor kapacitás van. A nap- és szélenergia aránya célszerűen az OMSZ által meghatározott energia-potenciálok arányát (napenergia 486.000 GWh/év, szélenergia potenciál 56.850 GWh/év) követhetné le.

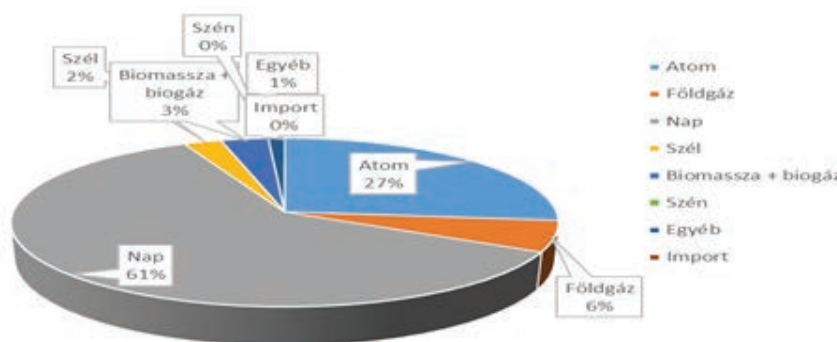
A közeljövőben a hagyományos P2G technológia- és a földgázfogyasztó berendezés alapú, új típusú P2G technológia energetikai hatásfokainak gyors javulása várható, amely jelentősen csökkenti majd a fentebb kalkulált 60,7 GWh napenergia kapacitás-, valamint 9,04 GW vízbontó-kapacitás jelenleg még szükséges méretét.

A P2G technológiák hatásfokának a jelenlegi mintegy 50%-ról 80% körültre várható növekedése jelentősen csökkentheti ezeket a kapacitásokat és a megvalósításuk CAPEX vonzatát.

Az energia mixben 2040-re a jelenlegi nagyságú atomenergia-termelést prognosztizáltam,



1. ábra. Energia Mix 2021



2. ábra. Energia Mix 2040

nem lévén pontosabb, illetve biztosabb információ a Paks II. körüli bizonytalanság okán. Ez azonban nem befolyásolta a témával kapcsolatos javaslatom lényegét, illetve az energia mix egyéb energiafajtáinak lehetséges nagyságrendjét.

A 2040-re prognosztizált földgázfogyasztás azokra az időszakokra szolgál, amikor nem áll rendelkezésre, vagy nem kellő mennyiségben áll rendelkezésre a nap- és szélenergiából származó szintetikus földgáz. Ez a fogyasztás lehet kisebb is és nagyobb is, az éves időjárás függvényében.

Irodalomjegyzék

- [1] Wantuchné dr. Dobi Ildikó: Megújuló energiaforrások, OMSZ_20180726_1100_megujulo
- [2] MEKH 4.2 Bruttó villamosenergia termelés
- [3] MEKH 4.4 Éves villamosenergia-mérleg
- [4] Olyan rekord született a naperőművek miatt, amelynek nem lehet örülni - Portfolio.hu (2023.05.31)
- [5] Dr. Birkner Zoltán: A Power-to-Gas/Power-to-Methane technológia – merre tovább? ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám
- [6] Steiner Attila: Az energiatárolás lehetséges fejlesztési irányai. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám
- [7] MEKH 6.1 Megújuló energiaforrások felhasználásának reszaranya_2005_2021
- [8] MEKH 5.1 Hoenergia_termelés_eves_2014_2021
- [9] MEKH 7.4 országos_eves_Eurostat_típusu_reszletes_energiamerleg_2014_2021
- [10] Dr. habil. Csedő Zoltán: A power-to-gas technológia ipari kör-

nyezetben való tesztelése: egy szennyvíztisztító telepen szerzett K+F tapasztalatok. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám

- [11] Hujber Ottó: „Megújuló villamosenergia tárolását és a villamosenergia rendszer szabályozását egyidejűleg lehetővé tevő gépészeti rendszer, eljárás”, P21000321 ügyiratszámú tal
- [12] Hujber Ottó: „A naperőművek és a szélenergia által termelt villamosenergia megtermelésükkel azonos idejű, villamos hálózaton kívüli felhasználása szintetikus földgáz előállítására”, P2200498 ügyiratszámú találmány
- [13] www.coopinter.hu/letöltések, Nap és szélenergiával működtetett földgáz-üzemű erőművek.
- [14] Dr. Csedő Zoltán, Dr. Imre Attila: A Power-to-Gas/Power-to-Methane technológia – merre tovább? ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám
- [15] Lukács Kristóf, Hujber Ottó, Bereczky Ákos: Oxy-fuel tüzelés vizsgálata a gázmotor alapú P2G rendszerű metán előállító technológia számára, ENERGIAGAZDÁLKODÁS 64/1-2, 2023
- [16] Hujber Ottó: Gázmotor alapú, e-oxy rendszerű P2G technológia szintetikus földgáz előállítására, ENERGIAGAZDÁLKODÁS 64/1-2, 2023
- [17] Hujber Ottó: „Eljárás, rendszer és vezérlő szabályozó berendezés időjárásfüggő megújuló energiák villamoshálózati befogadásának szabályozási tartalék létesítése nélküli biztosítására”, P2300093 ügyiratszámú találmány
- [18] Hujber Ottó: Nap- és szélenergia bázisú földgáz-erőművek. Gázmotor és gázturbina alapú, zéró CO₂ kibocsátású, szintetikus földgázt előállító körforgásos P2G technológia, amely maga az aFRR szabályozási kapacitás is. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 64/3, 2023

REPowerEU: Az elkészült magyar tervezet nagyban előmozdíthatja a sikeres energiaátmenetet

Magyarország az augusztus végi határidőre benyújtotta a Helyreállítási és Ellenállóképességi Terv REPowerEU önálló energetikai fejezetére vonatkozó javaslatát. A programelemek az energiaszuverenitése erősítése és a kiegyenlített energiaátmenet érdekében vázolnak fel stratégiai, szabályozási és beruházási terveket. A több mint 2300 milliárd forint összértékű fejlesztések elsősorban a villamos energia hálózat korszerűsítését, az ipar zöldítését, a geotermikus energia szélesebb körű hasznosítását, a zöld gazdaságban foglalkoztatható szakemberek képzését és az energiahatékonyág javítását célozzák. A REPowerEU fejezetben helyet kaptak az energetikai digitalizációt, a vállalkozások elektromos járműbeszerzéseit és a hazai e-töltőinfrastruktúra további bővítését szolgáló beruházások is.

Az Európai Bizottság az orosz-ukrán háború okozta nemzetközi energiaválságra reagálva terjesztette elő a REPowerEU tervet. A tagállamok Helyreállítási és Ellenállóképességi Terveiket REPowerEU fejezetekkel egészítik ki, amelyek új vagy kibővített intézkedéseket, beruházásokat tartalmaznak főként az energiamegtakarítás elérése, az energiaellátás diverzifikálása, a megújulóknak térnyerésének felpörgetése érdekében.

Az Energiaügyi Minisztérium a tervek szerint intézkedéseket tesz a többi között az energiaközösségek kibővítésére, az energiatárolás elterjedésére, a biogáz, biometán szélesebb körű hasznosítására. A szabályozási eszközök mellett fejlesztési támogatás is élénkítheti a földhő és a hidrogén hazai alkalmazását. A beruházások közül a legnagyobb forrásmennyiség a villamos energia hálózat korszerűsítésére jut. A megújulóknak biztonságos rendszerbe kapcsolását hagyományos és intelligens hálózatfejlesztések szolgálják kapacitásbővítéssel, a működési megbízhatóság javításával. Ötven új meteorológiai állomás telepítésével készülhetnek pontosabb időjárás előrejelzések a naperőművi termelés eredményesebb becsléséhez. A javaslat a hazai ipari parkok számára lehetőséget teremthet arra, hogy az energiatárolásuk zöldítésével nagyobb mértékben legyenek képesek az önállásra. A zöld gazdaság a gyártókapacitások megteremtésével, tiszta technológiák alkalmazásával, a szakemberek átképzésével járulhat hozzá egy-

szerre az energetikai-klimavédelmi és növekedési-versenyképességi törekvések valóra váltásához. A vállalkozások, középületek és lakóingatlanok energiahatékonyágának javítása éves szinten összesen 343 gigawattórával csökkentheti a primerenergia-felhasználást. A környezeti-kímélő és energetikaképes vasút üzembiztonságát, szolgáltatási színvonalát a Szeged-Röszke vonal villamosítása, hét vidéki alállomás berendezéseinek cseréje, felújítása emelheti.

A nyáron társadalmi egyeztetésre bocsátott változathoz képest a benyújtott tervezetben újdonságként jelenik meg az energetikai digitalizáció támogatása. E beruházási csomag az iparág 35 cégénél növelheti a szolgáltatások biztonságát, erősítheti informatikai eszköz-ellátottságukat. A fejlesztések az integrált digitális csatornák kiépítésével, korszerűsítésével járulnak hozzá az ügyfelek kényelméhez, egyszerűbb és gyorsabb ügyintézéséhez. A tiszta és csendes e-autózás további térnyerése érdekében a tervek szerint elektromos járművek beszerzéséhez kaphatnak támogatást hazai vállalkozások. Az elektromos autózás elterjedését ösztönzi továbbá, hogy több mint száz új állomással gyarapodhat a magyarországi e-töltőinfrastruktúra, az elektromos nehézgépjárművek számára is megteremtve az átjárhatóság feltételeit.

Az Európai Bizottság és Tanács már korábban elfogadta Magyarország Helyreállítási és Ellenállóképességi Tervét (RRP). Az RRP közel 2300 milliárd forintot, vissza nem térítendő forráskeretéből 460 milliárd forintot meghaladó értékben valósulnak meg egyebek mellett a hálózatfejlesztést, a megújuló energiatermelés és -felhasználás fokozását célzó beruházások. A Helyreállítási Tervet kiegészítő REPowerEU fejezetben hazánk ezen felül további 1750 milliárd forintot fejlesztési keretre nyújtott meg javaslatot. Az uniós forráshoz kapcsolódó önrésszel együtt ez összesen több mint 2300 milliárd forint összértékű energetikai beruházásokat alapozhat meg. A kormány döntése szerint az 1461 milliárd forint (3,9 milliárd euró) RRF hitel főként az energiaátmenet sikeres végrehajtására fordítandó. A REPowerEU tervezetben előirányzott fejlesztések nagyobb részben ennek terhére valósulnának meg.

Budapest, 2023. szeptember 1. forrás: Energiaügyi Minisztérium

Globális hőmérséklet és a szén-dioxid (a tényeket ismerni kell)

Reményi Károly

MTA rendes tagja, remenyi@energia.bme.hu

A klímakutatás rendkívül fontos. A probléma a kutatási eredmények nem megfelelő vagy tudatos félreértelmezése. Ezt látjuk az IPCC jelentéseiben. A következőkben kronológiai sorrendben tekintjük át a bizonyítékokon alapuló kutatások alapján feltárt problémákat, amelyek nemcsak a szén-dioxid és az úgynevezett globális hőmérséklet közötti összefüggést, hanem ok-okozati összefüggést is cáfolják, szingularitásokat mutatva. A hibás eredményeket figyelemreméltó részletességgel elemezte a Global Climate Intelligence Group (CLINTEL) tanulmánya. A fent említett CLINTEL-jelentés szerint és mások is figyelmeztették az IPCC-jelentés szerzőit, hogy az általuk használt klímodellek a megfigyelnél jóval nagyobb felmelegedést jósolnak.

*

Climate research is fundamental. The problem is with inadequate or conscious misinterpretation of research results. This is what we see in the IPCC reports. In the following, we review in chronological order the problems found based on evidence-based research, which disproves the correlation and causal relationship between carbon dioxide and the so-called global temperature, showing singularities. The erroneous findings were analyzed in remarkable detail in a study by the Global Climate Intelligence Group (CLINTEL). According to the CLINTEL mentioned above report, others warned the authors of the IPCC report that the climate models they use predict much greater warming than observed.

A klíma kutatás rendkívül fontos. A probléma a kutatási eredmények nem megfelelő, vagy tudatos félre magyarázásával van. Ez tapasztalható az IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), AR (Assessment Report) és FAR (First Assessment Report) jelentéseiben, a legutóbbi AR6-ban is. A hibás megállapításokat a „Klimaintelligencia” (CLINTEL, Global Climate Intelligence Group) tanulmányában figyelemreméltóan és részletesen elemezte [1]. Korábban az AR3 is megállapította, hogy a klíma bonyolult, kaotikus rendszer és távlati prognózis a paramétereire nem lehetséges. Az IPCC jelentés megállapításai az interneten is megtalálhatók, IPCC TAR (Third Assessment Report) és a WG1 (Working Group I: The Scientific Basis). A Chapter 14 – IPCC: Az éghajlati rendszer egy összekapcsolt nemlineáris kaotikus rendszer, ezért a jövőbeni éghajlati állapotok hosszú távú előrejelzése nem lehetséges. („The climate system is a coupled non-linear chaotic system, and therefore the long-term prediction of future climate states is not possible.”). Ennek ellenére születnek a további giga jelentések kemény, határozott megállapításokkal és tennivalók előírásával, elsősorban a szén-dioxid csökkentésének szükségességére. Ez képezi azután a világ „Klímacsúcsok” COP (Conference of the Parties) rendezvények témáinak elméleti megalapozását, és az államok számára előírt teendők megalkotását. A COP1 Berlin 1995-ben volt, nevezetesebbek COP3 Kyoto 1997, COP 15 Kopenhága 2009, COP 21 Párizs 2015, COP 26 Glasgow 2021. A csúcstalálkozón történt megállapodások még soha nem teljesültek, de ez nem szegi ked-

vét a mozgalom irányítóinak, politikai, gazdasági és „tudományos” haszon élvezőinek. A szén-dioxid továbbra is a „Rémkirály” és csökkentésével a globális hőmérsékletet alapvetően befolyásolhatónak vélik. Az eredmény konszenzussal születik meg, ez nem nevezhető tudományos módszernek. Az IPCC jelentések problémái az ENSZ Inter Akadémia Tanácsának vizsgálatához vezettek, amely megállapította, hogy nem tartották be az IPCC jelentéseire vonatkozó irányelveket, és komoly félre magyarázások voltak pl. az AR4-ben is. Azt is megállapították, hogy a szakértő lektorok nézeteiből sokat nem vettek figyelembe. Így ilyen megállapítások születtek pl. a 2013-ban közzétett AR5-ben is, amely a következő nyilatkozatot tartalmazza: „A globális felszíni átlaghőmérséklet (GMST) 1951 és 2010 között megfigyelt növekedésének több mint fele nagy valószínűséggel az üvegházhatású gázok (ÜHG) koncentrációjának megfigyelt antropogén növekedésének köszönhető.” (IPCC, 2013, p869). Ez nagyon hasonló a TAR (Third Assessment Report) és az AR4 következtetéseihez, de a jelentés nem tartalmaz új bizonyítékot.

A széndioxid és a klímaváltozás

A légkör globális felmelegedéséért a különböző kutatások és szervezetek jelentős mértékben az ipar, a közlekedés és az energetikában felhasznált fosszilis tüzelőanyagokból származó szén-dioxidot okolják. A fosszilis tüzelésű erőművekből, bár nem látható, de kétségkívül fajlagosan nagyobb mennyiségű a szén-dioxid-kibocsátás, ez tény. A szén azonban nem szennyezőanyag, az élet alapját szolgáló szén-ciklus része. Szerepéről egyre világosabb képet kapunk. A klímaváltozással kapcsolatban előtérbe a „globális” felmelegedés került, amely egyesek szerint elsősorban az emberi tevékenység (az ún. üvegházgázok, különösen a szén-dioxid) következtében ért el jelentős mértéket. A szén-dioxid kitüntetett szerepét a fizikakémia törvényeivel elég jó számíthatóságának köszönheti, mert az egyéb tényezők hatásának számítása még inkább bizonytalan. A légköri paraméterek közül globális mértékben leginkább a szén-dioxidkoncentráció határozható meg (talán ezért választották a felmelegedés indoklásának legfontosabb tényezőjévé).

A karbon-ciklus leglényegesebb szakaszát az élővilágban találjuk. A szén mind a növényi, mind az állati és emberi test tömegének meghatározó része. A karbon a környezetben nem szennyezőanyag, hanem az életfolyamatok mindegyikének szerves része.

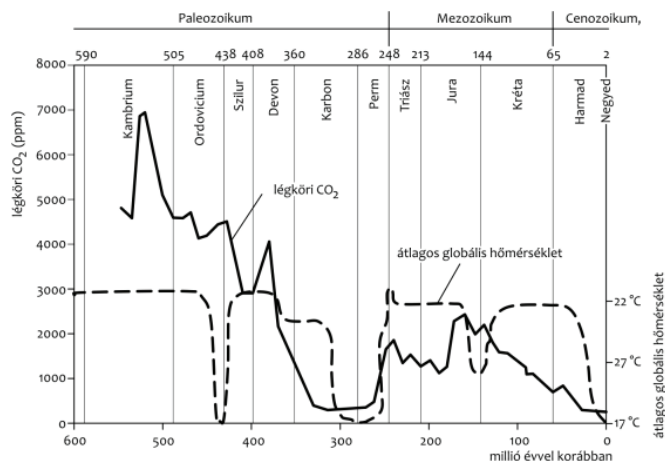
A következőkben időrendben áttekintjük az eddig elfogadott tényeken alapuló kutatások alapján található problémákat, amelyek a szén-dioxid és a globálisnak nevezett hőmérséklet kapcsolatában szingularitásokat mutatva nem csak a korrelációt, de az ok - okozati összefüggést is cáfolják.

A Föld éghajlatában a víz és a légkör kölcsönhatásában jelentős szerepet játszik a tömegük aránya és a hőkapacitásuk közötti óriási különbség. A víztömeg, amelynek döntő részét a tengerek teszik ki, kb. ezerszerese a levegő tömegének. A hidroszféra tömege: $1,4 \cdot 10^{21}$ kg, a hőmérsékletegységre vonatkoztatott fajlagos energia tartalma $5,6 \cdot 10^{24}$ J/K. A légkör tömege: $5 \cdot 10^{18}$ kg, es a fajlagos energia tartalma $5 \cdot 10^{21}$ Joule/K.

Itt emlékeztetni kell arra az elterjedt vélekedésre, hogy a légkör nélküli Föld hőmérséklete az albedót figyelembe véve, de a légkö-

rös Föld felületére érkező sugárzással számolva, $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (255 K) lenne. Ez nélkülöz minden a valós állapotot, de elméleti feltevésekben sokszor használják. Két dolog egyértelműen kimondható, egyrészt, hogy a Föld a világűrben hosszabb távon dinamikus, termikus egyensúlyban van, másrészt, hogy a légkör széndioxid-koncentrációja a Föld felülete fölötti légkörben „viszonylag egyenletes” eloszlásban a közelmúlt időszakban növekedett. E két megállapítást felhasználva a fizikai törvények további fontos megállapításokat tesznek lehetővé. A CO_2 -koncentráció és a nem megfelelően definiált, továbbá a nem megfelelő pontossággal meghatározott körülmények között mért hőmérsékletértékek közötti kapcsolat gyakran irányított értéket szolgáltat

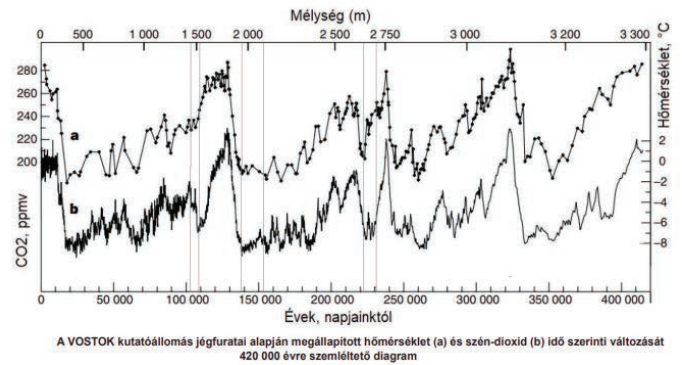
A Föld történetében magában a föld-testben, és az azt körülvevő környezetben is jelentős változások voltak és vannak. Különböző kutatási módszerekkel szerzett információkkal a Föld élıhetőségére is próbálnak jellemzőket – pl. a hőmérséklet – keresni. Ez inkább csak a körülmények változására, mint tényleges értéként használható. Leginkább Major György megállapításai reálisak: „Mennél messzebb megyünk vissza az időben, ismereteink annál bizonytalanabbak [2]. Találhatók azonban mégis tájékoztató ábrák, amelyek e távoli múlt állapotát kísérik meg bemutatni. E szerint a 3 millió és 700 000 évvel ezelőtti időszakban a hőmérséklet lassan csökkent, miközben nehezen értékelhető változások történtek (1. ábra) [3]. Az 1. ábrából nem lehet törvényszerű kapcsolatokat megállapítani.



1. ábra. Az átlagos CO_2 -koncentráció és a globális hőmérséklet alakulása a Föld 600 millió éves történelme során [3]

Az utóbbi néhány százézer évben kb. 100 000 éves periodicitás tapasztalható. A lehűlés 90 000 év alatt, sok lépcsőben ment végbe, a felmelegedés pedig mindössze 10 000 év alatt, hasonlóan a széndioxid és a metán koncentrációjának változásával. Megismételjük: ez nem azt bizonyítja, hogy az üvegházhatású gázok koncentrációjának változása okozta a hőmérséklet változását, ez fordítva is lehetett egyes kutatók szerint, ugyanis a szerves anyagok bomlásának üteme hőmérsékletfüggő, tehát a hőmérséklet változása is lehet oka a metán és széndioxid légköri koncentrációja változásának. A Föld éghajlatváltozásai időtartamuk szerint változnak és így a hőmérséklet értékek megállapítására vonatkozó lehetőségeink is. A ma felismerhető leghosszabb időtartamú változások, a meleg és hideg klímaszakaszok viszonylag jól ismertek, kiváltó okai azonban nagyrészt ismeretlenek. A közepes időtartamú változások egyértelműen periodikusnak bizonyultak, és jól egyeztetethetők a Föld pályaeleme-

inek (precesszió, tengelyferdeség, excentricitás) a változásaival. A rövid időtartamú, periodikus változások hatásai üledékképződésekkel jól kimutathatók, de az okok csak valószínűsítőek. Jelenleg egy hűlési klímaszakaszon belül, egy interglaciális késői szakaszában vagyunk. A legutóbbi glaciális minimum átlaghőmérséklet $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal volt kisebb, míg a legnagyobb holocén átlaghőmérséklet $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal volt nagyobb a jelenleginél. A természetes tendenciának a lehűlés látszik. Az antarktisi VOSTOK kutatóállomás jégfuratai [5] alapján az elmúlt 420 000 évben négy glaciális és öt interglaciális talá-lunk, továbbá a jelen időszakra megállapított hőmérsékletváltozás közel 100 000-110 000 éves ciklusokat mutat. Hosszú glaciálisok, rövid interglaciálisok (2. ábra). Négy interglaciálisban a jelenleginél $1-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal melegebb volt. A jelenlegi interglaciális kb. 11 600 éve tart. A széndioxid koncentrációja 290 ppm-nél nem volt magasabb, míg jelenleg 400ppm. A jelen interglaciális $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal hidegebb a megelőző interglaciálisnál. A VOSTOK mérésekben olyan több ezer éves szakaszok is találhatóak, amikor a két paraméter változásának jellege azonban ellentétes! (2. ábra).



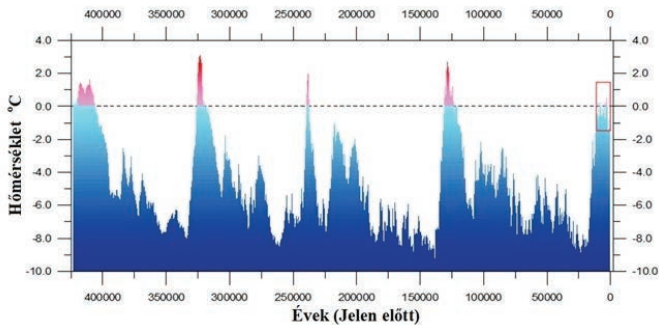
2. ábra. Az elmúlt százézer évek alatt néhány több ezer éves időszakban a széndioxid koncentrációváltozás és a globális hőmérsékletváltozás trendje ellentétes [5]

A jég különleges tulajdonságával megőrizheti a különböző korokbeli csapadékokban a különböző anyagok felhalmozódását, így a légkör hőmérséklete és kémiaja megismerhető. A légköri viszonyokról ma már 800 000 évre visszamenőleg kaphatunk információkat, például az üvegházhatású gázok koncentrációjáról is. A jégmagokkal való kutatás lényegében az 1950-es években indult. Kiváló eszköznek bizonyult a glaciális és interglaciális korszakok megismerésében.

Jégkorszakok és köztes időszakok

A lehulló csapadék döntően $\text{H}_2\text{O}16$ molekulából áll (99,7%), de tartalmaz stabil izotópokat is, mint például $\text{H}_2\text{O}18$ (0,2%) és $\text{D}_2\text{O}16$ (0,03%). A különböző korokból származó jégben változik a stabil izotópok koncentrációja és ennek alapján több százézer évre visszamenőleg megállapítható a hőmérsékletváltozás. A stabil izotópok koncentrációját tömegspektrométerrel mérik. A leghosszabb éghajlati minták az Antarktisz borító, több kilométer vastagságú jégpáncéltól kerülnek ki. Az eddigi rekord hosszúságú jégfurat minta hossza több mint 3000 méter. A jégfurat-hőmérsékletnél a rekonstrukciók a távolabbi időben egyre inkább bizonytalanságokat rejtenek. Visszamenőleg 1500 évre, a rekonstruálásakor, a furatok időbeli felbontása néhány évszázad. A 20. század elején a felbontás néhány évtized. A jég 150 méter mélységben a száz évvel ezelőtti hőmérsékletre, 500 méteren az ezer évvel ezelőtti hőmérsékletre nyújt információt. A globális hőmérséklet értékét

eredetileg a felszíntől 1,5–2 méterre mért hőmérsékletértékként definiálják. A diagramokból megállapítható, hogy a meleg csúcscok egymástól megközelítőleg százezer évnire vannak, és a periódusok hőmérsékletváltozása a Déli-sark térségében elérte a 10 °C-ot. A „paleoklíma” hőmérsékletadatak azt mutatják, hogy a jégkorszakokat követő felmelegedéskor több periódusban a hőmérséklet a jelenleginél magasabb értékű volt. (3. ábra).

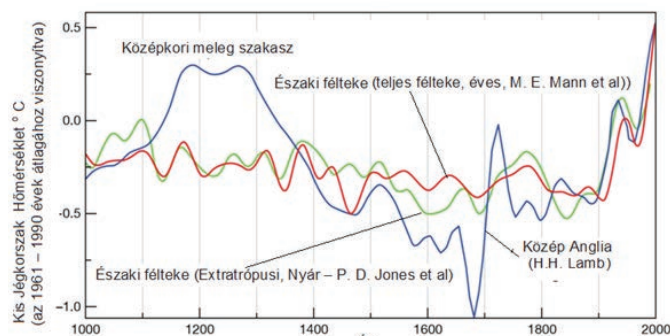


3. ábra. Az Antarktison működő VOSTOK kutatóállomás jégfuratai alapján az elmúlt 420 000 évre megállapított globális hőmérsékletváltozás alakulása [5]

A közelmúltban az eljegesedési időszakok idején a jelenleginél akár 6-8 °C-kal hidegebb klíma uralkodott. A ciklusokban a növekedés értéke ötezer év alatt 4-7 °C értékek között változott. Nagyon figyelemre méltó, hogy a melegedési és a hűlési folyamat aszimmetrikus. A hűlés 80-90 ezer évig tart, és a melegedés ennek gyakran még az egytizedéig sem. A néhány százezer évre visszatekintve megállapítható, hogy a jégkorszakok és interglaciális ciklikus váltakozásán túl, a rövidebb szakaszokon is jelentős, és ha nem is mindig szabályos, de állandó jellegű ciklikusság figyelhető meg (és mérhető is).

A jelen interglaciális 2 °C-kal hidegebb a megelőző interglaciálisnál (3. ábra). A glaciális ciklusok egyik alternatív magyarázataként az éghajlati rendszer többes egyensúlyt mutató jellege is szóba került. Ennek értelmében az eljegesedési szakaszok, illetve az interglaciálisok a rendszer egy-egy metastabil állapotát jelentik [4]. A holocén kornak a két legnevezetesebb éghajlati eseménye az egész északatlanti térséget érintő, 10-13. századi meleg periódus, valamint az 1450-es és 1850-es évek közötti, kis jégkorszakként emlegetett hidegebb periódus volt.

Az Antarktison a sekélyebb rétegekből vett mintából a stabil izotópok felhasználásával kimutatható a kb. 100-150 évvel ezelőtt véget ért „kis jégkorszak” is. A jégmaggal megpróbálták megtalálni a hidegebb hőmérséklet bizonyítékait ebben az időszakban. Kimutat-



4. ábra. A kis jégkorszakban kialakult hőmérsékletváltozások [6]

ták, hogy három különálló időszak volt: a középkori meleg időszak (i.sz. 1140-1287), a kis jégkorszak (i.sz. 1288-1807) és a modern kor (i.sz. 1808-2000). Ezek az adatok azt mutatják, hogy a légköri felszíni hőmérséklete körülbelül 2 °C-kal hidegebb volt a kis jégkorszakban és valószínűleg megnövekedett a tengeri jég kiterjedése is [6].

Nyilvánvalóan az üvegházhatású gázok egyre növekvő kibocsátása szerepet játszik a légköri hőmérsékleteloszlásban, de a hatások inkább csak ingadozásokat okozhatnak az éghajlatban, a nagy léptékű változásokért a Föld természetes folyamatai a felelősek. Problémás megmagyarázni a 15-18. század folyamán, az ipari forradalom előtti globális és a Kelet-Európában tapasztalt lehűlést, amely kb. a 1,5 °C tartományban mozgott, míg az ember okozta szén-dioxid kibocsátás jelentéktelen volt.

A „kis jégkorszak” lehetséges okai között szerepel az alacsony naptevékenység és a megnövekedett vulkáni tevékenység. Nehéz megmondani, hogy a közelmúltbeli felmelegedés melyik része „természetes”, és melyik (ha van ilyen) az emberi befolyás következménye. Lehet, hogy az 1850 utáni felmelegedés is többnyire természetes.

A középkori meleg időszak, más néven a középkori éghajlati optimum vagy a középkori éghajlati anomália, az északatlanti régióban a meleg éghajlati időszak volt, amely körülbelül i.sz. 900 és 1300 között volt, amikor a globális hőmérséklet látszólag valamivel magasabb volt a jelenleginél. Hatása nyilvánvaló volt Európában, ahol virágzott a gabonatermes, emelkedtek az alpesi fasorok, sok új város keletkezett, és a lakosság több mint kétszeresére nőtt.

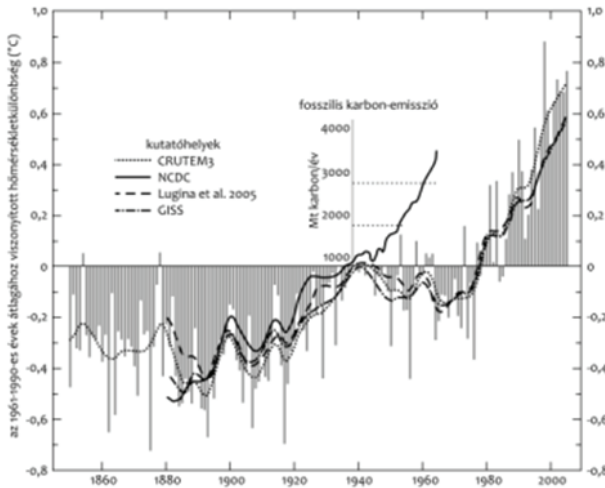
Kr. u. a globális hőmérséklet valamivel magasabb volt a jelenleginél. A GISP2 (Greenland Ice Sheet Project) jégmagot 1993. július 1-én 3053,44 méter mélyről termelték ki és annak keletkezésekor a hőmérséklet körülbelül 1 °C-kal volt magasabb, mint a mai hőmérséklet. Ez idáig a legmélyebb fúrás volt.

A kis jégkorszak regionális lehűlés volt, különösen az Atlanti-óceán északi részén. Nem volt globális kiterjedésű jégkorszak. A lehűléskor 1300-tól 1850-ig a globális átlaghőmérséklet 2 °C-kal (3,6°F) csökkent, különösen Európa és Észak-Amerika területén. A kis jégkorszak hideg telek és enyhe nyarak időszaka volt. A hideg időjárást írásos feljegyzések, és paleoklimatikus feljegyzések alátámasztják, mint pl. a fák évgyűrűi, a gleccserek és a tavi üledékek. A kis jégkorszakban minimális volt a napfoltok száma, ami esetleg hűvösebb napot jelez. Ebben az időszakban lévő napfolt hiányt Maunder-minimumnak nevezik. A Maunder-minimum a kis jégkorszak leghidegebb időszakában következett be, i.sz. 1645 és 1715 között, amikor a napfoltok száma nagyon alacsony volt. Az Atlanti-óceán északi része a világ egyik leginstabilabb éghajlati régiója. Ezt a légkör és az óceán komplex kölcsönhatása okozza. Ennek fő jellemzője az észak-atlanti oszcilláció (NAO), a légköri nyomás váltakozása. Az Azori-szigetek feletti tartósan magas és az Izland feletti ugyanolyan tartósan alacsony az értéke. A kis jégkorszak alatt a NAO-index tartósabb volt negatív tartományban.

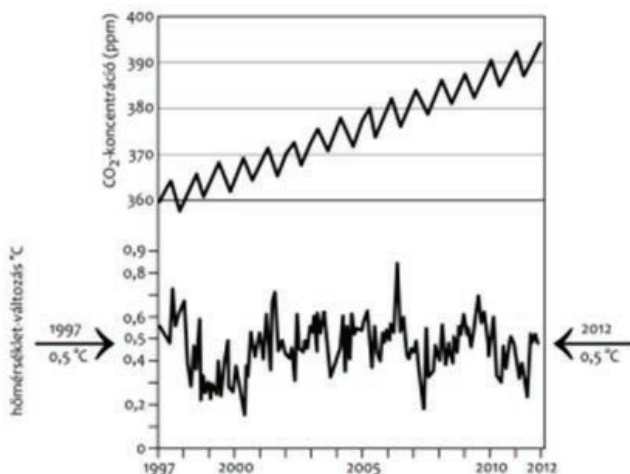
Szén-dioxid koncentráció és a globális átlaghőmérséklet

Nem lehet korrelációról beszélni a légköri szén-dioxidtartalom és a globális hőmérséklet között. Hosszabb időszakokra is lehet például találni ennek ellenkezőjére. Ilyen például az 1940 és 1970 évek közötti időszak (5. ábra) [3]. A légköri szén-dioxidtartalom és a globális hőmérséklet közötti korrelációt cáfoló ábrákat láthatunk, amelyeket éppen az elmúlt százötven év kritikus időszakából választottunk.

Ilyen például az 1940-1970 közötti és az 1997-2014 közötti időszak is. A legmegbízhatóbb mérési adatok alapján is az 1997. évtől kezdődően 2014-ig a globális felmelegedés kb. másfél évtizedre stagnálást mutatott (6. ábra) [3]. Tehát az utóbbi száz év közel fele nem igazolja a szén-dioxid változás és a globális hőmérsékletváltozás szoros kapcsolatát.



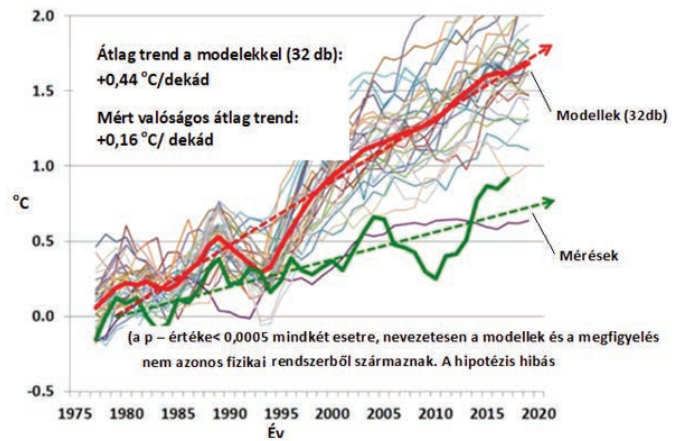
5. ábra. A globális hőmérséklet és a karbonkibocsátás változása, különös tekintettel az 1940 és 1965 közötti időszakra [3]



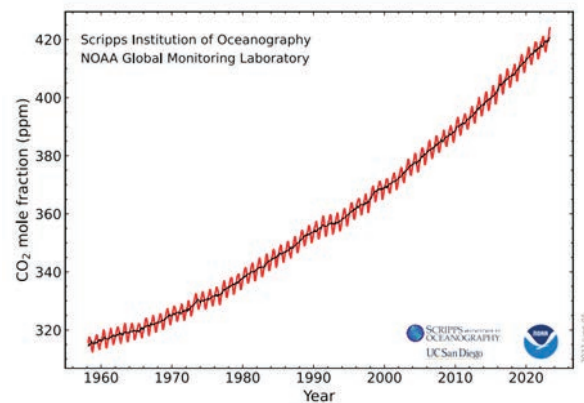
6. ábra. A szén-dioxid-koncentráció növekedése 1997 és 2012 között a Mauna Loa (Mauna Loa Observatory, MLO) mérések alapján, és ugyanebben az időszakban a globális hőmérséklet alakulása a Met Office UK (UK's National Weather Service) adatai szerint [7]

Továbbra is a globális hőmérsékletváltozást leírni próbáló számos modell születik pl. az AR6-ban is. A már említett CLINTEL jelentés szerint John Christy, Ross McKittrick és mások figyelmeztették a jelentés szerzőit, hogy az általuk használt éghajlati modellek a megfigyeltnél sokkal nagyobb felmelegedést jósolnak például a trópusi troposzférában (7. ábra). Már korábban is Ross McKittrick és John Christy kimutatta, hogy szinte az összes AR5 modell túl nagy felmelegedést jósol statisztikailag szignifikáns szinten (McKittrick & Christy, 2018), és ezt a túlzott felmelegedést „forró pontnak” nevezték el [1].

A vizsgált időszakban a szén-dioxid koncentráció változását a 8. ábra mutatja.



7. ábra. Az adatok McKittrick&Christy (2018) adatai, az ábrázolás McChristy munkája. A trópusi 300-200 hPa közötti légréteg átlag hőmérsékletváltozása CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project) modellek 5-éves lépcsős felbontással az 1979-2019 időtartamra [1]



8. ábra. A Mauna Loa-n (Hawaii) mért légköri CO₂ koncentráció

A hot spot még mindig megtalálható az AR6-ban (McKittrick & Christy, 2020). A CLINTEL jelentés részletes elemzést végez. „Figyelemre méltó, hogy ha az emberi üvegházhatású gázok kibocsátását eltávolítják az éghajlati modellekből, akkor a fiktív hot spot eltűnik, és a modellek sokkal közelebb kerülnek a megfigyelésekhez. Az AR6-ban a következőket olvashatjuk: „A globális felszíni hőmérséklet 2010-2019 időszak, ember által előidézett változásának valószínű tartománya az 1850-1900 közötti időszakhoz képest 0,8-1,3 °C, a középérték 1,07 °C, amely magában foglalja a megfigyelt felmelegedés legjobb becslését ebben az időszakban, ami 1,06 °C, nagyon valószínű (0,88 °C és 1,21 °C) közötti tartományban, míg a „természeti kényszernek” tulajdonítható változás valószínű tartománya csak -0,1 °C és +0,1 °C között van.” (AR6, 59. oldal). Tehát azt állítják, hogy a 19. század óta minden felmelegedés valószínűleg az emberi tevékenységnek köszönhető. Ezt annak ellenére leírták, hogy a 7. ábra szerint is a trópusi troposzférában az éghajlati modelleik statisztikailag érvénytelenek, ha az emberi üvegházhatású gázok kibocsátását is belefoglalják a modellbe. Felhívták a szerzők figyelmét, hogy kerüljék a torzítást, és hogy az AR5 modellek túl „melegek”. Ennek ellenére az AR6-ban még melegebbé tették a modelleket, mint az AR5-ben, és figyelmen kívül hagyták Richard Lindzen, Roger Pielke Jr., John Christy, Ross McKittrick és sok más kiemelkedő klímakutató eltérő véleményét.

A jelenleg már használt modellek bonyolultsága sok hibát rejt magában. Ezért vizsgáltam meg, hogy egyszerűbb számításokkal milyen eredményt lehet elérni. Bemutatom, hogy globális(!) számításokkal a mérési eredmények jól megközelíthetők [8].

A fizikai valósághoz közelebb álló gondolatmenettel, a légkörben végbemenő változásokat külön nem elhatárolva globálisan számolhatjuk a CO₂ hatását. Az alapelv az, hogy a légkör határán kell hosszú távon sugárzási (energetikai) egyensúlynak lennie. E nélkül a globális változás érzékeltetésére minden kísérletezés károsba fullad, és parttalan vitát eredményez. Newton is, Einstein is bizonyos folyamatok általános jellemzőinek meghatározását minél egyszerűbb módszer alkalmazásával tartják kedvezőbbnek, és óvnak a természeti folyamatok megerősökölésétől. (Isaac Newton: The Mathematical Principles of Natural Philosophy [The Rules of Reasoning in Philosophy] RULE I szerint: „We are to admit no more causes of natural things, than such as are both true and sufficient to explain their appearances”. Albert Einstein szerint: „Everything should be made as simple as possible, but no simpler.” On the Method of Theoretical Physics. The Herbert Spencer Lecture, delivered at Oxford, 10 June 1933). Négy egyszerű számítással vizsgáltam meg a szén-dioxid hatását a Föld globális hőmérsékletére [8].

1. Módszer. Az iparosodás óta nemzetközileg elfogadott adatokkal végezzük a számítást. A globális hőmérsékletemelkedés értékére az irodalom széles körében még idézett értéket vesszük fel, 0,74 K, a földfelszínhez közeli hőmérséklet 288 K. A légkör határán feltételezett egyensúlyi egyenletről ezen időszakra a CO₂-koncentráció növekedése hatása egyszerűen számítható
2. Módszer. A beeső sugárzásnak a különböző rétegeken való átáramlása során annak gyengülés képletével.
3. Módszer. A légkör relatív emisszióképességének képletét közvetlenül is lehet közelítőleg alkalmazni. A hatás kétszer érvényesül.
4. Harvard módszer. E szerint (Jacob, 1999) a légkörben az üvegházgázok növekedése miatt fellépő sugárzási kényszer változásával számítják a hőmérsékleti hatást.

Az eredmények azt mutatják, hogy McChristy eredményéhez hasonlóan kb. 1,67 °C értéket kapunk az elkövetkezendő évszázadra.

| CO ₂ ppm | ΔT különböző módszerekkel °C | | | | | |
|---------------------|------------------------------|------|------|-----|---------|-------|
| | alap | 1 | 2 | 3 | Harvard | átlag |
| 280 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 600 | | 1,57 | 1,83 | 2,2 | 1,1 | 1,67 |

Összefoglalás

Összefoglalva tehát, a különböző korokból rendelkezésre álló adatokat felhasználva megállapítható, hogy a szén-dioxid és a globális hőmérsékletváltozás közötti ok-okozati kapcsolat szinte mindig kisebb-nagyobb (esetleg ezer évekre) időszakokra megbicsaklik. Leghelyesebb a klíma kaotikus változásaira felkészülni és alkalmazkodni, a klímakutatást pedig a jelenségek minél mélyebb megismerésére fordítani.

Véleményem szerint a jelen klíma kutatás javaslata a szén-dioxidra alapozott klíma befolyásolására az emberiség elleni büntett, mert a szükséges energetikai fejlesztések torzításával a világ gazdaságban rendkívüli károkat okoz, továbbá egyre nagyobb a szerepe a társadalomban a neurotikus állapot kialakulásában.

Irodalomjegyzék

- [1] CLINTEL: The frozen climate views of the IPCC, edited by Maciel Crok and Andy May; Andy May: Is AR6 the worst and most biased IPCC Report?, presentation on Tom Nelson's podcast, Clintel Foundation/ Tuesday May 9, 2023. Magyar nyelvre fordította és közzétette Szarka László Csaba MTA r. t.
- [2] Major György: A Föld éghajlatának vázlatos története debszem.unideb.hu/pdf/dsz2010-4/dsz2010-4Major.pdf
- [3] Reményi Károly: Globális lehűlés, globális felmelegedés, szén-dioxid, Magyar Tudomány. 175, 9, 1105–1116. (2014): http://www.epa.uz.ua › pdf › EPA00691_mtud.
- [4] Reményi Károly: Gondolatok a globális hőmérsékletéről, ENERGIA-GAZDÁLKODÁS 57. évf. 2016. 3-4. szám
- [5] Petit et al: A 420 000 year deuterium excess record from East Antarctica, Journal of Geophysical Research, vol. 106, no. d23, p863-873, December 16, 2001, wiley.com/doi/10.1029/2001JD900076/pdf
- [6] Stephen T. Jackson, John P. Rafferty: Little Ice Age (LIA) - Encyclopedia Britannica <https://www.britannica.com › Science>, 2023, May 25, Mann, M. E. et al: „Northern Hemisphere Temperatures During the Past Millennium: Interferences, Uncertainties and Limitations” Geophysical Research Letters, 26:759-762 (1999); P, D. Jones et al. „High-resolution Paleoclimatic ...” Holocene, 8: 477- 483 (1998); H.H. Lamb” The Early Medieval Warm ...”, Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, 1: 13-37 (1965)
- [7] MET Report: 2012. okt. 13. Global Warming Stopped 16 years Ago, Reveals Met Office Report, <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2217286/Global-warmingstopped-16-years-ago-reveals-Met-Office-reportquietly>
- [8] Reményi Károly: Egyszerű módszerek a légköri szén-dioxid koncentrációváltozás hatásának elemzésére Magyar Tudomány, 2016/7. p842, <http://www.matud.iif.hu>

Tavaly 7 százalékkal csökkent a hazai üvegházhatásúgáz-kibocsátás, közel a 2030-as cél

Unió előírás alapján a tagállamok minden évben július végéig közzé kell adniuk a kibocsátásokról az Európai Bizottságnak. Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) összesítése szerint Magyarország kibocsátása 2021-hez viszonyítva 7 százalékkal mérséklődött 2022-ben. Az előzetes adatok alapján az 1990-es bázisévhez képest ez már 37 százalékos csökkenést jelent.

Ágazati bontásban az ipar 18 százalékkal, a mezőgazdaság 12 százalékkal, a hulladékgazdálkodás 1 százalékkal okozott kevesebb kibocsátást az elmúlt évben, mint tavalyelőtt. A közlekedésből származó üvegházhatásúgáz-kibocsátás kisebb mértékben emelkedett. A kormány Klíma- és Természetvédelmi Akcióterve az egyik legnagyobb szennyező közúti forgalom zöldítését kiemelt célként kezeli, erre szolgál egyebek mellett a Zöld Busz Program is.

Az uniós kibocsátás-kereskedelmi rendszerben (ETS) nyilvántartott hazai vállalkozások összes kibocsátása 12 százalékkal esett vissza 2022-ben. Az energiaszektorból származó üvegházhatásúgáz-kibocsátás 5 százalékkal mérséklődött. Az Eurostat júniusi közlése szerint tavaly a Benelux-államok után Magyarország csökkentette a legnagyobb mértékben, 8,6 százalékkal az energiahasználatból származó szén-dioxid-kibocsátását.

A véglegesnek tekinthető kibocsátási adatok 2024 tavaszán állnak majd rendelkezésre. Magyarország az elmúlt években globális szinten ritkaságszámba menő módon folyamatos gazdasági növekedés mellett tudta fokozatosan visszaszorítani üvegházhatásúgáz-kibocsátását. Az előzetes adat szerint az 1990-es bázisévhez mért csökkentés összességében már 37 százalékos. Belátható közelségbe került tehát a hatályos vállalás szerint 2030-ra kitűzött 40 százalékos mérték. Az Energiaügyi Minisztérium a Nemzeti Energia- és Klímatervezési Tanács felülvizsgálata során ezért is javasolja a magyar kibocsátás-csökkentési célszám 50 százalékra emelését.

Budapest, 2023. augusztus 8. forrás: Energiaügyi Minisztérium

Energiahordozók a tőzsdéken

Szilágyi Zsombor

mérnök; drszilagyizsombor@freemail.hu

A tőzsde a gazdasági élet fontos kereskedelmi fóruma. A tőzsde működése hatással van az országok gazdaságára, segítheti a gazdasági élet szereplőit. Az Európai Unió mindegyik országában működnek tőzsdék, és mindegyik országban lehet energiahordozókkal is kereskedni a tőzsdéken. Az alábbiakban a magyar földgáz- és villamos energia szabadpiacon ellátott felhasználóknak mutatjuk be az energia tőzsdék világát.

*

The stock exchange is a vital trading forum for economic life. The stock exchange operation impacts countries' economies and can help economic actors. There are stock exchanges in all countries of the European Union, and energy products can be traded on stock exchanges in all countries. This article presents the world of energy exchanges to users of Hungarian natural gas and electricity-free markets.

Hazánkban mintegy 3,5 millió földgáz felhasználó van, és villamos energiát vesz igénybe 5,7 millió fogyasztó. A felhasználók mintegy 90%-a háztartás. A magyar energia piac szabályozása szerint a kisfogyasztók egyetemes szolgáltatásban részesülnek. A földgázt mintegy 220 ezer felhasználó a szabadpiacon szerzi be, a szabadpiaci villamos ellátásban mintegy félmillió fogyasztó vásárolja a villamos energiát. Az energia beszerzést a tőzsdéken a legtöbb energiát fogyasztók figyelmébe ajánljuk.

A tőzsde:

- kereskedelmi centrum;
- összekapcsolja a termék felesleggel és a hiánnyal rendelkezőket;
- biztosan teljesülő ügyletek jellemzői;
- növeli a befektetési piac likviditását;
- információs központ;
- gazdasági folyamatok értékelésére is lehetőség.

A tőzsdei árfolyam az adott árura vonatkozó valamennyi információt koncentráltan, folyamatosan és objektíven adja közre. Fontos megjegyezni, hogy a tőzsdék működését kormányzati intézkedések közvetlenül nem befolyásolhatják.

Tőzsde fajták:

- árutőzsde: fizikai áruk adás - vétele
 - általános: többféle árucikkkel, termékkel foglalkozik;
 - speciális: csak meghatározott áruval foglalkozik (ebbe a csoportba tartoznak a kőolaj-, villamos energia és a földgáz tőzsdék is).
- értéktőzsde: értékpapírok, devizák, nemesfémek, tőzsdeindexek adás - vétele
 - részvény csoportokból képzett index kereskedés;
 - általános: többféle ügylettel foglalkozik;
 - speciális: csak meghatározott típusú foglalkozik: pl.: deviza, nemesfém, értékpapír.
- áru és értéktőzsde: a fentiekben felsoroltak adás - vétele

A tőzsde gazdálkodása: nonprofit szervezet.

Vezető európai energia tőzsdék:

- földgáz: TTF tőzsde, Rotterdam, Hollandia

- villamos energia: EEX tőzsde, Lipcse, Németország
- A többi európai energia tőzsde árai szorosan követik a vezető tőzsdék árait.

Az energiahordozók – beleértve a villamos energiát is – mintegy 80%-a tőzsdéken fordul meg, vagy tőzsdei árral árazzák.

Az energia tőzsdék jellemzői:

- Minden tőzsde nemzetközi, külföldről is lehet kereskedni;
- Az EU-ban egységes szabályok szerint működnek;
- Tőzsdén csak kereskedői engedélyes cég képviselője, tőzsdetag köthet ügyletet;
- A kereskedés online folyik;
- A tőzsdei különleges szervezettség elemei:
 - csak pontosan meghatározott árukat lehet adni, venni,
 - a teljesítés meghatározott helyen és időben történik,
 - csak feljogosított személyek közreműködésével,
 - meghatározott módon,
 - biztos teljesítés és biztos fizetés;
- A megkötött üzletekről csak a mennyiség, az ár és a teljesítés időpontja nyilvános;
- Az áru virtuális ponton cserél gazdát;
- A megkötött üzletek teljesítését a tőzsde intézményesen szavatolja;
- Az eladó és a vevő között általában elszámolóház is működik: a teljesítés biztosítékeként, Budapesten a KELER elszámolóház;
- A forgalmazott energiahordozók az EU-ban:
 - kőolaj, földgáz, benzin, kerozin, gázolaj, fűtőolaj, szén, propán, uránium, villamos energia,
 - az energia mértékegysége: MWh,
 - az árak Euro-ban;
- Az energia tőzsdéken általában kínálati többlet van;
- Tényleges adás-vételek, de spekulációs ügyletek is köthetők;
- Az adás-vételek ára lényegesen eltérő is lehet;
- Az energia tőzsdén a jogosultak bármikor, szabályozott energia mennyiségre adhatnak be felajánlást és igényt, és ezekre az igényekre rövid időn belül ajánlat is érkezik;
- A vevőnek a kötés napján jegyzett árfolyamon kell teljesíteni, az ügylethez kapcsolódhat előleg fizetés is;
- Minden egyes üzlet konkrét mennyiséget, minőséget, szállítási határidőt, átadás-átvételi pontot, árat jelent. A határidő lejártá előtt a vevő még változhat;
- Az eladónak és a vevőnek is kell rendelkezni szállítási szerződéssel a virtuális átadási pontba és a virtuális átadási ponttól elszállításra;
- Az energia tőzsdék időciklusai igazodnak az energia rendszeren kialakított ciklusokhoz:
 - a villamos energia tőzsdéken negyedórás ciklusok vannak,
 - a földgáz tőzsdéken napi ciklusok vannak. A magyar földgáz rendszerben a nap 06 órakor kezdődik és a következő naptári nap 06 óráig tart.
 - a tőzsdéken előre meghirdetett szünnapok vannak, akár hétköznap is, az azonnali ügyletekre induló tőzsdetagoknak ezt figyelembe kell venni.

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|
| Óra | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Ár | 94 | 84 | 84 | 79 | 78 | 80 | 80 | 87 | 70 | 55 | 28 | 15 |
| Óra | 13 | 14 | 15 | 15 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Ár | 4 | 7 | 3 | 4 | 6 | 50 | 75 | 85 | 103 | 109 | 83 | 74 |

2. táblázat. A HUPX DA tőzsde árak óránként, 2022. 02. 11. (Eur/MWh)

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Óra | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Ár | 180 | 175 | 170 | 165 | 170 | 225 | 230 | 260 | 235 | 200 | 180 | 170 |
| Óra | 13 | 14 | 15 | 15 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Ár | 165 | 165 | 195 | 210 | 230 | 275 | 300 | 280 | 230 | 225 | 220 | 200 |

Tőzsdei termék terminusok

A teljesítés megjelölt időtartama alatt a teljesítés egyenletes.

azonnali tőzsdei termékek:

- napi, WD: within day, vagy intraday aznapi teljesítés
földgáz esetében: ma, holnap 06 óráig
villamos energia esetében: ma 24 óráig
- holnapi, DA: day ahead, holnapi teljesítés
földgáz esetében: holnap 06 órától holnapután 06 óráig
villamos energia esetében: holnap 0 órától holnap 24 óráig
- heti, Week: Week 1/24...52/24 (2024. év első...ötvenkettedik hete)
- hétvége, Weekend: hétvégi teljesítés, WkEnd

határidős tőzsdei termékek:

- havi, Month: havi teljesítés, a hónap hosszától függetlenül földgáz esetében: a hónap első napján 06 órától a hónap utolsó napját követő első nap 06 óráig
villamos energia esetében: a hónap első napján 00 órától a hónap utolsó napján 24 óráig
Month+1, Month+2...: értelemszerűen

szezonális, Season: Sun, Win: nyári és téli szezon félvég
negyedév, Quarter: 1/24...4/24: naptári negyedéves teljesítés
2024. évben

éves, Yearly: Y 2024 vagy YR 2024 vagy Cal 24, 2024 év:
éves egyenletes teljesítés, 2024. január 1. és december 31. között (gáznap és naptári nap az előzők szerint), további évekre is lehet ügyleteket kötni.

Mik befolyásolják az energia tőzsdei árakat?

- alapvetően az adott kereskedési időszakra jellemző tőzsde-termék hiány vagy többlet (kínálati piac: alacsonyabb árak; keresleti piac: magasabb árak);
- a kőolaj tőzsdei árának változása rövid időn belül megjelenik a többi energiahordozó árában is;
- lényeges műszaki létesítményeknél fellépő termelési/működési akadályok;
- háborús események, embargó;
- nemzetközi döntések az energiatermelés, szállítás, felhasználás területén;
- a jelentős energia exportőr és importőr országokban fellépő rendkívüli események;
- új, lényeges termelő, szállító rendszerek üzembe helyezése;

- üzemzavar, baleset lényeges energia termelő, szállító rendszereknél;
- lényeges változás az energiahordozó készletekben;
- kutatási eredmények;
- a hatósági rendszerhasználati díjak változása.

A tőzsdei árak a kereskedési napon belül is változnak. Közzétételre általában a napi árak számtani közepe kerül. Példaként: a budapesti HUPX DA villamos tőzsdén óránként kialakult árakat az 1. táblázat és a 2. táblázat mutatja két különböző napon.

Az energia tőzsde igénybevétele ajánlható a következő esetekben:

- jelentős szezonalitást mutató felhasználóknak;
- a felhasználó pontos energia igényt tud meghatározni a következő napokra;
- a termelés jellegéből és tartalmából eredő gyakran változó energia igény (például: az acél gyártásnál az elektro kemence indítása vagy leállítása akár 50 MW teljesítményt is jelenthet. A kemence feltöltése, karbantartása idejére a kemence üzemére lekötött villamos teljesítmény értékesíthető);
- több cég a nyári szabadságolások idejére leállást is tervez, akár hetekre is. Ekkor az energiafelhasználás minimumra csökken, a lekötött energia feleslege értékesíthető;
- szezonális termeléssel dolgozó cégek, például: termény szárító, aszfalt üzem, kertészet;
- több felhasználó az energia kereskedővel a szükséges maximális teljesítményt részben köti le (például 70...80%-ban), a hiányzó teljesítményt és energiát tőzsdén vásárolja meg.

A felhasználó mérlegelheti saját tőzsdei kereskedési jog megszerzését is. Ennek előkészítésére javasoljuk:

- tőzsde jogosult kereskedők referenciáinak begyűjtését;
- tanácsadó alkalmazását a tőzsdetagság megismerésére, majd a tőzsdei szerződések előkészítéséhez;
- a felhasználó belépését egy villamos energia mérlegkörbe ~ 50 MWh energia igény felett
- az árak alakulásának figyelését az energia tőzsdéken;
- az energiáért Euro vagy USD fizetést vállalni, ha van a felhasználónak rendszeres deviza bevétele;
- az éves energia igény megbontását:
 - az év minden napján azonos energia igény (zsinór) és időszakonként változó energia igény elválasztása,
 - a változó energia igény pontos előjelzése szükséges.

Célszerű tőzsdei tagságot szerezni és aktív tőzsdei kereskedést indítani az energia felhasználónak a következő esetekben:

- a felhasználó éves földgáz igénye meghaladja a 3 PJ-t;
- az éves villamos energia igény több, mint 800 GWh;
- az energiafelhasználás volatilitása/szezonalitása nagy;

- több telephelyes felhasználó, több villamos- vagy földgáz mérővel;
- hosszabb időtartamú (például egy hónapos) karbantartási leállást terveznek minden évben;
- az energiafelhasználás szezonalitása lényegesen eltér az országos szezonalitástól;
- hatósági (MEKH) kereskedői engedélye van.

A magyar földgáz tőzsdék elszámoló háza a KELER Közpon-ti Értéktár Zrt., a tőkepiacról szóló 2001. évi CXX. törvény alapján működik.

A KELER szolgáltatásai: nemzeti értéktári szolgáltatás, szakosított hitelintézeti szolgáltatás, kibocsátási szolgáltatások

A KELER tartalma:

- ügyfelei a pénzüpiaci, az árupiaci szereplők;
- elszámolóházként a szabványosított határidős és opciós ügyletek elszámolását végzi;
- a tőzsdei ügyletek teljesítéséhez ad garanciákat;
- tőzsdetagok csak akkor vehetnek részt a kereskedésben, ha klíringtaggá válnak a KELER-nél.

A KELER műveletei:

- A kereskedelmi ügylet létrejöttkor a KELER belép az eredeti ügyletben résztvevő felek közé, és az eladónak vevőjévé, míg a vevőnek eladójává válik. Ezzel a KELER nullázza a partner kockázatát;
- A tőzsdén kizárólag pénzügyileg fedezett ajánlatok kerülnek befogadásra;
- A KELER az azonnali ügyleteknél pénzügyi biztosítékot kér, a határidős ügyleteknél a vételár és az árkülönbözet teljesítési kötelezettségre, és garancia alap hozzájárulási igényt is számol. A biztosítékok teljesítési határideje az ügylet kötést követő nap 09 óra.

Saját kereskedői engedély megszerzése

A tőzsde tagság feltétele a saját kereskedői engedély megszerzése.

Kereskedők a magyar földgáz és villamos energia piacon

A kereskedői engedélyt a MEKH adja ki. A MEKH rendszeresen beszámoltatja a kereskedelmi engedélyeseket. Az engedélyes kereskedők száma gyakran változik: újabb cégek határozzák el a kereskedői tevékenységet, vagy megszüntetik ezt a vállalkozást. Az energia kereskedők többségében külföldi cégek magyarországi érdekeltségei. A korlátozott kereskedői engedélyes felhasználót nem láthat el.

A kereskedői engedélyesek száma 2023. májusban:

| | |
|--------------------------------|------------------------------|
| Földgáz kereskedő: | 41 |
| Korlátozott földgáz kereskedő: | 91 (felhasználót nem lát el) |
| Villamos energia kereskedő: | 189 |

A kereskedők:

- változatos részvétel a piacon:
 - csak néhány felhasználót lát el,
 - meghatározott célú felhasználókat lát el;
- főszereplői az erősödő külkereskedelemnek;
- a járvány és a háború hatása:
 - aktív kereskedők száma csökken, kereskedés szüneteltetés gyakoribb,
 - a határozatlan idejű szerződések bontása,
 - a fix áras szerződések bontása;
- legtöbbje regisztrált tőzsdetag is.

Mérlegelhető saját szabadpiaci kereskedési engedély megszerzése a következő esetekben:

- az éves földgáz felhasználás 100 000 m³ feletti;
- az éves villamos energia vásárlás 1000 MWh feletti;
- jelentős az energiafelhasználás szezonalitása;
- az energiafelhasználásban vannak alternatívák;
- az energiafelhasználás jól mérhető.

Budapesti villamos energia és földgáz tőzsdék

A budapesti energia tőzsdéket a HUPX tőzsde fogja össze. A tőzsdék:

| | |
|---------|--|
| HUDEX: | határidős földgáz-és villamos energia tőzsde |
| HUPX: | azonnali villamos energia tőzsde |
| CEEGEX: | azonnali földgáz tőzsde |

A tőzsdetagok száma 2023. júniusban:

| | | | | |
|---------|----------|----|----------|----|
| HUDEX | áram: | 28 | földgáz: | 26 |
| HUPX ID | áram: | 55 | | |
| DA | áram: | 73 | | |
| CEEGEX | földgáz: | 47 | | |

A budapesti energia tőzsdék forgalma 2023. júniusban:

| | |
|------------------------|---------------|
| HUDEX villamos energia | 878 977 MWh |
| HUPX villamos energia | 2 791 886 MWh |
| CEEGEX földgáz tőzsde | 2,6 TWh |

3. táblázat. CEEGEX tőzsdén a forgalom jellemzői (EUR/MWh)

| Nap | Legjobb vételi ár | Legjobb eladási ár | Súlyozott átlagár | Forgalom MWh |
|------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------|
| 2023/07/11 | 35,8 | 34 | 35,4 | 75648 |
| 07/10 | 38,25 | 35,8 | 36,44 | 84504 |
| 07/09 | 37,5 | 35,48 | 36,12 | 88560 |
| 07/08 | 37,5 | 35,48 | 36,12 | 88380 |
| 07/07 | 36,7 | 35,5 | 36,26 | 88248 |

A tőzsdei tagság után tagdíjat és forgalmi díjat kell fizetni, de ezek a díjak nem jelentősek.

A tagság feltételei a budapesti energia tőzsdéken

Tőzsde tag csak természetes személy lehet, aki MEKH kereskedelmi engedélyes társaság alkalmazottja.

A földgáz- vagy villamos energia tőzsdetagság általános feltételei:

- cégbíróságon bejegyzett cég kérheti;
- kereskedésre feljogosító felügyeleti hatósági engedélyes cég legyen;
- legyen felügyeleti hatósági engedélye határon átnyúló ügyletek kötésére;
- Tőzsdetag Szabályzatról nyilatkozat;
- tőzsdei üzletkötésre jogosult alkalmazottja legyen;
- igazolás a tőzsdei termékkereskedéshez szükséges technikai feltételekről;
- éves díj megfizetése;
- hitelességi nyilatkozat a kérelemhez csatolt okmányokról;
- az elszámolásokhoz szükséges számlák megnyitása: Euro számlák is;
- KELER igazolás a klíringtagságról;
- kereskedői vizsga, vizsgadíj megfizetése;
- KELER KSZF szerződés;
- kereskedői szerződés a HUDEX, CEEGEX vagy a HUPX tőzsdével;

- megállapodás
 - villamos energia esetén az Átviteli Rendszerirányítóval,
 - földgáz esetén a Rendszerirányítóval.

A jelentős földgáz- és villamos energia mennyiséget felhasználó fogyasztóknak ajánljuk tehát:

- saját kereskedői engedély megszerzését;
- aktív kereskedést kezdetben a saját felhasználás biztosítására, később azon felül is;
- tőzsdetagság megszerzését;
- tőzsdei kereskedést a saját energia igény kielégítésére, később azon felül is.

Primerenergia átalakítási tényező: lehet-e valamivel alacsonyabb, ha az elektrifikáció a cél?

Szalai Gabriella

szakmai munkatárs, Magyar Hőszivattyú Szövetség, szalai@hoszisz.hu

Zöld átállás van folyamatban az energetikában, ezzel együtt erősödik az elektrifikáció trendje, Európában is, hazánkban is. A cél: csökkenteni kell az energiafelhasználást, valamint az energia-előállításához és -felhasználáshoz köthető széndioxid-kibocsátást is mérsékelni szükséges. Ugyanakkor Európában – és ez alól Magyarország sem kivétel – pontosan az elektrifikáció trendje ellen hat a magasan megállapított primerenergia átalakítási tényező (PEF, Primary Energy Factor), illetve a villamos áram előállításához kapcsolt emissziós érték. A magasan megállapított primerenergia átalakítási tényező és emissziós érték a fosszilis energiák felhasználását ösztönzi, torzítja az emisszió-csökkentési célokat (pl. épületek, közlekedés esetén). A villamosenergia-termelést továbbá már lefedi az EU kibocsátáskereskedelmi rendszere, ami már most széndioxid-felárral sújtja a nem megújuló villamosáram-termelést. A cikk az épületenergetikai vonatkozásokra fókuszál.

*

A green transition is underway in the energy sector, at the same time the trend of electrification is intensifying, both in Europe and in Hungary. The twofold aim is to reduce energy consumption and to reduce CO₂ emissions linked to energy production and use. At the same time, in Europe and Hungary is no exception, the high established primary energy conversion factors (PEF) and the emission value linked to electricity production work exactly against the trend of electrification. The high established primary energy conversion factor and emission value encourages the use of fossil energies, distorts emission reduction targets (e.g. in case of buildings, transport), ignores the system efficiency of electricity consumption. Furthermore, electricity production is already covered by the EU's emissions trading system (ETS), which already imposes a carbon dioxide tax on non-renewable electricity production. The article focuses on the building energy aspects.

A primerenergia átalakítási faktornak és a villamosáram-előállítás széndioxid-emissziós értékének az épületekbe épített villamos energia alapú megújuló technológiák esetében van többek között jelentős szerepe, hiszen egy alacsonyabb átalakítási tényező és emissziós érték javítja az épületekben a megújuló részarányt (ami

hozzá tud járulni a hazai megújuló energia célok teljesítéséhez), csökkenti a számított széndioxid-kibocsátást, illetve ösztönözheti a villamosáram alapú megújuló technológiák terjedését.

A villamosáram átalakítási faktor megállapítása – a villamos áram szén-dioxid kibocsátási tényező értékével együtt – nemzeti hatáskör, egyben szakpolitikai eszköz is. Van arra lehetőség ezek meghatározásánál, hogy előrettekintő értékeken alapuljanak. Az energiarendszer egy nagyon gyors átalakuláson megy keresztül, ezért ahelyett, hogy visszafelé nézve történik ezen értékek megszabása, azt is alapul lehetne venni, hogy azt gyorsan fejlődő energiarendszerünkhöz alakítsuk, például a Nemzeti Energia Stratégia vagy Nemzeti Energia- és Klímaterv előrejelzései alapján. Inkább azon alapuljon, hogy mit kíván elérni Magyarország, semmint azon, hogy milyen helyzetet próbálunk magunk mögött hagyni.

Az épületenergetikai rendelet [1] kiemelkedő szerepet tölt be a klímapolitikai célokhoz vezető úton, a hazai szabályozási keretrendszerben az épületek energetikai követelményeit meghatározva. A jövőre nézve ezért stratégia kérdés, milyen indikátorokat helyez előtérbe, és egyben befolyással lehet számos egyéb érintett irányelv [2] adaptációjára is.

Ugyanakkor a 2023. május 26-án Közlönyben megjelent épületenergetikai rendelet módosításának eddig ismert részletei több olyan elemet tartalmaznak, melyek az elektromos áram alapú hőszivattyú technológia terjedésére nézve nehezítő tényezőként hathatnak, ideértve a primerenergia átalakítási tényezőre és a villamos energia előállításának CO₂-tartalmára vonatkozó értékeket. [3]

A Magyar Hőszivattyú Szövetség nevében ezért javasoljuk, hogy az épületenergetikai rendelet villamos energia átalakítási faktorára és különösen emissziós széndioxid-szintjére tett – európai szinten is kimagaslóan magas – érték kerüljön rendszeres, akár éves felülvizsgálatra, és történjen meg a magasan megállapított értékek nemzetgazdasági hatásának elemzése. Az épületenergetikai rendelet módosítását megalapozó tanulmányok és javaslatok még az energiaválság előtt készültek, tehát annak következtetései mára kevésbé aktuálisak, különösen a fosszilis energiahordozók épületekben történő felhasználásának csökkentése, illetőleg kivezetése szándékának ismeretében, vagy a fosszilis energiahordozókra bevezetendő karbonadóra tekintettel.

Az energiahatékonyságról szóló törvény végrehajtására vonatkozó kormányrendelet [4] 2,1-es primerenergia átváltási tényezővel vezetett be, melyet a legutóbbi, 2022 évi felülvizsgálat is megerősít

tett. A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal által megállapított fajlagos széndioxid-kibocsátás 350 g CO₂e/kWh körül van.

A villamos energia átalakítási faktor és villamos áram-előállítás fajlagos CO₂-értéke

Primerenergia átalakítási tényezőnek, valamint a villamosáram-előállítás emisszióját jelző fajlagos széndioxid értéknek (fCO₂e/kWh) jelentős hatása és következménye van a villamos áram alapú megújuló technológiákra, zöld energia beruházásokra és szakpolitikai intézkedésekre (pl. karbonadó, EPBD, Ecodesign rendeletek, beleértve a megújulás előtt álló energiacímke szabályozást is).

A primerenergia átalakítási tényező és fajlagos széndioxid-érték jelenleg egy adott területen lévő erőművek átlagos hatásfokát tükrözik.

Megfontolásra javasoljuk ezért, hogy az épületenergetikai rendeletben megadott primerenergia átváltási tényező, valamint fajlagos széndioxid-kibocsátás értékét hozzáadják összhangba az energiahatékonyságról szóló törvény végrehajtására vonatkozó kormányrendelettel, illetve a primerenergia átalakítási tényező és a villamos áram fajlagos CO₂-szintje ne a meglévő villamos áram mixre, hanem a 2030-ra tervezett villamos árammixre alapozzon, ugyanis ez a megközelítés leköveti a villamosenergia-rendszer dekarbonizációs eredményeit, szemben egy historikus adatra épülő érték megállapításával. Ez többek között azzal az előnnyel járhat, hogy javítja a CO₂-re alapuló emissziós statisztikát.

Miért fontos a primerenergia átalakítási tényező?

A primerenergia átalakítási tényező (PEF) segít összehasonlítani, hogy mennyi primerenergia szükséges a végenergiaigény kielégítéséhez, áram, gáz, benzin vagy hő előállításához. Az uniós jogszabályok jelenleg 2,5-ös átlagos villamosenergia-PEF-értéket alkalmaznak. A felhasznált villamos energia esetében az aktuális PEF-érték azt jelzi, hogy két és félszer annyi primerenergiát (azaz az elektromos áram előállításához használt tüzelőanyagot) fogyasztott el. Más szóval, a jelenlegi PEF azt feltételezi, hogy az EU-ban a villamosenergia-termelést 40%-os hatásokkal biztosítják. A megújulóenergia-termelés mennyiségének és arányának növekedésével azonban a PEF értékének csökkentése napirenden van. Emellett az Európai Bizottság Joint Research Center tanulmánya arra jutott, hogy a nukleáris alapú áram előállításának is ugyanolyan alacsony az ÜHG-kibocsátása és a karbon lábnyoma, mint a nap- vagy szélerőművéké. [5] Az energiacímke előttünk álló módosítása során már 2,1-es értékkel számolnak, sőt felmerült az 1,9-es érték is.

Bár a villamos energia még nem tekinthető szén-dioxid-mentesnek, az EU kibocsátáskereskedelmi rendszere már lefedi, aminek kettős hatása van. Először is, az áramtermelők az általuk kibocsátott emisszió tonnáiért már fizetnek. Ez az ár hozzájárul a kibocsátott szén-dioxid éghajlati hatásainak ellensúlyozásához, és már most is jelentős ösztönzést jelent a termelt villamos energia szén-dioxid-intenzitásának csökkentésére a megújuló energiaforrások arányának növelésével. Az EU kibocsátáskereskedelmi rendszerének (ETS) „cap & trade” elve magában foglalja a kibocsátott szén-dioxid meghatározott határértékét, és az elektromos áram iránti többletigény nem vezethet többlet fosszilis energia felhasználása miatti CO₂-kibocsátáshoz.

Hazai karbonsemlegességi célok is az alacsonyabb primerenergia átváltási tényező irányába mutatnak 2020 évi klímavédelemi törvényben azt vállalta, hogy „2030-at követően a végső energiafelhasználás 2005. évi szintet meghaladó növekedése

esetén a növekményt kizárólag karbonsemleges energiaforrásból biztosítja” [6]. A Nemzeti Energia- és Klímatervben pedig egy maximum 785 PJ végsőenergiafelhasználást tűzött ki, azzal, hogy a cél feletti végső energiafelhasználás forrása csak karbonsemleges energiaforrás lehet 2030 és 2040 között.

Másrészt a fosszilis tüzelőanyagok nem szén-dioxid-mentesek, továbbá lokális felhasználásuk nem esik semmilyen szabályozás alá egyelőre, és a kibocsátásukat nem ellensúlyozza semmilyen szén-dioxid-árazás. Bár ez a jövőben változhat, ez jelenleg kiegyensúlyozatlan versenyhez vezet a villamos energia és a fosszilis tüzelőanyagok között a végfelhasználásban, ráadásul közvetlen ösztönzi a fosszilis tüzelőanyagok használatát az épületekben, közlekedésben és berendezésekben. Ezenkívül nincs olyan mechanizmus, amely a városokban a fosszilis energiahordozók égetéséből származó helyi emisszióból eredő negatív hatásokat (mint a légszennyezés) ellensúlyozná.

Van már európai példa is

Hollandia már a jövőbeli villamosenergia termelésre alapozva csökkentette a primerenergia átváltási tényezőt 1,45-re, mely például az (új) épületek kötelező megújuló arányának kalkulációjánál is alkalmazandó. [7]

Villamos energia: primerenergia átalakítási tényező és villamosenergia-előállítás fajlagos emisszió értéke

Általánosságban elmondható, hogy a villamosenergia primerenergia átalakítási tényező és villamosenergia-előállítás fajlagos emisszió magas értéke a villamosenergia-megtakarításokat ösztönzi a közvetlen fosszilis megtakarítások helyett, ami ellentétes azon céllal, hogy az épületek fűtését, vagy a közlekedést dekarbonizáljuk. Azt a benyomást kelti, hogy a villamos energia megtakarítása fontosabb, mint általánosságban a primerenergia megtakarítása.

Az európai (és deklarált hazai) folyamatokkal és célokkal ellentétes irányba mutat tehát az, ha a villamosenergia primerenergia átalakítási tényező és villamosenergia-előállítás fajlagos emisszió értéke az európai szabályozásnál magasabb értéken kerül meghatározásra [8], egyben hátrányos helyzetbe hozza a hatékony elektromos berendezéseket az EPBD irányelv átültetése, illetve az épületenergetikai rendelet alkalmazása során.

Az épületekbe épített hőszivattyú technológia (szakpolitikai) előnyei

A megújuló irányelv vonatkozó passzusai alapján hőszivattyúk megújuló energia technológiának számítanak, a bevitt villamosenergia többszörösét állítják elő. Mivel a reverzibilis hőszivattyúk esetén – ahol a hűtőkör funkciója visszafordítható – ugyanaz a berendezés hűthet és fűthet, ez egyben azt is jelenti, hogy fűtési és hűtési üzemmódban képes hasznos hőenergiát előállítani, mely a szakpolitikai célok teljesítésébe beszámolható: mind energiamegtakarítási intézkedések teljesítéséhez, mind megújuló célértékek teljesítéséhez fel lehet használni. Azaz például **egy fűtési üzemmódban [9] lévő berendezés alkalmazható energiahatékonysági szakpolitikai intézkedések teljesítésére (energiafelhasználás csökkentésére), és hűtési üzemmódban [10] ugyanaz az egység – beleértve a levegő-levegő típusú berendezéseket – hasznosítható az előállított megújuló hasznos energia elszámolására (megújuló környezeti hő).**

Ez egy „kettős előny” lehet mindazon tagállamok - köztük Magyarország – számára is, ahol a hőszivattyúkat fűtési és hűtési cé-

lokra egyaránt használják. Ugyanazon egységek alkalmazásával, fűtési időszakban keletkező energiamegtakarítás elszámolható az Energiahatékonysági Irányelv (EED, 2012/27/EU) 7. (vagy a módosított tervezetben 8.) cikke szerinti energiamegtakarítási kötelezettségként; míg hűtési időszakban ugyanezen egységek által előállított hasznos megújuló energia hozzáadódhat a Megújuló Irányelv (RED, 2018/2001/EU) 2. cikke értelmében előszámolható környezeti hő előállításához.

A Magyar Hőszivattyú Szövetség szakértő kollégák segítségével számításokat készített az új épületenergetikai rendelet eddig ismertté vált mellékletei alapján [11].

Összességében már egy 3-as jósági fokkal (SCOP-vel) rendelkező hőszivattyús rendszer is 50%-ban megújuló energiaforrásokból állítja elő adott épület kifizetéséhez a hőenergiát, mely vagy a megújuló statisztikában számolható el, vagy energiamegtakarításként érvényesíthető a hazai szakpolitikai célok teljesítésében. Alacsonyabb PEF tényező mellett a hőszivattyúk által termelt (és elszámolható) hasznos hőenergia tovább emelkedhet, mely környezeti hőként elszámolható a megújuló energiaként a hazai és európai statisztikákban, ezzel is támogatva a magyar klímapolitikai célokat.

Adódik tehát a kérdés, hogy az épületenergetikai módosítás találkozik-e a hazai szakmapolitikai célokkal? Hiszen az épületenergetikai rendelet módosítása az új építések esetén, illetve mélyfelújítások esetén is a fosszilis energiahordozók felhasználása irányába terelheti a lakosságot. Ezzel egyidőben a EED módosítása már tiltani fogja a fosszilis energiahordozók és eszközök használatából származó energiamegtakarítások elszámolását, az EPBD várható, előttünk álló módosítása pedig a ténylegesen nulla energiaszintű (új) épületeket, és a helyi emisszió elkerülését irányozza elő. A módosítás tehát pont ellentétes hatást válthat ki, mint amit az uniós irányelvek elvárnak, valamint az energiapolitika új iránya feltételez.

A kötelező megújuló részarány eltörlése mellett a villamosenergia-termelés – a földgázhoz viszonyítva – magas fajlagos CO₂-értéke [12] arra ösztönözheti a lakosságot ugyanis, hogy továbbra is a fosszilis energiahordozó gázra alapuló fűtémódot válasszon.

Az épületenergetikai elvárások módosítása visszavetheti azon a NEKT-ben és Energiastratégiában megfogalmazott célok teljesítését is, majd a REPowerEU-ban tovább emelt szintet, mely szerint 2030-ig 100 ezer új hőszivattyú kerüljön Magyarországon installálásra. A REPowerEU már 30 millió új hőszivattyúval számol 2030-ig, ebből 10 millióval már a következő 5 évben.

Megfontolandó tehát, hogyan lehet az épületenergetikai rendelet hatásait szabályozói oldalról kiegyensúlyozni. Ehhez szakpolitikai eszköz lehet a primerenergia átalakítási tényező és villamos energia CO₂ fajlagos tényező szintjének éves, rendszeres felülvizsgálata, illetve fokozatos csökkentése.

Felhasznált források

- [1] 7/2006 TNM és az azt váltó 9/2023. (V. 25.) ÉKM rendelet
- [2] Például Energiahatékonysági Irányelv (EED), Megújuló Irányelv (RED), Épületenergetikai Irányelv (EPBD)
- [3] A villamosenergia primerenergia átváltási tényező 2,3 szintje, és a CO₂ tényező (fCO₂eq) 455 g/kWh szintje
- [4] Az energiahatékonyságról szóló törvény végrehajtásáról szóló 122/2015. (V.26.) Kormányrendelet, 6. melléklet
- [5] JRC Science for Policy Report, Ares (2021)1988129 – 19/03/2021
- [6] 2020. évi XLIV. Törvény a klímavédelemről
- [7] NTA 8800:2023 nemzeti szabvány Hollandiában
- [8] Bastos, Joana; Lo Vullo, Eleonora; Muntean, Marilena; Duerr, Marlene; Kona, Albana; Bertoldi, Paolo (2020): GHG Emission Factors for Electricity Consumption. European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] PID: <http://data.europa.eu/89h/919df040-0252-4e4e-ad82-c054896e1641>
- [9] Jellemzően október 15 – április 15 között
- [10] Jellemzően április 15 – október 15 között
- [11] A számításhoz a hőszivattyús távhőtermelés analógiáját alkalmaztuk
- [12] CO₂ emissziós tényező (fCO₂eq) 455 g/kWh szintje villamos áram esetén, és 297 g/kWh földgáz esetén
- [13] Review of the Primary Energy Factor: an unmissable opportunity to contribute to the EU's climate targets and energy efficiency rules

90 százalékos a hazai gáztárolók töltöttsége

A kormány intézkedéseinek és az április óta folyamatos betárolásnak köszönhetően meghaladta a 90 százalékot a hazai gáztárolók töltöttsége. A megfelelő felkészülés a következő télen is megalapozza a háztartások biztonságos ellátását és a gazdaság zavartalan működését. A háború okozta energiaválság miatti uniós rendelet november elsejére rögzít egységes kötelező feltöltési arányt a földfelszín alatti tárolókkal rendelkező tagállamok számára. A kiemelkedő tárolókapacitással rendelkező Magyarország ehhez képest már augusztusban teljesíti a fűtési szezonra elvárt szintet.

Az Európai Parlament és Tanács tavaly nyáron elfogadott rendelete az ukrajnai háború okozta energiaválság miatt írta elő, hogy a földfelszín alatti gáztárolókat a kapacitásuk legalább 80 százalékáig fel kell tölteni a 2022–2023-as téli időszak kezdetére. Az idei évtől a kötelező feltöltési arány egységesen 90 százalékra emelkedett november elsejei határidővel. Az érintett tagállamokra a megelőző öt év átlaga alapján országonként eltérő köztes célokat is rögzítettek. Hazánk esetében szeptember elsejére a harmadik legmagasabb, 86 százalékos szintet határozta meg a rendelkezés.

Magyarország ehhez képest már a nyáron elérte a novemberre elvárt 90 százalékos arányt. A hazai tárolókban jelenleg 5,7 milliárd köbméter földgáz áll rendelkezésre. Az eddig betárolt mennyiség mintegy másfélszerese az előző év azonos időszakában elérhető készletnek. A különböző tagállami tárolói kapacitások miatt a fogyasztásarányos adatok összevetése jobban tükrözi a valós helyzetet. A hazánk esetében 56 százalék feletti fogyasztásarányos töltöttségi mutató a szűk európai élmezőnybe tartozik, kétszeresen múlja felül az uniós átlagot.

A hazai létesítményekben június vége óta több földgáz érhető el, mint amennyit a háztartások a nemzetközi energiaválság előtti utolsó teljes évben, 2021-ben felhasználtak. A jelenlegi készlet több mint harmadával haladja meg a tavalyelőtti lakossági fogyasztás éves szintjét.

A háború és a szankciók okozta nehézségek ellenére a magyar kormány az új rezsivédben, augusztus elsejétől is változatlan formában és feltételekkel tartja fenn a rezsivédelmet. Az egyedülálló intézkedéssel Európa legalacsonyabb áram- és gázárát biztosítja a magyar családok számára. A védett állami gáztartalék és a további betárolt készletek a következő télen is garantálják a háztartások biztonságos ellátását, nagyban hozzájárulnak a gazdaság zavartalan működéséhez.

Budapest, 2023. augusztus 28. forrás: Energiaügyi Minisztérium

KLENNEN '23 - KLENNEN '24

Huszonöt évvel ezelőtt „Energiahatékonyság, Energiapiac és Környezetvédelem az ezredfordulón” címmel kezdtük szervezni a „Klímaváltozás, Energiatudatosság, Energiahatékonyság” – (KLENNEN) konferenciák jogelődjét. Helyszínének az Egri Eszterházy Károly Tanárképző Főiskolát, időpontjának 1999. június 2-4-ét választottuk. Tudatosan választottuk ezt a szép várost és patinás épületét, hogy egy szeletet ezen keresztül mutassunk meg külföldi vendégeinknek kultúránkból, történelmünkéből.

Mivel a jövő évi konferenciát jubileumi konferenciának tekintjük, belelapoztam a 25 évvel ezelőtti dokumentumokba. A konferencia előadásainak összefoglalóit angol és magyar nyelven, az előadások szöveges részét – ahogy azt a szerző elkészítette – angol, vagy magyar nyelven foglaltuk kötetbe. A kötet (címlapja a fényképen) előszavát átolvasva támadt az ötletem, hogy azt az idei konferencia összefoglalásaként és a jövő évi jubileumi konferencia indításaként közzé tegyük úgy, ahogy a szervezőbizottság elnökeként annak idején megírtam.

Ha átolvassa a Tisztelt Olvasó, meglátja, az akkor megfogalmazott gondolatok és teendők még mindig aktuálisak.

ELŐSZÓ – kelt Budapest, 1999. május

„Az emberiség, a kényelemének növelésére irányuló tevékenységével folyamatosan megzavarja a természeti környezetében korábban kialakult egyensúlyt. A 20. században ez a zavaró hatás már olyan méreteket öltött, amely elősegítheti az ember és környezete (természeti, ill. épített) harmonikus egyensúlyának felborulását. Emiatt különösen indokolt az az összefogás, amely a környezet védelmének érdekében nemzetközi egyezmények és szerződések megkötésében, környezetvédelmi kutatások támogatásában, konferenciák szervezésében nyilvánul meg.

A környezetvédelem országhatárokon túlnyúló feladatainak megoldásában kiemelt figyelmet kap az energiagazdálkodás. Az energiatermelés, -átalakítás, -szállítás és -felhasználás mellett, hogy nélkülözhetetlen eleme életünknek, a környezetünk szennyezésének is jelentős forrása. Az energiafelhasználás hatékonyságának növelése ezért egyrészt környezetvédelmi feladat, másrészt gazdasági érdek. Környezetvédelmi feladat, mert a hatékonyság növelése által megtakarítható energiát nem kell a környezetünk rovására megtermelni. Gazdasági érdek pedig amiatt, mert a hatékonyság növelése által megtakarítható energia értékével csökkenthető a termékek előállításának, ill. az egyes helyiségekben a hőkomfort biztosításának költsége.

A hatékony és környezetkímélő energiagazdálkodás egy másik megközelítésben szemlélet; a gazdasági kultúra, a műszaki, természet-, környezet és közgazdaságtudományi ismeretek, valamint a rendelkezésre álló anyagi források kérdése.

Napjaink egyik legfontosabb feladata, hogy felhívjuk a társadalom minden csoportjának figyelmét az energiamegtakarítás és a környezet védelmének fontosságára. A tudatformálás mellett a motiváció és az érdekeltség megteremtése a gazdaságpolitika alakítóinak és a törvényalkotóknak a feladata, a megfelelő gazdasági és jogi környezet kialakításával. Az alapvető műszaki-, természet-, környezet- és közgazdaságtudományi ismeretek elsajátítása mindenki számára fontos, de az energiagazdálkodással foglalkozó szakemberek számára nélkülözhetetlen.

A rendelkezésre álló anyagi források korlátai lehetnek a meglévő rendszerek korszerűsítésének, illetve új rendszerek létesítésének. Saját forrás híján – ennek kiküszöbölésére – szerte a világban egyre gyakoribbá válik az energiarendszerek haszonrészesedés alapján történő korszerűsítése, a szerződéses alapon történő energiaszolgáltatás. Élni kell e lehetőség kihasználásával.

Az „Energiahatékonyság, energiapiac és környezetvédelem az ezredfordulón” címmel rendezett nemzetközi konferencia és kiállítás a különböző gazdasági környezetben dolgozó szakemberek, törvényalkotók, termelők, szolgáltatók valamint fogyasztók képviselői számára kínál lehetőséget tapasztalatcserére, az energiagazdálkodás hatékonyságát növelő és a környezetvédelmet szolgáló termékek bemutatására, illetve megismerésére. A konferencia jelen kötetbe foglalt dolgozatai bemutatják azon törekvéseket, melyeket a világ különböző országaiban napjainkban, az ezredfordulón tesznek az energiaghatékonyság, ezzel összefüggésben a környezet védelme érdekében.

Bízunk abban, hogy a dolgozatokban közzétett ötletek, tapasztalatok és javaslatok hozzájárulnak az olvasó ismereteinek bővítéséhez, és segítik mindennapi munkája végzésében.

Tartsuk szem előtt, hogy az ember és a természeti, valamint épített környezete harmonikus kapcsolatának és egyensúlyának megtartása érdekében globálisan kell gondolkodnunk és lokálisan kell cselekednünk. Ne feledjük, hogy a halogatásnak ára van. Nem szabad késlekednünk az energiagazdálkodás hatékonyságának növelésével kapcsolatos döntéseink meghozatalával.”

dr. Zsebik Albin, a Szervező Bizottság elnöke



Az Energiagazdálkodás olvasóinak a konferenciát nem kell bemutatni. Médiapartnerként szakfolyóiratunkban rendszeresen hírt adtunk róla. Az elhangzott előadásokról az Energetikai Szakkollégium tagjai rendszeresen rövid összefoglalót készítettek, a cikk formában is elkészített előadásokat közzé tettük.

Mostani számunkban a KLENEN '23 összefoglalóját és a még hátralevő előadásokat tesszük közzé.

Tekintsük ezt egyben figyelemfelhívásnak a következő jubileumi konferenciára, amelyet 2024. március 6-7.-én ismét Egerben tartunk, s amelyre előadásokkal és termékbemutatókkal a jelentkezői határidő 2023. október 15.

A konferencia „Osszuk meg tapasztalatainkat, dolgozzunk együtt a természet egyensúlyának megőrzéséért” mottóját szem előtt tartva Olvasónkat is biztatjuk a konferencián való részvételre.

Külön biztatjuk előadásra azokat a Kollégákat, akik részt vettek a 25 évvel ezelőtti egri konferencián. Kérjük, foglalják össze hogyan látják Ők az elmúlt 25 évet. Írják le, és/vagy mondják el pozitív és negatív tapasztalataikat. Tanuljunk mindkettőből.

KLENEN '23 – konferencia összefoglaló

Plenáris szekció

Levezető elnök: Czinege Zoltán, AlfaPed Kft.

Szekciótitkár: Leveles Péter, ESZK

Dr. Kaderják Péter, Zéró Karbon Központ vezető – BME

A villamosenergia-rendszer rugalmassági képességeinek piaci alapú fejlesztési kérdései

Az előadás a villamosenergia-rendszer rugalmassági képességeinek piaci alapú fejlesztési kérdéseiről szólt. A Zöld átállás dekarbonizációs kulcskérdések fontosságát emelte ki, valamint a megújuló alapú villamosenergia-termelés megfelelő integrációjának fontosságát fogalmazta meg. Az előadás első felében az időjárásfüggő megújulókat térnyerését és az emiatt kialakuló hálózati problémákat mutatta be. Az időjárásfüggő megújulókat jelentős részt képviselnek a villamosenergia-rendszerben, 2027-28-ra pedig ez a részarány még magasabbra tehető, mértéke a Paksi atomerőmű termelésével azonos nagyságrendű lenne. Beszélt arról is, hogy a frekvenciaingadozás, a hálózati szűkületek, valamint a feszültség-ingadozások mind-mind a megújuló penetráció negatív hatásai lehetnek a villamosenergia-rendszerre, ezen problémákat főképp a hálózati elosztóknak szükséges megoldani. A megújulókat integrációjával kapcsolatban kiemelte, a legfontosabb rugalmassági piacépítési szempontok a költséghatékonyság, a régiós piacintegráció, a klímavédelmi és energiaszuverenitás, továbbá a HMKE-k integrációja és a tarifakérdések tisztázása is lényeges. A frekvenciaingadozásnak, mint hálózati problémának oka a pontatlan menetrendtartás. A rugalmassági igény növekedése tekinthető a megújulókat tervezettől való eltérésének hatásának, ez az igény pedig a megújuló alapú termelés növekedésével is várhatóan nőni fog. A fel- és leszállások igénye nem nőtt az elmúlt években, ez a sikeres nemzetközi energiacserevel kapcsolatos együttműködéseknek köszönhető. További erőművi megoldásnak a hibrid erőművek térnyerését lehet kiemelni, a tárolók segítségével kisebb szabályozási kapacitás szükséges a rendszerben. Emellett az új szereplők (RE-E, DR) bevonása, valamint a fogyasztói irányban való történő beavatkozás kapcsán fokozott aktivitás volt tapasztalható az elmúlt időszakban, így a rugalmassági csatlakozási szerződések kapcsán

várható előre mozdulás a jövőben. Az Elosztói Rugalmassági Piac közelmúltbeli történéseit is bemutatta, a piaci platformok fejlesztése, valamint a rugalmassági termékek kidolgozása jelenleg is zajlik. Ez azt is jelenti, hogy a hagyományos hálózatfejlesztési problémák kezelésére dinamikusan be kell vonni a fogyasztókat, ennek érdekében a hazai modell megfelelő kialakítása szükséges lenne. Zárásként a rendszerszintű rugalmassági szolgáltatások terén az új belépők ösztönzésének, a tárolói üzleti modellnek, valamint a megújulókat integrációjának fókuszálását tartotta lényegesnek.

Dr. Kiss Csaba, ETE elnök, elnök-vezérigazgató – MVM Mátra Energia Zrt. és MVM Balance Zrt.

Erőműfejlesztéseink, az ellátásbiztonság szolgálatában

Az előadás elején bemutatta az energetika alappilléreit, emellett a fenntarthatóság, az ellátásbiztonság és a megfizethetőség lényeges szerepéről beszélt a villamosenergia-rendszerben. Majd, az MVM Balance Zrt. folyamatban lévő fejlesztési projektjeit, valamint a cégcsoport gázturbinás szabályozási portfólióját mutatta be. A Tisza CCGT teljesen előkészített állapotban van, a telephely számos előnnyel rendelkezik, viszont a régebbi gázturbinás blokkok hatékonyságban elmaradtak az elvárttól. A folyó fejlesztés, két nagy hatékonysággal rendelkező új blokk építését jelenti, amelyek esetében a hidrogéntüzelés is felmerül opcióként. Litéren szintén komoly fejlesztéseket tűztek ki, itt Li-ion és Na-S technológiájú energiatároló létesítését tervezik. Emellett Tiszaújvárosban egy 100 MW-os energiatároló, valamint a egy bakonyi helyszínű hibrid erőmű létesítése is lényeges pont lehet a rugalmassági igények kielégítésében. A Mátrai Erőmű technológiai fejlesztése a fenntarthatósági szempontok miatt is lényeges, így mindenképpen várható telephely megújítása. Az elavult CCGT blokkon túl egy új RDF és biomassa erőmű létesítése is kilátásban van, aminek jelentős szerepe lenne az erőmű mellett található ipari fogyasztók gőzellátásában. A zöld átalakítás jelentős szereplői lesznek a naperőművek, valamint a hidrogén előállításban releváns üzemek. A CCS és CCU pilot projektek szerepe szóba jött, emellett kiemelte a hidrogénnel kapcsolatos innovációkat. A hidrogén a dekarbonizáció elérésében fontos szerepet játszana, így a jövőben a gázturbinákban a hidrogén minél nagyobb arányú tüzelése előremutató lenne.

2. szekció

Energiahatékonysági kötelezettségi rendszer aktuális kérdései

Levezető elnök: Hársfai Péter Ferenc, MEKH

Szekciótitkár: Soós Viktória, ESZK

Sörös Péter Márk, üzletfejlesztési osztályvezető – MVM Zrt.

A hazai legnagyobb EKR kötelezett tapasztalatai az EKR első két évében

Az üzletfejlesztési osztály az MVM csoport egyik legnagyobb hazai EKR kötelezettje, az előadás a tapasztalataikról számolt be. A cégcsoport az elmúlt két évben sikeresen teljesítette a rá vonatkozó EKR kötelezettséget, sok új fejlesztést és beruházást hajtott végre, többek között számos irodai beruházást is. Az előadó kiemelte, hogy nincs kapcsolat a jelenlegi magas energiaárak és az EKR között. Az EKR az elmúlt két évben úgy tudott egy jól működő rendszerré válni, hogy közben a szakembereknek számos új kihívással kellett megküzdniük az energetikai szektorban. Az előadás során szó esett rövid- és hosszútávú kötelezettségek teljesítéséről, illetve megoldási javaslatokról. Ezen javaslat szerint hosszútávú

szállítási megállapodásokat kötnek más partnerekkel, akár 2-3 évre előre is, hiszen fontos szempont a közlekedéshez kapcsolódó hitelesített energiamegtakarítások kezelése. A jövőt tekintve kettős hatás lesz tapasztalható: várhatóan növekedni fog a kötelezettségi intenzitás, valamint a célok elérése érdekében a lakossági HEM-ek felé is nyitni fognak. Pilot jelleggel elindítottak pár háztartási gép csereprogramot a lakosság számára. A jövőt nézve számos megoldandó probléma várható, azonban a finanszírozási kérdések, az alternatív szakpolitikai intézkedések és a Fit For 55 iránti megfelelések nagyban meghatározzák az EKR jövőjét. Végezetül az előadó elmondta, hogy a fókuszban az EKR van, de az elmúlt időszakban nagy kihívást jelentettek a makrogazdasági problémák Magyarországnak, emiatt is fontos a további fejlesztések elvégzése.

Rátkay Gábor, energiahatékonysági és energiamedszment rendszer vezető – MOL Nyrt.

A MOL EKR teljesítésének kihívásai és megoldásai a folyamatosan változó környezetben

Az előadásban a MOL EKR teljesítésének kihívásairól és megoldásairól hallhattunk. Már előadása elején jó hírről számolt be, ugyanis a MOL sikeresen teljesítette a cégre vonatkozó EKR kötelezettségeket, sőt még túl is teljesítette azokat. Ugyanakkor már kalkulálnak a várható irányelvi változtatások esetleges többlet terheivel. A MOL nem csak az egyik legnagyobb EKR kötelezett, hanem az egyik legnagyobb megtakarítási potenciállal is rendelkezik. Alapcélja, hogy Magyarország vállalásait sikeresen teljesítsék. Az előadó kitért a 2022-es üzemanyag eladási anomáliákra is, ami megnehezítette a MOL működését. Az előadás során ismertetésre kerültek a kötelezettség teljesítésének eszközei, például a külső energiahatékonysági projektek támogatása. Bizonyos projekteket a MOL nem tud elszámoltatni, azonban a kisebb vállalatok szinte mindent, így a MOL támogatásával könnyedén meg tudnak ezek a projektek valósulni. Az előadás második felében a jövőbeli kilátásokat taglalta az előadó. Várhatóan nagyobb lesz az igény, hogy minél több energiahatékonysági projekt készüljön el, ennek következtében a HEM árak is emelkedni fognak. Ezt követően a MOL rövid, illetve hosszú élettartamú HEM-jeit mutatta be az előadó. Az előadás a szervezeti változtatásokkal és a belső projektek elszámolási dilemmáival, valamint az adatelemzések fontosságával zárult.

Dudás Gergely, Kádár Márton, HUPX Zrt.

Az EKR másodlagos és a szervezett piac helyzete és kilátásai

Az előadók a HUPX képviseletében bemutatták a hazai EKR másodlagos piaci fejlődésének mérföldköveit és eredményeit. Az előadás első részében piacmonitoring riportról esett szó, mely a HUPX és a MEKH közös együttműködése. Ezt egy rendszeresen publikálható formátummá szeretnék majd tenni. Az előadók a 2023. január 3-ai zárási adatokat is ismertették. Összességében elmondható, hogy túlteljesítésben van az EKR rendszer. Hangsúlyozták, hogy a hitelesítő szervezetek, más néven az audit szervezetek nélkül nem működne a folyamat. A nyilvántartott HEM-ek árszabását tekintve 2022 nyarához képest a szélsőségek csökkentek, az árak egyenes irányba tartanak, termékenként változnak. Jelentős számú kötelezett nem foglalkozott a túlteljesítéssel, így nem jelent meg számszerűen a pontos, hitelesített energiamegtakarítás. A jövőben a kötelezettség mértéke azonban nagyban meg fog nőni. Vannak olyan kötelezettek, akik már túlteljesítésben vannak, de olyanok is, akik csak részben vagy egyáltalán nem tudták a kötelezettségeket

teljesíteni, így fennállhat egy nagy mértékű járulék kifizetési veszély. A másodlagos piacot tekintve szükséges lépéseket kell tenni. Többek között az EKR felelősségi viszonyokat át kell alakítani úgy, hogy a vevőnek ne kelljen felelősséget vállalnia a vételkor. A szervezett piac célja pedig a likviditás és a hatékonyság biztosítása, valamint a költséghatékonyság támogatása. Az előadók a market design ismertették az előadás végén.

Rác Attila, kereskedelmi igazgató – EnergyHub Kft.

Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer működésének tapasztalatai

Az előadás az EKR működésének tapasztalatairól számolt be. 2021 és 2022 között 1325 db HEM készült el, melynek 65%-a beruházáshoz kapcsolódik és az EKR auditok 46%-át az EnergyHub végezte. Az EKR kötelezettség 2023-ban 1 800 000 GJ, míg 2024-ben 2 900 000 GJ lesz. A kiskereskedők örülnek, ha a 2023-as évet meg tudják oldani, míg a nagyobb vállalatok előre teljesítik a kötelezettségeket kedvezőbb áron. Jelenleg tizenöt auditor van, akik ki tudják elégíteni a piac igényeit, de idővel több auditáló szervezetre lesz szükség a növekvő kötelezettségi igények miatt. Az előadó szerint jelenleg az EKR-ben a teljesített GJ-ból van kevés. A régi rendszer szerint egy auditáló szervezet közvetítő szerepet töltött be, így a szerződéskötés folyamata hosszú és bonyodalmas volt. Az új módszert egykapus rendszernek is nevezik, ugyanis ebben az esetben az auditorok GJ értékesítő szerepet is betöltenek. Teljes körű szolgáltatást biztosítanak, a kereskedők és a végső energiamegtakarítók közti folyamatok pedig leegyszerűsödtek. A GJ beszerzése a legnehezebb feladat, hiszen minden cégnek más a motivációja, mások a tervei. Az előadás végén az előadó pár üzenetet és tanácsot fogalmazott meg az EKR szereplői számára, mivel csak a közös munkával lehet eredményesen elérni a célokat.

Baráth Géza, senior energetikus – AlfaPed Kft.

EKR tapasztalatok egy auditáló szervezet szemszögéből

Az előadás az AlfaPed, mint auditáló szervezet EKR tapasztalatait mutatta be. Korábban az EKR piacon a szereplők között nem volt igazán összhang, keveset kommunikáltak egymással. Később a végső energiafelhasználók és a kötelezettek is aktivizálódtak, és mindenki próbál előretekinteni. Több olyan auditor is megjelent a piacon, akiknek a munkája nem precíz, azonban a pontosság az, amire az EKR sikeressége alapul. Az előadó részletezte, hogy az auditáló szervezeteknek új feladatköre lett. Integrátor szerepet töltenek be jelenleg a piacon, kapcsolatot biztosítanak a kötelezettek és a végső energiafelhasználók között, és mindent egy kézben összefognak: szerződéskötést, ellenőrzést, hitelesítést és auditálást is végeznek. Az új rendszer miatt a felelősségi köröket át kell írni és pontosítani kell. Az előadó hangsúlyozta a jogbiztonság szerepét is. A jövőre nézve kevés lesz az elérhető GJ a piacon, ezért a lakosságot is be kell vonni, hiszen hatalmas potenciál rejlik benne. Megkérdőjelezte a kis benzinkutak részvételének szükségességét, mert van olyan kötelezett, aki még be sem lépett a rendszerbe. A rájuk kiszabott kötelezettségeket pedig a nagyobb vállalatok is tudnák teljesíteni. A lakosság bevonásával kapcsolatban számos kérdés felvetődik, ezeket ismertette az előadó. Új mechanizmusok, új módszertanok, közös ötletelés és a tudásmegosztás segítségével azonban minden probléma megoldható. Az előadó kiemelte az etikus és alapos munkavégést előadása végén, ugyanis ezeken alapul az EKR sikeressége.

3. szekció

Kerekasztal beszélgetés – Az EKR működésének tapasztalatai

Levezető elnök, moderátor: Hársfai Péter Ferenc, MEKH

Titkár: Békési Bálint, ESZK

Érintett témák: Lakossági intézkedések; Katalógus lap alapján, vagy audit; Megtakarítási lehetőségek a piacon

Kerekasztal beszélgetés résztvevői:

| | |
|------------------|--------------------|
| Baráth Géza | Alfaped Kft. |
| Hrubi Dénes | E.on Hungária Kft. |
| Rácz Attila | EnergyHub Kft. |
| Sörös Péter Márk | MVM Zrt. |
| Vedres Péter | MEKH |

Először a témákat ismertette a moderátor, majd kérdésekre volt lehetőség.

A levezető elnök kérése volt elsősorban a konferencián résztvevő auditorok felé, hogy *számoljanak be a megtakarítás számolásának lehetőségeiről, mondják el véleményüket a katalógusról és az egyedi auditokról.*

Tapasztalata szerint a katalógus alapján történő auditálás van előnyben, úgy véli nagyobb biztonságot ad felelősség szempontjából. A katalógust bátran lehet használni, de ha nincs ilyen, akkor egyedileg auditálnak (ha van, akkor is lehet egyedi eljárást alkalmazni, ha nem értenek vele egyet; esetleg van jobb módszertan, vagy nagyobb megtakarítás érhető el). A MEKH nyitott az észrevételekre, biztat mindenkit a fejlesztésére (Mérnöki Kamarával is egyeztet folyamatosan). Nagy megbeszélési potenciálnak tartja a katalógust az MVM, mely az edukációban is szerepet vállal (nem energetikai szakértőknek is segít). E-On szintén üdvözölte a katalógus bevezetést, mely elégséges, de lakossági beruházásokra is kiterjeszteni, fejleszteni, egyszerűsíteni.

Kérdésként elsősorban a kötelezettek felé hangzott el: *Lakossági szektor esetében, milyen probléma van a bevonással?*

Egyes válaszok:

E-on széles körben igyekszik bevonni a végsőenergia felhasználókat, de a lakosságot nehéz, ezért az edukációt szeretnék fejleszteni. Emellett a sok kis projektet érdemes lenne összevonni, nem éri meg egyenként kezelni. Ősztönzőkre van szükség a lakosság szintjén is. 1,5-ös szorzót akár 2-szeresre emelni. Önerővel is vannak problémák, támogatást kell nyújtani (akár visszatérítendő, akár nem).

MVM gondolkodik módszertan fejlesztésben, keresnek partnereket is. Lakossági termékek kis volumenűek, de léteznek, a honlapon is vannak pl.: konvektor cserék és hasonlók. Épületadatbázisból több releváns információt tudnak szerezni, mint a rezsi adatokból. A kivitelezőkön keresztül is elindítanának ilyen programot. MEKH is fontosnak tartja a lakossági szektort. Lakoságnak drága egy ilyen beruházás, nem feltétlen éri meg neki, de szükség lenne bevonni őket. Az épületállományban nagy potenciál van. Napjainkban gyakrabban kerül a köztudatba az energiapiac, ez segít az elterjedésben. Auditorként abba az irányba mennek, amerre a legkönnyebb menni: ameddig fajlagosan nagyobb projekteket tudnak megszerezni, addig nem érdemes alacsonyabbakat bevonni. Egy idő után muszáj lesz a kisebbeket is megcsinálni, de az is elképzelhető, hogy megdrágul, így megéri már az is. Sok szereplő között oszlik meg a pénz,

ez sem segíti az elterjedést. Kis projekteket integrálni kell, integrátor lehet egy kivitelező cég is, így kialakítva egy akkora méretet, hogy a kereskedőnek is megérje. Jelenlegi katalógus lapokkal nem lehet dolgozni, így az egyéni számolásnál elaprózódik, nagyon hosszú és részletes dokumentációt igényel, ez fejlesztésre szorul.

Közönségből kiegészítés: Épületek nagy része energiapazarló, 4,2 milliónak a fele ide tartozik, 15-20 GJ/egység, ezt meg kell fogni. Jelenlegi emberi erőforrás erre kevés, ezért szükség van katalógusra, IT fejlesztésre. Szoftverrel készüljenek, így nem lehet elszámolni. 1500-1600 tanúsító kell, illetve egy fejlett katalógus.

Közönség kérdés: *Elszámolható energia megtakarítást hogyan számolják a lakossági szektorban minimum követelményhez, mint az ipari szereplőkénél?*

Válasz: Attól függ. Van, ahol nem, pl. épületburok esetében a kiinduló állapothoz képest kell nézni, de fűtésnél csak a minimum követelmény feletti számolható el.

Kérdés: Hogyan lehet az MVM felé fordulni? Irodában, ügyfélszolgálat?

Válasz: mvmnext.hu/konvektor, alapvetően online, élőben nehezen megy, fejlesztik még.

Közönség kérdés: *Ha van épületenergetikai tanúsítvány évek óta, akkor lehet-e ezeket használni? (Pl. régebbit és újabbat kivonni egymásból, így megkapni a fejlődést). Kérdőívet kiküldhet-e az Egyetemes Szolgáltató a lakoságnak, hogy történt-e beruházás, így ezzel és a fogyasztással lehet-e számolni az egyszerűsítés miatt (nem kell auditor, olcsóbb, egyszerűbb)?*

Válasz: Bizonytalan, hogy jól töltik-e ki, ha egyáltalán kitöltik. Mindenkinek máskor van fogyasztás mérés (évi egyszer), illetve más átlaghőmérséklet van minden évben, így ez nem pontos. Másrészt nem érdemes, sok munka, ami nem biztos, hogy megéri. Egyedileg kell ezeket hitelesíteni, melyhez kell egy hitelesítő szervezet. A javaslat alapján ez nem valószínű, hogy megvalósítható.

Harmadik témát nem érintjük a sok közönség kérdés miatt.

Kérdés: *Várható-e a rendszer egyszerűsítése, vagy van-e esély arra, hogy a lakosság más eljárásrendben menjen keresztül?*

Válasz: Vannak jogszabályok, amiket be kell tartani. A MEKH lát erre teret, de az Európai Bizottság felé el kell számolni, így szigorú szabályokra van szükség. Egyeztetés, egyszerűsítés mindenképp kell, de fontos hogy csak valódi megtakarítást számoljunk el. Az EB szigorúan szabályoz, országos szinten ezt tartani kell, lehetőségekhez mérten egyszerűen. Detektálni kell az elszámolható projekteket, majd el is számolni.

Kérdés: *Jogszabály kötelezettség miatt nehéz, de javaslatot tesz a felszólaló, hogy máshogy történjen a folyamat. Ne legyen kapcsolódás, lehessen használni mért adatot, hosszabb időre nézzük a folyamatot. Panel és ipari létesítmények esetén könnyebb lenne.*

Válasz: A különböző területeknek más az elszámolási menete (pl. gépészeti, épületburok, hűtés-fűtés...) Jogszabályban van, hogy mi számolható el, mi nem, ennyiből nem derül ki, ezért kell auditáció. A tanúsítók nem auditorok, és fordítva sem igaz. Szükség van mindenkire. A számlák ellenőrzésre jók, de ez alapján nem lehet számolni. A számolást műszaki tartalom alapján kell elvégezni. Szoftveres segítség kell az erőforrás hiány miatt.

Kérdés: *Táv hő rendszerre csatlakozó épülettípusok elszámolhatók-e, illetve új építésű épületek is elszámolhatók-e. Kit illet meg a megtakarítás, fogyasztót vagy szolgáltatót? Szolgáltatói hőközpont szétválasztás elszámolható-e?*

Válasz: Új épület nem számolható el, zöld mezőre nem érvényes. Nincs mivel összehasonlítani a megtakarítást. Megállapodás alapján megy az elszámolás a fogyasztó és a szolgáltató között, érdemes ezt szerződésben rögzíteni. Nem, nem lehet elszámolni, mert tovább adják az energiát. **Kérdező:** De végül tényleg csökken. **Válasz:** De nem a hálózatban, így nem. Megegyeztek, hogy személyesen megbeszéljük, mivel speciális helyzet.

Kérdés: *Megoldási javaslat érkezett: standardizálás.*

Válasz: Ennél összetettebb. Ezért vannak hitelesítő szervezetek, mert nem lehet mindent egyként kezelni. A Hivatal viszont készített táblát erről, ami segít, de kell hitelesítő szervezet. Van minta, de el kell végezni a számításokat, auditálni, hitelesíteni.

Kérdés: *Pénzügyi eszközként kezelik a GJ-okat, erről mi a véleményük?*

Válasz: Sokan profitálnak belőle kereskedéssel, nem támogatási rendszerként tekintenek rá. Vegyük vissza a HEM-eket. Mintaszerződés kell. Egységár tárgyalás kell. A kötelezett a kereskedelmi engedélyes. A kereskedő ne hárítsa tovább a terheit. **Kérdés,** hogy kell-e a lakosság, vagy csak plusz pénz szerzési lehetőség. Rezsitámogatás elaltatta a lakosságot, így nem készültek a mostani helyzetre (nem érte meg az energiahatékonysági beruházás, amíg olcsó volt az energia).

Válasz, MVM: pénz a megtakarítónál lesz, nem náluk. Nagy mínusszal indul a kereskedő. Csak így tud működni a rendszer, így tud jól működni. Auditor hisz abban, hogy a lakosság bevonása jó. Előnyére lehet fordítani mindenkinek, ezt keressük meg. Pozitívan állnak hozzá a kerekasztal résztvevői, bátorítják a hallgatóságot ennek előnyeinek kihasználására, és megkérik a hallgatóságot, hogy ne a nehézségekre fókuszáljanak.

4.1. szekció

Energiapolitika és energiastratégia

Levezető elnök: Molnár Szabolcs, ETE főtítkárs

Szekciótitkár: Ilyés Botond, ESZK

Dr. Nagy Zoltán, elnök – Ipari Energiafogyasztók Fóruma

A hazai ipar helyzete a kritikus energiapiaci viszonyok között 2023 elején

Az előadásban az gáz- és villamosenergia-piac utóbbi években bekövetkező változásait mutatta be. A földgáz ára az elmúlt két évben jelentős hullámzást mutat, köszönhetően a koronavírus járványnak, az orosz-ukrán háborúnak, valamint az ezzel járó gazdasági visszaesésnek. A volatilitás és a kereskedők által megkövetelt előlegfizetés miatt megnövekedett az igény a rövid távú szerződések iránt, hosszabb távú szerződéseket pedig manapság már nem is igazán lehet kötni. A hazai piac is követi a világgpiaci trendeket és jelenleg a földgáz ára 200 Ft/m³ alatt van, ezáltal látható, hogy a piaci helyzet normalizálódni látszik. A villamosenergia-piacon is konszolidáció fedezhető fel. A 2022. szeptemberi kiugróan magas árak után folyamatos csökkenés látható, jelenleg pedig egy egységes szint felé konvergál a piaci ár. A vállalatok áttértek a havi, illetve negyedéves vásárlásokra, így ezen a területen is megfigyelhetőek a rövid távú szerződések. Az előadás következő részében nagyfogyasztói

szemmel tekintette át az előadó a jelenlegi energiapiaci helyzetet. Paradigmaváltás fedezhető fel ebben a szektorban, hiszen a fogyasztó keresi a kereskedőt és a kereskedő diktálja a feltételeket. Mindez köszönhető az energiaár-robbanásnak, a beszükkült likviditásnak és az eltérő felelősségviselési nézeteknek. Viszont 2023-ra konszolidáció remélhető, mivel a nemzetközi árak folyamatosan csökkennek, a termék likviditás is egyre nagyobb. Ezek együttesen kikényszeríthetik az egységes gáz- és villamosenergia-piaci viszonyokat, az ajánlati verseny piac visszatértét. A KKV-k nehéz helyzetben vannak, ugyanis nem tudnak megfelelő szerződéseket kötni, vagy csak extra felár ellenében. Számos megválaszolatlan kérdéssel kell még szembenéznie a szektornak, valamint a piaci szereplőknek, de a piaci konszolidáció segíthet ezek megválaszolásában.

Kiss Csaba Gábor, ügyvezető igazgató – Smart Gas Consulting Kft.

Energiapiaci változások és az okos energiagazdálkodás

Az előadás az energiapiaci változásokat és az okos energiagazdálkodás témakörét mutatta be a hallgatóság számára. Először a fundamentumokról ejtett pár szót az előadó. Az energiapiaci termékek változása már 2021-ben elkezdődött. Rohamosan megemelkedett az igény a földgáz és a villamosenergia iránt, ugyanakkor a piac forráskrizissel és a kiszolgáló infrastruktúra gyengélkedésével küzdött és küzd mind a mai napig. Mindezek mellett az orosz-ukrán háború hatásai, azokon belül is főként a Gazprom ténykedése további nehézségeket rótt a szektorra. Továbbá az európai szén-dioxid kvóta ára is rohamosan nő. Hozzáteve, hogy 2022-ben a francia atomenergetikai szektor is meglehetősen rossz évet zárt, Európa nehéz helyzetbe került. 2023-ra azonban konszolidáció figyelhető meg, köszönhetően a jelentős nap- és szélenergia túltermelésnek, valamint a földgáz nagyobb felhasználásának.

Az előadás következő szakaszában a hazai, illetve nemzetközi energiapiaci termékek, valamint a piaci ár képzése került bemutatásra. Megkülönböztethetünk „medve” piaci eseményeket és „bika” piaci eseményeket. A medve piaci események az árak csökkenését eredményezik. Ezek közé tartozik például az amerikai Freeport LNG terminál újraindítása, a francia atomerőművek termelésének normalizálódása, a három új német LNG terminál átadása, valamint Japán és Dél-Korea LNG igényének csökkenése. Bika piaci esemény például a gázigényes szektorok termelésének növekedése, valamint Kína egyre fokozódó LNG igénye. Végezetül a különböző szerződéskötési típusok kerültek bemutatásra. Megkülönböztethetünk kereskedelmi, fix áras, tisztán SPOT elszámolású és az óras árakhoz való indexálás alapú szerződéskötés. Minden típusnak megvan a maga előnye és hátránya, így érdemes körültekintően dönteni.

Dr. Szilágyi Zsombor, címzetes egyetemi docens – Miskolci Egyetem

Az energiaárak jövője

Az előadás az energiaárak jövőjét vizsgálta és mutatta be az érdeklődők számára. A világ minden jelentősebb energetikai kutatóintézete készít prognózist a következő évtized energiafelhasználásáról. A prognózisok általában eltérő alapokon, eltérő feltételezésekkel készülnek, de a fő energiapiaci tendenciákban azonos következtetésre jutnak. A koronavírus-járvány, az orosz-ukrán háború és az energiaválság mind jelentős sokk volt az energiapiaci számára. Az energiahordozók ára ezen történések miatt jelentősen emelkedett. Az energiahordozók beszerzésénél általában egy évvel korábban

célszerű indítani a piaci információk begyűjtését és értékelését, ahhoz, hogy a megfelelő szerződéseket lehessen kötni. Az energiahordozó tőzsdék az EU-ban egységes szabályok szerint működnek, a tőzsdéken az árakat a piaci viszonyok alakítják ki, szabályozott kereskedés zajlik. Ugyanakkor manapság a vásárlóknak már több kockázati tényezőt kell mérlegelni az új szerződő kereskedő kiválasztásakor. Lényegesen változnak az energiapiaci termékek, a szerződéses feltételek és az ellátásbiztonság elemei. Az előadás végén a várható trendek is bemutatásra kerültek. A kőolaj ára viszonylag hosszabb ideje stabilizálódott a piacon, de a gáz- és a villamosenergia-árak is stabilizálódni látszanak. Ugyanakkor a prognózisok napról napra változnak. Mindezek mellett a felhasználói szokások is folyamatosan alakulnak a trendeknek megfelelően, de a takarékoság egyre nagyobb szerepet kap.

Dr. Héjji Tibor, senior projekt menedzser – Magyar Fejlesztésösztönző Iroda

Vigyázó szemetek Brüsszelre vessétek!

Dr. Héjji Tibor sajnós nem tudott részt venni a konferencián, így helyette dr. Matuz János előadását hallgatták az érdeklődők. Az energiatudatosság olyannyira fontos téma, hogy nemcsak hazánkban az egyik központi kérdés, különösen az elmúlt egy év eseményei nyomán, hanem az Európai Unió szintjén is kiemelkedő jelentőségű. Éppen ezért az EU finanszírozási lehetőségekkel is támogatja a cégek és egyéb szervezetek ezirányú tevékenységét, a kutatás-fejlesztéstől az alkalmazásokig. Az EU 2021-27-es költségvetése a zöld átmenet, digitalizáció és a covid utáni helyreállítás jegyében készült. Ennek összértéke összesen 380 milliárd euró. A következőkben bemutatásra került az MFOI NKft. tevékenysége, valamint az energetikai szektor számára elérhető támogatások. A Connecting Europe Facility célzott infrastrukturális beruházásokat támogat. A hangsúly a határokon átnyúló megújuló energia projektekre, a hálózatok interoperabilitására és a belső energiapiac jobb integrációjára helyeződik. A Horizon Europe talán a legfontosabb közvetlen uniós forrás. Célja az EU tudományos és technológiai alapjainak és az Európai Kutatási Térségnek a megerősítése, valamint a Európa innovációs kapacitásának, versenyképességének és munkahelyeinek növelése. A Digital Europe Programme pedig elősegíti a digitális technológiai kutatás és a piaci bevezetés közötti szakadék áthidalását. Az MFOI Iroda segít a hazai kis-, közép-, és nagyvállalatokat, valamint a hazánkban tevékenykedő nemzetközi cégeket ezen támogatások megszerzésében.

Sörös Péter Márk, üzletfejlesztési osztályvezető – MVM Zrt.

Hogyan hat az energiaátmenet és a mostani energiakrízis a vállalatoknál lévő energetikai folyamatokra?

Az előadás vállalati szempontból mutatta be az energiaátmenet és a mostani energiakrízis hatásait. Mindezek mellett pedig kiemelte az MVM Csoport tevékenységét ebben a szektorban. Az MVM küldetése a megfizethető és tiszta energia biztosítása ügyfelei részére, fenntartható módon, a 21. század követelményeinek és ügyfélvárásainak megfelelően. Az MVM Csoport tagvállalatainál számos olyan megoldás áll rendelkezésre, ami az energiahatékonyságot és a megújuló alapú energiaforrást alapul véve segíti, segítheti a nagyvállalat és a kkv szektor szereplőit is a fosszilis energiáról való átállásban. Cél a kkv szegmens energiaköltségének csökkentése. A vállalkozások számára megoldást jelentenek az energiahatékonysági és megújuló energiaforrás alapú beruházások és szolgáltatások, úgymint az audit tanácsadás, naperőmű létesítés, világításkor-

szerítés, e-mobilitás, smart megoldások, hűtés-fűtési rendszerek korszerűsítése, mely termékcsoportok megtalálhatóak az MVM kínálatában. Ezen termékportfóliók bemutatásával zárult az előadás.

Zentai István, munkacsoport vezető – BMPK

Bemutkozik a BMPK Hulladékhasznosítási Munkacsoportja

Az előadás a frissen megalakult munkacsoportot mutatta be. Számos indok vezetett a munkacsoport megalakulásához. A „Nemzeti Energiastratégia 2030” felülvizsgálata szükségszerűvé vált. Mindezek mellett a következő hét éves Országos Hulladékgazdálkodási Terv, az orosz-ukrán háború energetikai hatásai és klíma- és környezetvédelem mind kulcsfontosságúak voltak. Az alapvető tevékenységek és célok közé tartozik a törvény- és jogalkotói munka támogatása, a technológiai, műszaki megoldások validálása, a reális ökológiai lábnyom meghatározása, az energetikai függetlenedés szintjének emelése és a megújuló energiamix kialakítása. Az előadás végén pedig egy esettanulmány is bemutatásra került. Sokszor felvetődik a műanyag energiaforrásként történő hasznosítása. Egy új, a világon egyedülálló innovációnak köszönhetően hazánkban a nem újrahasznosítható műanyagot is fel tudjuk használni. Különböző hőkezelési eljárásoknak köszönhetően az ilyen típusú műanyagok is feldolgozhatóak, ezáltal a környezetszennyezés jelentősen csökkenthető. Mindezek mellett egy ilyen műanyag alapú erőmű az energiaközösségek számára is egy kiemelkedő megoldás lehet.

Molnár Szabolcs, vezérigazgató-helyettesi tanácsadó – MVM Zrt., ETE főtitkár

A hulladékok energetikai hasznosításának helye a körforgásos gazdaságban

Az előadás a hulladékok energetikai hasznosításának rejtelseibe nyújtott betekintést. Évente tíz millió tonna hulladék kerül be az óceánokba, amiből hétmillió tonna műanyag hulladék. A gravitációnak, a szélnek, valamint a Föld forgásának köszönhetően öt nagy hulladéksziget alakult ki, ami segíti ezek összegyűjtését és későbbi feldolgozását. A hulladék jelentős része tekinthető rossz helyen tárolt üzemanyagoknak. Budapesten nagyon kis helyről lehet nagyon nagy mennyiségű hulladékot összegyűjteni, ezért is lehet releváns egy második hulladékhasznosító építése. A hulladékgazdálkodásban is egyre inkább megfigyelhető a körforgásos gazdaságra való áttérés, ami által a hulladék is tisztulni fog. A szelektív hulladékgyűjtés is nagyobb hangsúlyt kap, a lerakás mértéke csökken, illetve az energetikai hasznosítás is egyre jelentősebb. Magyarországon átlagosan 6-11 MJ/kg értéktartományban mozog a települési kommunális szilárd hulladék fűtőértéke, ami nagy potenciált rejt magában. Az előadás a lineáris és a körforgásos gazdaság összehasonlításával, valamint az úrhajózási gazdaság bemutatásával zárult.

4.2. Szekció

EKR jegyzék vagy egyedi audit? Példák gyakorló szakemberek általi bemutatásával – a módszerek megbeszélése a résztvevőkkel

Levezető elnök: Hársfai Péter Ferenc, MEKH

Titkár: Apor Veronika, ESZK

Tatár Dénes, ügyvezető – AXING Kft.

Tapasztalatok nagyobb épületek korszerűsítése során

Az előadás olyan energetikai fejlesztések tapasztalatait foglalja össze, amelyek nagyobb épületeket érintettek. A projektek során jelentős megtakarítás keletkezett, amelyeknek megtörtént az EKR

szerinti hitelesítése is. Az elszámolható megtakarítás mennyiségének számítása során felmerült a katalógus alkalmazásának lehetősége is, de a végeredmény energetikai audit alkalmazásával lett meghatározva. Az előadó olyan kérdésekre igyekezett választ adni, mint mely esetekben és mennyire lehet eltérni a katalógus módszertanától.

Az első projekt egy 1975-ben épült társasház energetikai korszerűsítése volt, melynek keretein belül hőszigetelést és ablakcserét hajtottak végre. Első ránézésre az intézkedés megfelelt a katalóguselemnek, viszont a hőszigetelt felület meghaladta a teljes felület 25%-át, így már jelentős felújításnak minősült. A jelentős felújításokra más szabályok vonatkoznak, amelyeknek ez a felújítás nem felelt meg, így felmerült a kérdés, hogy elszámolható-e az intézkedés az EKR-ben. A cég a MEKH-től azt a választ kapta, hogy a végrehajtási rendelet alapján az felújításnak nem kell megfelelnie a TNM-nek, de katalógus így sem alkalmazható, ezért energetikai audit végrehajtása volt szükséges.

A katalógus felhasználható elemeit audit esetében is alkalmazni kell, itt például az alapállapot és az energiahatékony állapot különbsége adta a felújítás mértékét. Összefoglalva, energetikai auditot hajtottak végre, de teljes mértékben a katalógus számításait alkalmazták.

A második bemutatott projekt egy iparvállalat budapesti területén történt kazáncsere és reorganizáció volt. A komplexum négy fűtött egységből áll, mindegyiket egyazon 1994-ben gyártott kazán látta el. A hőelosztó-hálózaton nagy volt a hőveszteség, így a rendszer nem felelt meg az EKR-nek. A megoldás részeként kettő épületet leválasztottak a hálózatról, amelyeknél reorganizációt hajtottak végre. Tehát olyan célokra használták őket ezután, hogy nem kellett fűteni őket. Esetükben nem értelmezhető a minimumkövetelmény és a katalógus.

A másik két épület esetében kazánt cseréltek, így itt értelmezhető volt a követelmény és a katalógus. Az egyik épületnél a katalógust alkalmazták, a másiknál pedig auditot hajtottak végre, amely során a kazánra a katalógus szabályait alkalmazták, de formailag auditnak minősítették. Így egy energetikai audit történt, de kettő hitelesítés.

Az előadás zárásaként az előadó megosztotta véleményét abban a kérdésben, hogy mikor és miben lehet eltérni a katalógustól. El lehet térni tőle akkor, ha valamely műszaki feltétellel ellentmondásba ütközik a felújítás, vagy ha az intézkedés összetett mivolta miatt nem lehet összeegyeztetni a katalógussal. Ha viszont megfelel a katalógusnak, mégis auditot szeretnénk, akkor az előadó szerint nem térhetünk el a katalógustól a számítás módszertanában, műszaki élettartam meghatározásában, a minimumkövetelményekben, a dokumentációban, az avulás mértékében. Tehát az auditornak kötelessége a katalógust használni audit esetén is.

Dr. Zsebik Albin, ügyvezető – JOMUTI Kft.

Különböző intézkedések hatása a földgáz felhasználásra, családi ház esetén

Az előadás arra a kérdésre igyekezett választ adni gyakorlati példán keresztül, hogy auditorként hogyan tudjuk az EKR szempontjából kielégíteni a lakossági igényeket, nevezetesen azt, hogy a gázfogyasztás mérési pontonként ne érje el az átlagos értéket. Ehhez egy kétgyermekes család házában végzett energetikai felújítások hatását mutatta be.

A fogyasztás az első gyermek megszületésekor hatalmasat ugrott, erre reagálva elsőként a fűtési rendszert korszerűsítették,

melynek keretein belül nyílászárókat és radiátorokat cseréltek. A második intézkedés, a második gyermek megszületése utáni kisebb mértékű fogyasztásnövekedésre reagálva a homlokzat és a tető hőszigetelése volt. A két felújítással együttesen elérték, hogy a család gázfogyasztása az átlagos fogyasztás alá csökkenjen. A rezsiszökkentett gázzal számolva a felújítások megtérülési ideje több száz év, az átlagfogyasztás fölött érvényes piaci árral számolva viszont 22 év lett.

A lakosságnak, a köz- és lakóépületeknek fontos szerepük van a nemzeti energiastratégia szempontjából, így fontos kérdés, hogy a lakosságot hogyan lehet ösztönözni és segíteni az energiahatékonyabb életmódra. Felmérések szerint szemléletformálással már 5-8%-os megtakarítást lehet elérni háztartásonként. A korszerűsítések szerepét demonstrálja az is, hogy Dunaújvárosban egy panel-épület korszerűsítése eredményeképpen az épület fűtési energiaigénye 80%-kal csökkent. Az EKR-nek való megfeleléshez a legjobb stratégia az előadó szerint az, ha a fogyasztásban bekövetkezett változásokra reagálva valósítjuk meg az optimális korszerűsítést.

Éliás Gergely és Wagner Csaba, Földgázszállító Zrt.

Gázturbinás kompresszorhajtás elektrifikációja – EKR szemmel

A Földgázszállító Zrt. Magyarország „földgáz TSO”-jaként üzemel. A MOL-csoport tagjaként ők felelnek a földgázvezeték-hálózaton történő transzport és az ellátás zavartalan és hatékony működéséért. Éliás Gergely, a vállalat tervezési és controlling vezetője ismertette, hogy a közel 6000 km hosszúságú nagynyomású gázvezetékben hat interkonnektor található, a központja pedig Siófokon van. 2022-ben 17 milliárd köbméter földgázt szállítottak éves szinten. A földgázt 40-75 bar nyomáson szállítják, ennek a nyomásnak az elérésére pedig centrifugálkompresszorokat alkalmaznak. A hektikusan változó szállítási irányok miatt a kompresszorok meghajtására jelenleg használt gázturbinákkal több probléma is felmerül. A berendezések zajosak, sok szén-dioxidot és egyéb környezetkárosító mellékterméket bocsátanak ki, és az elavulás veszélye is fenyegeti őket. Az FGSZ ezért a jövőben a turbinákat villanymotorra cserélné a New Electric Operation (NEO) projekt keretében, ehhez végeztek el egy felmérést a mosonmagyaróvári kompresszorállomáson. Wagner Péter, a vállalat energetikai szakértője bemutatta a szimuláció műszaki oldalát. Az állomáson 4 gépegység található, 16 ezer családi ház fogyasztási igényét elégíti ki, és évente 50 ezer tonna szén-dioxidot bocsát ki. A számításban az egyik modult cserélték ki ugyanakkora, 5,5 MW teljesítményű villanymotorra. Az eredmények magukért beszélnek, éves szinten a kompresszorállomás szén-dioxid kibocsátása 18,5 ezer tonnával, vagyis 35%-kal csökkenne.

Ez a projekt értékesíthető lenne az EKR-ben, mivel a villanymotor hatásfoka jóval nagyobb a gázturbináénál, így jelentős végsőenergia-spórolást tudnak prognosztizálni. Másrészt az állomás rugalmassága is növelhető a villanymotor telepítésével. Bizonyos szállítási mennyiség és nyomásviszony mellett egy villanymotor akár két gázturbinát is helyettesíteni tud, ami igazán jól demonstrálja a villamosítás szükségességét. Az előadók ugyanakkor elmondták, hogy nem lehet számítani arra, hogy az EKR kötelezettségeket teljes mértékben ezzel a projekttel tudják teljesíteni. A jövőben viszont lehetőségük lesz további gépegységek cseréjére, így jelentős a projekt energiamegtakarítási potenciálja.

Szikszai Attila, energiahatékonysági szakértő – MEKH

Alapanyagból és végsőenergiából visszanyert energia elszámolása az EKR-ben

Az alapanyagból származó hulladékok egy kihasználatlan energiahordozót képviselnek, amelyek energetikai hasznosítása jelentős megtakarítási potenciált hordoz magában. Az ipari hulladékok és maradványok fűtőértéke igen nagy, mintegy 18-21 MJ/kg, míg a mezőgazdasági hulladékoké kicsit kisebb, de azok könnyebben kinyerhetőek. Ezekon kívül a szennyvíziszapot is lehetséges energetikailag hasznosítani. Az előadó összehasonlította egy virtuális gázturbinás erőmű energiamérlegének alakulását a hulladékhasznosítás előtti és az azt követő állapotban. Biomassza-bekeverés hatására az erőmű földgázfogyasztása csökkent, de a fajlagos leadott teljesítmény és a fajlagos veszteség változatlan maradt. Ennek oka az, hogy a biomassza nagyobb hatásfokkal hasznosul. Mivel a biomassza a földgáznál sokkal olcsóbb, így jelentős pénzügyi megtakarítás érhető el a bekeveréssel, miközben az energiaelőállítás nem szenved kárt. Az energiamérleg úgy alakult, hogy az intézkedés után végsőenergia többlet keletkezett, ezt a végsőenergia megtakarítást lehet elszámoltatni az EKR-ben. Az előadó röviden kitért a szellőztető rendszerek hulladékhő-hasznosítására, viszont itt a számítások azt mutatták ki, hogy a levegő hulladékhője nem hasznosul, bár a fajlagos végsőenergia csökken, ennek ellenére ezt a technológiát nem éri meg alkalmazni.

5.1 szekció Energiahatékonyság az épületenergetikában

Levezető elnök: Dr. Csoknyai Tamás, BME

Titkár: Soós Viktória, ESZK

Dr. Tóth Tamás, energetikai szakértő

Energiahatékonysági fejlesztések az Integrált energiahatékonysági projekt keretében

Az Integrált energiahatékonysági projekt keretében történő energiahatékonysági fejlesztésekről számolt be az előadás. A fejlesztések eredményeképpen hozzájárulnak a hazai energiahatékonysági célok teljesítéséhez, valamint az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer fejlesztéséhez is. A projekt célja az energiahatékonysággal kapcsolatos ügyintézési eljárások egyszerűsítése, és felhasználóbarát informatikai megoldások megvalósítása. A közintézmények az egyik legnagyobb fajlagos energiefogyasztók, azonban az épületek nagy része elavult, nagy problémát jelent a szakértelem és az energiatudatos üzemeltetési szemlélet hiánya is. A Nemzeti Energetikusi Hálózat (NEH) célja, hogy szakértelmet és tudást adjon a közintézményeknek. Az előadó ismertette a projekt fejlesztésének főbb pilléreit. Fontos volt egy energiahatékonysági tudástár létrehozása, amely biztosítja, hogy a munkát magas színvonalon és önállóan tudják elvégezni az intézmények. A Nemzeti Energetikusi Hálózatnak két fő feladata van: a közintézmények energiaszámításainak adatait adatbázisba gyűjtése, és az ezen adatokra épülő tanácsadás. A probléma azonban az, hogy kevés a rendelkezésre álló adat, egységes adatokra lenne szükség. Vannak kötelező és opcionális feladatok. A kötelező feladatok az adatfelvitel, majd az egyszerű tanácsadás, ezeket a NEH ingyen tudja biztosítani. Az opcionális feladatokat a közintézményeknek saját maguknak kell finanszírozniuk. A szervezeti felépítésre is kitért az előadó: a központi irodának a koordinálás a feladata, azonban a hálózaton van a fő hangsúly, hogy minél több közintézményt meg tudjanak szólítani. Az előadás pedig a kihívások ismertetésével, illetve ezek megoldási javaslatával zárult.

Csoknyai Tamás, Gergely László, Horváth Miklós, ÉPGET tanácsk – BME

Rezsicsökkentés-csökkentés és megtakarítási lehetőségek a lakóépületállomány esetében

Az előadás a rezsicsökkentés-csökkentést és a megtakarítási lehetőségeket mutatta be a lakóépületállományok esetében. A tavalyi év során tovább növekedett az energiaárak immár a lakossági szektort sem kerülték el, ugyanis a gázfelhasználás 40%-át a lakóépületek adják. A rezsicsökkentés-csökkentés jelentős terhet ró a lakossági szektorra. Vizsgálatuk során a rendelkezésre álló lakóépület-típológia mentén meghatározták, melyek azok a lakóépületek, amelyeket a leginkább érinti az új árrendszer. Többek között a társasházi lakások és az új építésű lakások nem érik el a rezsicsökkentés határát, azonban a vályog épületek és régebbi típusú házak már igen. Ez főleg a szegényebb réteget érinti, mivel ők még nem tudták az otthonaikat felújítani. Három lehetőség került ismertetésre, melyekkel nagyobb beruházások nélkül azonnali megtakarítások érhetőek el. A vizsgálat során a kritikus épületekre fókuszáltak, szimulációkat végeztek: lemodellezték az épülettípológiát, elvégezték a nettó energiaigények változtatásának elemzését, hideg és mérsékelt klimatikus viszonyokat vizsgáltak. Az előadó a módszerek és az eszközök ismertetése után az eredményeket is bemutatta. A belső léghőmérséklet csökkentése esetében 20%-kal nagyobb megtakarítás érhető el. A szakaszos fűtés hideg és mérsékelt klíma esetén 3-5% megtakarítást eredményezett a folyamatos fűtéshez képest. A harmadik opció, a fűtött alapterület csökkentése pedig drasztikus, de nagy energiamegtakarítást ígérő eljárás. A nettó fűtési igény csökkentése és a kifűtött alapterület csökkentése összemérhető mértékű megtakarítást generál. Az előadás a különböző épületburkolat felújítási szcenáriók (ablakcsere, szigetelés) összehasonlításával fejeződött be.

Czinege Zoltán, ügyvezető igazgató – AlfaPed Kft.

Épületenergetikai felújítások EKR támogatással: Jó ez így, vagy sem?

Az előadás az EKR támogatások általi épületenergetikai felújításokról szólt. Jelenleg számos lakossági épületenergetikai kérdés vetődik fel az energiaszektorban. Az magyar otthonok energiaszámításainak átlagosan 20 MWh/év, ami 72 GJ/év. Hatékony, teljes körű felújítással azonban 40-80%-os megtakarítás is elérhető lenne, ami 30-60 GJ/év. Az előadás során néhány példán keresztül bemutatásra került különböző támogatásintenzitás mellett az EKR lehetséges szerepe. Az előadó ismertette a Solanova projektet, illetve, hogy annak keretében milyen felújításokat végeztek el. Egy diagram segítségével részletezte az előadó a felújítási projektek iránti motivációt az elvárt kreditár függvényében. Sok projekt beleesik abba a tartományba, melyek viszonylag rövid időn belül megvalósulnak és minimális költségbefektetéssel járnak. Azonban a komplex lakossági felújításokat 50 000 Ft/GJ alatt nem lehet megvalósítani, ezáltal az EKR sem motiváló. Az előadó felvetette a kérdést, hogy mennyi támogatást jelent az EKR, majd ismertetett egy példaszámítást is. Azt is bemutatta, hogy ha az állam elkezd támogatni az EKR-t, akkor az milyen hatásokkal járhat. Egy folyamatábrán alapján pedig elmagyarázta a pénz útját a kedvezményezettek és a kötelezettek között, és felvázolta a lehetséges opciókat. Ezzel kapcsolatosan az előadó az előadását egy javaslatral zárta. Sokkal egyszerűbb lenne a folyamat, ha a kötelezettek az áterhelésből származó bevételt rövidzáron visszaforgatnák, és közvetlenül a lakosságtól vennék meg a HEM-eket.

Erdősi Dávid, Elektro-Kamleiter Kft.

Épületautomatizálás szerepe az épületenergetikában – MSZ EN 52120

Az előadó villamos energetikai szemszögből az épületautomatizálás szerepét mutatta be. A KNX rendszer teljesíti az MSZ EN 52120 szabvány legmagasabb energiahatékonysági osztályának követelményeit. A szabvány a középületeket 4 osztályba sorolja annak függvényében, hogy milyen mértékben alkalmaznak bennük épületautomatizálási rendszert. Minél összetettebb a rendszer, annál magasabb osztályba kerülhet, annál energiatakarékosabb a középület. A szabvány nem felhasznált energia értéket határoz meg, hanem két faktort: termikus energia hatékonysági faktort és elektromos energia hatékonysági faktort. A faktorok azt mutatják meg, hogy az épületben alkalmazott automatizálási rendszer mennyiben járul hozzá az energiafelhasználás csökkentéséhez. Az előadó hangsúlyozta, hogy automatika nélkül jóval több energiát fogyaszt az épület. Az előadó négy fő vezérlési területet is bemutatott. Mindegyik esetében ismertette, hogy milyen elvárásoknak kell teljesülniük, hogy elérjék az adott osztályzatot. Az előadás második felében konkrét példák segítségével elmagyarázta az osztályzatok közti különbségeket. A D osztály esetében nincsen automatikus vezérlés, csak manuális beállítások lehetségesek. A C osztálynál már lehetséges az idő alapú programozás, valamint például a hűtési és fűtési hőmérsékletet szét lehet választani. A B osztály esetében pedig ezt a két hőmérsékletet még jobban el lehet különíteni, hogy még nagyobb különbség legyen a kettő között. Az A osztálynál már minden automatikusan vezérelt, illetve vannak olyan rendszerek, melyek az emberi jelenlétet is figyelembe veszik. Az előadó előadása végén hangsúlyozta, hogy az automatika nagy hatással van a végső energiafelhasználásra.

Andrássyné Farkas Rita, ügyvezető – HeatVentors

Energiamegtakarítás fűtési- és hűtési rendszereknél hőakkumulátor segítségével

Az előadás a hazai fejlesztésű hőakkumulátorról szólt. A hőakkumulátor segítségével akkor tudunk hűtési és fűtési hőenergiát előállítani, amikor azt hatékonyabban és gazdaságosabban tudjuk megtenni, nem pedig akkor, amikor szükségünk van a hőenergiára. Az előadó először felvázolta az akkumulátor részegységeit, majd a működési technológiát. A hőakkumulátorokban nem vizet, hanem fázisváltó anyagot alkalmaznak, így megfagyasztásuk vagy megolvasztásuk során nagyobb energiasűrűséggel tudják az energiát eltárolni. Ezek a fázisváltó anyagok biztonságosak és nem korrozívak. A hőakkumulátor részét képezi egy szabályzórendszer és egy hőcserélő felület is. Amikor többlet hőenergia (hűtési vagy fűtési) termelődik, vagy a hőenergiát olcsóbban tudjuk előállítani, akkor ennek egy részét elraktározzuk, miközben az anyag megfagy (hűtési energia betárolása) vagy megolvad (fűtési energia betárolása). Ez az első lépés, amikor az akkumulátorokat feltöltjük. A második lépés a tárolás, végül pedig a kisütés. Ekkor a fázisváltó anyag megolvad hűtési energia felhasználása esetén, fűtési energia felhasználása esetén pedig megfagy. Alacsonyabb külső hőmérséklet esetén jobb a rendszer hatékonysága, így a reggeli órákban célszerűbb feltölteni az akkumulátorokat. Ezeknek a berendezéseknek számos előnye van: kis méretűek, 20-50%-kal csökkentik az energiafogyasztást, 3-5 év közötti megtérüléssel rendelkeznek. Az előadás végén az előadó egy konkrét esetpéldán bemutatta a hőakkumulátorok működését.

Szalai Gabriella és Láng György, Daikin Hungary Kft.

Hőszivattyú technológia: kulcs a európai épületállomány megújításához. Vajon a hazaihoz is?

Előadók a Daikin Hungary Kft. képviseletében bemutatták a hőszivattyús technológiát, ami a klímaseglegesség kulcsa lehet. A hőszivattyús technológiának számos előnye van: megújuló energiaforrásokat használ, energiatakarékos működésű, alapjában villamos energiával működik, ezáltal nincs emisszió, valamint csökkenti az energiafüggőséget, és elősegíti a hálózat kiegyensúlyozását. A hőszivattyúk által akár a 600 millió tonnát is elérheti 2050-re az elkerült kibocsátás. Az előadók beszámoltak arról, hogy 2022-ben Európában 38%-os növekedés volt tapasztalható a hőszivattyúipiacon. Az előadás második felében bemutatásra került a hőszivattyúk működése, főbb típusai és jellemző felhasználási területeik. A hőszivattyú hatásfoka érzékeny a külső hőmérséklet változására, ezért a legalacsonyabb hőmérsékletre kell méretezni. Kaszkád rendszerrel megoldható, hogy télen a nagy hidegben is elő lehessen állítani magas hőmérsékletű melegvizet. Az előadás végén az előadók bemutatták a Daikin on Site rendszert, mely egy felhő alapú felügyeleti rendszer. Képes a működési és beállítási paraméterek elérésére, tárolására és megváltoztatására is, így a hőszivattyús rendszer folyamatos monitoring alatt van. Ezáltal nem csak különböző elemzéseket lehet elvégezni, hanem a karbantartásokat is előre lehet tervezni.

5.2. szekció

E-mobilitás, energiaforradalom a közlekedésben

Levezető elnök: Tompa Ferenc, az ETE elnökség tagja, az Energiahatékonysági Szakosztály elnöke

Titkár: Szolga Larisza, ESZK

Dr. Zsebik Albin, ügyvezető – Jomuti Kft.

Autóbusszal a KLENEN-re

A szekció első előadása az elektromos buszok fontosságáról szólt, ugyanis a konferenciára lehetőségünk volt eljutni zöld buszokkal is a Volánbusz és a Zöld Busz jóvoltából. Hogyan is lehet elszámolni az elektromos autóbusszal megspórolt energiát? Erre kaptunk válaszokat az előadásban. Az otthoni munkavégzéssel egy személygépjárművel 2 MJ/utaskm-t lehet kiváltani, autóbusszal 0,5 MJ-t, így, ha az autóbusz és a személygépjármű közül az autóbust választjuk 1,5 MJ/utaskm-t tudunk megtakarítani. Az indulás és a megérkezés során oda-vissza 70 km-t kellett a busznak megtennie, az előadó ezt is figyelembe vette a számításai során. A buszra 28 ember fért volna fel, ebben az esetben 2,94 GJ energia lett volna megspórolva, 15 emberre a megspórolt energia 1,58 GJ. A környezetvédelem és a fenntarthatóság érdekében Dr. Zsebik Albin megkért minket, hogy ha van rá lehetőségünk, használjuk bátran az elektromos buszokat!

Papp-Batta Alexandra, MVM Mobiliti Kft.

Mobilan az e-mobilitásban

A következő előadás során az MVM egy cégcsoportjáról, a Mobilitiről hallhattunk, akik különböző elektromobilitási szolgáltatásokkal foglalkoznak. A töltő üzemeltetés, villamos energia beszerzés, hibaelhárítások mellett egy mobil applikációt is kifejlesztettek, melynek mára már 75 ezer regisztrált felhasználója van. Az applikáción keresztül lehet indítani az elektromos autók töltését, de az új fejlesztéseknek hála ma már a parkolás indítását és autópálya matricát vásárlását is lehetővé tették. Az értékelések alapján a Mobiliti app nagyon kedvelt a villanyautósok körében. A céges autók töltésére fejlesztettek egy flotta szolgáltatást is, mely hónapról-hónapra egy-

re népszerűbb a felhasználók között. Tavalyhoz képest több, mint 200 töltőállomással bővült a portfóliójuk, ezen belül a cég a Shellel együttműködve üzembe helyezték az első szupergyors töltő állomásaikat is, ezekkel a Mobiliti a publikus töltőhálózat felét ők üzemeltetik. Az előadáson szó volt mindezek mellett jövőbeli projektekről és fejlesztésekről is, mint például a hálózat bővítése és a az AC-DC töltők cserélése.

Csordás Antal, fejlesztőmérnök – Kontakt-Elektro Kft.

A hidrogén alkalmazási lehetőségei a városi szolgáltatásoknál

A hidrogén üzemanyag célú felhasználása világszerte terjed. Legfőbb mozgatórugója a hidrogénelőállításnak a megújuló energiatermelésbe való integrációjának lehetősége. A megújulókból termelt hidrogént egyrészt konvencionális elégetés, másrészt üzemanyagcellás (másnéven tüzelőanyag-cellás) áramtermelés útján lehet hasznosítani. A városi tömegközlekedésben és a kommunális célú járművek esetében nagy előnyt jelent a lokálisan emissziómentes működés, amiben az akkumulátoros változatokkal szemben több előnyt is nyújtanak az üzemanyagcellás járművek. Ezenkívül a városi környezetben működő segédüzemi vagy szünetmentes tápellátás területén is egyre versenyképesebbek a füst és zaj nélkül működő, akár kombinált hő- és villamos energia előállítására is alkalmas üzemanyag-cellás áramfejlesztők.

Mátyus László, innovációs és szolgáltatásfejlesztési igazgató – Debreceni Közlekedési Zrt.

ONA, az elektromos önvezető csomagszállító jármű tesztje Debrecenben

A Debrecen Smart City divízió Európai Innovációs és Technológiai Intézet által társfinanszírozott LogiSmile projektjének lényege, hogy különböző pilot városokban, valós környezetben lehessen tesztelni a jövő autonóm szállítóeszköz-rendszereit, melynek eredményeként számos, a gyakorlatból származó tudás és adat áll majd a konzorciumi partnerek rendelkezésére. A rendszer három egymást kiegészítő elemből áll: egy autonóm Hub járműből, egy kisebb autonóm kézbesítő eszközből és a járművek működését koordináló, nagy hatótávolságú vezérlőből. A projektben a debreceni csapat feladata valós körülmények közötti teszterületet biztosítása volt, ONA, az elektromos önvezető csomagszállító jármű részére. Az előadó először felvázolta a projekt alapkoncepcióját, majd a Debrecenben tesztelt prototípusról hallhattunk pár szót, amelyben kitért a műszaki felépítésére és képességeire és a Debrecen belvárosában történő tesztkörök tanulságaira is.

Kertész Dávid, Volteum Kft.

Megkönnyítjük az elektromos autózását!

A Volteum egy útvonal optimalizáló szolgáltatás, mely lehetővé teszi a felhasználó minél kényelmesebb vagy költséghatékonyabb elektromos autózási élményét.

Az előadás során bemutatásra került egy esettanulmány, melyben 260 cég flottáját vizsgálták.

A vizsgálat során azt tapasztalták, hogy a felhasználók 97%-ban telephelyen töltik az elektromos autójukat, energiaköltségek szempontjából az összes kiadás 92%-át a telephelyen, 5,7%-át útközben valósult meg. A mérések során kiderült, hogy a flotta felhasználók 76%-a még mindig nem használja elsődleges töltési lokációként az otthonukat, amely egy olyan probléma, amelyen mindenképpen javítani kell, hogy a flotta társadalmi elfogadottsága az elektromos autók irányába elfogadottabb legyen. Az elmúlt 1 évben rengeteg tanulsá-

got vont le a cég, amik alapján fejleszteni fognak a jövőben. Az előadó több jövőbeli projektet bemutatott, többek között az elektromos útvonaltervezés ajtóig történő szállítás optimalizálása, valamint egy flottaelemző szimuláció, mellyel a korábban elvégzett útvonalak segítségével az útvonaltervező algoritmusát tudják fejleszteni.

Nehéz Beáta, Zöld Mobilitási Igazgatóhelyettes – HUMDA Zrt.

Zöld Busz Program bemutatása

A HUMDA nem csak elektro-mobilitással, de hidrogéngazdálkodással is foglalkozik, mint közszolgáltatás. A magánszektorban az elektro-mobilitás fejlesztésére fordít főként figyelmet: EV töltők, E-scooterek, E-kerékpárok és E-cargo kerékpárok beszerzésével és üzemeltetésével foglalkoznak. Az elmúlt évek támogatásainak hatására 200 új töltő, 48 000 zöld rendszám, ebből 8000 elektromos autó beszerzését és üzemeltetését tették lehetővé. Mindezek mellett különböző robogók, biciklik, teherbiciklis és városi kisbuszok is a támogatási programok hatására kerültek üzembe. Az intézkedések azért nagyon fontosak, mert Magyarország CO₂ kibocsátásának csaknem 20%-a a közlekedésből származik. A továbbiakban hallhattunk a zöld buszok használatának előnyeiről, valamint a cég demonstrációs mintaprojektjéről is, melyben elektromos autóbuszokról és azok töltőiről gyűjtöttek adatokat és értékelték ki. A mintaprojektben 33 város és 10 féle elektromos busz vett részt. Az eredmények alapján rengeteg tapasztalatot lehetett levonni, mely segíti a projekt fejlesztését. Az előadás zárásában a HUMDA jövőbeli feladatairól és projektjeiről kaphattunk ízelítőt.

5.3. szekció

Mérési rendszerek az energiahatékonyság szolgáltatásban

Levezető elnök: Nagy Péter, a BPMK elnökségének tagja

Szekciótitkár: Keöves András, ESZK

Rátkay Gábor, ügyvezető – ARGENTING Kft.

Monitoring rendszerek adatainak elemzési tapasztalatai

Az előadás az adat elemzések fontosságával indult, ezt követően különböző mérési diagramok kerültek a középpontba. Először a karbantartás igény felmérésére alkalmas diagramot mutatott be, ahol kirajzolódtak a fogyasztók megnövekedett fogyasztási csúcsok formájában, amiből azt tudhatjuk meg, hogy ilyenkor a gépünk rendellenesen működik és valamilyen formában karbantartást igényel. Ezt követően a túlfogyasztások kiszűrésére terelődött az előadás témája, ahol lehetséges módszereket probléma megoldások kerültek terítékre. Később a prezentáció során kiemelésre került a szerelési adatok gyűjtése és leginkább ezeknek a hiánya. Ezután a szó egyre inkább a mérések területére terelődött, melyben először a mérőrendszerek lehetséges hiba forrásait mutatta be. Másodszor pedig a PDCA körfolyamat fontossága lett kihangsúlyozva, azon belül is a Check lépés, vagyis az ellenőrzés fázis. Harmadszor a riasztások elengedhetetlenségét járta körbe a prezentálás során, mivel ezzel könnyen megmenthetőek a gépeink, valamint drasztikusabb esetenként a létesítmények is. Végül a mérőrendszerek árát befolyásoló tényezők lettek nagyobb figyelemmel körbejárva.

Kertész Sándor, vezérigazgató – INFOWARE Zrt.

Működő Békéscsaba Smart Grid projekt tapasztalatai

A szekció második előadása bemutatta békéscsabai Smart Grid projekt tapasztalatait. A koncepció felvezetését a klíma védelemmel kezdte miszerint, ha nem foglalkozunk a kérdés körrel, akkor jelentős

aszállyal nézünk szembe. Ezt követően a villamosenergia rendszer felé haladtunk tovább, ahol a frekvencia szabályozást ismertette a hallgatósággal, valamint a napelemes rendszerek visszatáplálásából fakadó lokális feszültség emelkedés témája is előkerült. Ennek kapcsán az előadó a prezentációban beszélt a Peak-shavingről, mellyel a termelési tüskék kiegyenlíthetőek, ami hozzájárul a költségmegtakarításhoz. Végül pedig a rendszer műszaki adatairól is információt adott a prezentációja közben, mely alapján kiderült, hogy egy 11 kV-os csatlakozási pontja van a rendszernek a DÉMÁSZ felé. Ezen felül a prezentációjában kitért arra, hogy a rendszer többek között tartalmaz egy 1,2 MW-os akkumulátort három napelem parkot, melyeknek az összesített teljesítménye 1,3 MW és intelligens térvilágítást. Az előadás legvégén pedig szó esett a menetrend tartásról, aminek kritikus szerepe van hiszen egy jól működtetett szabályozással jelentős mennyiségű a megtakarítás.

Baracska Attila, ügyvezető igazgató – KONsys Kft.

Hogyan éljük túl az energiakризist? Csökkentsük a működési költségeinket energia menedzsment szoftver használatával!

A következő előadás az energia menedzsment szoftverek fontosságáról szólt. A prezentáció elején körbejárta azt, hogy mi is az az energiamentedzsment. Majd a rendszer alapjai kerültek bemutatásra, melyben a működésre derült fény. Ezt egy energiahatékonysági célok megvalósításáról szóló gondolatmenettel folytatta, amiben kiemelte, hogy nagy mennyiségű adatot már az emberek nem tudnak feldolgozni és erre egy sokkal jobb megoldás a gépi tanuláson alapuló programok. Az előadását egy termékbemutatóval folytatta melyben egy könnyen és gyorsan kezelhető szoftvert mutatott be, aminek a hátránya a személyre szabhatóság hiánya. Majd egy másik verzió került a középpontba, amely az előzővel ellentétben sokkalta jobban személyre szabható. Ezt követően a felhő szolgáltatásra terelődött a szó és a benne rejlő potenciál. Végezetül pedig bemutatásra került egy eset tanulmány, ami egy egyszerűsített épület felügyeleti rendszert vizsgált.

Opitzer Gábor, ügyvezető – SB-Corols Kft.

Mérő-adatgyűjtő rendszerek korszerű vezeték nélküli kommunikációval - gyakorlati tapasztalatokkal

A szekció negyedik előadása a korszerű vezeték nélküli kommunikációval kapcsolatos gyakorlati tapasztalatokat mutatta be. Először az előnyeiről beszélt, miszerint nagy távolságokat lehet velük áthidalni, valamint az olyan objektumokban, ahol kerülendők a vezetékvezetések. Ezt követően az ilyen módon történő adatgyűjtésre tért át, ahol a LoRaWANról esett szó. Ennek a jellemzője, hogy nem igényel hálózati energiát és több km távolságba képes működni, persze a különböző tereptárgyak függvényében a működési távolság változik. A nagy távolságból szerzett adatokat valamilyen módon fel kell dolgozni, amire a prezentációban a VisionX lett bemutatva, ami egy megjelenítő szoftver és könnyedén képes kezelni a LoRa adatokat. Ezeket a LoRa típusú adatokat közvetlenül több programmal, illetve programnyelven lehet hasznosítani. Az adatgyűjtésnek azonban van árnyoldala ugyanis mindenkinek az adatai kivannak szolgáltatva, amit a megfelelő IT biztonsági rendszerek nélkül könnyen elveszíthetünk.

Gordos László, TESTO Kft.

Energia hatékonysági mérések az iparban

A szekció utolsó előadása az energia hatékonysági mérések fontosságáról szólt. Az elején kitért arra, hogy mi is egy mérés célja és

hogy miért van erre szükség. Ezt követően a hatékonyság növelésére terelte a szót és arra, hogy mennyi területen lehet alkalmazni a műszereket, amik segítségünkre vannak. A prezentáció további részeiben a TESTO különböző termékei kerültek bemutatásra. Elsőként egy klíma rendszer ellenőrzésére szolgáló műszer, mely több mérési funkcióval rendelkezik. Másodikként légtechnikai mérésekre alkalmas készülékek kerültek a terítékre, melyek megfelelő használatával sok energia megtakarítható. Az előadás végén a hőkamerák kerültek a középpontba és ezeknek az alkalmazhatóságáról valamint paramétereiről esett szó.

6.1. szekció Ipari energiahatékonyság, I.

Levezető elnök: dr. Tóth Tamás, energetikai szakértő

Szekciótitkár: Papik Ákos, ESZK

Szabó József, főosztályvezető – Magyar Szabványügyi Testület

Az energiaaudit szabványok új kiadásai

Az előadás bemutatta, hogy milyen újdonságok vannak jelen az energetikai auditot érintő szabványokban. Bemutatásra kerültek elsősorban az ISO50001 szabvány kiegészítései. Ezek között szerepelt az ISO50015, valamint az ISO50002. Az előadó felvázolta azokat a területeket, amelyek terén új és pontosabb szabványok léptek életbe, többek között a mérések, valamint az energetikai audit kiállítása terén. Az előadó bemutatta az MSZ EN 16247-es szabványsorozatot is. Emellett felhívta a figyelmet arra is, hogy a tagság opcionális a Magyar Szabvány Testületbe, viszont több tag esetén jobb működés lenne elérhető.

Hársfai Péter, MEKH

Az energetikai auditálás tapasztalatai és eredménye – mire figyeljünk a 2023. évi energetikai auditok készítésénél

Hársfai Péter, a Magyar Energetikai és Közmű Hivataltól érkezett, aki bemutatta az eddig elkészített auditokat és az abból levont tanulságokat. A nagyvállalatokat a megfelelő auditok elkészítésénél alapvetően az energiahatékonyság és az energiaköltségek csökkentése motiválja. Mindennek ellenére az eredmények azt mutatták, hogy az energetikai auditoknak 70%-a nem volt megfelelő, amely különféle szankciókat, illetve némely esetben az audit törlését vonta maga után. Legtöbbször típushibák fordulnak elő, amelyek sokszor formai, vagy a nem megfelelő adatszolgáltatásból adódó hibák, de az is előfordul, hogy szakmai hibát vét az auditor. Az adatszolgáltatási hibák esetében sokszor előfordulnak olyan jellegű hibák, mint például hiányzó felhasználási adat, vagy különféle átváltásból származó hibák. Az átláthatóság érdekében előírásra került, hogy minden energia mennyiség kWh-ban legyen. Mindemellett felhívták a figyelmet arra is, hogy sok esetben az auditok logikátlanul felépítettek és nem elég átláthatóak. Mindemellett fellelhetők az épületeket, az ipart és a szállítást érintő típushibák is. Mindezeket a későbbiekben jobb tudás transzferrel, tapasztalattal és a megfelelő adatokkal elkerülhetjük.

Dervalics Ákos, EIT InnoEnergy HUB

Ipari üzemek megújuló energiárólólinak élettartam javítása, és üzemeltetési költségeinek csökkentése

Az előadó bemutatta az ipari üzemek esetében a megújuló energiaforrásokat, mint egy beruházási lehetőségeket az energiaigények csökkentésére. Mindez megjelenik, mint beruházási költség, és így megnő az üzem fenntartási költsége is, azonban növeli az

ellátásbiztonságot és csökkenti a villamos energiából és hőenergiából származó költségeket. Ezután bemutatásra kerültek az iparban rendelkezésre álló és népszerű energiatárolási lehetőségek, mint például az akkumulátor. Az előadó felvázolt egy kevésbé elterjedt, azonban nagy potenciállal rendelkező energiatárolási lehetőséget, amely a szuperkapacitás volt. Ez nagyszerűen ki tudja elégíteni a hirtelen fellépő, nagy energiaigényeket. Ezek a berendezések az akkumulátorral ellentétben nagy energiát tudnak felvenni, valamint leadni. További nagy előnye, hogy jó hatásfokkal teszi mindezt. Az előadás végén pedig bemutatta az egyik leányvállalatot, amelyik ezzel foglalkozik és bepillantást kaptunk konkrét berendezésekbe is.

Bohunka Dávid, tanácsadó – Deloitte Ltd.

Energiatárolási ipari fogyasztók számára

Az előadás eleje felhívta a figyelmet arra, hogy az energiaválság mely szereplőknek volt igazán megterhelő. Az ipari fogyasztók számára a versenyben maradás, míg az önkormányzatoknak a szűkös költségvetés okozott problémát. Az előadó az előadás első felében négy lehetőséget vázolt fel, amellyel esetlegesen csökkenthető a villamosenergia ára. Ezek a saját célra termelő erőmű, az energiatársaságok, a közvetlenül az erőműtől kábellel vásárolt villamos energia, illetve a közcélú hálózaton keresztül erőműtől vásárolt villamos energia. Megtudhattuk azt is, hogy egyre gyakoribbak a CPPA szerződések is. Az előadás következő részében bemutatásra került a geotermiában rejlő potenciál. Elsősorban fontos megjegyezni, hogy az engedélyeztetési folyamat egyszerűsödött. A használat elsősorban a HMV igények kielégítésére korlátozódnak, de nem elképzelhetetlen a villamos energiatermelésben való hasznosítás sem. Ezt követően bemutatásra kerültek a jelenlegi technológiák, amellyel a geotermikus energiát hasznosítani tudjuk. Fontos megjegyezni, hogy a geotermikus energiatermelés nem időjárásfüggő. Ezután a jelenlegi energiatárolási lehetőségek kerültek bemutatásra, mint például az akkumulátor, a hidrogén, a hőtároló, vagy akár a szuperkapacitás, a szivattyús energiatároló, vagy a homokakkumulátor.

Molnár Boglárka, ügyvezető – Menerko Kft.

Az energetikai auditálás jelentősége az energiaválsághoz

Az előadás elején képet kaphattunk arról, hogy miért érdemes energetikai auditot csinálni. Egy-egy ilyen tanulmány olyan megoldásokat kínál, amellyel az ügyfelek komoly megtakarításokat tudnak elérni. Ezt követően megismerkedhettünk az auditálás folyamatával. Elsőként megtörténik az igényfelmérés, valamint a törvények áttanulmányozása. Majd ezt követi a döntéselőkészítés és a megfelelő stratégia megtalálása. A negyedik lépcsőfok a projektmenedzsment, majd a záró auditálással zárul a folyamat. Az eredményeket tekintve pontosnak kell lenni, fel kell tudni mérni, hogy az eredmények műszakilag helytállóak-e, valamint szem előtt kell tartani a klímasemlegességet és a fenntarthatóságot. Ezután az előadó kitért a konkrét projektekre, amellyel az ipari fogyasztók jelentős megtakarításokat tudnak elérni. Ilyen például a világításkorszerűsítés, amely az egyik leghamarabb megtérülő befektetés. Sokszor a sűrített levegős rendszerek esetében is nagyon sokat lehet spórolni a kompresszor nyomáscsökkentésével, a szivárgási pontok megtalálásával, a megfelelő vezérléssel és egy hővisszanyerő beépítésével. További megtakarításokat lehet elérni egy komplex épületgépészeti felújítással. Ezzel a filtrációt és ezen keresztül a hőigényt jelentősen lehet csökkenteni. Ezekon felül természetesen nagyon komoly megtakarítást lehet elérni a hőszivattyús és a napelemes rendszerekkel.

Babocsán Dániel, értékesítő mérnök – Dynoteq Kft.

Szigetelési projektek elszámolása az EKR-ben: 2022-es tapasztalatok

Az előadó bemutatta a hőszállító vezetékek és szerelvényeinek utólagos hőszigetelésében rejlő energiamegtakarítási potenciált, valamint azt, hogy hogyan és milyen módon lehet mindezt elszámolni az energiakötelezettségi rendszerben. Az utólagos hőszigetelésben rejlő energiamegtakarítási potenciál több 1000 GJ/év egy nagyobb ipari fogyasztó esetében. Az előadó rávilágított továbbá arra, hogy érdemes lenne bevezetni a külföldön már életben lévő hőszigetelési osztályokat. Ezekből kiderülne, hogy többnyire a magyar háztartások, illetve a gépészeti szigetelések az E és F szigetelési osztályba esnek, amely a skála végét jelenti. Fontos azt is kiemelni, hogy a szigetelési projekteket el lehet számoltatni az EKR-ben is. Ezek után példaprojekteken keresztül szemléltette a megtakarítási lehetőséget, illetve bemutatásra kerültek konkrét ipari hőszigetelések.

6.2. szekció

ISO 50001 bevezetésének és működésének tapasztalatai

Levezető elnök: Tánczos Lajos, ISO tanácsadó

Szekciótitkár: Papp Dániel, ESZK

Buzna Levente, EglR vezető auditor – SGS Hungaria Kft.

Nagyvállalati feladatok és lehetőségek a beszerzésben energiaválságos időkben

Az előadó beszélt a nagyvállalatok feladatairól és lehetőségeiről a beszerzésben az energiaválságos időkben. Kiemelte, hogy a 2022-es energiaválságot hasonlóan élik meg a vállalatok, mint a 2008-as gazdasági válságot. Előnyben voltak azok a vállalatok, akikre korábban jellemző volt a fiókba dolgozás, mert ők a válság elején kevesebbet veszítettek, mint a többiek. Fontosnak tartja, hogy egyre nagyobb hangsúlyt kapjon egy fejlesztés esetén a felhasználás módja. Meg kell tudni választani, hogy mire akarjuk használni és az alapján kell megfelelő döntést hozni. Beszélt arról, hogy míg az elmúlt 7-8 évben az volt a középpontban, hogy ne romoljon a termék, szolgáltatás minősége és az üzembiztonság, addig mostanra a kulcsszó a costcenter lett. Korábban nem volt energetikai motiváció, most viszont vezérlővel lett az energia. Elmondása szerint a beszerző az energetikusra támaszkodik, be kell neki mutatni az életciklusra vonatkozó számolást. Az energetikus soha nem számolt optimistán, biztosra megy, hogy elérje az általa kiszámolt az élettartamot.

Dr. Zsebik Albin, ügyvezető – JOMUTI Kft.

Tervezés és nominálás – a gyártástervezés és az energiagazdálkodás kapcsolata

Az előadó prezentálta a gyártástervezés és az energiagazdálkodás kapcsolatát. Az előadás első felében az energiaveszteség feltárásáról beszélt, míg a másodikban az energiafelhasználásról. Törvény van a kötelező auditálásról, azt azonban szerinte el kell tudni dönteni, hogy érdekből, vagy kötelességből hajtják végre. Ellenőrizni kell azt is, hogy a rendszert jól tervezték-e meg és azt is, hogy az üzemeltetők jól üzemeltetik-e azt. A gazdasági és a műszaki környezet változása miatt érdemes időnként felülvizsgálni mindkettőt. A kormányrendelet a szakreferensnek feladatként adja, hogy vegyen részt energetikai auditálásban. Fontosnak tartja, hogy visszacsatolásokat hajtunk végre a korábbi üzemviteli eredmények

kiértékelése után. Jónak gondolja az ISO 50001 logikáját, miszerint körültekintő veszteségfeltárás és audit után tudunk jól tervezni. Véleménye szerint a 2018-as angol szabványból hiányzik a termelési tervekre utalás. Azok szükségesek a tervezéshez, figyelembe kell venni, hogy mit tűzünk ki célként. A korábbi termelési és üzemeltetési adatok alapján bázisértékeket és célértékeket kell meghatározni, hogy az eredményeket megfelelően ki lehessen értékelni.

Czinege Zoltán, KFI igazgató – AlfaPed Kft.

Álljunk készen az energiahatékonyság javítására ISO 50001-gyel!
Az előadás arról szólt, hogyan lehet javítani az energiahatékonyságot az ISO 50001-gyel. A prezentáció elején kitekintett a jelenlegi helyzetre. Habár a TAO már hat, az EKR pedig már kettő éve elérhető, mégis nagyon kevesen tudnak rólok. Kiemelte, hogy egyre nagyobb a cégeknél a tulajdonosi nyomás a tanácsalanság hatására, így fókuszba került az energiagazdálkodás. Az energiapiac bizonytalansága, valamint az energiaárak és költségek dinamikus változása miatt találgatássá vált a megtérülés kiszámítása. A vevők részéről fokozódik a nyomás a CO₂ semlegesség elérésére és az ISO 50001 bevezetésére, amire a cégeknek megfelelően kell válaszolniuk. Az ISO 50001 bevezetésével a legfontosabb dolgok a teljesítmény növelésének meghatározása és rangsorolása, az energiagazdálkodási célok, előirányzatok és tervek, valamint az energiagazdálkodási teljesítménynövelés jelentőségei. Amennyiben nem sikerül bevezetni ezt a szabványt, akkor is vissza lehet nyúlni az auditokhoz.

Sitku György, energetikai és EgIR auditor – Energia Birodalom Kft.
Energiatartó célok és potenciálok meghatározása az energiamérlegek alkalmazásával

Az előadásban szó volt arról, hogy az energiahatékonysági célok keverésével hogyan lehet eljutni a potenciálokhoz. Elmondta, hogy eleinte nehéz megmondani, hogy mennyi lesz az energiahatékonyság megtakarítása, de igyekeznek megbecsülni a potenciált, amit el lehet érni a rendszeren. Amennyiben a potenciált nem határozzuk meg, úgy akár többet is várhatunk a rendszertől, mint amire valójában képes. Az EKR behozta a többlet energiamegmaradást, ami a korábbi és az új állapot közötti megtakarítás. Amennyiben itt nincs eltérés, akkor az csak gépcserének minősül. A piacon elérhető legolcsóbb gépek felelnek meg az energiaminimumnak, ezekkel is érünk el megtakarítást, de az EKR-ben ez nem minősül többletnek. A végsőenergia megtakarítás kimutatásához bázisgörbére van szükség, mivel a bázisérték nem fix. Ahhoz, hogy rendes összehasonlítási alapunk legyen a régi rendszernek is meg kell nézni a jelenlegi állapotok közötti helyzetét. Elmondta azt is, hogy odafigyeléssel jelentős mennyiségű megtakarítást lehet elérni.

Papp Zsolt Csaba, vezető auditor – ÉMI-TÜV SÜD Kft

A változók ismerete nem csak követelmény, hanem a túlélés záloga
Az előadó kihangsúlyozta a változók fontosságát. Elmondta, hogy az energiaárak elszaladtak, a nem hatékony dolgok bezárásra kerülnek, a cégek sokat fordítanak az energiahatékonyságra. Az ISO 16001-es szabvány alapján a változásokat kell összeszedni és azokat vizsgálni. Az ISO 50001:2012-es szabványban az lett megfogalmazva, hogy az energiafelhasználásra jelentős hatással lévő változókat kell azonosítani, sorrendbe állítani és rögzíteni az energiahatékonyság növelésének lehetőségeit. Az ISO 50001:2019 ezzel szemben azt mondja, hogy elég a lényeges változókat meghatározni, rangsorolni és a javítás lehetőségeit. Kiemelte, hogy az

energiafelhasználás függ magától a terméktől vagy szolgáltatástól, az infrastruktúrától és a technológiától. Egy idő után, ha nem lesz annyi pénz, hogy működtessük a rendszert, akkor válik kulcskérdéssé a változók meghatározása, amihez már komoly szakemberekre van szükség. A fejlesztési potenciált ki lehet fejteni energetikai számokkal is és ezeket össze kell hasonlítani a jelenlegi állapotokkal. Fontos figyelembe venni azokat a megoldási lehetőségeket is, amik beruházások nélkül is megvalósíthatók.

6.3 szekció Tehetséges fiatalok az energetikában I.

Levezető elnök: Dr. Gács Iván, c. egyetemi tanár
Szekciótitkár: Markovics Dávid, ESZK

Molnár Boglárka, energetikai mérnök MSc hallgató – BME

A fenntarthatóenergiaközösségek hazai perspektívái decentralizált, dekarbonizált energiatermelés, -elosztás és -felhasználás mentén
Előadásában az energiaközösségek témakörét járta körbe, célul kitűzve a bennük rejlő lehetőségek széles körű ismertetését. Az energiaközösségnek nem célja a haszonszerzés, létesíthet erőművet, részt vehet kereskedésben, azonban egyetemes szolgáltatásban és határon túli kereskedésben nem. Bemutatta a téma sokoldalúságát, kiemelve többek között a megújuló, decentralizált termelés előnyeit, munkahelyteremtési és gazdaságfejlesztési hatásait, amelyek a klímavédelmi célokkal is azonos irányba mutatnak. Kitért a termelők menetredezési kihívásaira is, valamint ezzel kapcsolatban kiemelte a törvényi szabályozás fontosságát is, például az elszámolás kapcsán. Hangsúlyozta a megújuló energiaközösségek kialakulását gátló tényezők között a finanszírozás, a szakmai kompetencia és a társadalmi elfogadottság témaköreit.

Rozs Bálint, regionális és környezeti gazdaságtan mesterszak végzett MSc hallgatója – BME

A Visegrádi Együttműködés zöld hidrogéntermelési potenciáljának felmérése és az optimális fejlesztési hot-spotok kijelölése

Előadásában a növekvő időjárásfüggő megújuló okozta rugalmassági igényekre alapozva vizsgálta a hidrogén jövőbeni szerepének lehetőségeit. Bemutatta a hidrogén előállítás fő kategóriáit (barna, kék, zöld), valamint szállítási és tárolási lehetőségeit. Felhasználási területek kapcsán kiemelte a közlekedést, valamint az acélgégyártást. Bemutatta az EU és a V4 országok energiabiztonságát, kiemelve az import energia függőség ismert problémáját. Kutatásában felépített egy potenciálbecslési modellt, amely segítségével a V4 országok területére készített térképet, bemutatva a szél-, napenergia és H₂ termelési potenciálokat. A legmagasabb hidrogénpotenciált Lengyelország északi részére prognosztizálta, ahol főként szélenergiával látná el az üzemeket. Modelljeinek eredményeként országrészenként bemutatta az ideális energiaforrás, tárolási és szállítási módszertanokat, valamint a hozzá tartozó várható kihatást. A fejlesztés jövőbeni irányaként megjelölte az elemzés Balti államokra való kiterjesztését.

Nagy Ákos, villamosmérnök MSc hallgató – ESZK

Energiaközösségek műszaki kérdéseinek vizsgálata

Az előadás bemutatta az energiaközösségek fő funkcióit, a koncepció legfontosabb céljaként kiemelte, hogy a lakosságot is bevonja a villamosenergia-kereskedelemben egy nonprofit szerveződéssel keresztül, elsősorban megújuló alapú energiatermelést feltételezve. Az így létrejövő új szereplő piaci és műszaki hatásai eddig fel-

terképezetlenné, hiszen még nem működik ilyen hazánkban. Ezen műszaki kérdéseket vizsgálja kutatásában, amelyre egy Matlab alapú load-flow modellt épített fel. Egy létező kifesztültségű hálózat modelljét képezte le, amelyre fogyasztói profilokat használt, az ismert mértékadó éves fogyasztással arányosítva. Az így elkészített szoftver lehetőséget ad különböző szabályozási formák szimulációjára, vizsgálatára. Négy beavatkozást tesztelt, amelyet később még bővíteni tervez. Ilyen módszer volt az inverter lekapcsolása, fázisszögváltoztatása, valamint kétféle (feszültség és teljesítmény alapú) tároló logika beépítése. A hálózatszimuláció eredményeit informatív ábrákon mutatta be, kiemelve a $\pm 10\%$ -os feszültségtartományon kívülre eső problémás időszakokat és ezek kezelését a vizsgált szabályozási beavatkozásokkal.

Kardos Martin, energetikai mérnök MSc hallgató – ESZK

Hazai erőművi források szerkezet és piaci árak elemzése

Az előadó a hazai erőművi források szerkezet aktualitásait, változásait mutatta be. Kutatásában vizsgálta a hazai villamosenergia-rendszer erőművi bővítéseit, a rendszerterhelés-, illetve a primer források szerint bontott termelés változásait az elmúlt években, illetve ezek szezonális és napon belüli alakulásait, beleértve az import-export szaldó változásait. Megállapította, hogy a napenergia és a földgáz egymással ellentétes trendeket mutat havi értékekben. Átlagban 30%-os importot tapasztalt, azonban az elmúlt időszakban napon belül gyakran előfordult, hogy nettó exportőr pozícióba került Magyarország. Vizsgálta a fogyasztás és a napenergia hőmérsékletfüggését, valamint az időszak HUPX másnapi piac, illetve kiegyenlítő energia egységárainak változásait, illetve azt, hogy ezek milyen kapcsolatban vannak a termeléssel és a beépített kapacitások bővítésével, fókuszálva a fotovoltai erőművekre. A DAM árat esetén erős szezonálisitást tapasztalt, a legalacsonyabb árak tavasszal várhatók.

Juhász Kristóf Péter, villamosmérnök MSc hallgató - ESZK

Adaptív frekvenciafüggő terheléskorlátozás a csökkenő inerciaú villamosenergia-rendszerben

Az előadás a villamosenergia-rendszer inerciaújának témakörét mutatta be, amely kiemelt fontosságúvá vált az elmúlt évek PV penetrációja kapcsán, hiszen a korábbi forgó gépes energiatermelés adta stabilitás fenntartása bizonytalan. Kutatásában egy hálózati topológiát épített fel amerikai minta alapján, amelyben zavart kiváltó eseményeket (fogyasztás változás) vizsgált. Az elemzéshez frekvenciafüggő terhelés korlátozásnak négy szintjét definiálta. A kisebb frekvenciaérzékeny fogyasztók leválasztásával stabil frekvenciátartást tapasztalt, ezen keresztül kihangsúlyozva a megfelelő priorizálás fontosságát.

Gianone János, energetikai mérnök MSc hallgató – ESZK

Geotermikus hőforrás egyidejű használata villamosenergia termelésre és távhőszolgáltatásra

Az előadásának bevezetőjében elhangzott, hogy Magyarországon a geotermikus energia kedvező adottságú energiaforrásnak számít, ezért érdemes lenne bevonni a villamosenergia-termelésbe, ugyanakkor a természetes hőforrást elsődlegesen hőigények kielégítésére célszerű és hatékonyabb használni, amennyiben arra van igény. Kutatásában a fogyasztói igényeket is vizsgálva keresi az optimális kapcsolt termelési módot. Magyarország „geotermikus nagyhatalom”, ennek ellenére elenyésző példa van a hőforrás hasznosítására, ennek megváltoztatás célja a kutatásnak is. A villamos

energiát szerves Rankine-cikluson (ORC) alapuló berendezéssel lehet megtermelni, mivel a hagyományos villamosenergia-termelésre alkalmatlan a geotermikus hő a közeg alacsony entalpiája miatt. A bemutatott elemzés kifejezetten Magyarországra vonatkozik, ahol a területi vizsgálatok földtani adatokon, vagyis a termálvíz elérhetőségén, valamint a fogyasztási igényeken alapultak. Kiemelte, hogy fontos a hő és villamosenergia termelés arányának meghatározása optimumkereséssel, amely az egyes rendszercsoportok esetében eltérően alakulhat. A bemutatott számítási módszer elkészítésének célja új geotermikus erőmű telepítésének előkészítése, mely távhőt és villamosenergiát szolgáltat párhuzamos üzemben.

Bangó Zsófia, energetikai mérnök BSc hallgató – ESZK

Komposztkazán vizsgálata – háztartásitól az ipari méretekig

Az előadó kutatása során komposztkazánokat vizsgált háztartási, valamint ipari célú alkalmazásra. A téma indoklásaként kiemelte, hogy a technológia CO₂ semlegesnek minősül, így a klímavédelmi szempontból kedvező, mindemellett a magas energiaárak mellett gazdaságilag is kedvező. A technológia ismertetését a komposzt összetevőinek, reakcióegyenletének ismertetésével kezdte. A kutatásában 70-100 °C-os hőmérsékletet feltételezett, hozzátéve, hogy ez erősen függ a komposzt minőségétől. A konkrét vizsgálatban csiperkegomba táptalaját vizsgálta, amely 70% nedvességtartalom mellett 74-85 °C érhető el. A kazán betonfalú bunkerekben helyezhető el, a konstrukció folytonos üzemet tud biztosítani. A példaként használt üzem esetén jelenleg a veszteség-hő még nincsen hasznosítva, ezért külföldi példákön keresztül mutatott be már elkészült projekteket.

Székely László, PhD hallgató – ESZK

Elektrosztatikus szálképző berendezés készítése és a működését befolyásoló paraméterek vizsgálata

Az elektrosztatikus szálképzés, más néven electrospinning egy egyre növekvő népszerűségnek örvendő technológia, melynek segítségével nagyfeszültség hatására ultravékony szálak képezhetőek polimer oldatból. A szálképzési technika már az 1900-as évek eleje óta ismert, azonban az utóbbi évtizedekben lett igazán népszerű, amikor a technológiai fejlesztéseket az igényekhez igazítva dolgozták ki és mára az élet egyre több területén találkozhatunk egy-egy berendezés közvetlen használatával, vagy a végtermékeként létrejövő nanoszálak réteg alkalmazásával. A technológia hátránya azonban az alacsony termelékenység, melynek kiküszöbölésére mára számos innovatív megoldás született. Ezek közös tulajdonsága, hogy az egy időben képződő szálak számát növelik. Kutatása során a cseppek elrendezést tervezte meg és készítette el, melyen a működést és szálképzést befolyásoló paramétereket vizsgálta. A berendezés hatékonyságának növelése érdekében több elrendezést tesztelt mérések és modell segítségével, keresve az optimális beállításokat, mellyel megfelelő minőségű szálak képezhetőek. A kutatásom célja, hogy egy olyan egyszerű alapanyagokból készült, gazdaságos működtetésű szálképző berendezést hozzak létre, ami alkalmas adott területet lefedő nanoszálak képzésére.

7.1. szekció

Ipari energiahatékonyság II.

Levezető elnök: Hunyadi Sándor, műszaki igazgató

Szekciótitkár: Bangó Zsófia, ESZK

Polgári Beáta, BME Smart Power Laboratórium

Lehetőségek a szűkös hálózati csatlakozási kapacitások piaci értékesítésére

A kapacitásaukcio során felmerülnek különböző igények regulátor, hálózati engedélyes és projektfelelős szemszögéből is. A jelenlegi kapacitásszámítás során nem teljesül minden feltétel: elsősorban az EU direktívák, üzembiztonsági garancia, hálózati korlátok teljesülésére és az állandó hozzáférést biztosító kapacitásjogra kell összpontosítani, valamint arra, hogy a rendszerszintű kiegyenlítő kapacitás szempontjából se lépjük át a csatlakozást. Polgári Beáta előadása során bemutatta a jelenlegi hazai kapacitás aukciós módszertan alapját, amely egy közös TSO-DSO hálózatmodell, melyben a csomópontokra meghatározzák a csatlakoztatható új kapacitás limitet. A kutatásának fő célja, fő kérdése, hogy lazítható-e ez a módszertan, lehet-e még találni kapacitást a hálózaton. Ez kihívást jelent, ugyanis csomóponti korlátok vannak, és a kiegyenlítő szabályozási képesség is korlátozott. Szinte az a kapacitás sem szabad, amit már kiosztottak. Az előadó bemutatta az erre készített modellváltozatokat, melyek abban térnek el a rendszerirányító modelltől, hogy nem csomópontokra van meghatározva a korlát, hanem az áramlás alapú flow-based módszertant alkalmazza, tehát a másnapi villamosenergia-piac algoritmusát. Emellett felmerült, hogy mennyire reálisak a lehetséges üzemállapotok esetén felvett koordinált aukciók. A futtatásnál minden erőműnek maximális teljesítményt feltételeztek, illetve csak bizonyos üzemállapotokra vizsgálták. Minden üzemállapot figyelembevételkor csökken a kapacitás, ennek oka, hogy a MAVIR sem vesz figyelembe mindent. A modellt ennek megfelelően próbálták megbecsülni. A konklúzió, hogy a szűkös szabályozási korlátok lazíthatóak, csak számos szempontot kell figyelembe venni.

Rónai-Horst Kira, MVM Zrt.

Energetikai beruházások piaci és államilag támogatott finanszírozása

Az előadó egy rövid áttekintéssel kezdte a prezentációját az általános hitelezésről. Az új szerződések volumene mérsékelődött, a hitelállomány bővülésének üteme lassult, a kamatlábak növekedtek az elmúlt időszakban. Az elérhető finanszírozási konstrukciókra az előadó három javaslatot tett. Az első opció az MVM ESCO vs. a hagyományos finanszírozás. Az ESCO-val minden teendő, a tervezéstől a kivitelezésen át az üzemeltetésig, egy hatáskörbe kerül. Teljes körű szolgáltatás, nincs vele sok egyéb teendő, emellett azonnali megtakarítást jelent, forint alapú és a teljes szerződés alatt fix. A finanszírozást az előadó egy diagramon szemléltette. Az állami hitelprogramok jellemző célközönségei a mikro- és kisvállalkozások, valamint a Baross Gábor Hitelprogram esetében a nagyobb KKV-k és nagyvállalatok, ezek bemutatásával folytatódott az előadás. Ezt követően kitekintettünk a piaci kamatozású hitelekre, ezeket a vállalkozások kevésbé részesítik előnyben. Bizonyos esetekben azonban ezzel célszerű élni. Az előadás végén az előadó bemutatta a finanszírozási jövőképet 2023-ra: a kormányzat nagy volumenű programokat hirdetett meg az orosz-ukrán háború és az energiasokk hatásainak enyhítésére, a vállalkozások forrás ellátottságának biztosítása érdekében.

Sörös Péter Márk, üzletfejlesztési osztályvezető – MVM Zrt.

Energiamegtakarítási lehetőségek a statisztika és a tények tükrében – prompt megoldások, intézkedések a földgázfelhasználás csökkentésére

2030-ig keresünk 4 milliárd köbméter földgázt a hazai ellátásban úgy, hogy az elmúlt hónapok megtanítottak arra, hogy ne használjunk gázt. Az előadó azt vizsgálta, hogy hol van ebben potenciál, mivel lehet kiváltani ezt a mennyiségű földgázfelhasználást. Az európai energiapiacra folytatódik a tökéletes vihar, beragadtak a magas árszintek. A tagállamok különböző kormányzati lépéseket tettek, ezeket az MVM folyamatosan monitorozza. Látszik, hogy nincsen teljesen jó megoldás. Az előadó bemutatta, hogy földgázkereslet 2022. augusztus óta 25%-kal kevesebb, majd áttekintette a földgázkeresleti előrejelzéseket. A 2/3-os gázigény csökkentést a lakossági szegmens adja, 2050-re ez a cél. A fogyasztást hőszivattyúkra, villamos alapú energiatermelésre tervezik cserélni. Ehhez különböző programok, uniós források és energiahatékonysági intézkedések állnak rendelkezésre, melyeket az előadás végén áttekintettünk.

Dr. Bíró Imre, ügyvezető – Protamin Kft., BKIK Tanácsadói Tagozat Elnökségi tag

Ingyenes energiaköltség-csökkentés cégeknek

Az energetikai tanácsadás során felmerülnek bonyolult szakkifejezések, amelyek alapján laikusként nehéz dönteni, hogy mikor, hogyan és mire figyeljünk. A tanácsadáshoz komplex megközelítés, felmérés, tervezés kell, a projekteket alaposan elő kell készíteni. Fontos, hogy a cégnek mi a legjobb, valamint a finanszírozás és a megtérülés. Erre hozott konkrét példákat az előadó, melyeken keresztül bemutatta, hogy a megoldások nem bonyolultak, csupán a megfelelő szakértelemre van szükség. Minden helyzetre létezik megoldás, az energetikai fejlesztések piaci alapon térülnek meg. A pénzügyi források megszerzésében is lehet segítséget igényelni.

Nagy László, Schöffner András, Szita Ádám, IPSOL Rendszerház Zrt.

Mentsük meg a Földet! (avagy az IPSOL az energiahatékonyság szolgálatában)

Az előadás bemutatta, hogy a környezettudatos társaságok és karbonmentes cégek klímasemleges törekvései is járnak káros hatásokkal. A CO₂ megtakarítás valójában a töredéke annak, amit el lehetne érni. A megújulók, a villanyautók, a hidrogén üzemanyag mind jó gondolatok, azonban megvan a maguk árnyoldala, ami miatt nem nevezhetőek teljesen fenntartható megoldásnak. Az előadás bemutatta a jelenlegi beépített erőművi kapacitást, amely 10.000 MW, ennek jelentős része földgáz, kőolaj vagy szén. Az irány jó, viszont fenntartásokkal kell kezelni, kellően átgondolt jogszabályi keretre van szükség, amit aztán harmóniába kell hozni az elvárásainkkal.

7.2 szekció

ISO 50001 Workshop – Játékos helyzetgyakorlat, valós feladat megoldása és workshop

Workshop vezetőik: Czinege Zoltán és Ladosinszki István

Titkár: Juhász Kristóf Péter, ESZK

Czinege Zoltán és Ladosinszki István játékos workshopot tartott, amely alatt a négy résztvevő 4 fős csapat interaktív és valós feladatokat oldottak meg az ISO 50001 fényében. A workshop Czinege Zoltán nyitó beszédével indult. Zoltán köszöntötte a résztvevőket, és megkérte őket, hogy lelkesen és aktívan oldják meg a feladatokat a minél jobb élmény miatt. Az első feladat egy 18 perces kihívás volt, amely a pillécukor torony elnevezést kapta. Minden versenyző

csapat kapott egy egy csomagot, amelyek a következő elemeket tartalmazta: 1 db 1 méter hosszúságú zsinag, 20 db spagetti tészta, 1 db 1 méteres ragasztószalag és 1 db pillecukor. A feladata az volt a csapatoknak, hogy építsék meg a lehető legmagasabb tornyot azzal a kikötéssel, hogy a torony tetején a pillecukornak kell lennie. A 18 perc leteltével sajnos csak egy csapat volt képes olyan „tornyot” építeni, amely meg is állt, ez 60 cm magassággal rendelkezett. Az eredmények elbírálása után Ladosinszki István kérdéseket tett fel a csapatoknak arról, hogy hogy történt a munkafelosztás? Voltak-e kitüntetett szerepek a csoportokban? Összességében elmondható az, hogy a fiatalabb csapatoknál teljes demokrácia volt tapasztalható, nem voltak lebontva a feladatok. Az öregebb csapatoknál a hierarchia és a feladatosztás már jobban megjelent, azonban ez nem befolyásolta a végső eredményt. Ezt követően Ladosinszki István azt kérdezte a csapatoktól, hogy mi volt a nehézség az építésben. Több csapat is jelezte azt, hogy az, hogy több eszköz volt, mint amire szükség van hátráltatta őket, ugyanis mindenki fel akart használni mindent. A könnyed beszélgetést követően a téma átváltott arra, hogy mindennek mi köze van az ISO 50001-hez. Czinege Zoltán felvázolta azt, hogy a játékban elkövetett hibákat ugyanúgy elkövetik az életben is az ipari szereplők. Az tapasztalható a jelenlegi auditor szektorban, hogy a Plan Do Check Act munka körfolyamatból egyből a Do-val akarnak kezdeni, nincs elég idő szánva a tervezési fázisra. Ez a versenyző csapatoknál is tapasztalható volt. Megfigyelhető napjainkban az is, hogy nem a célból vezetjük le a cselekvést, hanem elsőként a cselekvéseket akarjuk meghatározni, hogy elérjük a célt. Czinege Zoltán kiemelte még a csapatmunka fontosságát, amely szintén kevésbé volt tapasztalható a csoportokban. Ez a hiány az iparban is megjelenik, azonban a megfelelő kooperáció nélkül nem lehet hatékonyan működni. Nagyon fontos megismerni egymás kompetencia területeit ahhoz, hogy ezt kivitelezni tudjuk. Czinege Zoltán még beszélt a problémakezelési módszerekről, különös tekintettel a gyökérkezelési módszerről, amelynek jelenléte teljesen hiányzik a hazai iparból. Az ISO 50001-es beszélgetést követően Ladosinszki István megkérdezte a csapatokat, hogy szeretnék-e újból megpróbálni a kihívást fele annyi, azaz 9 perces időkorlátal. Mind a négy csapat elfogadta a kihívást, amelyből három csapatnak sikerült is olyan tornyot építenie, amely képes volt megvelelni a kiírásoknak. Mindent összegezve levonhatjuk azt a tanulságot a pillecukor kihívásból, hogy a megfelelő idő szánása a tervezési fázisra, a feladatok megfelelő szétosztása, a magas szintű csapatmunka és a probléma alapos elemzése a kezdeti 25%-os sikerrátát 75%-ossá tudta emelni. Ezen szignifikáns hatások javulás ugyan úgy meg tud jelenni az életben is csupán a gondolkodásmódunk változtatásával.

7.3. Szekció

Tehetséges fiatalok az energetikában – II.

Levezető elnök: László Tamás, energetikai szakértő

Szekciótitkár: Székely László, ESZK

Ilyés Botond, Soós Viktória, Papp Dániel, energetikai mérnök hallgatók – ESZK

A napelemes termelési és villamosenergia-fogyasztási profilok vizsgálata a bruttó elszámolás figyelembevételével

A három előadó a kutatás során a 2024. január 1-től bevezetésre kerülő bruttó elszámolás hatását vizsgálták különböző méretű napelemes rendszerekre eltérő villamosenergia-fogyasztási profilok

mellett. Tekintve, hogy a bruttó elszámolás szabályozási háttere még nincs kidolgozva, ezért eltérő átvételi áramárakat határozták meg és ezekre érzékenységi vizsgálatot végeztek. Három különböző fogyasztási profil elemzése került bemutatásra. Egy a hétköznapiak során viszonylag konstans jellegű reggeli csúcs nélküli és minimalizált csúccsal rendelkezőt, egy az átlagosnak megfelelő, két napközbeni fogyasztási csúccsal bíró, valamint egy a hétköznapiak során alacsonyabb, a hétvégék és esték során magasabb és időben jobban eltolódó fogyasztást mutatót. A bruttó elszámolásnál lényeges szempont, hogy a fogyasztás és a termelés időben mennyire van eltolva egymáshoz képest, mivel itt a fel nem használt energiával, tároló kapacitás hiányában azonnal kereskedtek. Az elemzésük fókuszát főként a gazdasági szempontokra helyeződött, azaz, hogy az egyes esetekhez megtérülési idő és a tervezett rendszerélettartam végén kialakuló nettó jelenérték szempontjából megtalálják az ideális alternatívát.

Papik Ákos, energetikai mérnök BSc – ESZK

Háztartási méretű kiserőművek megtérülésének vizsgálata hőszivattyúval és akkumulátorral

A villamosenergia-árak dinamikus növekedése a háztartási méretű kiserőművek gyors terjedését idézte elő. Az elosztói engedélyesek sokszoros igénybejelentésről számoltak be. Mindezt a gyors terjedést a hálózat a jelenlegi állapotában nem tudja befogadni. A napközben el nem használt villamos energia közcélú hálózatra történő visszatáplálása a transzformátorok esetleges túlterhelődését és a feszültségint jelentős megemelkedését jelentené az inverterek szabályozása esetén is. A helyzetet fokozza az is, hogy a jelenlegi törvények szerint a szaldós elszámolás kivezetésre kerül, így ezzel kevésbé gazdaságossá téve a napelemes rendszerek háztartási méretben történő alkalmazását. Azoknak a háztartásoknak, akik most szeretnének beruházni napelemes rendszerre, nem lesz lehetőségük visszatáplálni a hálózatra. A fent említetteket figyelembe véve mind műszakilag, mind gazdaságilag a legmegfelelőbb megoldás az akkumulátoros rendszerek telepítése lenne. Több lehetséges esetet és valós rendszer méretet figyelembe véve a megtérülési idő jelentősen megnő, azonban a teljes élettartamot tekintve a telepített rendszer a kedvezőtlenebb esetekben is megtérül a számítások alapján.

Markovics Dávid, energetikai mérnök MSc hallgató – ESZK

Villamosenergia-rendszer frekvenciaszabályozásának fejlesztése gépi tanulással

A globális és EU-s energia-, illetve klímapolitikával összhangban Magyarországon 2010 óta összesen több, mint 3,6 GW beépített teljesítmőképességű napelemes erőmű épült, kétharmada ipari, egyharmada pedig háztartási méretű kiserőmű (HMKE). Ez immáron a villamosenergia-rendszer zsinór terhelésének 90%-át megközelítő érték, amely időjárásfüggő tulajdonsága által a rendszer kiegyenlítőenergia szabályozására is jelentős hatással bír. Az előadás témája a frekvencia visszaállító szabályozás kihívásainak és fejlesztési lehetőségeinek bemutatása, különös figyelmet fordítva az időjárásfüggő megújuló okozta hatások ismertetésére, értelmezésre. A kapcsolódó kutatás célja a villamosenergia-rendszer terhelésének és minél több sztochasztikus elemének a lehető legpontosabb becslése, amely aztán felhasználásra kerülhet forrástervezés és a rendszerirányító által alkalmazott proaktív mFRR szabályozás előre jelző moduljában. Utóbbi lényegi célja a növekvő szabályozási igények kielégítése a meglévő eszközök jobb

menedzsmentjével, illetőleg a szűkös aFRR tartalékkapacitások tehermentesítése.

Keöves András, energetikai mérnök BSc hallgató – ESZK

A DC microgriddek elterjedésének korlátjai

Napjaink energiapiaci helyzete és a jelenlegi energiastratégiai célkitűzések a napelemes rendszerek dinamikus terjedését eredményezte. Ezeknek a háztartási méretű kiserőműveknek (továbbiakban HMKE) a villamos energia betáplálása a fogyasztóhoz közel, elosztva történik, ezzel időszakosan előidézve egy, az elosztóhálózaton eddig nem megszokott, fordított irányú teljesítményáramlást és esetleges feszültség szint változást. András kutatása során a Gellérthegy – Lágymányos 0,4 kV-os elosztóhálózaton szimulálta a napelemes termelés visszahatását, ugyanis az elosztott, időjárásfüggő HMKE-s termelés komplex műszaki feladatot helyez a hálózatüzemeltetők vállára. A feszültség szintből és a teljesítményáramlásból származó szabályozási problémákat az eddiektől eltérő, innovatív fejlesztésekkel lehet megoldani. Ilyen jellegű fejlesztés lehet a terhelés alatt változtatható áttételű transzformátor (OLTC), a vonali feszültség szabályzó (IVR), a statikus meddőkompenzátor (SVC), az inverterrel felszerelt elosztott termelők és energiatárolók, vagy összefoglaló nevükön az okos hálózati eszközök.

Tanulmányukban ezen eszközök hálózatra gyakorolt hatásait vizsgálták. Először azzal kezdték a vizsgálatot, hogy meghatározták a jelenlegi fotovoltaiikus kapacitás a különböző inverteres szabályozási módszerek hatásait a feszültség szintre és az esetlegesen fellépő problémák enyhítését. Előadásuk következő részében, a jelenlegi trendeket alapul véve bemutatták ugyanazon a modellen egy lényegesen nagyobb napelemes penetrációt és elemezték a változókat, ugyanazokkal a hálózatszabályzó smart eszközökkel. Megfelelő konklúzió levonása után megpróbálták megbecsülni ezek gazdasági megtérülését. Azt a következtetés lett levonva, hogy a feszültség szintet az IVR megfelelő tartományon belül tartja, a tározó pedig jó tartalékként szolgál.

Kocsis Kende, energetikai mérnök hallgató – ESZK

A HUHA 2 hulladékhasznosító mű létesítésének gazdasági értékelése Budapest távhőellátásában

Világszerte éves szinten 1,3 trillió tonna települési szilárd hulladék termelődik, amely fejenként 180 kg/évet jelent. Feltételezhetően 2025-ig ez 2,2 trillió tonnára fog emelkedni. A fejlett országokban, mint az Európai Unió országaiban és az USA-ban ez az érték jelentősen magasabb. Az EU szabályozási rendszerének megfelelően a leghatékonyabb hulladékkezelési módszerek a megelőzés, az újrahasznosítás és az energetikai hasznosítás. A legrosszabb megoldás a települési szilárd hulladék depókban történő lerakása helyigény, az esztétikai és környezetkárosító hatások, illetve a bomlás során keletkező, nem hasznosított metán atmoszférába történő kiengedése miatt. A metán GWP értéke huszonötszörös a CO₂ GWP értékének, amely így a globális felmelegedés szempontjából is jelentősen nagyobb problémát jelent. A környezetkárosító hatások figyelembevétele mellett az elmúlt időszakban az európai államok számára fokozottan fontos lett az energetikai függőség csökkentése az orosz-ukrán háború miatt, amely komoly piaci gáz áremelkedéseket vont maga után és ellátásbiztonsági problémákat vetett fel. Ezen szempontok szerint a jelen tanulmány keretein belül egy második budapesti hulladékégető erőmű létesítésének gazdasági elemzését végezte el az előadó a nemzetközi gázárak alakulásának figyelembevételével.

Békési Bálint, energetikai mérnök BSc hallgató – ESZK

A napelemes rendszerek termelésének előrejelzése

Az elmúlt évtizedben nagyon gyorsan terjedtek el a napelemek, mint háztartási méretű kiserőművek (HMKE). Időjárás függésük miatt a termelésük nem tervezhető úgy, mint a konvencionális erőműveké. Mivel a villamosenergia-rendszerbe táplálnak be, így fontos tudnunk mikor mekkora teljesítményt adnak le. Ezt csak becsléni tudjuk különböző módszerek segítségével. Bálint az előadásában kitér ezen módszerek, modellek alkalmazására, emellett bemutatta a MAVIR-nál futó HMKE PV előrejelzés fejlesztésre irányuló projekteket, illetve a néhány órára előre tekintő becslés folyamatát.

Leveles Péter, energetikai mérnök BSc hallgató – ESZK

Hőtároló modulokkal történő hulladék hő hasznosítás vizsgálata

Számos ipari telephelyen keletkezik a folyamatok melléktermékeként hasznosulatlan hulladék hő, amelyek kiaknázása jelentős potenciálokat rejthet magában a jövőre nézve. A magas energiaárak és a hőellátás kritikus helyzete miatt az eddig nem gazdaságos hasznosítási formák jelentősége felértékelődött, így számos hulladék hő hasznosítási technológia került előtérbe, amelyeknek az alkalmazása mindenképpen releváns lehet ellátásbiztonsági és gazdasági szempontból is. Az előadásban a fontosabb hulladék hő hasznosítási technológiákról, valamint az előadó azok jelentőségéről beszélt a jelenlegi energetikai helyzetben, ezen belül is kiemelt szerepet szentelve a moduláris hőtároló egységeknek, amelyek mobilis hőellátási pontokként lehetnek jelen a jövő energetikai rendszerében.

Apor Veronika, energetikai mérnök BSc hallgató – ESZK

Adaptív frekvenciafüggő terheléskorlátozás a csökkenő inerciájú villamosenergia-rendszerben

Köztudott, hogy Magyarország geotermikus potenciálja nagy, viszonylag magas geotermikus gradiensnek köszönhetően. A geotermikus energia felé való nyitást jól szimbolizálja a magyar kormány 2022. októberi kijelentése a geotermikus támogatása kapcsán. Az előadásban bemutatásra került a geotermikus energiából villamos energiát előállító technológiák, és az előadó összegezte azok műszaki specifikációit, termeléshez szükséges feltételeket. Ezt követően alaposan bemutatta Magyarország geotermikus potenciálját, hogy melyek azok a technológiák, amelyek alkalmazására lehetőség van, illetve ezeket a technológiákat mekkora mértékben lehet kihasználni potenciálisan a jelenlegi műszaki-gazdasági adottságoknak megfelelően. Végül áttekintette, hogy melyek azok az egyéb peremfeltételek, amelyek mentén ténylegesen is lehetőség van ezt a potenciált kihasználni.

Jegyezze be naptárába:

KLENEN '24

2024. március 6-7.

Jelentkezés előadásokkal és termékbemutatókkal a

***klenen@congress.hu* címre**

Határidő: 2023. október 15.

További információ a www.klenen.eu honlapon

Geotermikus hőforrás egyidejű használata villamosenergia-termelésre és távhőszolgáltatásra¹

Gianone János

energetikus MSc hallgató, gianone.janos@eszk.org

Imre Attila

egyetemi tanár, imreattila@energia.bme.hu

A kutatási terület a geotermikus rendszerek tanulmányozása köré épül, különös tekintettel a villamos energia és a távfűtés párhuzamos termelésére. A villamosenergia-termelés lehetőséget kínál a magas üzemkihasználtságra az alacsony hőigényű időszakokban. Mindkét termelési típusra optimalizált, elosztott termelési pontokból álló rendszer kerül bemutatásra.

*

The research topic is built around the study of geothermal systems, with a focus on the parallel production of electricity and district heating. Electricity generation offers the possibility of high plant utilisation during periods of low heat demand. A system of distributed generation points optimised for both types of production will be presented.

Napjainkban a fenntarthatóság kiemelkedően fontos társadalmi és szakpolitikai elvárás, mely az energiaszektor elé komoly kihívásokat állít a villamosenergia-termelésben. Cél a fenntartható energiatermelés oly módja, ahol a termelés kiszámítható, az ellátás állandó és a kibocsátás minimális, valamint előnyös, ha a termelés elosztott. Magyarországon a geotermikus energia kedvező adottságú energiaforrásnak számít a fent felsoroltak alapján, éppen ezért logikus bevonni a villamosenergia-termelésbe. Ugyanakkor a természetes hőforrást elsődlegesen hőigények kielégítésére célszerű és hatékonyabb használni, amennyiben arra van igény. A villamosenergiát szerves Rankine-cikluson (ORC) alapuló berendezéssel lehet megtermelni, mivel a hagyományos villamosenergia-termelésre alkalmatlan a geotermikus hő a közeg alacsony entalpiája miatt. Az elsődleges tervek alapján számos ilyen berendezést lehetne összekapcsolni, melyek egyben távhőrendszerként is tudnának üzemelni amellet, hogy saját villamos igényükkel párhuzamosan más fogyasztókat is képesek kiszolgálni. Az ily módon megalkotni kívánt rendszer más-más tulajdonsággal rendelkező kutakat tartalmazhat, ami miatt célszerű egy olyan környezet kialakítása, mely a bemeneti paraméterek alapján képes az egyes telephelyekre tervezendő erőművek sajátosságait megbecsülni. Az elemzés kifejezetten Magyarországra vonatkozik, ahol a területi vizsgálatok földtani adatokon, vagyis a termásvíz elérhetőségén, valamint a fogyasztási igényeken alapszanak. Fontos a hő és villamosenergia termelés arányának meghatározása optimumkereséssel, mely az egyes rendszercsoportok esetében eltérően alakulhat. A vizsgálat, valamint számítási módszer elkészítésének célja új geotermikus erőmű telepítésének előkészítése, mely távhőt és villamosenergiát szolgáltat párhuzamosan üzemben.

A hőforrás hasznosításának lehetőségei

Villamosenergia-termelés – szerves Rankine-ciklus technológiai bemutatása

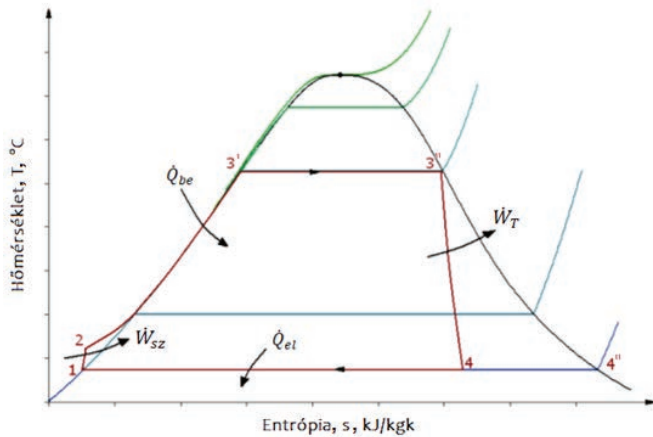
A szerves Rankine-körfolyamat (ORC) egy páratlan műszaki megoldás az alacsony és közepes (50–340 °C) hőmérsékletű, korlátozott kapacitású hőforrásokból történő villamos energia előállítására. Ezen alacsony hőmérsékletű és entalpiájú hőforrásokból szerves Rankine-cikluson alapuló erőművekkel lehet átalakítani a hőt villamos energiává. A hő forrása eltérő lehet: előfordulhat geotermikus kútból származó termásvíz, napenergiából származó hő, valamiféle hővisszanyerés alapú hő, akár biomassza, de még hulladék hő is. Ezen hőforrásokat ideális esetben alacsony hőmérsékletű hőt igénylő folyamatokhoz, akár az iparban, de legelterjedtebben távhőként vagy hévizes fürdőkben használják fel. Azonban gyakran az igények nem helyben jelentkeznek vagy a helyi igények kiszolgálásánál jóval nagyobb mennyiségű potenciál áll rendelkezésre. Ez esetben a hőforrást, célszerű úgy átalakítani és olyan terméket létrehozni belőle, amit aztán máshol is fel lehet használni. Energiaátalakítás során a hőből először valamilyen hőerőgéppel mechanikai energiát, majd abból generátorral villamos energiát állítanak elő, aminek szállításához és kereskedéséhez létező infrastruktúra és piac áll rendelkezésre. Jellemzően a hőforrás minőségileg nem ad lehetőséget a klasszikus Rankine-ciklus használatára, vagyis a geotermikus (vagy más) hő hőmérséklete nem éri el azt a kritikus hőmérsékletet, amivel a célszerű lenne a tradicionális körfolyamatot alkalmazni. Így kerül előtérbe az ORC rendszer, melyben a hagyományos víz-gőz munkaközeg helyett olyan szerves anyagot használnak, melynek forráspontja a víz forráspontja alatt található.

Az ORC technológia felépítése

A szerves Rankine-körfolyamat termodinamikai értelemben gyakorlatilag egyenértékű a Rankine-körfolyamattal, vagyis az adiabatikus kompresszió (1-2) után izobár hőbevezetés (2-3), majd adiabatikus expanzió (3-4) és végül izobár hőelvonás (4-1) történik (1.ábra). Emiatt a berendezés főbb építő elemei sokban hasonlítanak a hagyományos gőzkörfolyamatok berendezéseire. Ugyanakkor túlhevítő nem található meg ezen rendszerekben, valamint a turbinán sincsen megcsapolás. Az utóbbinak az az oka, hogy a munkaközeg jellegéből adódóan nincsen szükség a fajlagos gőztartalom csökkentésére általában, így a teljes tömegáram keresztülráamlék a turbinán, amit ebben az esetben jellemzően expandernek hívunk. Ugyanakkor előmelegítő ebben az esetben is gyakran előfordul, amit gyakran belső hőcserélő beépítésével oldanak meg. A belső hőcserélő a kondenzátor előtt helyezkedik el és akkor alkalmazható, ha az expanzió a száraz (gáz) mezőben ér véget. Ekkor az

¹ A cikk a KLENNEN '23 konferencián elhangzott előadás alapján készült.

izobár hűtést a telített gőz fázist egy olyan hőcserélővel oldják meg, ami a kompresszor (szivattyú) utáni előmelegítést végzi, ez a belső hőcserélő.



1. ábra. ORC körfolyamat T-s diagrammja [1]

Az ORC berendezések „kazánja” egy köpenyes hőcserélő, ennek feladata a hőforrás hőjének közlése közvetett módon a munkaközeg felé. A frissgőz mindig telített gőz fázisú. A hőcserélő után az expander van kötve, melyen a munkaközeg expandál, létrejön a tengelyteljesítmény, amivel a generátort meg lehet forgatni, és ezen keresztül áramot lehet termelni. Ezután a közeget a kondenzátorba kell vezetni, ahol a szerves munkaközeg a hőelvonás hatására cseppfolyós fázisba kerül. A legutolsó, alapvetően szükséges eleme egy ORC-nek a szivattyú, melynek feladata a nyomásnövelés, kondenzációs nyomásról a hőbevezetés nyomására. Ezek mellett egy ilyen rendszert is számtalan kiegészítéssel, szükség esetén belső hőcserélővel, különböző kapcsolásokkal, biztonsági és a különböző üzemvitel szempontjából fontos berendezéssel lehet felszerelni (2. ábra).

A geotermikus alapú áramtermelés egyéb berendezései

A szerves Rankine-ciklus két különböző hőmérsékletű közeg alkalmazásával képes áramot termelni, de a villamosenergia előállításához további rendszerek elhelyezése is szükségszerű. Ezen rendszereket két részre lehet bontani, egyrészt a hőforrás oldali – vagyis a geotermikus kútra közvetlen épített – rendszer, másrészt pedig a hűtőkör. Ezen felül természetesen a villamos alrendszer, valamint a szabályozási és biztonsági rendszerek.

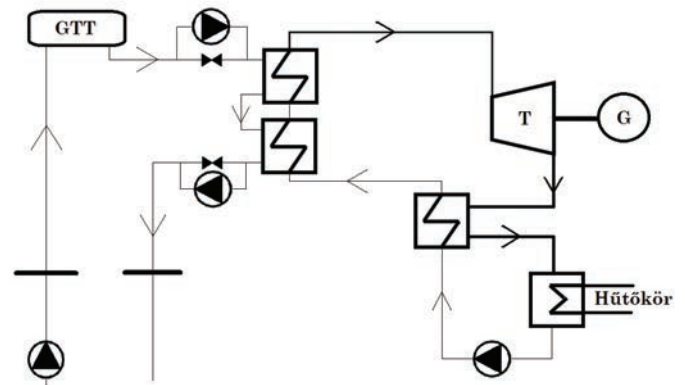
A geotermikus kút vizét kitermelő szivattyú az egyik, ha nem a legfigyelemre méltóbb berendezés mindenféle geotermikus rendszerben. A szivattyút nyomásnövelése hozza a felszínre a hasznosítandó termásvizet, ugyanakkor ez a víz nem tiszta: szennyeződések, gázok találhatók meg benne, ami a berendezést igénybe veszi. Emiatt nagyon fontos megfelelő minőségű szivattyút elhelyezni, hogy az élettartam ne csökkenjen. A szivattyú jellemzően 5-10 éves élettartammal rendelkezik, de a közegetől és a használat módjától nagyon függ a tönkremenetele. Egy-egy geotermikus rendszerben ezen (búvár)szivattyúkat a teljes élettartam alatt többször is cserélni kell. Azért is fontos megfelelően megválasztani ezt a szivattyút, mert jelentős áramfelvétellel rendelkezik, így nagyon fontos a megfelelő munkapontban jártni, így ezzel rengeteg energiát megspórolni az évek során.

A víz felszínre hozása után a szennyeződések el kell választani, a gázokat le kell választani. Ezen lépés során ügyelni kell, hogy

a leválasztott – sokszor üvegházhatású, illetve szennyező hatású – anyagok ne jussanak ki a környezetbe. Miután a gáztalanítás megtörtént, már be lehet vezetni a közeget a hőcserélőkbe, ahol immár jó hatékonysággal adható le a hő. A visszasajtolás szintén szivattyúval történik az eredeti kúttól megfelelő távolságra (akár több kilométerre is, de jellemzően 1-2 km elegendő távolság).

A hűtőkör – ahogy a hagyományos erőműveknél, úgy itt is – lehet frissvíz- vagy levegőhűtésű, de akár ezek kombinációja is. A hűtési rendszereknél figyelni kell a környezeti paraméterek határértéken tartására, ezért célszerű egy frissvízhűtést is kiegészíteni levegőhűtésű rendszerrel.

A villamos alrendszer alatt a turbina után következő rendszereket értjük, vagyis ide tartozik a generátor és a hálózati kapcsolódáshoz szükséges minden villamos berendezés.



2. ábra. Geotermikus forrásra épült ORC kapcsolása (belső hőcserélővel)

Munkaközeg

Az ORC elvezetésben a szerves jelző a munkaközeg típusára utal, ami ugyanakkor számos kivívást is jelent, mivel a szerves munkaközeg környezetükre gyakorolt hatása gyakran jelentősen eltér a víz-gőz körfolyamatban megszokottaktól. Ezen anyagok telítési görbéjének jellege nemcsak más alakú – amivel majd a munkaközeg kiválasztásánál lesz részletesen szó –, de ami lehetővé teszi az alacsony hőforrás használatát, az az alacsony elpárolgási hőmérséklet. Ez egy relatív fogalom, hiszen adott nyomáshoz tartozik egy adott szaturációs hőmérséklet. Viszont a víz-gőz munkaközeggel fenntarthatatlanul alacsony nyomáson kellene üzemelnie a rendszernek. A szerves közegeknél is figyelni kell ugyanakkor, hogy a kondenzátor nyomása ne legyen túlságosan alacsony.

A szerves folyadékot úgy választják ki, hogy az – a termodinamikai tulajdonságait tekintve – a lehető legjobban illeszkedjen a hőforráshoz, így mind a ciklus, mind az expander hatékonysága javítható. Ezen munkaközegek legtöbbször igen toxikus tulajdonságokkal rendelkeznek, emiatt szigorú szabályok és biztonsági előírások érvényesek használatukra. Ezenkívül figyelembe kell venni azt is, hogy a leszálló ágbeli adiabata vége belép-e a kétfázisú tartományba (száraz, nedves, vagy izentropikus munkaközeg), mert ekkor a nedvesség apró cseppek formájában jelentkezik és könnyedén erodálhatja a turbinalapátokat (csepp-erózió). Az adiabatikus szakaszok a T-s diagrammon különféle képet mutathatnak (3-5. ábra).

Az elmúlt években a Budapesti Műszaki Egyetem néhány kutatója ugyanakkor honosította a munkaközeg új szerű osztályozását, melyben a fázisgörbén elhelyezett karakterisztikus pontok



3. ábra. Különböző típusú közegek expanziója [2]

alapján adhatók meg a munkaközeg típusai. Az eddigi 3 karakterisztikus pontot kiegészítették további 2-vel, így ezen pontok entropiáit sorba téve jóval több fajta közeg állapítható meg. Ezzel a típusú osztályozási rendszerrel – melyet jelen dolgozatban is alkalmaztam – a munkaközeg kiválasztása optimalizálható [3]. Tipikus munkaközegnek számítanak az egyenesláncú alkánok (pl. propán, bután...), valamint a legtöbb hűtőrendszerben alkalmazott közeg is (pl. R134a, R-123) [4]

A moduláris ORC

Manapság egyre több rendszerrel kapcsolatban lehet hallani moduláris egységek építéséről. Nincs ez másként az ORC-nél sem, hiszen ezen rendszerek gyakran kis teljesítmény leadására képesek, így nem mindig lehet a méretgazdaságossággal javítani a beruházás megtérülését. Ezzel szemben létezik, hogy kisebb egységeket egyben gyártanak le, így a gyártás meggyorsítása mellett, az erőmű összeszerelésekor is csak néhány blokkot kell illeszteni a hőforrásra. A kis beruházás hátránya ugyanakkor, hogy sokszor nagyon eltérő igényekkel találkozhatnak a fejlesztők. Ilyen kis egységek találhatók Nagyváradon is, ahol az összteljesítmény 50 kW_{el}, de van tehergépjárműhöz kötött rendszer is.

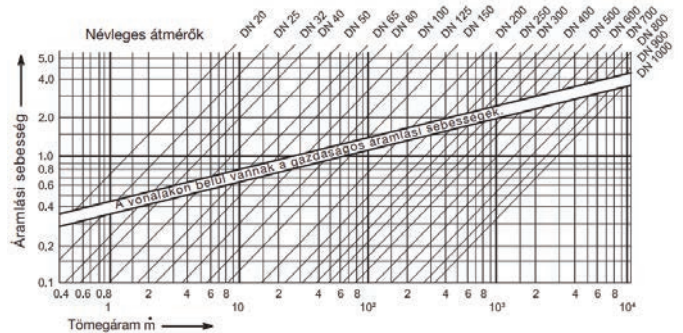
Megvalósult geotermikus projektek

A világ legnagyobb szerves Rankine-ciklusú (ORC) geotermikus erőműve az új-zélandi Ngatamariki, amely 2013 óta működik. A négy párhuzamosan beépített egységet az Ormat gyártotta, és összesen 96 MW elektromos teljesítménnyel rendelkezik. Ugyanakkor jelenleg építés alatt áll az ennél jóval nagyobb beépített teljesítménnyel rendelkező Sarulla, amely Indonéziában található, és ha elkészül, akkor a három egysége összesen 150 MW-ot fog a hálózatra termelni. Ez utóbbi erőművet is a nevadai székhelyű Ormat Technologies Inc. gyártotta, mely nemzetközi cég a világon a legnagyobb geotermikus energiaforrásra épülő ORC berendezéseit tervezi és építi. Ebből világosan látszik, hogy komoly potenciál rejlik a berendezésben, ugyanakkor nem csak hatalmas méretekben, de kisebb egységekben is. Jelenleg Magyarországon mindössze egy ilyen erőmű, a Turai Geotermikus erőmű termel a hálózatra villamos energiát. Ez az egy egység 3,35 MW_{el} beépített villamos teljesítménnyel rendelkezik, de felmerült már az egység bővítése [5], [6].

A hőforrás felhasználása távhőszolgáltatásban, valamint kapcsolt termelés: távhő és villamosenergia párhuzamos szolgáltatása

A geotermikus energia hasznosításának leoptimalisabb módja, amikor a hőt hasznosítják. Ez a hőhasznosítás történhet valamilyen ipari vagy mezőgazdasági folyamatban, hiszen ez esetekben nagy mennyiségű hő szükséges egy helyen. Azonban ahol ilyen alkalmazása nincsen a hőforrásnak, ott a távhőszolgáltatás továbbra is fennmarad, mint opció.

Bevett szokás, hogy geotermikus kutak hőjéhez kapcsolnak különböző technológiákat, de akár szolgáltatásokat is. Ipari folyamatok hőjének biztosítása mellett alkalmas üvegházak fűtésére, de kifejezetten a forrás lokációjához kötődnek például a termálfürdők. Ezek többnyire felemésztik a geotermikus kútból származó víz hőjének nagy részét, de van, hogy kisebb fogyasztói igényeket akarunk kiszolgálni. Ez esetben össze kell szedni a kút környezetében elegendő kifizetőt (intézményt, háztartást), amelyre érdemes a rendszert tervezni. Értelemszerűen, ha van kiépített távhőrendszer, akkor az tekinthető egy nagy fogyasztónak abban az értelemben, hogy nem kell a megvalósítás során a hálózat kiépítésével törődni. Ugyanakkor amennyiben a távhőrendszert ki kell építeni, olyankor a beruházás költsége és így a megtérülés ideje jelentősen eltérhet. Ráadásul meg kell állapítani azt az optimális távolságot, ameddig megéri kiépíteni. Ez gyakorlatilag a kút középpontjától vett távolság, mely meghatározza azt a kört, amelyen belül keresni lehet a fogyasztási igényt. Ha nincsen elegendő igény, akkor érdemes lehet a villamosenergia-termelés arányát növelni. A távhő kiterjesztése



4. ábra. Csőátmérő megállapítása a tömegáram és az áramlási sebesség grafikonja alapján [7]

– viszonylag kicsi volumenben – ugyanis nem számít gazdaságosnak. A veszteségek – csősúrlódás, hőveszteség, extra szivattyú – ugyanis nagyon megnövekednek (4. ábra).

A távhőszolgáltatásban úgy kalkuláltam, hogy bármilyen kútról is beszélünk a várható tömegáram igen alacsony lesz, 10-50 liter per másodperc között ingadozhat a térfogatáram. Alább átlagosan 20 l/s térfogatáramos vízhozammal számoltam. A kalkulációt szabvány szerint végeztem, az Isoplus katalógusa alapján. A 20 l/s-hoz rövid számolás után és a méretezési táblázat segítségével a KR50 típus lett kiválasztva csővezetéknek, így konkrét típusadatokkal lehet tovább haladni. Valószínűsíthető, ha nem is ezt a típust választják ki a megvalósításhoz, akkor is közel azonos paramétereket ad a későbbiekhez, esetleges változtatásokhoz. Ahogy az 5. ábrán is látszódik, a választott csőtípus duplacső, szigeteléssel ellátva, mely a tömegáram és az áramlási sebesség alapján lett kiválasztva.



5. ábra. KR50 csőtípus [7]

A KR50 típusú csővezeték esetében a belső (előremenő) és külső (környezeti) hőmérsékletek, valamint a hővezetési tényezőből kiszámítható, hogy megközelítőleg 20 W/m hőveszteséggel kell számolni, így kilométerenként nem jelentős, mindössze 0,24 °C-os előremenő lehülés várható. Ráadásul ez a minimális lehülés visszahat a hőveszteségre: kis mértékben tovább csökkenti azt is. Ami ugyanakkor kérdéses és befolyásolja a számítást, hogy a távhő milyen mélyen van földbe ásva, ha egyáltalán van erre lehetőség.

Amennyiben nincs beásva, akkor a hőveszteségek jelentősen növekednek, ugyanakkor a beruházás méretét tekintve nem biztos, hogy megtérül a földbe fektetett távhőhálózat.

A mechanikai veszteségeket ugyancsak figyelembe kell venni a csőidomok következtében fellépő csősúrlódás miatt. Ez ugyan valamelyest növeli a hőmérsékletet, de a szivattyúzási munkát is. A csősúrlódás a távolság függésében növekszik, illetve szakaszonként – a hőtágulás miatt – kompenzátorokat kell elhelyezni, amelyek további nyomásesést okoznak. A pontos értéket a csősúrlódás okozta veszteségről, illetve az emiatt bekövetkező nyomásesésről csak konkrét helyszíni tervek alapján, a terep ismeretével lehet nyilatkozni [7].

A villamosenergia-termelés előirányzata

Koncepció

A kutatás céljaként megfogalmazott, és a magyar energiastratégiával összhangban lévő törekvés részeként, alapvetően egy elosztott rendszerű távhőt és villamos energiát egyaránt szolgáltató rendszer tervezése a cél [8]. Alapvető felvetés, hogy a párhuzamosan hőt és villamos energiát termelő rendszert tervezésekor kettő részre lehet elkülöníteni. Jelen fejezet elsősorban a villamos energia termelésre

sére koncentrálna. A távhőellátás bevezetésével ugyanis a kisebb hőteljesítmény a tömegáram csökkenésében jelentkezik. Ennek megfelelően, ahol lehetett, ott fajlagosított értékek kerültek kiszámításra.

A számolás első felét a FluidProp segítségével végeztem, melyben olyan összehasonlító modell elkészítése volt a cél, ahol a különböző lehetőségek paramétereit könnyen lehet egymáshoz viszonyítani. A bemenő, változtatható paraméterek a geotermikus hőforrás hőmérséklete és a hőelvonó közeg hőmérséklete. Első körben a körfolyamat tömegárama, illetve a hőforrás és hőelvonó közeg anyaga nem lett megadva, illetve kalkulálva, mivel alapvetően a termodinamikai folyamat fajlagos paramétereinek meghatározása volt a cél. Ezen adatok a hőcserélőkben végbemenő hőközlési folyamatokat, így a végső teljesítményt befolyásolják. Mindezek meghatározása azonban csak később, a számolás második felében, a Cycle-Tempo programmal készített modellnél kerül elő. Ugyanakkor már e számítás kialakításánál figyelembe lett véve a kompresszor (szivattyú) és a turbina (expander) hatásfoka, melyek a számolást kis mértékben befolyásolják.

A számolásokban a különböző bemeneti paraméterek alapján összesen 4 típusú telephely került meghatározásra, ugyanakkor ezen értékek változtatásával továbbiak létrehozása lehetséges. Minden telephelyen külön kiszámítható a választott munkaközegekre a hőszárhoz szükséges összes paraméter.

A kalkuláció során meghatározott karakterisztikus pontok paramétereinek meghatározása történik első körben. Ezen pontok jellemzően az egyes folyamatok végpontjaihoz, valamint az anyag szaturációs görbéjén jól vizualizálható (8. ábra: bután telítési görbéjére felvett ORC körfolyamat). A (3') pont gyakorlatban a (3) pontnak felel meg, kitévők használatánál csak 3 pontként lesz hivatkozva. A (3') pont a hőbevezetés azon pontja, ahol az izobár vonal metszi a telítési görbe folyadék felét. A (4'') pont valóságban nem feltétlen része a körfolyamatnak (csak akkor, ha az expanzió a kétfázisú részben ér véget), de azt a pontot jelöli, ahonnan a hőelvonás indulna, ha pontosan telített gáz fázisvonalról beszélünk a hőelvonás kiindulásakor.

A karakterisztikus pontok közül ismert fajlagos gőztartalom az (1) és (3') pontokban 0%, a (3'') és a (4'') pontban 100%, míg a (2) pontról azt tudjuk, hogy csak folyadék fázisban van, a (4)-es pont, ha nem esik egybe (4'')-el akkor kétfázisú, vagy túltelített mezőben is lehet a munkaközeg típusától függően.

A hőmérsékleteket a hőelvonás, illetve hőbevezetés esetében a 5 fokos hőfokrést vettem fel alapértelmezetten, vagyis a hűlő és felmelegedő közeg között ekkora a minimális hőmérsékletkülönbség, de ez is egy változtatható paraméter, akár 2 fokos hórégis is lehetne menni megfelelő hőcserélő méretezéssel és választással. Ez alapján a geotermikus forrás hőmérséklete és a hőelvonó közeg hőmérséklete alapján meghatározhatóak a körfolyamat egyes pontjainak a hőmérsékletei a (2)-es és a (4)-es pontok kivételével.

3.2. A körfolyamat sarokpontjainak meghatározása

A számolás első lépéseként azoknak a pontoknak a nyomásértékei kerültek meghatározásra, melyek a telítési görbére esnek. Ezek az (1), (3'), (3'') és (4'') pontok, ahol a nyomás értéke a $p(T,q)$ függvény alapján lett meghatározva, vagyis az izotermák és a fázisgörbe alapján – melyen ismert a fajlagos gőztartalom – a két görbe metszése egyértelműen meghatározza az adott pontot. (2) pont nyomásáról tudni lehet, hogy megegyezik a (3') és a (3'') pontok nyomásával, hiszen a hőbevezetés állandó nyomáson, izobár módon

történik. Természetesen a hőcserélőben minimális nyomásesés lép fel, de az jelen esetben elhanyagolhatóan tekinthető és majd csak a Cycle-Tempoban végzett körfolyamati szimulációnál lesz számításba véve. A (4) pont nyomását a kondenzátorban és a hőcserélőben szintén állandó nyomású hőelvonás alapján vettem fel, tehát eme pont nyomása az (1) és a (4'')-vel egyezik meg.

Az entalpia és entrópia értékei az (1), (3'), (3'') és (4'') pontokra szintén a hőmérsékletből és a fajlagos gőztartalomból lettek kiszámolva. Mivel a kompresszor (szivattyú) és a turbina (expander) hatásfoka figyelembe lett véve, így a (2) és (4) pontok entalpiájához először a reverzibilis pontok entalpiái – $h_{2,iz}$ és $h_{4,iz}$ – a nyomásból és entrópiából a $h(ps)$ függvénnyel lettek meghatározva, hogy aztán a gépek hatásfokával korrigálva kijöjjön a valós (irreverzibilis) pontok entalpiája. Ez az alábbi függvények szerint valósult meg:

$$h_2 = \frac{(h_{2,iz} - h_1)}{\eta_k} + h_1 \quad (5.2.1.)$$

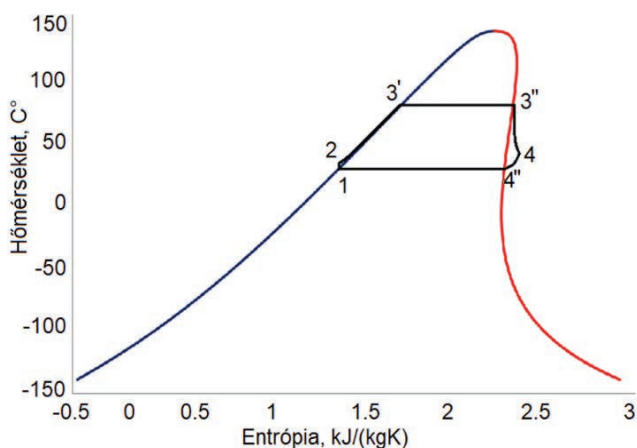
$$h_4 = (h_{4,iz} - h_3) \cdot \eta_T + h_3 \quad (5.2.2.)$$

Miután mindez ki lett számolva – vagyis az (1), (3'), (3'') és (4'') pontokra minden adott, valamint a (2) és (4) pontoknál adott a nyomás és az entalpia – a (2) és (4) pont hőmérsékletét és entrópiáját a nyomásból és az entalpiából ki lehet kalkulálni a $T(ph)$ és $s(ph)$ függvények segítségével.

Minden FluidProp-ban végzett számításhoz a munkaközeg a FreeStanMix-ből lett behívva. A FreeStanMix modell a PRSV állapotegyenletet valósítja meg, amely az egyik legpontosabb köbös állapotegyenlet a nem ideális gázok és folyadékok tulajdonságainak előrejelzésére. A hivatkozott munkaközegeknél különösen jó eredményeket ad a telítettségi tulajdonságok becslésére, továbbá kiemelkedő olyan folyadékok esetében, amelyekre a RefProp nem áll rendelkezésre, mivel a folyadék modellezéséhez csak egyetlen paraméterre van szükség.

Végző soron a (4) pont fajlagos gőztartalma került kiszámításra, az alábbi képlettel:

$$x = (s_4 - s_1) / (s_{4''} - s_1) \quad (5.2.3.)$$



6. ábra. A bután telítési görbéjére felvett ORC körfolyamat

Természetesen ez csakis, akkor értelmezhető, ha a kétfázisú részben ér véget az expanzió. Erre külön vizsgálat került felállításra

számolások során, így, ha az expanzió nem a kétfázisú részben ér véget, azt is megjeleníti a program. Ennek előnye, hogy az adott hőmérsékletpár között a használt munkaközeg típusát jelöli. A munkaközegek újszerű osztályozásával nagy előrelépés történt a közeg optimális kiválasztásához, ezzel ugyanis az adott hőmérséklet-tartományban a használt anyag fázisgörbéjének a karakterisztikáját lehet megjeleníteni. A fázisgörbéhez való közelséget a kétfázisú részben az mutatja meg, mennyire közelít a szám (a fajlagos gőztartalom) a 100%-hoz, míg a gázhalmazállapotban ezt a (4) és a (4'') pontok hőmérsékletének különbsége jelzi. Ez a kétfázisú körfolyamati elemek összeállításánál is fontos lesz, hiszen utóbbi esetben mindenképpen célszerű belső hőcserélőt alkalmazni.

A számolás gyakorlatilag akárhány munkaközegre elvégezhető, a termodinamikai körfolyamat paraméterei és – a munkaközegek újszerű osztályozásának értelmében – az expanzió jellege alapján kiválasztható a megfelelő munkaközeg. A különböző munkaközeg típusokra kiszámolva megfigyelhető, hogy az adott hőmérsékletpár között a bután száraz, míg a propán nedvesítő munkaközegként viselkedik, ezért az első esetben belső hőcserélő beépítése szükséges, míg a másodikkal ez elhagyható, mivel az expanzió a kétfázisú részben ér véget, 95%-os telítettséggel [3].

1. táblázat. Bután energetikai jellemzői

| azonosító | t [°C] | p [bar] | h [kJ/kg] | s [kJ/kg K] | x [-] |
|-----------|--------|---------|-----------|-------------|-------|
| 1 | 35,000 | 3,287 | -349,172 | -1,290 | 0% |
| 2 | 35,477 | 11,368 | -347,646 | -1,290 | – |
| 3' | 85,000 | 11,368 | -209,727 | -0,876 | 0% |
| 3'' | 85,000 | 11,368 | 76,673 | -0,077 | 100% |
| 4 | 50,766 | 3,287 | 35,422 | -0,045 | – |
| 4'' | 35,000 | 3,287 | 6,614 | -0,136 | 100% |

Különböző paraméterek, telepítések és telephelyek megadása

A számítások kialakításánál figyelembe lett véve, hogy az eredeti projekt célja több kisebb termelőegység összekapcsolása. Ugyanis tervben volt, illetve hosszú távon továbbra is tervezik egy nagyjából 100 MW-os virtuális geotermikus erőmű létrehozását. Éppen ezért nagyon fontos, hogy a különböző erőművekre könnyen kiszámíthatók legyenek a várható termelés paraméterei. Ennek köszönhető az is, hogy könnyen lehet változtatni a pontos kialakítás, a kapcsolás, illetve a hőforrás- valamint a környezeti hőmérsékletek változtatásának függvényében a bemeneti paramétereket. Mint korábban említésre került, alapértelmezetten 4 telephely lett pontos paraméterekkel megadva, melyekből különböző összehasonlítások készültek.

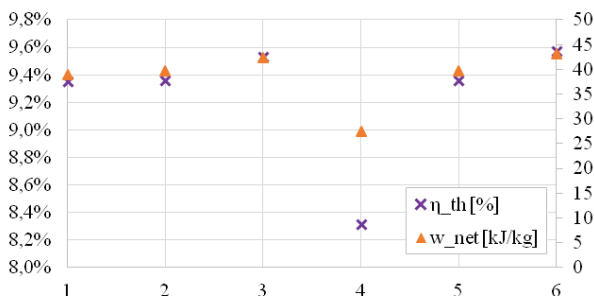
Fontos kiemelni, hogy pontos teljesítmények nem lettek meghatározva ennél a számításnál, mindössze a fajlagos értékek, aminek az az oka, hogy a pontos tömegáram nem csak a telephelyen megtalálható kúton múlik. Eredetileg a tömegáram is bemeneti paraméter lett volna, ugyanakkor azzal, hogy párhuzamos villamosenergia- és távhőszolgáltatást szeretnének fenntartani, így az üzemviteltől függővé vált a tömegáram, tehát az igények kielégítésére lett optimalizálva a termelés, nem pedig a maximális hatásfokra. Ezek miatt a hőségében a fajlagos értékek használata sokkal célravezetőbb. Fontos, hogy minimális villamosenergiaigény mindig van, mivel, ha magas a hőigény, akkor a távhőszolgáltatásban alkalmazott szivattyúk teljesítményfelvétele is magas.

2. táblázat. 3. telephely körfolyamat adatok különböző közegekre

| Közeg | w_p [kJ/kg] | w_T [kJ/kg] | w_{net} [kJ/kg] | q_{be} [kJ/kg] | q_{el} [kJ/kg] | η_{th} [-] |
|-----------|---------------|---------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|
| Izopentán | 1,429 | 47,212 | 45,783 | 431,188 | 385,405 | 10,62% |
| Bután | 2,017 | 48,203 | 46,186 | 436,305 | 390,120 | 10,59% |
| Pentán | 0,767 | 50,505 | 49,738 | 459,890 | 410,152 | 10,82% |
| Propán | 6,514 | 33,174 | 26,661 | 304,865 | 278,204 | 8,75% |
| n-Hexán | 0,318 | 51,128 | 50,810 | 467,242 | 416,432 | 10,87% |

Értelemszerűen az összhatások változni fog a pontos tömegáram függvényében, ezért is nagyon fontos, hogy minél inkább rugalmasa lehessen tenni a szabályozást. A komprimálást végző egységet, a szivattyút, valamint az expandert is úgy kell megválasztani, hogy képes legyen a szabályozást lekövetni.

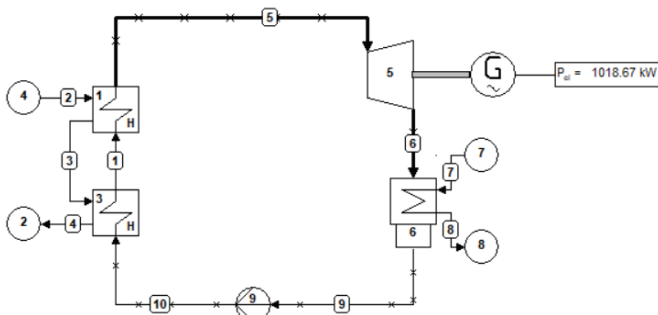
A 2. telephely esetében a különböző munkaközegek használata esetén mutatott várható körfolyamati hatásfok és kinyerhető fajlagos munkát a 7. ábra mutatja.



7. ábra. A 2. telephelyre kiszámított termikus hatásfok és fajlagos munka maximum

A modell összeállítása Cycle-Tempo hőszámító környezetben

A kiszámolt körfolyamati pontok és az azokból levont következtetések alapján a Cycle-Tempo program alapján lehet összeállítani a megfelelő modellt. Bár a FluidProp-ban végzett számolás célja az összehasonlítás, a modellezés során is lehet a többféle összeállítás tulajdonságaiból fakadó eltéréseket vizsgálni. Ugyanakkor nagy könnyebbséget jelent az modellezésben, hogy ismert a termodinamikai körfolyamat sarokpontjainak, valamint a berendezéseknek közel összes paramétere. Ez segíti a pontos berendezések összetételének meghatározását: az expánzió végpontjának helye szerint szükség van-e belső hőcserélőre vagy más kialakítás is jó. Emellett természetesen az értékek pontosabb bemeneti adatainak meghatározásában is segíthet, valamint kiemelten az ellenőrzésben, a hibás számítások feltérképezésében.



8. ábra. ORC propán munkaközeg alkalmazásával a 4. típusú telephelyre

A 8. ábra szerinti modell a 4. telephely paramétereire választott propán munkaközeggel töltött rendszert mutat be. Ez esetben nem szükséges a belső hőcserélő alkalmazása, mivel az expánzió végpontja a kétfázisú mezőben 87%-os fajlagos gőztartalomnál van. A 4. telephelyre jellemző, hogy 60 literes másodpercenként 100 °C fokos termálvizet használ, és a hőelvonás 10 °C-on történik.

A fenti példa ugyan csak egy a szimulált kimenetek közül, de az kiköthető, hogy minden egység beépített villamos teljesítménye ~1 MW_{el} körüli. A távhőrendszer felállításával a tömegáram megoszlik, így az éppen optimális arányú hő- és villamosenergia-termelési pont megtalálása után a tömegáramot kell szabályozni.

Összefoglalás, továbblépési javaslatok

A dolgozat széleskörűen mutatja be a magyarországi geotermikus energiatermelés lehetőségét. Ahhoz, hogy az energiastratégiában megfogalmazott irányokat követni lehessen – már ami a geotermikus energiatermelést illeti – nemcsak a potenciál ismerete szükséges. Ebben a tanulmány olyan irányban igyekszik előre lépni, hogy a további esettanulmányokban használható számítási eljárást dolgozott ki. A széleskörű technológiai elemzés alapvetően a villamos energia termelésére tér ki, a távhőszolgáltatást kevésbé taglalja, ennek, valamint a rendszer kiépítésének költségeit a következő lépésben pontosítani, illetve meghatározni szükséges. A pontos telephelyek meghatározása – a fogyasztói igények figyelembevételével – szakértő csapat kooperációjával történik, így a jelen dolgozat mögött álló projekt remélhetőleg ténylegesen a megvalósulás fázisába kerülhet. A termelés optimalizálása alapvetően a gazdasági környezettől függő, így – amellett, hogy fel kell készülni a várható munkapontokra – logikusabb annak biztosítása, hogy minden helyzetre legyen elképzelés a várható termelés alakulásáról.

Ugyanakkor a dolgozat szempontjából megfogalmazott kiemelkedő fontosságú tényezőket, a villamosenergia termelés módját és a mögötte lévő technológiát lefedte az elemzés, így arra is választ lehet kapni, hogy miért szükséges a termelés meghatározásához több variációval kiszámolni a lehetséges kimeneteket.

Felhasznált irodalom

- [1] Wikipedia. Rankine cycle - https://en.wikipedia.org/wiki/Rankine_cycle.
- [2] Imre Attila R. Energiaátalakítási folyamatok: 3. előadás: Körfolyamatok.
- [3] Imre Attila R., Kustán Réka, Groniewsky Axel, Energies 12 (10): 2028. Thermodynamic Selection of the Optimal Working Fluid for Organic Rankine Cycles (2019).
- [4] C. Liu et al. "The environmental impact of organic Rankine cycle for waste heat recovery through life-cycle assessment," Energy, vol. 56, pp. 144–154, (2013), doi: 10.1016/j.energy.2013.04.045.
- [5] ORC World Map [online]. Elérhető: <https://orc-world-map.org/> Utolsó elérés dátuma: 2022.08.09
- [6] Mannvit. Tura – Geotermikus erőmű [online]. Elérhető: <https://www.mannvit.hu/projektek/tura-geotermikus-eromu/>. Utolsó elérés dátuma: 2022.10.08
- [7] Isoplus. Merev csövek. [online] Elérhető: https://www.isoplus.hu/fileadmin/data/downloads/documents/hungary/manuals/Merev_csovek.pdf. Utolsó elérés dátuma: 2022.10.09
- [8] Innovációs és Technológiai Minisztérium. Nemzeti Energiastratégia 2030, kitekintéssel 2040-ig (2020).

Elektrosztatikus szálképző berendezés készítése és a működést befolyásoló paraméterek vizsgálata¹

Pózmán Réka Alexandra

BSc hallgató, rekapozman@gmail.com

Székely László

PhD hallgató, szekely.laszlo@eszk.org

Cselkó Richárd

egyetemi adjunktus, cselko.richard@vet.bme.hu

Az elektrosztatikus szálképzés, más néven electrospinning egy egyre növekvő népszerűségnek örvendő technológia, melynek segítségével nagyfeszültség hatására ultravékony szálak képezhetők polimer oldatból. A szálképzési technika már az 1900-as évek eleje óta ismert, azonban az utóbbi évtizedekben lett igazán népszerű, amikor a technológiai fejlesztéseket az igényekhez igazítva dolgozták ki és mára az élet egyre több területén találkozhatunk egy-egy berendezés közvetlen használatával, vagy a végtermékeként létrejövő nanoszálak réteg alkalmazásával. A technológia hátránya azonban az alacsony termelékenység, melynek kiküszöbölésére mára számos innovatív megoldás született. Ezek közös tulajdonsága, hogy az egy időben képződő szálak számát, ezzel a lefedett terület méretét növelik.

Kutatásunk során az egy cseppes elrendezést terveztük meg és készítettük el, melyen a működést és a szálképzést befolyásoló paramétereket vizsgáltuk. A berendezés hatékonyságának növelése érdekében több elrendezést teszteltünk mérések és modell segítségével, keresve az optimális beállításokat, mellyel megfelelő minőségű szálak képezhetők. A kutatás célja, hogy egy olyan egyszerű alapanyagokból készült, gazdaságos működtetésű szálképző berendezést hozzunk létre, ami alkalmas adott területet lefedő nanoszálak képzésére.

*

Electrostatic fibre formation, also known as electrospinning, is an increasingly popular technology that uses high voltages to form ultra-thin fibres from polymer solutions. The technique has been known since the early 1900s, but it has only become popular in recent decades as technological developments have been tailored to the needs of the industry and more and more areas of life are now using the direct application of a device or the nanofiber layer as a final product. However, the technology has the disadvantage of low productivity, which has been overcome by several innovative solutions. The common feature is that the number of fibres formed at a time is increased, thus increasing the size of the area covered.

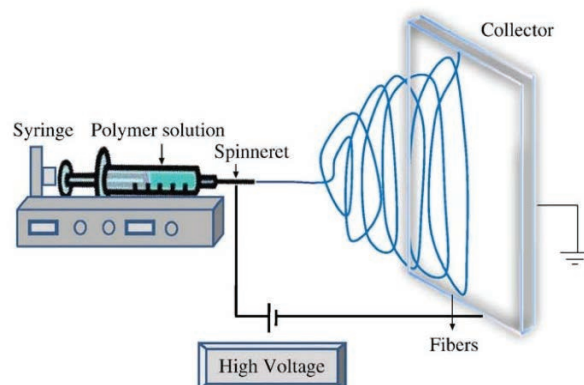
In our research, a single droplet arrangement was designed and fabricated to investigate the parameters influencing its operation and fibre formation. In order to increase the efficiency of the device, several setups were tested using measurements and models, searching for the optimal settings to form fibres of sufficient quality. The aim of this research is to create an economically operated fibre-forming device, using simple materials, that can form nanofibers covering a given area.

Szálképző berendezés működési elve

Bár összetett fizikai folyamatokon alapul, az elektrosztatikus szálképző berendezés eredeti változata egy viszonylag egyszerű elren-

dezéssel megvalósítható, amely három fő részből áll: egy adagoló túból, egy feszültségforrásból és egy gyűjtő elektródból [1]. Az adagoló a tüelektródra van csatlakoztatva, ez biztosítja az oldat eljutását a tű végéhez, ahol a szál kialakul. A feszültségforrás AC vagy DC feszültséggel táplálja az elrendezést, melynek értéke általában 5-30 kV között változik a tű és gyűjtő elektród közötti távolság függvényében [2]. A gyűjtő lemez egy fémből készült elektród, amit földelünk, vagy ellentétes potenciálra kapcsolunk, ennek felületén alakul ki a szálakból álló réteg.

Az elrendezés minden esetben úgy épül fel, hogy a gyűjtő lap és az adagoló tű egymással szemben, kb. 3-15 centiméterre van elhelyezve egymástól. Ezt a távolságot nevezzük a továbbiakban elektród távolságnak. A szálképződés a két elektród között ezen a távolságon történik meg, melynek irányultsága viszont nincs megszabva, függőleges és vízszintes elrendezésben is működik a folyamat [3]. Egy egyszerű, vízszintes elrendezés vázlatát ábrázolja az 1. ábra.



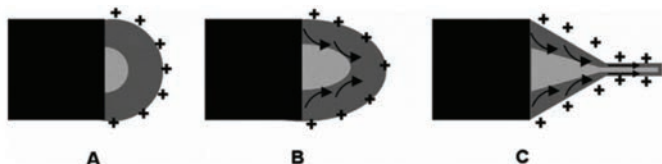
1. ábra. Electrospinning elrendezés vázlatja [4]

A szálképzés folyamata és a keletkező nanoszálak tulajdonságai

A szálképzési folyamat során az elrendezést feszültséggel tápláljuk, miközben az adagoló a beállított térfogatáramú oldatot biztosítja a tű végén. A feszültség hatására a villamos térerősség értéke megnő a tű körül, majd a kritikus értéket elérve az oldat felszínén megjelenő töltések hatására a csepp megnyúlik és kúp formát vesz fel, amit Taylor-kúpnek nevezünk [5]. Kis idő múlva ennek csúcsából egy szál indul ki, ezt a folyamatot 2. ábra szemlélteti.

A folyamat szabad szemmel alig észrevehető, a kialakulás időtartama nagyjából 1 ms [7]. A szál további útja két szakaszra bontható. A kiindulás után egyenesen halad a gyűjtő felé, ezt egyenes szakasznak nevezzük, ekkor még az átmérője viszonylag nagy, valamint az oldószer is nagy koncentrációban van jelen. A térerősség gyorsító hatást fejt ki a szála, ami miatt az megnyúlik és elvékonyodik, miközben szétszakadozik és spirálisan kezd el szóródni. Ezt a

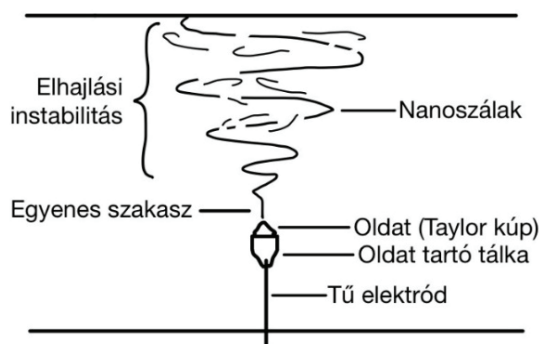
¹ A cikk a KLENNEN '23 konferencián elhangzott előadás alapján készült.



2. ábra. Taylor- kúp kialakulásának folyamata [6]

szakaszt nevezzük elhajlási instabilitásnak [8]. A folyamat egésze során az oldószert intenzíven párolog, ami tovább csökkenti a szálatmért, így a gyűjtőhöz érve már nanométer nagyságrendbe esik és közel tiszta polimerből áll. Ezt a folyamatot mutatja a 3. ábra.

Az ultravékony szálaból álló réteg egy új generációs felfedezés, amely egyedülálló tulajdonságokkal rendelkezik. Létrehozása egy-



3. ábra. A szál útja a gyűjtőig

szerű és költséghatékony, nagy terület/térfogat arány és magas szakitószilárdság jellemzi. Az anyag legnagyobb előnye a kiváló szűrőképességhez társuló alacsony légellenállás, ami annak köszönhető, hogy a sűrűn szórt nanométer átmérőjű szálak közötti réseken a levegő gond nélkül áramlik, míg a benne található részecskék fennakadnak [9]. Ezek a tulajdonságok teszik a nanoszálal anyagokat különlegessé, melyeknek már számos felhasználási területe ismert. A technológia rendkívül népszerűvé vált az egészségügyben, ahol sebfehérítéshez, gyógyszer adagoláshoz, sejtgyógyításhoz használják, azonban számos egyéb területen használják ki az anyag szűrőképességét, alkalmazzák elemekben energiátároláshoz, katalizátorokhoz vagy akár szenzorokhoz [10].

Technológiai fejlesztések

Az electrospinning technológiának az egyszerű megvalósíthatósága és számos előnye mellett egy nehezen leküzdhető hátránya is van, mégpedig az alacsony termelékenység [11]. Mint ahogy az előző fejezetben megfigyelhető, a folyamat kapcsán nagyon kis méretekről van szó, ebből következően a nanoszálakkal fedett réteg is viszonylag kicsi. Az elmúlt években számos törekvés volt annak érdekében, hogy a szálképzési technika gazdaságosabb legyen. Bár a működési elv szerinti szálképződés folyamatát nem tudjuk hatékonyabbá tenni, ugyanakkor a kiinduló szálak számát különböző módszerekkel növelni tudjuk [12].

Ennek a gondolatnak a mentén született meg többek között a több tűs elrendezés, ami csupán annyiban különbözik az eredeti elvtől, hogy az adagoló egyszerre számos tűt táplál [13]. Szintén egy megoldás a forgó elektródos elrendezés, melyben alul egy oldattal töltött kád található, amiben egy vezetőképes, feszültségre kapcsolt elektród forog. Folyamatos mozgása során a felületére oldat rakódik, amiről a térerősség hatására egy időben több szál is képződik [14]. Ehhez hasonló a szabad felszínes electrospinning, ahol az alul

elhelyezkedő oldattal töltött kád vezetőképes anyagból készült, erre csatlakozik a feszültségforrás, ami biztosítja az oldat szabad felszínén a szükséges villamos térerősséget. Kellően nagy feszültséget alkalmazva a szálak az oldat felszínéről indulnak ki [15]. Ennek hátránya, hogy a szabad felszín miatt a sav párolgása sokkal intenzívebb, mint az adagolós elrendezés esetén, ami amellyel, hogy folyamatosan változtatja az oldat koncentrációját, a közelben tartózkodók egészségére is káros.

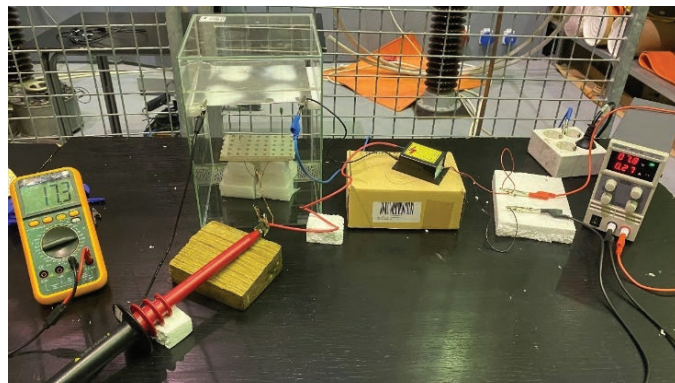
Az egy cseppes elrendezés a szabad felszínes electrospinning előnyeit törekszik kihasználni a hátrányok kiküszöbölése mellett. A működéséhez nem szükséges adagoló, viszont nincs nagy felületen párolgó oldat sem. A szálak képzéséhez csupán egy-egy csepp oldat szükséges egy vezetőképes elektródra csöppentve. A kutatás során ezt a modellt terveztük meg.

Saját készítésű elektrosztatikus szálképző berendezés

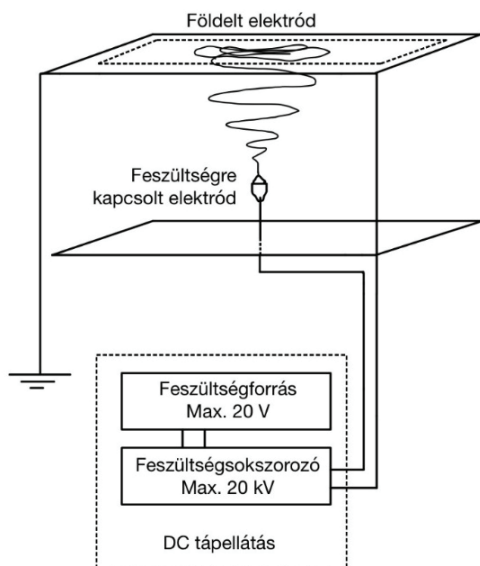
Az elrendezés megtervezésekor elsődleges szempont volt a gazdaságosság és egyszerűség, az adagolós megoldás egy tú alkalmazásával azonban nem fedt le a szükséges területet, a több tűs elrendezés pedig megkötésekkel járna, így az adagoló nélküli módszer találtuk optimálisnak. Így a megalkotás során az egy cseppes modellt vettük alapul, ahol az elektródok száma és azok elrendezése egyszerűen variálható. Az adagolót helyett vezető anyagból készült tűelektródokat alkalmaztunk, amik tetején egy apró, tálka szerű oldat tartó található. Az elektródok egy-egy szigetelt vezetékhez vannak kötve, ezeken keresztül jut el a feszültség alulról az oldat felszínéig.

A szálképzés függőleges irányba történik, alul helyezkedik el a feszültséggel táplált oldattartó elektród, míg felette egy sima felületű, vezetőképes, földelt gyűjtő lap, amire a szálak érkeznek. A tűelektródok pozícióját egy szigetelő anyagból készült tartó lap stabilizálja, melyben a tűk száma és azok elrendezése szabadon változtatható, valamint az elektródtávolság is állítható a tűk függőleges irányába való mozgatásával. A berendezés egy üveg tárolóban van felépítve, melynek felhelyezhető üveg ajtaja teszi lehetővé, hogy feszültség alatti állapotban ne jelentsen bármilyen veszélyt a környezetében tartózkodó emberekre nézve.

Az üveg tárolón kívül a 230 V-os hálózatra csatlakoztatott DC feszültségforrás kapott helyet, melynek maximális kimeneti feszültsége 20 V, így egy nagy teljesítményű DC-DC konvertert kötöttünk az áramkörbe, ami felerősítette a jelet. Az aktuális feszültséget digitális multiméterrel segítségével kísértük figyelemmel, azonban mivel ez az eszköz 20 kV-os tartományon nem képes mérni, így a multiméter elé egy feszültségosztót kapcsoltunk. Az elrendezést, illetve annak kapcsolási vázlatát a 4. ábra és az 5. ábra mutatja.



4. ábra. Saját készítésű elektrosztatikus szálképző berendezés működés közben



5. ábra. Saját készítésű elektrosztatikus szálképző berendezés vázlatja

A szálképzést befolyásoló tényezők vizsgálata

Az elektrosztatikus szálképzési folyamat bár nagyon egyszerű elven alapszik, de a berendezés működőképességét és a létrejövő szál minőségét számos tényező befolyásolja. Ilyen meghatározó paraméter az oldat tulajdonsága, az alkalmazott feszültség, a gyűjtő és tüelektród közötti távolság, a környezeti hatások, valamint az elektródelrendezés [16] [17]. Az optimális működéshez szükséges beállításokat célszerű tapasztalati úton megismerni, ugyanis a szakirodalomban szereplő elrendezéseket szinte lehetetlen egy az egyben megismételni.

a) Oldat tulajdonságai

Az oldat minőségét három fő tulajdonság befolyásolja: a viszkozitás, a villamos vezetőképesség, valamint a felületi feszültség [18]. Ezek közül is a viszkozitás a legfontosabb, ugyanis ez a paraméter van hatással a Taylor-kúp kialakulására, a szál stabilitására az útja során, illetve a gyűjtőre érkező szálak átmérőjére is. Ha az oldat viszkozitása túl nagy, akkor a szálak átmérője megnő vagy a szálképzés el sem indul. Ezzel szemben, ha az oldat alacsony viszkozitású, akkor a szálakon apró, gyöngy szerű cseppek jelennek meg, amik rontják a létrehozott réteg minőségét [19].

A villamos vezetőképesség egy anyagtulajdonság, ami az oldat kapcsán leginkább az oldószer vezetőképességétől függ, azonban az alkalmazott polimer is befolyásolja.

A felületi feszültség a folyadék felszínének csökkentésére törekszik, igyekszik felvenni a lehető legkisebb fajlagos felületű alakzatot, ami a gömb forma [20]. Ez az erő a szál kiindulását akadályozza, nagy értéke esetén nagyobb feszültség szükséges, hogy az elektrosztatikus taszítóerő nagyobb legyen, mint a felületi feszültség, ami a szál elindulását eredményezi.

b) Alkalmazott anyagok

Elektrosztatikus szálképzéshez oldat anyagaként polimert alkalmazunk, amit általában szerves savban oldunk. A polimereknek két nagy csoportját különböztetjük meg: szintetikus és természetes műanyagok. Mindkét típus alkalmas szálképzéshez, azonban anyagtulajdonságaik eltérőek, így az ezekből előállított nanoszálak tulajdonságai is különböznek egymástól.

A szintetikus műanyagok legnagyobb előnyei a jó mechanikai tulajdonságok és költséghatékonyság mellett a könnyű kezelhetőség, ugyanis a legtöbb szerves savban könnyen oldódnak és képezhető belőlük nanoszál. A leggyakrabban használt anyagok a poliamid (PA), a politejsav (PLA) és a poli(vinil-alkohol) (PVA) [21].

A természetes műanyagok használata leginkább a technológia egészségügyben való népszerűsége miatt jelentős. A bioműanyagokból készült oldatok ártalmatlanok az egészségre, ezek készítéséhez többek között kollagént, zselatint vagy kitozánt alkalmaznak [22].

Az oldószer megválasztásának fő szempontja az, hogy oldódjon benne az oldani kívánt anyag. Az alkalmazható oldószerek listája bár véges, de a legtöbb polimerhez találunk olyan egyszerűen beszerezhető szerves savat, ami alkalmas az oldat készítéséhez. Ilyen például a hangyasav és az ecetsav [23]. A legnagyobb gond azonban az, hogy ezek az anyagok szinte kivétel nélkül károsak az egészségre, így szigorú feltételeket betartva lehet őket tárolni és alkalmazni.

A „zöld” oldatok esetében az oldószer kiválasztásánál is törekednek olyan anyagot találni, ami a lehető legkevésbé károsítja az emberi szervezetet és annak környezetét. Egy kutatás során komplex vizsgálatok alapján a metanolt és az etanolt ítélték a célnak legmegfelelőbbnek [24].

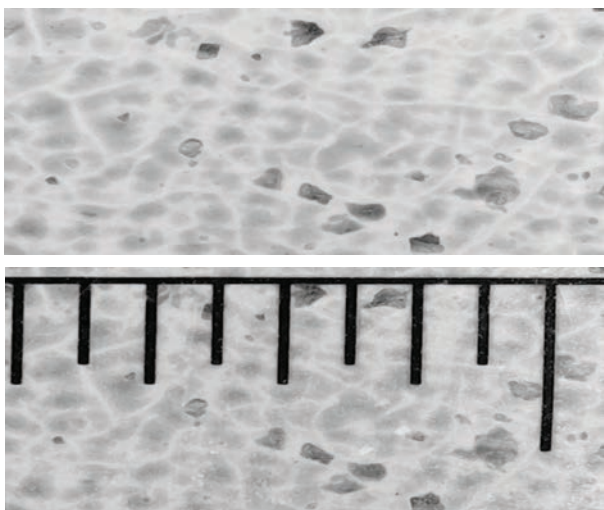
Az általunk használt oldathoz poliamid-6 anyagot választottunk a sokoldalúsága és kedvező tulajdonságai miatt. Magas mechanikai- és ütőszilárdsága mellett ellenálló a legtöbb olajjal, zsírral szemben, valamint beszerzése is viszonylag egyszerű granulátum formában [25]. Oldószerként 85%-os hangyasavat alkalmaztunk, aminek már a párolgó gőze is kifejezetten káros a szerves anyagokra nézve, így elengedhetetlen volt a megfelelő védőruházat viselése a mérések alatt.

Különböző szakirodalmak szálszerkezet vizsgálatai alapján 13 mm%-os oldattal dolgoztunk [26], amit kifejezetten ennek tárolására alkalmas üvegben készítettünk el, ami gátolja a sav párolgását, kialakítása pedig elősegíti az oldódást. A polimer a savval érintkezve szinte egyből reagál, azonban a homogén oldat eléréséhez több óra, nap is szükséges lehet attól függően, hogy milyenek az anyagok tulajdonságai, valamint, hogy külső hatások elősegítik-e a folyamatot. Az oldódási idő csökkentése érdekében az üveget egy berendezésbe helyeztük, ami folyamatos rázással segíti elő a homogenitást.

c) Alkalmazott feszültség

A mérések során az alkalmazott feszültség szemmel láthatóan befolyással volt az eredményre. Alacsony feszültség szinten a villamos térerősség még nem rendelkezik elegendő energiával ahhoz, hogy Taylor-kúpot képezve elindulhasson a szálképzés, csupán az apró koronakisülések hallhatóak az oldat felszínén.

Túl nagy feszültség alkalmazása esetén azonban az oldat nem egyenletesen képez szálakat, hanem a térerősség inhomogenitása miatt a szükségesnél nagyobb oldat cseppeket szór a gyűjtőre. Ezek a csepp hibák láthatóak a 6. ábra mikroszkópos felvételein. Az általunk alkalmazott mikroszkóp nagyítása nem teszi lehetővé, hogy a nanoszálak szerkezetét és átmérőjét elemeznünk tudjuk, azonban a feszültség hatása, valamint a szálképzett réteg folytonossága kiválóan megfigyelhető vele. A 6. ábra felső képén a hibák tisztán kivehetőek az anyagon, foltként jelennek meg a nanoszálak egybefüggő rétegben, míg az alsó képén ugyanaz a terület látható kiegészítve egy milliméter skálával, amelyen egy lépték egy millimétert jelöl, így a hibák méretei pontosan beazonosíthatóak.



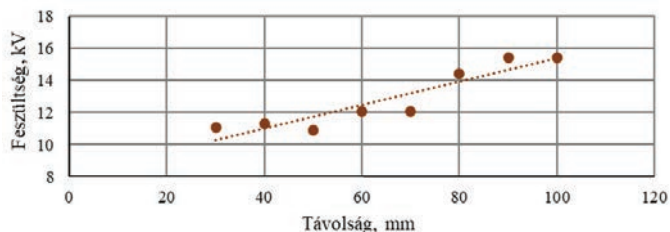
6. ábra. Feszültség hatására keletkezett hibák a rétegben

d) Elektródtávolság

Az elektródtávolság több ponton is befolyásolja a folyamatot, azonban a leglátványosabb hatása az, hogy a távolság növelésével bizonyos mértékig nő a száakkal fedett terület is a gyűjtőn. Az úthossz azonban a szórt területen kívül a száak szerkezetét is befolyásolja, hiszen a sav párologása és az átmérő csökkenése is ez idő alatt történik meg. Ha a száak úthossza nem elegendő, akkor a gyűjtőre érkező anyag még nagy arányban tartalmaz savat, ami a gyűjtőre érkezés után elpárologva a száak deformációját okozza. Túlnyújtott úthossz esetén viszont az elektródok között olyan mértékűre csökken a térerősség, hogy kevesebb száal képes kiszakadni az oldat felszínéből. Ebben az esetben a gyűjtőn alig, vagy egyáltalán nem látszik eredmény, ugyanis a kiinduló száak mértéke csökken, ráadásul gyakran el sem érnek a gyűjtőig, már útjuk során eltérülnek a gyenge tér miatt [27]. Az adott elektródtávolság hatása azonban függ az alkalmazott feszültség szintjétől is, ezek kapcsolatának vizsgálatával foglalkoztunk a továbbiakban.

e) Az elektródtávolság, feszültség és térerősség közötti kapcsolat vizsgálata

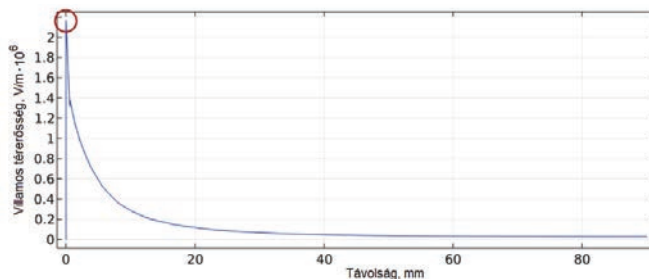
A vizsgálat során egy tüelektródot használtunk, a távolságot pedig 30 és 100 milliméter között változtattuk és figyeltük meg ennek befolyásoló hatását a feszültség függvényében. Tíz milliméterenként növeltük a távolságot, majd minden beállításnál addig emeltük a feszültség szintet, amíg el nem indult a száaképződés. Ezt a feszültség értéket ábrázoltuk a 7. ábra diagramján a távolság függvényében. [28]



7. ábra. A száaképzéshez szükséges feszültség a távolság függvényében

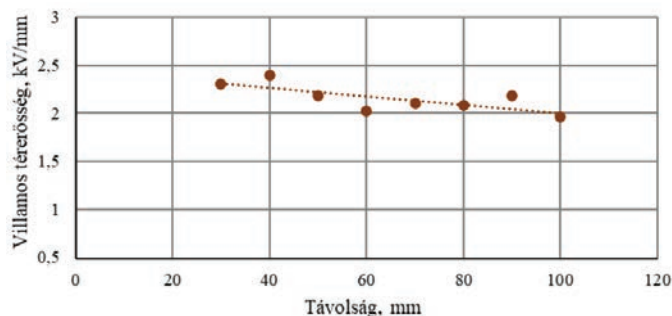
Az eredmények alapján elmondható, hogy a távolság növelésével nő a legkisebb szükséges feszültség értéke. Mivel tudjuk, hogy a száaképzés az oldat felszínén megnövekedett térerősség hatására indul el a, ezért a térerősség és távolság kapcsolatának

vizsgálatára, valamint a tapasztalati eredmények alátámasztására végelelemes számító program (FEM) segítségével modelleztük az elrendezést. A programban minden eset számításánál 12 kV egyenfeszültséggel tápláltuk a tüelektródot. A térerősség csökkenését diagramon ábrázoltuk a Taylor-kúptól egészen a gyűjtőig, ezt szemlélteti a 8. ábra.



8. ábra. A villamos térerősség csökkenése a vizsgált szakaszon

Megfigyelhető, hogy a görbe kezdeti értéke egy csúcserték, ami a Taylor-kúpnál mérhető, itt jelenik meg a vizsgált szakaszban a legnagyobb térerősség, illetve ez az érték játszik szerepet a száaképzésben is. A programban ezt a pontot megkeresve minden távolsági beállítás esetén, a 9. ábra diagramján látható módon ábrázolható a villamos térerősség távolságtól való függése.



9. ábra. Villamos térerősség maximális értéke (Taylor kúpnál) a vizsgált távolságoknál

Az elkészített modell jól prezentálja, hogy a villamos térerősség a távolság növelésével csökken, ezzel alátámasztva a mérési eredményt, valamint azt, hogy a feszültség és a villamos térerősség között egyenesen arányos kapcsolat áll fenn.

f) Környezeti hatások

A száaképzési folyamat számos környezeti tényezőtől függ, mint a hőmérséklet, a levegő páratartalma, valamint a légmozgás.

A hőmérséklet több ponton is érezteti hatását, ugyanis amellett, hogy magas hőmérséklet esetén nő az oldat viszkozitása, a benne levő sav párologásának intenzitása is megnő, ezáltal az anyag sokkal nehezebben kezelhetővé válik, ami a képzett száak minőségén is meglátszódhat. Egy-egy mérés alkalmával ez a változás kevésbé szembetűnő, azonban több, különböző alkalommal kapott eredmények összehasonlításából már látszódhat az eltérés. [29]

A levegő páratartalma a képződő száakra van hatással, azonban ennek mértéke függ a használt polimer molekuláris felépítésétől. Alacsony páratartalom esetén az oldat gyorsabban párolog, ami negatívan befolyásolja az eredményt, magas relatív páratartalom esetében viszont a száak felülete simább lesz, valamint átmérője is csökken. [30]

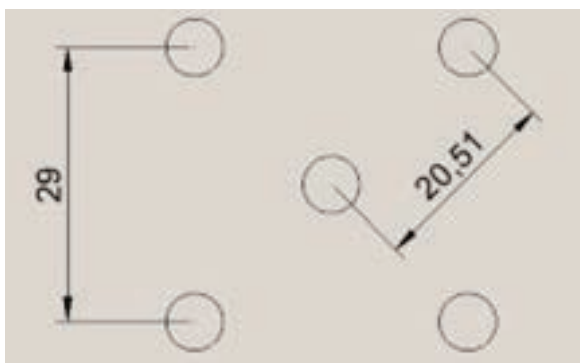
A légmozgás a szálak útját befolyásolja, gyenge légáramlat is könnyedén befolyásolja a szálképződést, így célszerű zárt térben vagy berendezésben végezni a méréseket.

g) Elektródelrendezés

A mérések során több tüelrendezést vizsgáltunk, melynek célja az volt, hogy megtaláljuk az optimális beállítást, amivel egy használatra alkalmas egybefüggő réteg hozható létre.

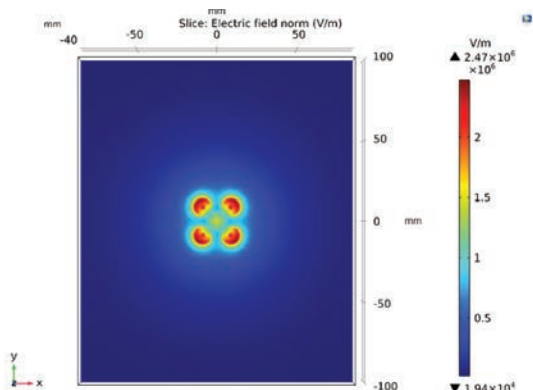
Öt tűs elrendezés vizsgálata:

Öt tűs modell esetén a tüelektródokat dobókocka szerűen helyeztük el, négy szélső és egy középső elrendezésben, ahogy a 10. ábra is szemlélteti, melyen az értékek milliméterben értendők.



10. ábra. Öt tűs modell tüelektródjainak pozíciója

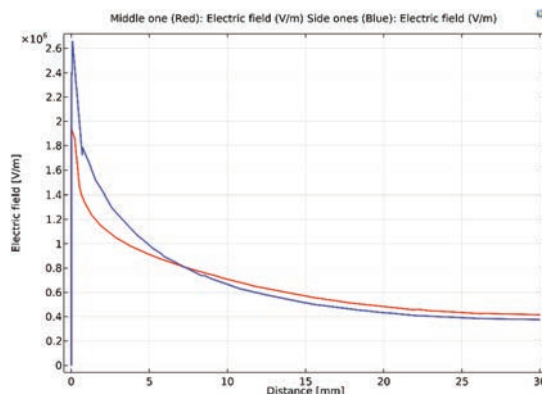
A mérés során azt a legkisebb szükséges feszültség értéket kerestük, ahol a szálképzés elindul 30 milliméteres elektródtávolság mellett. A feszültség egyenletes felszabályozásának hatására az első elektród 12,3 kV-nál lépett működésbe, majd közvetlen utána a második elektród felszínéről is elindult a szálképződés. 14,4 kV-nál a harmadik és negyedik elektród is aktiválódott, azonban az utolsó tű csak 20 kV-nál kezdett el működni. Az ötödik elektród, amelyiknek a legnagyobb feszültség igénye volt, középen helyezkedett el. A mérés végén az elkészült mintát megvizsgálva arra lettünk figyelmesek, hogy míg a négy szélső elektród egyenesen, függőleges szórta a szálakat, addig a középső tűről érkezők oldal irányban érkeztek az elektródra, nem középen képzett réteget. A tapaszt jelenségekre ismét a FEM program segítségével kerestük a választ. A modellt 12 kV feszültséggel táplálva az elektródok közötti térerősség különbségét a 11. ábra szemlélteti.



11. ábra. Elektródok közötti térerősség különbség felülnézetből

A szélső négy tű térerőssége szimmetrikus, értékük azonos, azonban a középső elektród felszínén megjelenő maximális tér-

erősség ezekhez képest láthatóan kisebb. A 12. ábra az eltérés mértékét prezentálja.



12. ábra. Szélső és középső elektródok vonalában mérhető térerősség a Taylor-kúptól a gyűjtőig

A vizsgált pontok a Taylor-kúptól a gyűjtőig tartanak mindkét esetben. A kék görbe a szélsők, míg a piros görbe a középső tű vonalában mérhető térerősség csökkenését ábrázolja. A szálak eltérülésének okára a modell nem ad magyarázatot, ugyanis ideális beállítás esetén a térerősség szimmetrikus, így a jelenség valószínűleg a valós mérés pontatlanságai miatt következett be, mint például a nem teljesen vízszintes tüelektród beállítás. Emellett a modell nem számol a szálak által elszállított töltéssel.

Az elrendezés a célnak nem felel meg, a tüelektródok távolságukból adódóan zavarják egymás terét, így a szálképzés sem egyenletes a működés során. Lehetséges megoldás, hogy a tüelektródokat egymástól távolabb helyezzük el, ugyanis ahogy a modell is prezentálja, a térerősség értéke a távolság függvényében drasztikusan lecsökken, így van olyan távolság, ahol a tűk már elhanyagolható mértékben torzítják egymás erőterét.

Két tűs elrendezés vizsgálata

A két tűs modell kialakítása során figyelembe vettük az öt tűs esetben tapasztalt tértorzulást, így a két elektród közötti távolságot 72,5 milliméterre növeltük. FEM modell segítségével vizsgáltuk meg a térerősség eloszlását, valamint azt, hogy érdemes-e két tűs megoldást alkalmazni egy helyett.

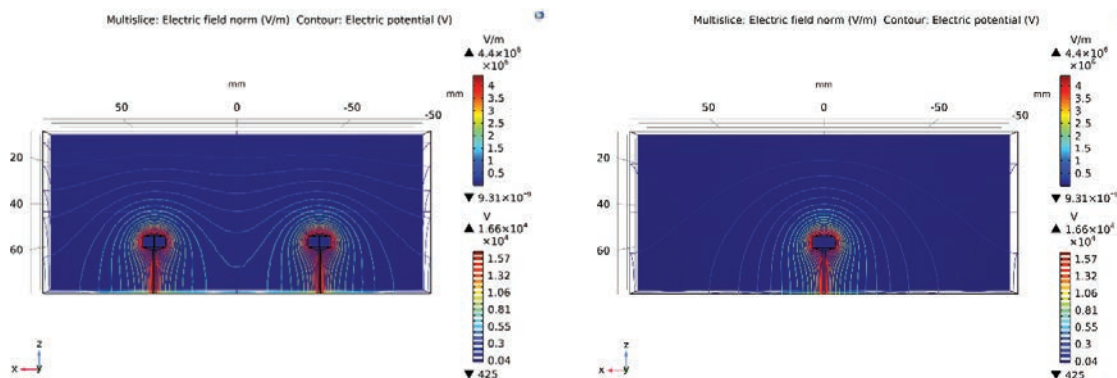
A modell alapján az elektródok nem befolyásolják jelentősen egymás működését, ezt szemléltetik a 13. ábra egyenlő potenciált jelölő kontúr vonalai.

Ha a lefedett terület alapján hasonlítjuk össze az elrendezéseket, akkor a két tűt alkalmazó módszer hatékonyabbnak tűnik, viszont a szálképzés minősége is elengedhetetlen szempont, amit a Taylor-kúpnál mérhető maximális térerősség befolyásol. Ennek értékeit tartalmazza az 1. táblázat.

1. táblázat. Egy és két tűs modell maximális villamos térerőssége

| Elrendezés | Villamos térerősség a Taylor-kúpnál, kV/mm |
|----------------|--|
| Egy tűs modell | 3,72 |
| Két tűs modell | 3,37 |

Az adatok alapján belátható, hogy két tű alkalmazása esetén adott feszültségnél alacsonyabb a térerősség értéke, aminek következtében a megfelelő működéshez nagyobb feszültségre lesz szükség.



13. ábra. Egy és két tűs modell térerősség eloszlása

Hatékonyság szempontjából összevetve az eredményeket, a két elektródos elrendezés esetében mérhető térerősség csökkenés mértéke kevesebb, mint tíz százalék, viszont a lefedett terület nagyobb arányban nő, így megéri a több tűs elrendezést alkalmazni.

Összegzés

A kutatás során sikeresen terveztünk meg és hoztunk létre egy egycseppes kialakításon alapuló elektrosztatikus szálképző berendezést, amelyen részletesen vizsgáltuk a működést befolyásoló paraméterek közül az oldat tulajdonságait, az alkalmazott feszültség és az elektródtávolság hatását, valamint megállapítottuk az elektródtávolság, a feszültség és térerősség közötti kapcsolatot. Az egy tűs elrendezés mellett teszteltük és modelleztük az öt, és két elektródos megoldásokat, melyek közül az öt tűs elrendezés kis egymáshoz képesti távolsággal nem felelt meg, viszont két elektródot alkalmazva 72,5 milliméter távolságra egymástól, a szálképzés folyamata felgyorsíthatóvá vált.

Felhasznált irodalom

- [1] Odularu, A. T. (2022). Basic Principles of Electrospinning, Mechanisms, Nanofibre Production, and Anticancer Drug Delivery. *Journal of Chemistry*, 2022.
- [2] Molnár, K. (2013). Elektro-szálképzett nanoszál szerkezetek és kompozitjaik.
- [3] Munir, M. W., & Ali, U. (2020). Classification of electrospinning methods. In *Nanorods and Nanocomposites* (p. 229). London, UK: IntechOpen.
- [4] Avossa, J., Branda, F., Marulo, F., Petrone, G., Guido, S., Tomaiuolo, G., & Costantini, A. (2018). Light electrospun polyvinylpyrrolidone blanket for low frequencies sound absorption. *Chinese Journal of Polymer Science*, 36(12), 1368-1374.
- [5] Reneker, D. H., & Yarin, A. L. (2008). Electrospinning jets and polymer nanofibers. *Polymer*, 49(10), 2387-2425.
- [6] <http://www.yflow.com/coaxial-electrospinning-electrospray-microencapsulation/>
- [7] Mahalingam, S., Matharu, R., Homer-Vanniasinkam, S., & Edirisinghe, M. (2020). Current methodologies and approaches for the formation of core-sheath polymer fibers for biomedical applications. *Applied Physics Reviews*, 7(4), 041302.
- [8] Garg, K., & Bowlin, G. L. (2011). Electrospinning jets and nanofibrous structures. *Biomicrofluidics*, 5(1), 013403.
- [9] Senthil, R., Sumathi, V., Tamilselvi, A., Kavukcu, S. B., & Aruni, A. W. (2022). Functionalized electrospun nanofibers for high efficiency removal of particulate matter. *Scientific Reports*, 12(1), 1-14.
- [10] Thavasi, V., Singh, G., & Ramakrishna, S. (2008). Electrospun nanofibers in energy and environmental applications. *Energy & Environmental Science*, 1(2), 205-221.
- [11] Omer, S., Forgách, L., Zekó, R., & Sebe, I. (2021). Scale-up of electrospinning: Market overview of products and devices for pharmaceutical and biomedical purposes. *Pharmaceutics*, 13(2), 286.
- [12] SalehHudin, H. S., Mohamad, E. N., Mahadi, W. N. L., & Muhammad Affi, A. (2018). Multiple-jet electrospinning methods for nanofiber processing: A review. *Materials and Manufacturing Processes*, 33(5), 479-498.
- [13] Theron, S. A., Yarin, A. L., Zussman, E., & Kroll, E. (2005). Multiple jets in electrospinning: experiment and modeling. *Polymer*, 46(9), 2889-2899.
- [14] Wu, D., Huang, X., Lai, X., Sun, D., & Lin, L. (2010). High throughput tip-less electrospinning via a circular cylindrical electrode. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 10(7), 4221-4226.
- [15] Ahmed, A., Yin, J., Xu, L., & Khan, F. (2020). High-throughput free surface electrospinning using solution reservoirs with different radii and its preparation mechanism study. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(4), 9059-9072.
- [16] Okutan, N., Terzi, P., & Altay, F. (2014). Affecting parameters on electrospinning process and characterization of electrospun gelatin nanofibers. *Food Hydrocolloids*, 39, 19-26.
- [17] Rodoplu, D., & Mutlu, M. (2012). Effects of electrospinning setup and process parameters on nanofiber morphology intended for the modification of quartz crystal microbalance surfaces. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 7(2), 155892501200700217.
- [18] Prahasti, G., Zulf, A., & Munir, M. M. (2020). Needleless electrospinning system with wire spinneret: an alternative way to control morphology, size, and productivity of nanofibers. *Nano Express*, 1(1), 010046.
- [19] Nezarati, R. M., Eifert, M. B., & Cosgriff-Hernandez, E. (2013). Effects of humidity and solution viscosity on electrospun fiber morphology. *Tissue Engineering Part C: Methods*, 19(10), 810-819.
- [20] https://hu.wikipedia.org/wiki/Fel%C3%BCleti_fesz%C3%BClts%C3%A9g
- [21] Xue, J., Wu, T., Dai, Y., & Xia, Y. (2019). Electrospinning and electrospun nanofibers: Methods, materials, and applications. *Chemical reviews*, 119(8), 5298-5415.
- [22] Soares, R. M., Siqueira, N. M., Prabhakaram, M. P., & Ramakrishna, S. (2018). Electrospinning and electrospray of bio-based and natural polymers for biomaterials development. *Materials Science and Engineering: C*, 92, 969-982.
- [23] Kailasa, S., Reddy, M. S. B., Maurya, M. R., Rani, B. G., Rao, K. V., & Sadasivuni, K. K. (2021). Electrospun nanofibers: Materials, synthesis parameters, and their role in sensing applications. *Macromolecular Materials and Engineering*, 306(11), 2100410.
- [24] Avossa, J., Herwig, G., Toncelli, C., Ite, F., & Rossi, R. M. (2022). Electrospinning based on benign solvents: current definitions, implications and strategies. *Green Chemistry*.
- [25] A műanyagok tulajdonságai - A poliamidok tulajdonságai a feldolgozási körülmények és a kondicionálás függvényében (2022)
- [26] Ádám, M., & Kolos, M. Poliamid nanoszál szövetek fejlesztése és vizsgálata.
- [27] Nurfaizy, A. H., & Munajat, N. A. (2020). Effect of electrospinning distance and applied voltage on the production of polyacrylonitrile electrospun fibres. *Proceedings of Mechanical Engineering Research Day, 2020*, 94-96.
- [28] Pózmán, R. A., Székely, L., & Cselkó, R. (2022, July). Examination of electric field distribution in a laboratory-built electrospinning device. In *2022 8th International Youth Conference on Energy (IYCE)* (pp. 1-4). IEEE.
- [29] De Vrieze, S., Van Camp, T., Nelvig, A., Hagström, B., Westbroek, P., & De Clerck, K. (2009). The effect of temperature and humidity on electrospinning. *Journal of materials science*, 44(5), 1357-1362.
- [30] Raksa, A., Numpaisal, P. O., & Ruksakulpiwat, Y. (2021). The effect of humidity during electrospinning on morphology and mechanical properties of SF/PVA nanofibers. *Materials Today: Proceedings*, 47, 3458-3461.

HUHA2 hulladékégető mű létesítésének értékelése Budapest távhőellátásában¹

Kocsis Kende

MSc hallgató, kocsis.kende@eszk.org

Világszerte éves szinten 1,3 trillió tonna települési szilárd hulladék termelődik, amely fejenként 180 kg/évet jelent. Feltételezhetően 2025-ig ez 2,2 trillió tonnára fog emelkedni. A fejlett országokban, mint az Európai Unió országaiban és az USA-ban ez az érték jelentősen magasabb. Az EU szabályozási rendszerének megfelelően a leghatékonyabb hulladékkezelési módszerek a megelőzés, az újrahasznosítás és az energetikai hasznosítás. A legrosszabb megoldás a települési szilárd hulladék depókban történő lerakása helyigény, az esztétikai és környeztkárosító hatások, illetve a bomlás során keletkező, nem hasznosított metán atmoszférába történő kiengedése miatt. A metán GWP értéke huszonöt-szöröse a CO₂ értékének, amely így a globális felmelegedés szempontjából is jelentősen nagyobb problémát jelent. A környeztkárosító hatások figyelembevételével az elmúlt időszakban az európai államok számára fokozottan fontos lett az energetikai függőség csökkentése az orosz-ukrán háború miatt, amely komoly gázpiaci áremelkedéseket vont maga után és ellátásbiztonsági problémákat vetett fel.

Ezen szempontok szerint a jelen tanulmány keretein belül egy második budapesti hulladékégető erőmű létesülésének gazdasági elemzését végeztem el a nemzetközi gázárak alakulásának figyelembe vételével.

*

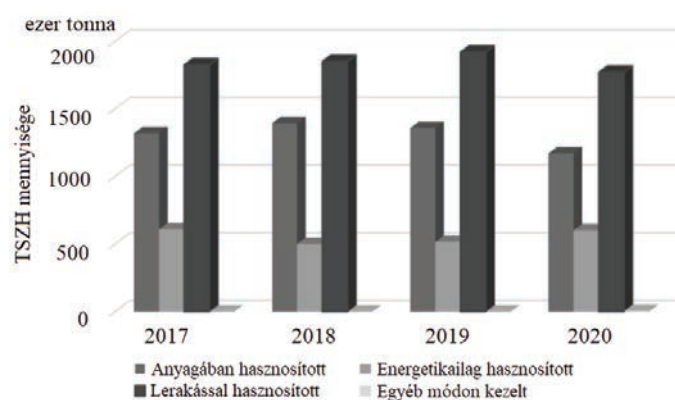
Globally, 1.3 trillion tonnes of municipal solid waste are generated yearly, equivalent to 180 kg per person per year. This is expected to rise to 2.2 trillion tonnes by 2025. This figure is significantly higher in developed countries such as the European Union and the USA. According to the EU regulatory framework, the most efficient waste management methods are prevention, recycling, and energy recovery. The worst option is landfilling municipal solid waste due to space requirements, aesthetic and environmental impacts, and the release of unused methane from decomposition into the atmosphere. The GWP of methane is twenty-five times that of CO₂, making it a significantly more significant problem for global warming. In addition to environmental impacts, reducing energy dependency has recently become a primary concern for European countries due to the Russian-Ukrainian war, which has led to severe gas price increases and security of supply problems.

In the framework of this study, I have carried out an economic analysis of establishing a second incineration plant in Budapest, considering the evolution of international gas prices.

Hulladékhasznosító telepítésének fontossága

A tanulmány során a második budapesti hulladékhasznosító erőművet, azaz a HUHA 2-t. A HUHA 2 helyszínének a Főtáv korábban készített telepítési tanulmánya alapján Dél-Pesten az Ócsai út melletti területet választottam [1]. A telepítendő erőművet a te-

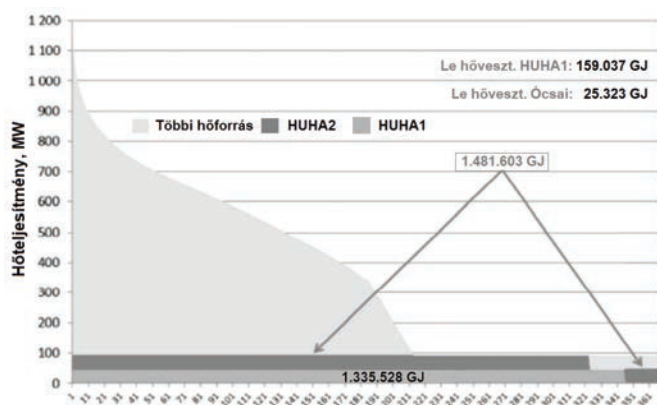
lepítési területet jelenleg is ellátó Kelenföldi-, Kispesti- és Csepeli erőművekkel hasonlítottam össze gazdaságossági és megtérülési szempontból. Ezen erőművek mind gázerművek, emiatt az összehasonlítás alapja is gázermű volt. Magyarországon jelenleg a keletkező TSZH mennyiség nagy része hulladéklerakóba kerül, amely környezetvédelmi kérdéseket vet fel és ellene megy az Európai Unió szabályozásnak, így az energetikai alkalmazás mindenképpen kifizetődő tevékenység.



1. ábra. TSZH mennyisége kezelési mód szerint Magyarországon [2]

A KSH adatai alapján megszerkesztett diagram alapján látható, hogy habár a termelt TSZH össz mennyisége csökken Magyarországon, még így is jelentős mennyiségű hulladék kerül lerakásra. Az erőmű éves hulladékbecsületi kapacitása 230 000 tonna települési szilárd hulladék (TSZH), amelyet tovább lehet növelni egy előválogató beépítésével. A hasznosítható hulladékmennyiség növelése mellett további előnyökkel rendelkezik ez a megoldás. A környeztkárosító hatásakon kívül a válogatás nélküli égetés esetén (mint a HUHA 1-ben jelenleg) rengeteg felhasználható értékes alapanyag kerül megsemmisítésre, mint alumínium és egyéb fémek, papír, újrahasznosítható műanyagok, üveg, továbbá a mezőgazdasági célokra felhasználható biohulladék. A leválasztás érdekében egy előválogatót helyeztem be az erőműbe, amely a TSZH-t RDF-é (Refused Derived Fuel) vagy SRF-é (Solid Recovered Fuel) alakítja, nagyban megnövelve a fűtőértékét és ezáltal a tüzelőanyagként funkcionáló minőségét. A TSZH fűtőértéke 7,5-10,5 MJ/kg, míg az SRF/RDF fűtőértéke 19-21 MJ/kg között mozog [3]. A FŐTÁV számára készített dokumentációban kitérnek különböző hőközetekre való csatlakozás üzemviteli paramétereire, amelyek közül az egész Budapest távhőellátó való betáplálást vizsgálom a továbbiakban. Ezen állapotban az erőmű alaperőműként működve az év során szinte végig 55 MW kiadott hőteljesítménnyel és a hozzá tartozó 14,6 MW villamos teljesítménnyel üzemel, a továbbiakban én is ezekkel az értékekkel fogok számolni.

¹ A cikk a KLENNEN '23 konferencián elhangzott előadás alapján készült.



2. ábra. A HUHA2 tervezett menetrendjének tartamdiagramja [1] (HUHA1 mellett vagy Ócsai úton)

Beruházási költségek

Első lépésként a beruházási költségeket határoztam meg. A 2017 óta keletkezett tanulmány értékelése óta nem készült újabb hasonló témájú értékelés, az erőműbe beépítendő elemek költsége pedig személyes ajánlat útján kerül megállapításra, így meghatároztam az infláció mértékét a tanulmány elkészültének pillanatában 2017 óta, amelynek értéke 25,5% lett [4]. Ezek után a módosított 2017-es beruházási költség árakat az infláció értékével beszoroztam és megkaptam a potenciális beruházási költségeket napjainkban.

1. táblázat. Beruházási költségek becslése

| Beruházási költség | C _{beruházás} , MFt | |
|--|------------------------------|---------|
| | 2017 | 2022 |
| Beruházás éve | | |
| Hulladék előválogató | 1 300 | 1 632 |
| Ócsai úti telephely (szennyvíziszap nincs) | 80 554 | 101 096 |
| Távhőhálózat kiépítése | 10 700 | 13 429 |
| Összes | 92 554 | 116 155 |

Annuitás

A beruházási költségek meghatározása után annuitást számoltam a beruházásra, amelynek segítségével meg tudom határozni az üzemidő minden egyes évre levett költségeket. Az annuitátszámításhoz az infláció értékét 7%-nak határoztam meg. Ennek oka az volt, hogy bár a jelenlegi infláció értéke meghaladja a 9%-ot 2022 májusában, nem reális ezzel az értékkel számolni a 20 éves üzemidő egészében. A nominál kamatláb értékét 5%-nak vettem fel. A beruházást felosztottam egy önrészes és egy hitellel fedezett részre, amelyeket ezután az inflációval korrigáltam a 20 éves időtartam alatt. Elsőnek a jövő értéket számítottam ki a következő módon:

$$FV = C_0 \cdot (1 + i)^n \quad (1)$$

Ahol:

- FV = Beruházás Jövőértéke, Ft
- C_0 = Beruházási költség a beruházás évében, Ft
- i = nominál kamatláb
- n = üzemidő években

Ezek után meg tudtuk határozni az annuitások jelenértékét az alábbi képlet segítségével:

$$PV = FV \cdot \frac{1 - \frac{1}{(1+r)^n}}{r} \quad (2)$$

Ahol:

- PV = Annuitás jelenértéke, Ft

A jelenérték segítségével ki tudom számítani a beruházás végére – jelen esetünkben 20 év – számított beruházási tőkeértéket.

$$C_{20 \text{ év}} = PV \cdot (1 + i)^n \quad (3)$$

Ahol:

- $C_{20 \text{ év}}$ = az üzemidő végére számított beruházási tőkeérték

Az évenkénti visszatérítést ki tudom számítani a rendelkezésemre álló adatokból.

$$A = C_{20 \text{ év}} \cdot \frac{i - r}{(1 - i)^n - (1 + r)^n} \quad (4)$$

Ahol:

- A = évenkénti visszatérítés (annuitás)
- r = infláció mértéke

Az így megkapott éves visszatérítést az infláció mértékében korrigálva az üzemidő minden évre meghatároztam. Ugyanezeket a lépéseket elvégeztem a beruházás önrészesével is (természetesen a hitelkamat nélkül), majd a kapott értékeket minden évre összegeztem és ezáltal megkaptam minden egyes évre az összesített annuitást.

$$A_{\text{össz}} = A_{\text{hitel}} + A_{\text{önrész}} \quad (5)$$

A beruházáshoz 2,5 milliárd forint önrész van, amelyet a beruházó szolgáltatna. Ezen felül 50 milliárd forintot szolgáltatna a Főváros beruházási összegként, a maradék, fennmaradó összeget hitelfelvétellel kell fedezni, vagy önrészből.

Állandó és változó költségek

Az állandó költségek meghatározásánál hasonló logikát követtem, mint a beruházási költség meghatározásánál, az inflációt figyelembevételel módosítottam a legtöbb költséget, mint a karbantartás, munkaerő bér stb. A változó költségek esetében már egy lépéssel bonyolultabb volt a helyzet, mivel az energiaárakat nem lehetett ez alapján megadni.

A szállítási költség esetén az üzemanyagárak változása alapján számoltam ki a költségeket, az elektromos energia bevételeinél a HUPX adatai alapján a jelenlegi európai piaci árakkal számoltam, amelyek a tanulmány készítésének időpontjában 265 €, ami 380 Ft/€ -os valutaátváltási árfolyam mellett 100 700 Ft/MWh. A CEEGEX adatai alapján meghatároztam a nemzetközi gázárát, amely 96 €/MWh, ami 37 240 Ft/MWh-nak felel meg. Az állandó és a változó költségek számítását az alábbi táblázat ábrázolja:

CO₂ kvóta költségeinek meghatározása

A 2. Táblázat még tartalmazza a CO₂ kvótaárakat, amelyeket az összes termelt energia alapján számítottam ki.

$$C_{\text{CO}_2} = \frac{(E_{\text{nő, elad.}} + E_{\text{villany, elad.}}) \cdot \frac{\dot{m}_{\text{TSZH}}}{10^6}}{\eta_{\text{TSZH kapcsolt}}} \cdot p_{\text{CO}_2} \quad (6)$$

Ahol:

- C_{CO_2} = a CO₂ kvóta ára, Ft

2. táblázat. Az állandó és a változó költség számítás eredményei

| Állandó és Változó költség | C _{vált} , MFt/év | |
|--|----------------------------|------------|
| | 2017 | 2022 |
| Beruházás időpontja | | |
| Üzemeltetési bérek | 420,00 | 527,10 |
| Üzemanyag, víz, energiafelhasználás | 925,54 | 1 161,56 |
| Karbantartás (évente) | 1 388,31 | 1 742,33 |
| Nagy karbantartás (5 évente) | 2 313,86 | 2 903,89 |
| Távhőhálózat karbantartása | 53,50 | 67,14 |
| Biztosítások | 245,56 | 308,18 |
| TSZH költsége | -1 708,90 | -2 144,67 |
| Veszélyes hulladék lerakása | 340,17 | 426,91 |
| Értékesített távhő | -2 444,56 | -2 444,56 |
| Értékesített villamos energia | -1 369,94 | -10 489,83 |
| Szállítási költségek, MFt/t | 2 371,00 | 5 635,42 |
| CO ₂ kvóta árak (TSZH) | - | 2 363,67 |
| CO ₂ kvóta árak (földgáz) | - | -2 329,38 |
| Földgáz szolgáltatás alternatív költsége | - | -22 857,35 |
| Összesített | 2 534,55 | -27 452,69 |
| Helyi iparüzési és társasági adó | -257,26 | 2 786,45 |
| Nettó éves bevétel | 4 811,84 | -24 666,24 |

- $E_{hő,elad.}$ = évente eladott hőenergia, kWh/év
- $E_{villany,elad.}$ = évente eladott villamos energia, kWh/év
- \dot{m}_{TSZH} = a TSZH tüzelés fajlagos CO₂ kibocsátása, g/kWh
- $\eta_{tszh,kapcsolt}$ = a HUHA 2 kapcsolt energiatermelés hatásfoka
- ρ_{CO_2} = CO₂ kvóta ára, Ft/t

A kvóta költségének meghatározásához először is tudnunk kell, hogy mennyi a TSZH tüzelés fajlagos kibocsátása.

$$\dot{m}_{TSZH} = \frac{(1-\alpha) \cdot f_{TSZH,tömeg}}{F} \quad (7)$$

Ahol:

- α = klímasemlegességi arányszám
- $f_{TSZH,tömeg}$ = TSZH fajlagos CO₂ kibocsátása tömegarány szerint, tonna(CO₂)/kg(TSZH)
- F = a TSZH fűtőértéke, MJ/kg

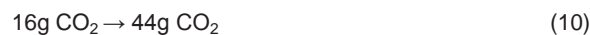
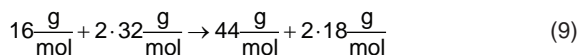
Az klímasemlegességi arányszám értéke a magyar szabályzások alapján $\alpha = 0,5$. Az alfa megadja, hogy az erőmű által termelt energia hányad része számít megújuló forrásból származó energiának, ami így mentesül a CO₂ kvóta árak és kibocsátás alól.

A fajlagos tömegarány szerinti CO₂ kibocsátás a CEWEP reportja alapján $f_{TSZH,tömeg} = 0,9$ tonna (CO₂)/kg(TSZH) [5]. Ha a TSZH fűtőértékét 8 MJ/kg-nak feltételezzük, akkor a fajlagos CO₂ kibocsátás értéke $\dot{m}_{TSZH} = 202,5$ g/kWh lett.

Ezek után már meg tudjuk adni a korábban kiszámolni kívánt kvótaköltségeket. A kvóta ár jelenleg 19 760 Ft/tonna(CO₂). Ez az érték az 5 évvel ezelőtti adatokhoz képest jóval magasabb (2017-ben 5000 Ft), és jelenleg exponenciális tendenciát mutat a növekedése. A kvótaköltség a TSZH-ra 2 806,86 millió forint lett évente. A HUHA 2 kapcsolt hatásfoka az előre megadott villamos- és hőkiadási teljesítmények alapján 80,9%, amelyben 63,9%-os a hőkihozatali és 16,9%-os a villamos kihozatali hatásfok [6], [7].

A földgáztüzelésű erőművek CO₂ kvóta költségét ugyanilyen logika mentén lehet megkapni, a gázturbinás erőművek kapcsolt hatásfokát 0,8-nak vettem.

A földgáz fajlagos CO₂ kibocsátását egy sztoichiometriai egyenlettel és a fajhő segítségével számítottam ki:



$$\frac{m_{CO_2}}{m_{CH_4}} = 2,75 \quad (11)$$

Ahol:

- m_{CO_2}/m_{CH_4} = CO₂ kibocsátás mennyisége 1 egység metán elégetésekor tömegarányban kifejezve, kg(CO₂)/kg(CH₄)

$$\dot{m}_{gáz} = \frac{m_{CO_2}}{F} \quad (12)$$

Ahol:

- $\dot{m}_{gáz}$ = a gáz fajlagos CO₂ kibocsátása, g/kWh

A számítások alapján a gáz fajlagos kibocsátása 198 g/kWh. A HUHA 2 CO₂ kibocsátása magasabb lenne, mint a gázturbinás erőművéké, a különbség mértéke meghaladja a 20 000 tonnát évente. A valóságban a TSZH égetésnek csökkenne a CO₂ kibocsátása, ha beleszámolnánk a lerakás során felszabaduló depóniagáz mértékét, ám ezzel nem foglalkozik jelen tanulmány.

Nettó jelenérték és megtérülési idő

A 2. táblázatban foglalt adatok alapján nettó jelenérték számítását végeztem, amelyben két esetet vizsgáltam: az első esetben a beruházás önerőből valósulna meg, a második esetben pedig 50 milliárd forint támogatással, illetve felvett hitellel a 2,5 milliárd forint önrészen kívül. A számítási módszer a következőképpen néz ki:

$$NPV = \sum_n \frac{I_{nettó}}{(1+r)^n} - C_{beruházás} \quad (13)$$

Ahol:

- NPV = nettó jelenérték, Ft
- $I_{nettó}$ = éves nettó bevétel, Ft
- r = infláció
- $C_{beruházás}$ = beruházási költség, Ft

Az NPV érték nullával egyenlítése esetén ($NPV=0$) ki tudjuk számítani a megtérülési időt. A hitelfelvétel esetén az éves törlesztőrészek nettó jelenértékre vetített értékét ki kell vonni a profitokból, ennek kiszámítása a következő módon történt:

$$NPV_{hitel} = \sum_n \frac{C_{hitel} \cdot (1+THM)^n}{m \cdot (1+r)^n} \quad (14)$$

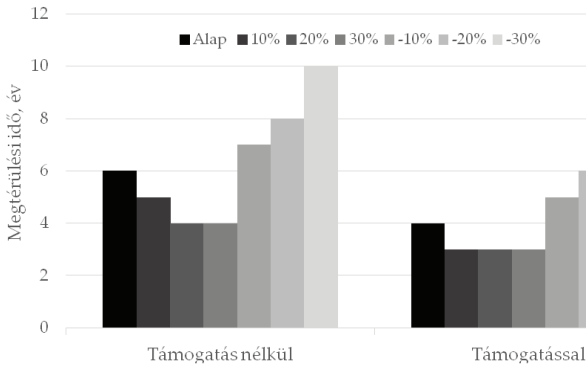
Ahol:

- NPV_{hitel} = a hitel törlesztőrészek jelenértéke, Ft
- C_{hitel} = hitel összege, Ft
- THM = a hitel banki kamatja
- m = a hitel futamideje években

A hitellel korrigált, támogatott NPV értékből ki kell vonni a hitel törlesztőrészek jelenértékét is a hitel időtartamára.

$$NPV = \sum_n \frac{I_{netto}}{(1+r)^n} - C_{beruházás} - NPV_{hitel} \quad (15)$$

A hitel futamidejét 15 évnél vettem, a THM értékét 0,053-nak a tanulmány írásának időpontjában alkalmazott értékek alapján. Mivel az általam alkalmazott beruházási költség csak egy becslés, ami nem tartalmazza az utóbbi időszakban megnőtt nyersanyag és munkaerőköltségeket, emiatt az általam kiszámolt beruházási költség változásait is kiszámoltam ±30% mértékben, majd ezekkel is elvégeztem a megtérülési számításokat. A kapott eredményeket a 3. ábra ábrázolja:



3. ábra. A megtérülési idők alakulása a beruházási költség változásával

A diagramon látható adatoknál több eset is megegyező megtérülési idővel rendelkezik az ábrázolás szerint. Ennek az oka a számítás sűrűsége, amely éves szintű sűrűségben mérte az adatokat, természetesen hónapokban mérve a gázárak növekedésével hamarabb térülne meg minden projekt.

Fajlagos költségek meghatározása

Az erőművek üzemének és gazdaságosságának egyik fő mutatója a fajlagos költség, ami megadja, hogy mekkora pénzbefektetéssel tudunk 1 kWh energiát megtermelni. Ezeket a mutatókat meg tudjuk határozni a hőenergia és a villamos energia szolgáltatás esetén egyaránt. A korábban kiszámolt annuitás értékek itt újra előkerülnek, mert ezek a részösszegek fogják megadni, hogy évente mennyibe kerül számunkra az erőmű megépítése a hitelekkel együtt. Az állandó és a változó költségek különválasztása után már tudunk egy összesített fajlagos költséget számolni, ami nem veszi még figyelembe a hő- és az elektromos energia között.

$$f = \frac{(A + C_{\text{állandó}} + C_{\text{változó}})}{E_{\text{hő, elad.}} + E_{\text{villany, elad.}}} \quad (16)$$

Ahol:

- f = fajlagos költség, Ft/kWh

A változó hőköltégeket a hatásokok és a teljesítménykiadások figyelembevételével határoztam meg az alábbi módon:

$$p_{h\ddot{o}} = p_{\text{változó}} \cdot \left(1 - \frac{P_{\text{villamos}}}{P_{h\ddot{o}}}\right) \cdot \left(1 - \frac{\eta_{\text{villamos}}}{\eta_{h\ddot{o}}}\right) \quad (17)$$

Ahol:

- $p_{h\ddot{o}}$ = változó hőköltég, Ft
- P_{villamos} = kiadott villamos teljesítmény, MW

- $P_{h\ddot{o}}$ = kiadott hőteljesítmény, MW
- η_{villamos} = villamos részhatásfok
- $\eta_{h\ddot{o}}$ = hőkihozatali részhatásfok

A változó villamos költség kiszámításához csak különbséget kell elnevezni a változó költség és a korábban kiszámolt változó hőköltég között.

$$p_{\text{villamos}} = p_{\text{változó}} - p_{h\ddot{o}} \quad (18)$$

A fajlagos hőköltégek kiszámításához figyelembe vettem az annuitási költségeket, az állandó költségeket és a feljebb kiszámolt változó költségeket is. A számítás pontossága miatt a beruházási költségeket a megtermelt energia arányában felosztottam, így jobban látszik a termelés tényleges költsége.

$$f_{h\ddot{o}} = \frac{(A + C_{\text{állandó}}) \cdot \left(1 - \frac{P_{\text{villamos}}}{P_{h\ddot{o}} + P_{\text{villamos}}}\right) + p_{h\ddot{o}}}{E_{\text{h\ddot{o}, elad.}}} \quad (19)$$

Ahol:

- $f_{h\ddot{o}}$ = fajlagos hőköltég, Ft/kWh

A fajlagos villamos költségek meghatározása ugyanilyen metódus mentén történik.

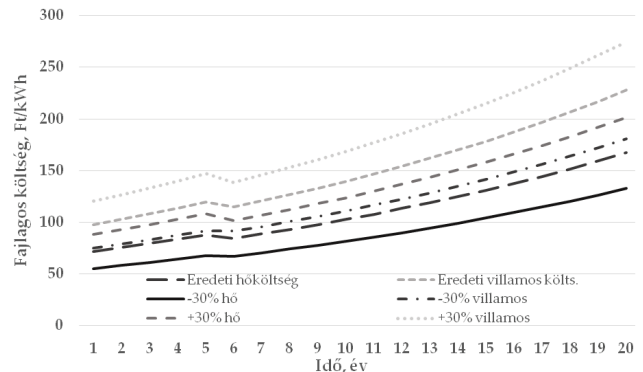
$$f_{\text{villamos}} = \frac{(A + C_{\text{állandó}}) \cdot \frac{P_{\text{villamos}}}{P_{h\ddot{o}} + P_{\text{villamos}}} + p_{\text{villamos}}}{E_{\text{villamos, elad.}}} \quad (20)$$

Ahol:

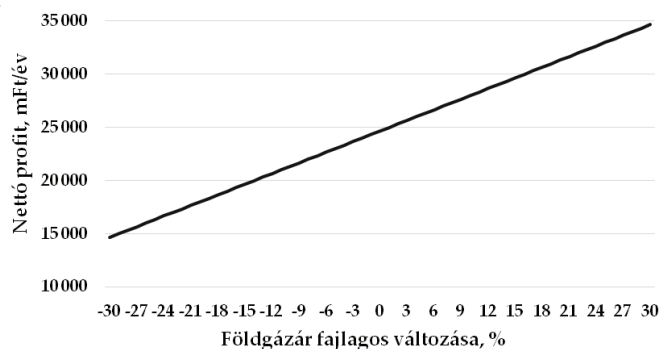
- f_{villamos} = fajlagos villamos költség, Ft/kWh

A gázpiac instabilitása miatt itt is kiszámoltam a gázárakat a jelenlegi esethez képest ±30% mértékig. A 4. ábra illusztrálja számunkra a fajlagos hő és villamos költségek gázár függését az élettartam évének függvényében. A diagram túlszűfoglalásának elkerülése végett csak a szélső, ±30%-os gázárváltozásokhoz tartozó értékeket ábrázoltam a jelenlegi, „eredeti” költségek mellett. A diagramon az 5. évnél egy törés látható a függvényeken, ennek oka az, hogy a három gázéremű átlagolt telepítési idejének és feltételezett 20 éves időtartammal leírt beruházási költségeinek figyelembevételével a HUHA2 megépülése után 5 évvel járna le ezen leírási időszak, amely után már a beruházási költség nem fogja megemlíni a fajlagos költségeket.

A HUHA2 nettó profitja az állam szempontjából össze van kötve a gázár alakulásával pozitív kapcsolatban, az alábbi diagram szemlélteti, hogy mekkora profitot is tudna realizálni az erőmű a gázár függvényében.



4. ábra. A fajlagos hő- és a villamos költségek alakulása a gázár változásával



5. ábra. A HUHA2 által realizált nettó profit a gázárak függvényében

Összefoglalás

A prezentált eredmények fényében megállapítható, hogy habár a TSZH tüzelésnek megvannak a negatív aspektusai, amelyek legfőképpen a bonyolult követelmények teljesítésében, a rossz minőségű tüzelőanyag hasznosításában és az általa okozott korróziós problémákban mutatkoznak, ám ezek ellenére hatalmas gazdasági előnyben van a gáztüzelésű erőművekhez képest, továbbá környezetvédelmi szempontból sok előnnyel jár, amely kézzel fogható az Európai Unió szabályozásokban is. Összességében kijelenthető, hogy a HUHA 2 egy gazdaságilag rendkívül gyorsan megtérülő, a nemzetközi árakhoz dinamikusan igazodó energiatermelő egység lenne, ami a tanulmány időpontjában fennálló gázárak mellett évi 25 milliárd forint nettó bevételt tudna realizálni az állami közigazgatás szemszögéből.

Köszönetnyilvánítás

A kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-2-I-BME-66 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.



Felhasznált irodalom

- [1] HUHA2 Új Iszapégető és Hulladék-hasznosító Erőmű Műszaki Döntés Előkészítő Tanulmány Rev.1. (S-6 Mérnök Kft, koordinátor: Orbán Tibor, 2017. augusztus)
- [2] KSH TSZH kezelési adatok: https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0029.html
- [3] SRF-RDF különbség: http://www.combustioninstitute.hu/tdk_dij/2019/SebeEmese_TDK2018.pdf
- [4] Infláció alakulása: <https://www.mnb.hu/letoltes/hun-ir-digitalis-13.pdf> és https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qsf001.html
- [5] D. O. Reimann: CWEWP Energy Report III. (status 2007-2010)
- [6] Földgáz fajlagos kibocsátása: http://energia.bme.hu/~kaszas/Energetika%20III/1_Energiahordozok-1.pdf
- [7] CO2 kvóta ára: <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20210511/sohasem-volt-meg-ilyen-magas-a-szen-dioxid-kvotak-ara-es-ez-meg-csak-a-kezdet>
- [8] Hulladék előválogató beruházás: <https://3bh.hu/3bh/palyazatok/15-megnovelt-hatekonysagu-feldolgozasi-es-energetikai-hasznositasi-celu-komplex-technologiak-kefejlesztese-a-telepulesi-szilard-hullad-ekokhoz.html>
- [9] Gergely László Zsolt: Hulladékok energetikai hasznosítása - Új hulladékhasznosító mű létesítése (Budapest, 2018)

Ajánlati szakaszba lépnek a kelet-magyarországi erőművi blokkok közbeszerzései

Az MVM Csoport márciusban indított nyílt, feltételes közbeszerzési eljárásokat kombinált ciklusú gázturbinás erőművi blokkok megépítésére. A Tiszai Erőmű tiszaujvárosi és a Mátrai Erőmű visontai telephelyein összesen 1600 megawattnyi korszerű energiatermelő kapacitás létesülhet. A felhívásokat élénk érdeklődés kísérte, végül hat-hat pályázó részvételi dokumentációját fogadták el, velük kezdődik meg az ajánlati szakasz.

A kombinált ciklusú gázturbinás (ún. CCGT) erőművek viszonylag gyorsan megépíthetők, hatásfokuk kiemelkedően magas, fajlagos szén-dioxid kibocsátásuk alacsony, teljesítményük a pillanatnyi fogyasztáshoz igazodva szabályozható. Az időjárásfüggő megújuló széles körű hasznosításához megfelelő mennyiségű kiegyenlítő kapacitás is szükséges. A tervezett blokkok több ezer megawatt napelemes termelés rendszerbe kapcsolását alapozzák meg. Bizonyos arányban alkalmasak lesznek hidrogén tüzelésre is.

A tervek szerint az MVM Tiszai Erőmű tiszaujvárosi bázisán két, egyenként maximum 500 MW teljesítményű, az MVM Mátra Energia Zrt. Mátrai Erőmű visontai telephelyén pedig egy legfeljebb 650 MW teljesítményű blokk létesül. A fejlesztésekben a környezetvédelmi előírásoknak teljes körűen eleget téve, észszerűen hasznosulnak már meglévő infrastruktúrák. Így például a tiszaujvárosi építkezés barnamezős beruházásban, egy működésből korábban kivont, olaj-földgáz tüzelésű erőmű telephelyén valósul meg. A kivitelezés a közbeszerzési eljárások sikeres és eredményes lezárása után kezdődhet meg, a munkálatok időigénye várhatóan 3-3,5 év.

A körbeszerzéseket ár lehajtó hatású verseny ígéretét hordozó, élénk nemzetközi érdeklődés fogadta. A felhívások anyagait projektenként több mint harminc érdeklődő töltötte le. A hiánypótlási felhívásokra érkezett válaszok feldolgozását követően a visontai és a tiszaujvárosi helyszín esetében egyaránt hat-hat jelentkező jutott tovább a most megkezdődő ajánlati szakaszba. A nyugat-európai bázisú világvállalatok mellett egyiptomi, görög, kínai, török cégeket is magukba foglaló konzorciumok tételes listáját az MVM Csoport teszi közzé.

A két új tiszaujvárosi blokk évente átlagosan 5.200, míg a mátrai 3.800 GWh villamos energiát termelhet majd. Az MVM Csoport 800 MW új, korszerű szabályozó-kapacitással járul hozzá a hazai villamos energia rendszer stabilitásának megőrzéséhez. A tervezett beruházások elősegítik a hazai áramtermelési arány fenntartását, növelését, a lakossági és ipari fogyasztói igények kielégítését, erősítik az ellátásbiztonságot, és előmozdítják a klímavédelmi, karbonsemlegességi vállalások teljesítését.

Budapest, 2023. augusztus 3.

forrás: Energiaügyi Minisztérium

A fotovoltaikus rendszerek termelésének előrejelzései¹

Békési Bálint

BSc hallgató, bekesi.balint@eszk.org

Bessenyei Tamás

üzletfejlesztő, bessenyei@mavir.hu

Az elmúlt évtizedben nagyon gyorsan terjedtek el a napelemek, mint háztartási méretű kiserőművek (HMKE). Időjárás függésük, a felhasznált napelemek és inverterek sokfélesége, továbbá tájolásuk és földrajzilag elszórt elhelyezkedésük miatt a termelésük sokkal nehezebben előre jelezhető, mint egy nagy (több 10 MW-os) napelemes erőmű termelése. Mivel ezen HMKE erőművek beépített teljesítménye (1,4 GW) összemérhető a konvencionális nagy erőművek beépített teljesítményével, és ugyan úgy a villamosenergia-rendszerbe táplálnak be, így fontos tudnunk mikor mekkora teljesítményt adnak le. Ezt csak becsülni tudjuk különböző módszerek segítségével. Cikkemben kitérek ezen módszerek, modellek alkalmazására, emellett bemutatom a MAVIR-nál futó HMKE PV előrejelzés fejlesztésre irányuló projekteket, illetve a néhány órára előre tekintő becslés folyamatát.

*

Over the last decade, solar panels have spread very rapidly as small-scale household power plants. Their weather dependence, the variety of solar cells and inverters used, and their orientation and geographic dispersion make their products much more difficult to predict than that of a large (several 10 MW) solar power plant. As the installed capacity of these household power plants (1.4 GW) is comparable to the installed capacity of conventional large power plants, and they feed into the electricity system in the same way, it is essential to know when they are delivering power. We can only estimate this using different methods. This article discusses the application of these methods and models and introduces the projects for developing the PV forecast at MAVIR Zrt. and estimating a few hours ahead.

Előrejelzések időtartamai, céljai

Az előrejelzéseket 4 kategóriába sorolhatjuk be időtartalom szerint, név szerint hosszú-, közép-, rövid- és ultrarövid távú. Minden kategóriának megvan a módszere, hogy hogyan érdemes számolni. Emellett a különböző időtartám előrejelzéseket különböző piaci szereplők különböző célokra használják fel.

Hosszútáv alatt 1 hónap és 1 év közötti intervallumot értünk. Itt nem feltétlen a pillanatnyi, negyedórás teljesítmény érdekel minket, hanem a beépített kapacitás, és/vagy a megtermelt energia fontos. Ez segít a források (termelés) és a villamosenergia hálózatok (átvitel és elosztás) tervezésében, illetve tudunk következtetni az energiapiaci folyamatokra. A különböző intézményeknek (energia hivatal, minisztériumok, jogszabály alkotók, stb.), az elosztó és átviteli hálózatok közép és hosszú távú tervezőinek, és az energiapiac többi résztvevőinek (beleértve a pénzügyi befektetőket is) ez egyaránt hasznos információ. Portfólió optimalizálásra is ezt használjuk.

Középtávon (néhány nap – 1 hónap) is érdekesek az előrejelzések. Ennek segítségével tervezik meg a villamosenergia-rendszer üzemeltetői a távvezetékek, alállomások karbantartásának idő-

pontját, helyszínét, menetét. A termelői oldalon az energiatermelők a kötelezettségvállalási döntéseiket szintén ez alapján hozzák meg.

A rövidtávú előrejelzés, mely 1 óra és 1-2 nap közötti időtartam, szintén nélkülözhetetlen a rendszer optimális működéséhez. Három fő felhasználási területe van:

- A hálózatbiztonsági számításokban nagy szerepe van ezen időtartalmi termelés előrejelzésének.
- Emellett a rendszer szintű tartalék tervezésben is felhasználják inputként. Hálózatbiztonsági szempont, hogy tudjunk mindig megfelelő tartalékokat igénybe venni, ha esetleg nem tudnak a napelemek megfelelő mennyiségű teljesítményt leadni (vagy esetleg többet termelnek, mint a menetrendekben szerepelt).
- Továbbá a piaci szereplők által elkészítendő másnapi (DA) menetrendek és napon belüli (ID) menetrendek elkészítéséhez is felhasználják ezeket az előrejelzéseket.

Ultrarövid távra (1 másodperc – 1 óra) is készítenek becsléseket. Ezt teljesítmény- és feszültség szabályozáshoz használják fel a kis- és középfeszültségű hálózaton. Emellett valós idejű terhelélosztás és rendszerstabilitás vizsgálatokat készítenek az eredményekkel. Ezek a becslések akár PV erőművek leszállási képességeinek monitorozására és rövid idejű (néhányszor 15 perces) igénybevitelének ütemezésére is alkalmasak lehetnek.

Látható, hogy a villamosenergia-rendszer üzeme szempontjából szinte minden távlatra fontos előrejelzéseket készíteni a tervezhetőség és a biztonságos üzemvitel érdekében. Cél a minél pontosabb becslés készítése, melyekre különböző módszereket alkalmaznak. Ezek fejlesztése még a mai napig tart, hiszen a napelemek nem régóta vesznek részt a villamosenergia-termelésben. Különböző modelleket is felépítettek már a szakemberek: fizikai, statisztikai, gépi tanuláson alapuló és hibrid modellek léteznek.

Előrejelzési modellek

Fizikai modell esetén fizikai paraméterek (pl.: napelem tájolása, dőlésszöge, sugárzás intenzitás, hőmérséklet, DC oldali veszteség, inverter hatásfok stb.) alapján számoljuk ki a megtermelt energiát, illetve a leadott teljesítményt. Ehhez sok változót kell figyelembe vennünk, amiket némely esetben nehéz pontosan mérni. A sok változó emellett azért sem előnyös, mert ahány egység, annyi féle kombináció. Háztartási méretben minden egyes napelemes erőművet külön lemodellezni nagy számítási kapacitást igényel és emellett nagyok sok bemenő adat sem ismert, éppen ezért nem az erőművek egyedi leképezését használjuk a decentralizált kiserőművekre. A kiserőműveket észszerűen csoportosítva/összevonva (pl. járás szinten) már alkalmazható lehet a fizikai modell néhány elhanyagolással/egyszerűsítéssel. Nagyobb napelemparkokra viszont célravezetőbb ezt a modellt használni, hiszen ott azonos paramétereket kell figyelembe venni. Kellően pontos inputok alapján viszonylag jó eredményeket kapunk. Ezen módszernek az előnye, hogy a becsléshez nem szükségesek előzetes mérési eredmények, így is ki tudjuk számolni a kívánt eredményeket (bár a becslés pon-

¹ A cikk a KLENNEN '23 konferencián elhangzott előadás alapján készült.

tosításához hasznosak tudnak lenni a mérési adatok). Vizsgálati módszerei a numerikus időjárás-előrejelzés (Numerical weather prediction, NWP) illetve a képalapú előrejelzés. NWP esetén a légkört egy folyadékként tekintik, adatait a termodinamikai- és áramlástan egyenletekbe írják be, ezek eredménye adja az előrejelzést. Kép alapú előrejelzésnél a műholdak és ég kamerák által készített képekből következtetnek a jövőre. Ezt jellemzően ultrarövid távon alkalmazzák.

Másik elterjedt modell a statisztikai modell. Itt szükségünk van előzmény adatokra, melyekből következtetni tudunk a jövőbeli termelésre. A múltbeli mérésekben kell összefüggéseket keresni időjárás adatok és leadott teljesítmény között. Minél nagyobb mennyiségű adat áll rendelkezésünkre, annál pontosabban tudjuk ezeket a következtetéseket levonni. A fizikaival szemben előnye, hogy könnyebb implementálni, illetve sok különböző változóval is használható (például HMKE-k esetében). Viszont hosszútávra nem pontos, mert az időközben beépített egységeket nem veszi figyelembe, hiszen a múltbeli adatokat használja. Idősoros előrejelzést és regressziószámítást alkalmazunk a statisztikai modell pontosítására. Ezen módszer kevésbé pontos a ritkán előforduló esetekre (a modell "szélein" nagyobb a hiba).

Napjainkban az informatika fejlődésével a gépi tanuláson alapuló becslések is megjelentek. Hasonlít a statisztikai modellre, mivel itt is régi adatokat töltünk be a gépnek, majd megadott minták alapján a szoftver tanulja meg felismerni az összefüggéseket. Előnye, hogy pontosabb becsléseket kapunk a fentiekhez képest. Segítségével a fizikai- és statisztikai modelleket tudjuk pontosítani. Hátránya viszont a nagy memória és számítási kapacitás igény. Bonyolult algoritmusokat használ és sok előzmény adatot igényel – bár ez a számítástechnika fejlődésének köszönhetően egyre kevesebb gondot okoz. Neurális háló, Support Vector Machine és Extreme Learning Machine módszerekkel tudunk dolgozni.

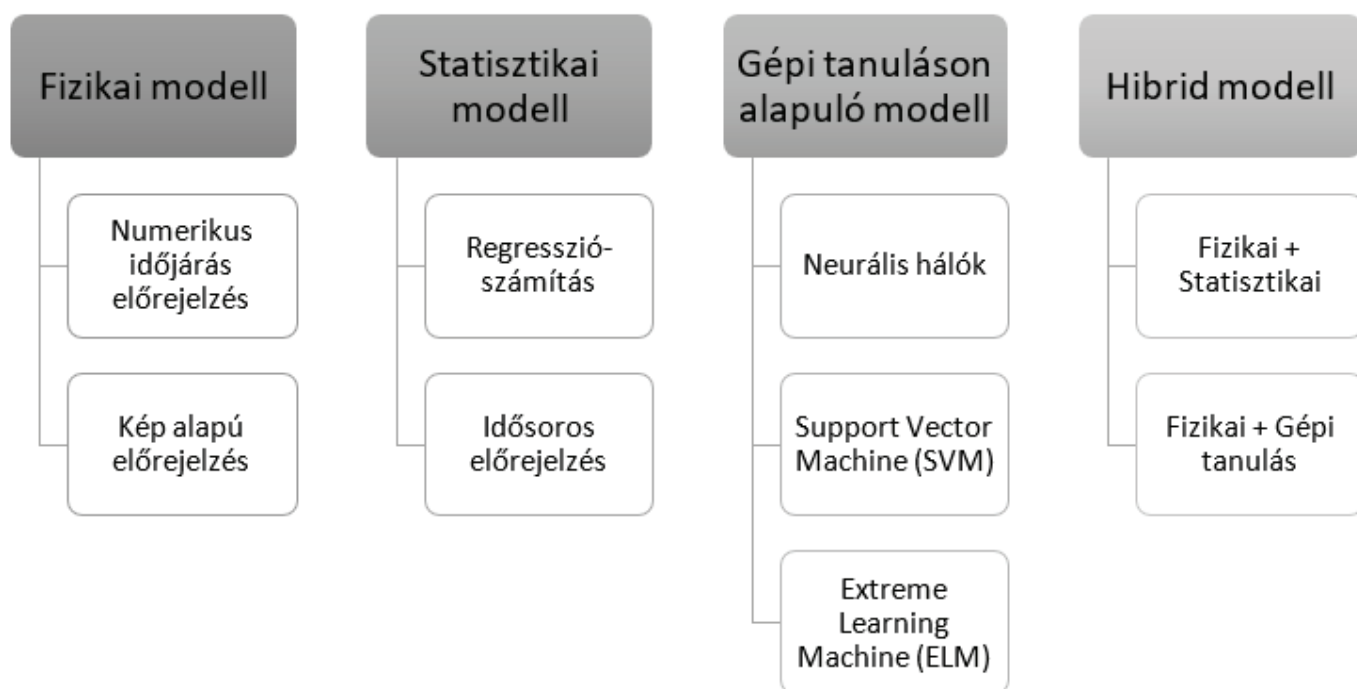
Hibrid modell alatt a fent leírtak valamiféle kombinációját értjük. Használhatunk egyszerre például gépi tanuláson alapuló és fizikai modellt is a pontosabb eredmény elérése érdekében, bár ilyenkor

számolnunk kell az idő és a számítási kapacitások növekedésével. Az 1. ábra a felsorolt modelleket mutatja be.

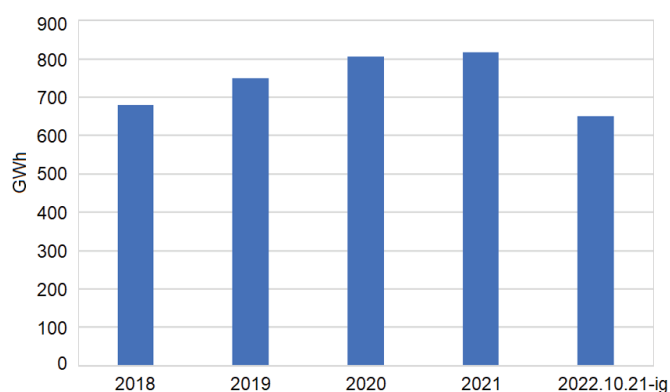
A MAVIR projektjei

A MAVIR ZRt. - mint villamosenergia-rendszer üzemeltető - számára ezek a becslések nagy jelentőséggel bírnak. Az elmúlt évtizedben a napelemes háztartási méretű kiserőművek száma, illetve beépített teljesítménye dinamikusan nőtt. Ezt a növekedést le kell követnie a MAVIR-nak is, hogy minél optimálisabban tudja működtetni a rendszert. A PV egységeket jellemzően két csoportba lehet felosztani: üzleti- és HMKE szegmensre. Jelenleg fizikai modellel alkalmaznak mindkét szegmensre (rövid távon és napon belül egyaránt). Az egyre fejlettebb technológia miatt viszont lehetőség nyílt a gépi tanulást bevetni ezen területen is. Annak érdekében, hogy ezeket az előrejelzéseket pontosítani lehessen, egy erre irányuló projektet indított a cég.

2022 végére közel 170 ezer darab háztartási méretű napelemes egység volt a villamosenergia-rendszer része. Ennek nagy része az elmúlt 5 évben csatlakozott; ebből is látszik, hogy milyen gyors fejlődés történt. Az Európai Unió által 2050-re kitűzött karbonsemlegesség elérésében a megújuló elterjedésének, integrációjának fontos szerepe van. Ahhoz, hogy ez a fejlődés fenn tudjon maradni, és 2030-ra elérjük a tervezett 3000 MW beépített teljesítményt, majd később még ennél is többet, elengedhetetlen a termelésbecslés fejlődése is. Emellett általánosságban elmondható, hogy a megnövekedett beépítettség időnként megnövekedett rendszer szintű kiegyenlítetlenséget generál. Emiatt a fellépő nagyobb kiegyenlítetlenség miatt több kiegyenlítő szabályozási szolgáltatást (kapacitás és energia) kell beszereznie a rendszerirányítónak, melynek jelentős anyagi vonzatai vannak (2. ábra). Nem csak az igénybe vett szabályozási energia mennyisége növekedett, hanem a teljesítménytartomány is szélesedett, illetve a fel- és le irányú szabályozások is gyakoribbak lettek. Megfigyelhető, hogy a tavaszi és őszi időszakban a változékony időjárás, és az ebből következő nehezebb előrejelzés miatt jelentősebb ez a kiegyenlítetlenség.



1. ábra. Előrejelző modellek



2. ábra. Magyarországon igénybe vett szabályozási energia

Az üzleti- és HMKE szegmens között a nagy különbség, hogy a menetrendezést, termelésbecslést más szereplők végzik. Az üzleti részre teljes mértékben rálát a MAVIR, beleértve a terv- és tényadatokat, illetve a valós idejű termelést. Emellett további pozitívum, hogy a menetrendkészítést is pontosabban végzik a pénzügyi ösztönzők következtében. Problémát jelent a háztartási méretű PV egységek esetén, hogy a mérőórák csak a termelés és fogyasztás eredőjét mérik, így valós termelési adatokat csak az inverterekből tudunk kinyerni. Ezekhez viszont csak a tulajdonosok és a gyártók férnek hozzá. Következtetni a maradékgörbe segítségével lehetne, de sajnos ez sem egy pontos, megbízható támpont. Ezt a maradékgörbét az elosztói engedélyesek (DSO-k) készítik, mely tartalmazza az elosztó hálózat veszteségét és a profilos felhasználók eltérését a meghirdetett profiltól. Mivel ennek pontosítására a jelenlegi szabályozás csak részben ösztöni a DSO-kat, így láthatóan nagyobbak a tervezettől való eltérések az üzleti szegmenshez képest (holott a HMKE PV-k beépített teljesítménye kisebb, mint az üzleti szegmensé). A rendszerirányítónak viszont fontos lenne tudni a tény és az előrejelzett termelési adatokat, így ezeket a becsléseket a MAVIR Zrt. készíti el saját maga számára.

A projekt a háztartási méretű kiserőművek problémakörrel kapcsolatban indult, mely két részre bontható. Egyik felében egy közel valós idejű modellt dolgoztak ki a teljes hazai HMKE PV-k tény termelésének becslésére. Ennek egyik célja, hogy a fejlesztés alatt lévő előrejelző modellek eredményei visszamérhetőek legyenek. A másik cél pedig az, hogy a rendszerirányítást végző diszpécserek számára is ismert legyen az aktuális HMKE PV termelés (az üzleti PV-k termelése mellett). Ehhez a modellhez a HMKE PV-k hely és beépített teljesítmény adatait használják fel, amelyet az elosztói engedélyesek havonta frissülő, településekre lebontott adatszolgáltatással támogatnak. További kihívást jelent az inverterekből származó közel valós idejű teljesítmény adatok gyűjtése, mivel még kezdetleges a folyamat (késések, helytelen adatok előfordulnak). Nem az összes, hanem csak egyes egységek invertereiből kapnak felhasználható inputokat. Ezeket az inverter gyártóktól szerzik be az ország minden járásából. Jelenleg nagyjából 10.000 darab, közel 60 MW beépített teljesítményű HMKE napelemeről érkezik 5 percenként frissülő információ, melyet terv szerint tovább növelnek, hogy pontosítani tudják az eredményeket. A kapott adatok alapján lehetséges extrapolálni az értékeket az egész országra. 15-20% körüli lefedettség esetén már jó közelítést (0.2 alatti nMAE érték, normalizált átlagos abszolút hiba) lehet elérni. Ezt random mintavételezéssel, többszöri ismétléssel végzik, így még pontosabb modellt kapnak.

A projekt másik része a néhány napra előretekintő termelésbecslés. Itt a DSO-któl kapott lokáció és beépített teljesítmény adatok mellett az időjárási jellemzőket (besugárzás, felhőzettség, hőmérséklet) veszik figyelembe járásközpontként. A fentebb felsorolt modellek közül jelenleg a fizikai alkalmazzák lineáris, determinisztikus becslésre. Egy-egy járásközpont 4 db virtuális erőművel kerül modellezésre. A felhasznált időjárás adatokat 6 óránként frissíti a meteorológiai szolgálat, így ezt a néhány napra előretekintő becslést 6 óránként lehet frissíteni. Problémát jelent, hogy nem ismert a PV cellák DC teljesítménye (csak az inverter teljesítményéről van információnk, a mögötte lévő napelemek teljesítménye ettől eltérő lehet). A jövőben további kihívást fog jelenteni a visszawattos- és villamosenergia-tároló rendszerek elterjedése, illetve az elektromos autók megnövekedett száma. Eredményként elmondható, hogy egy hónapos ciklust vizsgálva a tervadatok 2-5%-kal tértek el a tényadatoktól. Felhasználás szempontjából az Országos Diszpécser Szolgálat számára fontos a minél pontosabb előrejelzés; így a rendszerirányítók, üzemelőkészítők javítani tudnak a kiegyenlítő szabályozással kapcsolatos folyamatokon. Ezzel az optimalizációs eljárással költséget lehet megtakarítani, illetve a konvencionális erőművek mellett nagyobb arányú megújuló energiaforrást felhasználva a szén-dioxid kibocsátást is tudják mérsékelni.

A jövőben további fejlesztések várhatók e téren. A HMKE PV-k aktuális termelésének becslése kapcsán az inverteres adatszolgáltatást szeretnék bővíteni 15-20%-os lefedettségre, így még pontosabb modellt kapnak az országos termelésről. Továbbá a most alkalmazott fizikai modellt egy gépi tanulást használó algoritmussal fogják kiegészíteni. Ennek szerepe kettős: egyrészt a néhány napos előretekintő modell mellé szeretnének egy konkurens modell létrehozni, illetve egy kb. 1 órára előretekintő ultrarövidtávú modellt is szeretnének megvalósítani. Jelenleg az üzleti szegmens fejlesztése van folyamatban, majd ezt követően terv szerint a HMKE-k kerülnek sorra. Ehhez jelentős mennyiségű termelési- és időjárás adata van szükség.

Felhasznált irodalom

- [1] MAVIR Zrt. HMKE projekt dokumentáció



KLENEN '21 konferencia

Rendszer inercia várható változásai és hatása a VER működésére¹

Juhász Kristóf Péter

MSc hallgató, juhasz.kristof@eszk.org

Táczai István

FASTER Kiválóság Kutatócsoport, taczi.istvan@edu.bme.hu

Sztráda Gyula

osztályvezető, sztrada@mavir.hu

Az inercia, avagy tehetetlenség lényeges szerepet játszik a villamosenergia-rendszer frekvenciastabilitásában. A tehetetlenség alapvetően gátolja a zavarok hatására fellépő nagy frekvenciaváltozásokat, ezzel stabilitást adva a villamosenergia-rendszernek.

A jelenlegi energiastratégiákkal és irányelvekkel (Nemzeti Energiastratégia, Fit for 55) kapcsolatban kijelenthető az, hogy a magyar villamosenergia-termelői összetételben változások fognak bekövetkezni, amelyek köszönhetően a rendszer inercia csökkenni fog. Ez alapvetően abban nyilvánul meg, hogy a nagy forgó tömeggel rendelkező konvencionális erőművek leállításra kerülnek és a helyükre napelemes termelőket telepítenek, melyek a rendszerre teljesítményelektronikán keresztül csatlakoznak inercia hozzájárulása nélkül. A csökkenő inercia következtében a villamosenergia-rendszer sérülékenyebb lesz, a zavarok hatására bekövetkező frekvenciaváltozásnak a gradiense növekedni fog, mely következtében szélsőségesebb frekvenciaértékeket is felvehet a rendszer.

A frekvenciafüggő terheléskorlátozás (FTK) az utolsó védelmi elem, amelynek feladata megelőzni a rendszerösszeomlást. A működés alapja az, hogy a frekvencia függvényében fogyasztókat választunk le a hálózatról, ezzel csökkentve a hiányzó teljesítmény mértékét a rendszerből. Az FTK-védelemnek különböző fajtái léteznek: hagyományos, félig adaptív és adaptív, melyek a leválasztandó fogyasztók kiválasztásában különböznek.

A magyar FTK rendszerautomatika középfeszültségű vonalakat választ le a hálózatról a stabilitás megőrzése érdekében. A jelenleg lejáró termelői összetétel átalakulásban a centralizált termelést felváltja a decentralizált energiatermelés, melynek hatására a középfeszültségű vonalakon egyre inkább megjelennek termelők is, amely következtében a jelenleg használt eljárás nem feltétlen jelent megoldást az adott üzembiztonságra, ugyanis egyes szcenáriók esetében nem csak fogyasztást választunk majd le a hálózatról, hanem esetleges elszórt termelőket is, amellyel a kívánt hatás ellenkezőjét érjük el.

A cikkben PowerFactory – DiGSILENT szimulációs környezetben vizsgáltuk az átalakuló termelői összetétel hatását a frekvenciastabilitásra, valamint az adaptív frekvenciafüggő terheléskorlátozás egy lehetséges megoldását, a frekvenciaérzékenység alapján történő prioritizálást IEEE 9 gyűjtősínes modellen. A vizsgálatok során azt az eredményt kaptuk, hogy a fogyasztók frekvenciaérzékenység alapján történő lekapcsolási sorrendbe rendelése, azaz a kisebb tényezővel rendelkező fogyasztók előbb történő lekapcsolása nagyban hozzájárul ahhoz, hogy a rendszerben lezajló tranziensek lassabban játszódjanak le és stabilitás szempontjából egy jobb állapotba állandósuljon a rendszer a zavar után.

*

Inertia plays an essential role in the frequency stability of the power system. Inertia basically prevents large frequency variations due to disturbances, thus providing stability to the power system.

In the context of the current energy strategies and policies (National Energy Strategy, Fit for 55), it can be noted that there will be changes in the Hungarian power generation mix, which will reduce the inertia of the system. This will mainly consist of shutting down conventional power plants with high rotating mass and replacing them with solar PV generators connected to the system via power electronics without inertia contribution. As a result of the reduced inertia, the power system will become more vulnerable, the gradient of the frequency change due to disturbances will increase, which may result in the system taking on more extreme frequency values.

Under frequency load shedding (UFLS) is the last protection element to prevent system collapse. It essentially works by disconnecting loads from the network, thereby reducing the amount of missing power from the system. There are different types of UFLS: conventional, semi-adaptive and adaptive, which are different in the way they select the loads to be disconnected.

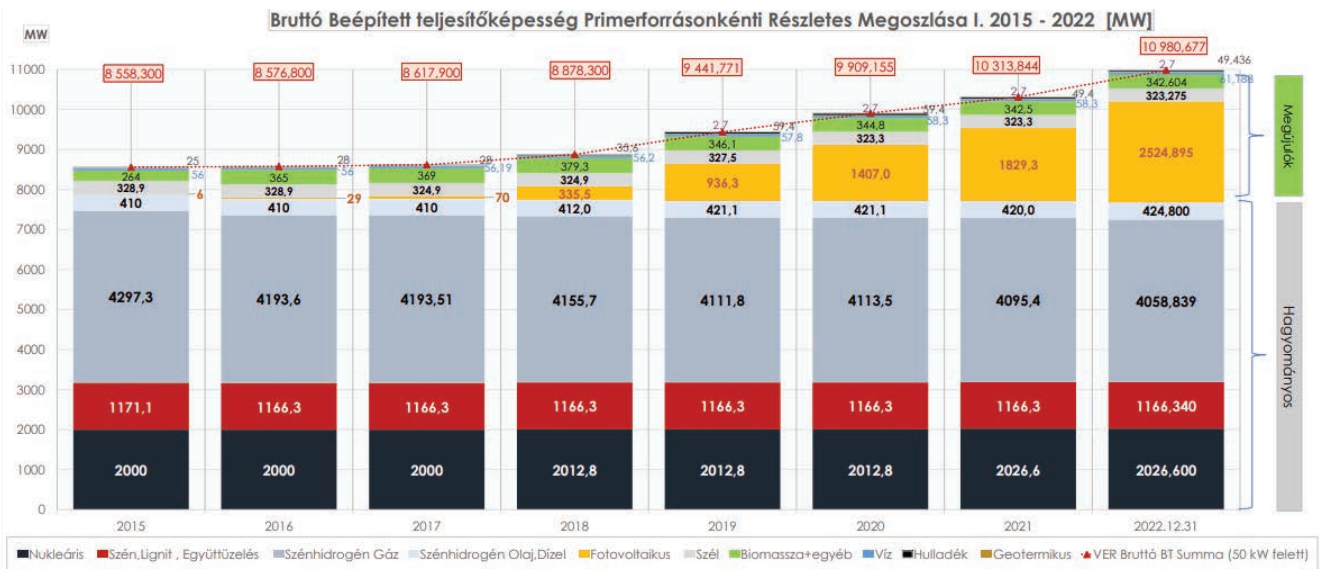
The Hungarian UFLS disconnects medium-voltage lines from the grid to maintain stability. In the ongoing transformation of the generation mix, centralised generation will be replaced by distributed generation, which will lead to an increasing number of generators on medium voltage lines, which means that the current method will be not the best solution.

In this paper, we investigated the impact of the transforming generation mix on frequency stability and a possible solution for adaptive under frequency load shedding in PowerFactory - DiGSILENT simulations on IEEE 9 Bus model.

A villamosenergia-rendszer termelői összetétele változásokon megy keresztül, amely számos rendszerstabilitásbeli kérdést felvet. A jelenlegi tendenciák, Nemzeti Energiastratégia [1] és Nemzeti Energia- és Klímaterv [2] mind azt mutatja, hogy jelentős megújuló termelőt készül a magyar, valamint európai rendszer integrálni. Hazai szinten ez 2030-ra 6500 MW, 2050-re 11 000 MW beépített napelemes kapacitást jelent.

Létesítéskor a hálózatot központosított termelésre tervezték, ahol az energiát erőművekben állítják elő szinkrongenerátorokkal. A megváltozott termelői összetétel számos stabilitási és rendszerirányítási problémát felvet, mivel a napelemes termelők teljesítményelektronikán keresztül csatlakoznak a hálózatra és nem rendelkeznek tehetetlenséggel, mint a fizikai forgó tömeggel rendelkező nagy gépek. A forgó tömeg hiánya következtében a rendszerben problémák léphetnek fel többek közt a frekvenciastabilitásban, villamosenergia-minőségben, védelmek tekintetében és feszültségmeddőteli teljesítmény egyensúlyának viszonyában.

¹ A cikk a KLENNEN '23 konferencián elhangzott előadás alapján készült.



1. ábra. Bruttó Beépített teljesítőképesség [3]

A magyar termelési adatokból kitűnik a napelemes energiatermelés a megújuló energiaforrások közül. A napelemes energiatermelés értéke jelentős részét teszi ki a magyar összes beépített kapacitásnak, már most eléri a 2420 MW-os értéket (a HMKE-s beépített kapacitás nincs beleszámolva, amely 1420 MW), amely többszöröse az egyéb megújulóknak (1. ábra).

A jelenlegi villamosenergia-rendszerben a tehetetlenséget a konvencionális erőművek képviselik. Ilyen erőművek Magyarországon a Paksi erőmű 2072 MW, a Mátrai erőmű 750 MW, a Dunamenti erőmű 680 MW, a Gönyüi erőmű 530 MW és Csepeli gázturbinás erőmű 492 MW-os értékkel [3].

A [4] forrásban meghatározták a különböző inerciakonstansokat, amelyet a 1. táblázat mutat. Ezen adatok és a jelenlegi termelési adatok mentén a jelenlegi hazai rendszer inerciája alulról 21 GW-sra becsülhető. Fontos, hogy ebben csak a jelenleg üzemelő erőműveink vannak jelen, az állandó hiányú státuszú erőművek (pl. Tisza II) nem.

1. táblázat. Tipikus inercia konstansok különböző erőművekre [4.]

| Erőmű típus | H [s] |
|------------------------------|-------|
| Nukleáris | 6 |
| Kombinált ciklusú gázturbina | 5,5 |
| Egytengelyes gázturbina | 4,5 |
| Nagyméretű vízerőmű | 3 |
| Diesel generátor | 2 |
| Inverteres egység | 0 |

Inercia

Az inercia, avagy tehetetlenség lényeges szerepet játszik a villamosenergia-rendszer (VER) frekvenciastabilitásában. A váltakozó áramú rendszer alapvető jellemzője a frekvencia. Állandósult állapotról akkor beszélünk, ha a frekvencia nem változik, azaz $df/dt=0$. Ilyenkor az egyes generátorok kapcsain kiadott villamos teljesítmény azonos a turbinák által leadott mechanikai teljesítménnyel, ha eltekintünk a generátor átalakítási veszteségeitől.

$$\sum P_{gi} = \sum P_{mi}$$

Azonban, ha a villamos teljesítmény valamilyen esemény, vagy zavar hatására nem egyezik meg a turbina által leadott mechanikai teljesítményigénnyel, akkor a $df/dt \neq 0$ és a dinamikus egyensúlyi egyenlet lesz érvényben. Amennyiben a hálózaton a betáplált teljesítmény a több, a forgó gépek gyorsulni fognak, ezért a frekvencia növekedni fog, amennyiben a fogyasztás több mint a leadott teljesítmény a gépek kinetikai energiaváltozása (lassuló forgómozgása) igyekszik majd ezt a többlet teljesítményt kielégíteni és így a frekvencia csökkenni fog. A dinamikus egyensúlyból belátható, hogy a villamos frekvencia és a szinkrongépek forgási sebessége egyenesen arányos.

$$P_{gi} = P_m - \frac{dW_{kin}}{dt}$$

A rendszer inerciája egyenlő a rendszer forgási kinetikus energiájával. Ezt egy gép esetében a tehetetlenségi nyomaték (θ) és a fordulatszám (ω) határozza meg, ahol az i index mindig egy gépet jellemez.

$$E_i = \frac{1}{2} \theta_i \omega_{ni}^2$$

Egyetlen gép inerciája E_i a gép kinetikus energiájával W_{kin} egyenlő, ahol θ_i egy gép tehetetlenségi állandója és ω_{ni} egy gép névleges szögsebessége. Az i index az adott gépegységet jelöli. Az inerciát [MWs]-ban értelmezzük, megállapítható, hogy egy gép esetében az inercia nincs közvetlen kapcsolatban a villamos teljesítmény aktuális értékével. Az inercia állandó (H_i) az az idő, amely ahhoz szükséges, hogy a gép elérje névleges fordulatszámát a látzólagos teljesítményével (S_{ni}) gyorsítva. Egyetlen gép esetében ez a tehetetlenségi állandó a következőképpen alakul.

$$H_i = \frac{E_i}{S_{ni}} = \frac{1}{2} \frac{\theta_i \omega_{ni}^2}{S_{ni}}$$

A teljes villamosenergia-rendszer inerciája az összegzése a forgó gépek kinetikus energiájának.

$$E_{rsz} = W_{kin} = \sum W_{kin_i} = \sum \frac{1}{2} \theta_i \omega_{ni}^2 = \sum H_i S_{ni}$$

A rendszer dinamikusan változó frekvenciáját a forgó tömeg mozgási egyenletével írjuk le, ahol f_N a névleges frekvenciát jelöli és f_0 a rendszerfrekvenciát a zavar előtt.

$$\Delta P = 2E_{rsz} \frac{d\left(\frac{\Delta f}{f_N}\right)}{dt}$$

A rendszerfrekvencia kezdeti változásának figyelembevételével a frekvenciaváltozás kezdeti mértéke (Rate of Change of Frequency, RoCoF) a következőképpen határozható meg.

$$E_{rsz} = \frac{\Delta P}{2 \frac{df}{dt}} f_0$$

Mivel a $RoCoF = df/dt$, ezért ezt a képletet átrendezve adódik a következő összefüggés.

$$RoCoF = \frac{f_0 \cdot \Delta P}{2E_{rsz}}$$

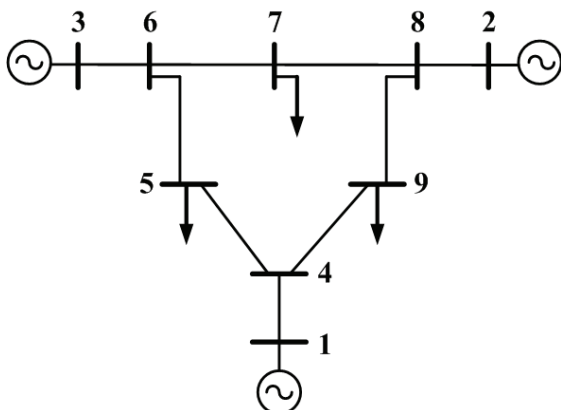
A tehetetlenség kulcsfontosságú szerepet játszik a villamosenergia-rendszer stabilitásának fenntartásában. Az inercia a hálózat számára ellenállást biztosít a létrejövő frekvenciaváltozásal szemben, amely a zárlat, vagy hirtelen terhelésváltozásból, erőművi kiesésből keletkezik. A villamosenergia-rendszerekben a tehetetlenség és a frekvencia szorosan összekapcsolódik. Egy nagy tehetetlenséggel rendelkező rendszerben az inercia csökkenti a frekvenciaváltozás sebességét, ezért egy alacsonyabb inerciával rendelkező rendszer esetében ez a RoCoF érték nagyobb lesz. A hálózat biztonságos működése érdekében a villamosenergia-rendszer frekvenciájának egy előre meghatározott tartományon belül kell maradnia.

Inercia változásának hatásának vizsgálata

A cikkben az inercia változásának hatásait az IEEE 9 Bus modelljében vizsgáltuk. A hálózathoz tartozó különböző paramétereket a 2. táblázat, a topológiát a 2. ábra mutatja, a névleges frekvencia 60 Hz volt [5].

2. táblázat. Rendszerhez tartozó adatok

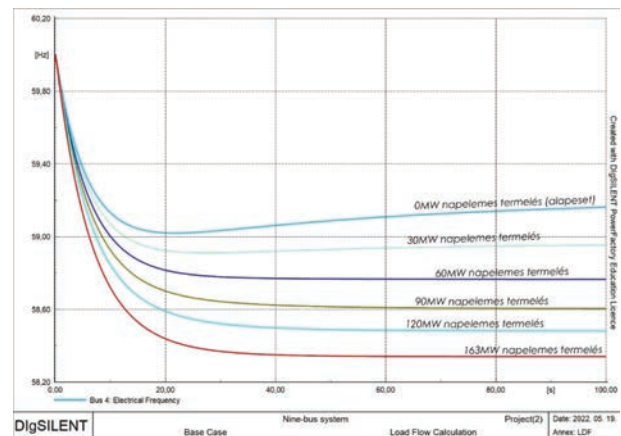
| | Sn [MVA] | H [s] | E [MVA] |
|--------|----------|----------|---------|
| Gen 1 | 247,5 | 9,552 | 2364 |
| Gen 2 | 192 | 3,333 | 640 |
| Gen 3 | 128 | 2,352 | 301 |
| | P [MW] | Q [Mvar] | cosφ |
| Load A | 125 | 50 | 0,93 |
| Load B | 90 | 30 | 0,95 |
| Load C | 100 | 35 | 0,94 |



2. ábra. IEEE 9 BUS modell [6]

Inerciaváltozás hatása a rendszerfrekvencia stabilitására

Az első scenárióban a modellezett fogyasztók teljesítménytartó komplex fogyasztók voltak 68%-os dinamikus/statikus aránnyal, amely azt jelentette, hogy a fogyasztók 68%-a rendelkezett frekvencia érzékenységgel. A szimulációk során különböző napelem penetrációk hatását vizsgáltuk a frekvencia gradiensre és a legkisebb felvett frekvenciára. A napelemes energiatermelés növekedésével (0 MW, 30 MW, 60 MW, 90 MW, 163 MW) és a konvencionális erőművi termelés csökkentésével a kezdeti frekvencia gradiens növekedett, míg a legkisebb elért frekvencia csökkent. Ennek összehasonlítására szolgál a 3. ábra. A rendszer tartalék szabályozással nem rendelkezett. A hálózaton egy fogyasztói teljesítményugrás esemény volt definiálva (load event), amely alatt a „C” fogyasztó hatásos teljesítmény igénye 20%-kal emelkedett. Ez volt a tranzienst jelenség, amely kiváltotta a frekvencia változást.



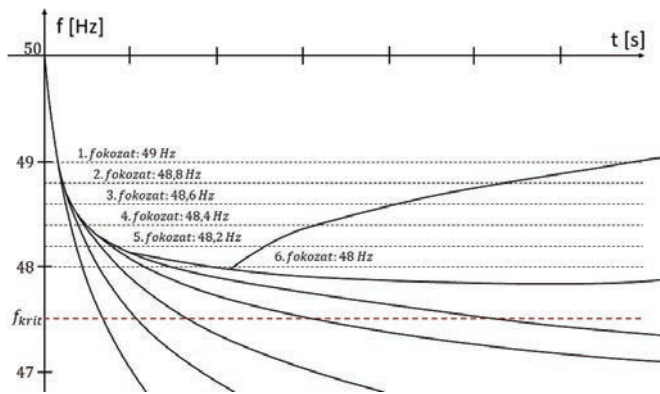
3. ábra. Különböző naperőművi penetráció hatása a frekvenciára

A szimulációkban azt az eredményt kaptuk, hogy az egyre nagyobb szerephez jutó napelemes termelés növeli a frekvencia gradiens értékét és ennek hatására az elért frekvenciaeltérés $\Delta f = 0,8$ Hz-ről $\Delta f = 1,7$ Hz-re növekedett. Ezzel ellentétes hatással bír a hálózatra csatlakoztatott különböző motoros fogyasztók, amelyek forgó tömege egy plusz inerciaforrásként szolgálhat.

Inercia változás hatása a frekvenciafüggő terheléskorlátozásra (FTK)

Abban az esetben, ha a fogyasztóoldali teljesítményigény meghaladja a termelésoldali teljesítőképesség maximumát, azaz a rendszer már nem rendelkezik fel irányú szabályzásra alkalmas forgó tartalékkal, akkor a rendszer frekvenciája csökkeni fog. Ha ez a frekvencia 47,5 Hz-es érték alá csökkenne, akkor a rendszer-összeomlás veszélye fennáll. Ezen kritikus helyzet elkerülése érdekében a frekvencia függvényében a fogyasztást korlátozni kell. [7]

A magyar rendszerirányító által előírt frekvenciafüggő terheléskorlátozás a beépített fogyasztás 45%-át képes ledobni összesen 6 különböző fokozatban. A hat fokozat közül az első fokozat 5%-át tudja leválasztani a mindenkori rendszerterhelésnek, a maradék öt további 8-8%-ot. Az első fokozat akkor indul, ha a rendszerfrekvencia eléri a 49 Hz-et. Amennyiben az első fokozat által leválasztott terhelés hatására a frekvencia továbbra is csökken, akkor a 48,8 Hz-es értéket elérve a második fokozat FTK rendszerautomatikája további 8% terhelést választ le. Ez 200 mHz-es lépcsőnként folytatódik egészen a 47,5 Hz-es kritikus frekvencia értékig, amely alatt már a rendszer stabilitás kritikus helyzetbe kerül és a rendszerösszeomlás veszélye fennáll.



4. ábra. Magyar FTK működésének sematikus ábrája

Az FTK-védelemnek különböző fajtái léteznek: hagyományos, félig adaptív és adaptív, melyek a leválasztandó fogyasztók kiválasztásában különböznek. Az adaptív FTK rendszerek két alapvető lépésben működnek, amely a rendszerben lévő aktív teljesítményhiány kiszámítása és ennek több terheléscsökkentési fokozatra való felosztása.

A jelenleg használt FTK rendszerautomatika középfeszültségű (KÖF) vonalakat választ le a hálózatról a rendszer stabilitásának megőrzése érdekében, azonban a jelenlegi tendenciák alapján elmondhatjuk azt, hogy a villamosenergia-rendszer termelői összetétele átalakulóban van. A centralizált termelést felváltja a decentralizált energiatermelés, melynek hatására a KÖF vonalakon egyre inkább megjelennek termelők is, amely következtében a jelenleg használt eljárás nem csak fogyasztást kapcsol le a hálózatról, ezért egy fajta adaptivitás elengedhetetlen.

A cikkben elektromechanikus transziens szimulációk segítségével vizsgáltuk, hogy a fogyasztói típusoknak milyen hatása van az FTK-ra és az IEEE 9 gyűjtősínes modellen számszerű eredményeket mutattunk erre. Elmondható az, hogy a nagyobb frekvenciaérzékenységgel rendelkező fogyasztók jobban hozzájárulnak a hálózat stabilitásának megőrzéséhez azáltal, hogy a teljesítményüket a frekvencia függvényében változtatják.

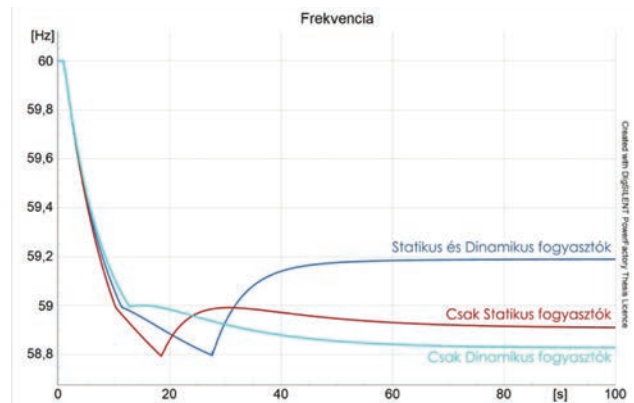
A korábban bemutatott IEEE 9 gyűjtősínes modellben egy előre definiált 20%-os teljesítmény ugrás (LoadEvent C fogyasztónál, 7-es gyűjtősín) volt a vizsgált üzemzavar, amely 100 MW hatásos teljesítménnyel volt jelen a hálózaton és teljesítménytartó fogyasztóként volt definiálva. A hálózaton a frekvenciafüggő terheléskorlátozás első fokozata az összes fogyasztás 5%-át, második fokozattól kezdve pedig a fogyasztás 10%-át választotta le fokozatonként.

3. táblázat. FTK fokozatok

| Fokozatszám | Határfrekvencia | Ledobandó teljesítmény |
|-------------|-----------------|---|
| 1. fokozat | 59 Hz | $\Delta P=5\% \cdot P_{\text{összes}}$ |
| 2. fokozat | 58,8 Hz | $\Delta P=10\% \cdot P_{\text{összes}}$ |
| 3. fokozat | 58,6 Hz | $\Delta P=10\% \cdot P_{\text{összes}}$ |
| 4. fokozat | 58,4 Hz | $\Delta P=10\% \cdot P_{\text{összes}}$ |

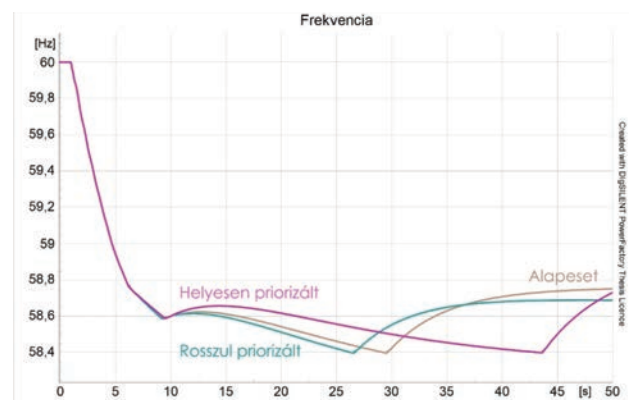
Első scenárióban a hálózaton a 7-es gyűjtősínrre csatlakozó C védett fogyasztót leszámítva az összes többi statikus impedanciátartó fogyasztóként volt leképezve. Az 5. ábra jól mutatja, hogy ha csak statikus fogyasztók esetében a kezdeti gradiens értéke nagy, amely miatt az első FTK fokozat határfrekvencia értéket gyorsabban éri el a rendszer és az első és második FTK fo-

kozatok indulnak. Megfigyelhető, hogy amikor a rendszerben megjelentek dinamikus fogyasztók is, akkor a zavar miatt bekövetkező frekvenciagradiens értéke csökken.



5. ábra. Fogyasztó típusok hatása az FTK-ra

Második szimuláció során egy nagyobb teljesítmény ugrás volt a hálózaton a C fogyasztón (40%-os ugrás). Erre az esemény növekedésre azért volt szükség, hogy további FTK fokozatok is működésbe lépjenek. A fogyasztók a frekvenciaérzékenységük alapján kategóriákba rendelhetők és az alapján FTK fokozatokba aszerint, hogy jelenlétük milyen hatással van a zavarok miatt fellépő frekvenciaváltozásra. Ez azt jelentette, hogy a statikus és dinamikus fogyasztók közül először a statikus fogyasztókat választotta le az automatika hálózatról. Az eredményeket a 6. ábra mutatja.



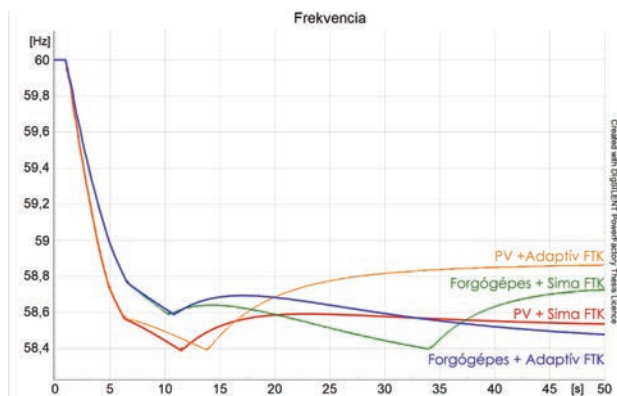
6. ábra. Frekvencia érzékenység szerinti prioritizálás hatása a frekvenciára

Elmondható az, hogy a fogyasztók között egy helyes prioritási sorrend definiálása nem csak a zavarok hatására bekövetkező változásokat lassítja a hálózaton, hanem a kialakuló stabil állapot elérését is gyorsítja, valamint az újonnan kialakuló stabil frekvenciára is javuló hatással van.

Utolsó scenárióban 50%-os napelemes termelés mellett a rendszerben ez az új FTK modell került vizsgálatra. A nagy napelemes termelés 163 MW-ot jelentett, amely teljesen kiváltotta a korábban gázturbinaként modellezett G2 generátor által szolgáltatott teljesítményt.

A 7. ábra mutatja a szimuláció eredményeit. Ahogyan azt a korábbi vizsgálatok is mutatták a tradicionális erőművek lecserélése napelemes energiatermelőkre a frekvenciagradiens növekedéséhez vezet. Megfigyelhető az, hogy a forgógépes adaptív FTK mellett alakul ki a legalacsonyabb stabil frekvencia. Ez azzal magyarázható, hogy egyedül ebben az esetben nem értük el a 4. fokozatnak

beállított határfrekvenciát, amely miatt több fogyasztó maradt csatlakoztatva a hálózatra. Ezen okból kifolyólag kijelenthető, hogy ez tekinthető a legjobb rendszerállapotnak, hiszen itt kellett a legkevesebb fogyasztót leválasztani a hálózatról. Az ábrán megfigyelhető még a jelentős különbség a két 50%-os napelemes termelés esetén tapasztalható frekvencia között. A kialakuló stabil frekvencia értéke 250 mHz-el eltér, amely a rendszerbe maradt fogyasztó oldali inerciával magyarázható.



7. ábra. Napelemes és Forgógépes termelés mellett működő FTK típusok összehasonlítása

Összegzés

A konvencionális, forgó tömeggel rendelkező erőművek részarányának csökkenésével és a napelemes energiatermelés növekedésének köszönhetően a rendszer inerciája csökkeni fog. Megállapítható, hogy az inercia csökkenés hatására a frekvencia gradiens

növekedni fog és a legkisebb felvett frekvencia érték pedig csökkenni, ezzel kiszolgáltatottabbá téve a rendszert a különböző üzemi zavarokra. A frekvenciafüggő terheléskorlátozás az utolsó védelmi lépcső, amelynek feladata megakadályozni a rendszerösszeomlást. A működési elv az, hogy adott frekvenciahatár elérésekor fogyasztókat csatlakoztatunk le a hálózatról, ezzel stabilizálva a rendszert. A cikkben részletezett vizsgálatok során láthattuk azt, hogy a leválasztott fogyasztók típusai miként befolyásolhatják a frekvenciát.

A vizsgálatok során azt az eredményt kaptuk, hogy a fogyasztók frekvenciaérzékenység alapján történő lekapcsolási sorrendbe rendezés, azaz a kisebb tényezővel rendelkező fogyasztók előbb történő lekapcsolása nagyban hozzájárul ahhoz, hogy a rendszerben lezajló tranziensek lassabban játszódnak le és stabilitás szempontjából egy jobb állapotba, akár 250 mHz-el magasabb frekvenciaszinten állandósuljon a rendszer a zavar után.

Felhasznált irodalom

- [1] Nemzeti Fejlesztési Minisztérium: Nemzeti energiastratégia 2030 ISBN 978-963-89328-1-5 (2012)
- [2] Innovációs és Technológiai Minisztérium: Nemzeti Energia- és Klímaterv
- [3] MAVIR – Adatpublikáció: Erőművi beépített teljesítőképesség Adatok Változása Primer Források szerint 2015-2022.12.31-ig
- [4] Ódor, Géza & Hartmann, Bálint. (2020). Power-law distributions of dynamic cascade failures in power-grid models.
- [5] Kamdar, Renuka & Kumar, Manoj & Agnihotri, Ganga. (2014). Transient Stability Analysis and Enhancement of IEEE- 9 Bus System. Electrical & Computer Engineering: An International Journal. 3. 41-51. 10.14810/ecij.2014.3204.
- [6] Song, Yue & Hill, David & Liu, Tao. (2015). Small-disturbance angle stability analysis of microgrids: A graph theory viewpoint. 10.1109/CCA.2015.7320633.
- [7] Faludi Andor, Szabó László: Villamosenergia-rendszer üzemeltetése és irányítása egyetemi jegyzet, 2011.

Elhunyt Dr. Ósz János

2023. július 8-án elhunyt Dr. Ósz János. A Leningrádi Hajóépítő Egyetemen végzett 1976-ban, majd 1982-től tudományos munkatársként, 1991-től 1994-ig tudományos főmunkatársként dolgozott a Budapesti Műszaki Egyetem Hő- és Rendszertechnikai Intézetében. 1990-ben lett a műszaki tudomány kandidátusa. 1994-től az Energetika Tanszék, 2002-től az új nevet felvett Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszékének egyetemi docense volt.

Kutatási területe elsősorban a hő- és atomerőművek vízüzeme, a nedves gőz oldali eróziós korrózió, a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés volt, de foglalkozott a biomassza együtt-tüzelésével, üzemanyagként, valamint a hő- és villamosenergia-termelésben történő hasznosításával, az energiahatékonyság javításával.

Nemzetközi szintű elismertségét bizonyítja a Stanford Egyetemen elnyert kutatási pályázata, amelynek kapcsán a nedves gőz által okozott eróziós korrózióval foglalkozott. 2004 és 2009 között kulcsszerepet játszott a Paksi Atomerőmű üzemidő-hosszabbítási projektjében, vezette a Vízüzemi – Korróziós Szakértői Testületet, amely-

nek keretében országos szintű szakértői összefogást kezdeményezett és koordinált. Számos erőművi vízüzemi projektben vett részt. Aktív tagja volt a Magyar Tudományos Akadémia Energetikai Tudományos Bizottságának, valamint a Budapesti és Pest Megyei Mérnöki Kamarának.

A reguláris képzésben több tantárgy oktatásában vett részt, éveken át szervezte a tanszéki szakmérnöki képzését. Az erőművi víztechnológia elismert szakembere volt: témáját a Magyar Mérnöki Kamara által három esztendeje indított Nukleáris Tervezői Mesteriskolában oktatta, amely Paks-2 építési folyamatához készíti fel az ipari beszállítókat.

Sokat dolgozott együtt a BME Nukleáris Technikai Intézetének munkatársaival is az elmúlt évtizedek során. Számos projektben, kurzusban, tanfolyamban volt a Nukleáris Technikai Intézet partnere.

Százharminckét tudományos publikációja közül számottevőek a Magyar Energetikában – amelynek az utóbbi években szerkesztőbizottsági tagja volt – és az Energiagazdálkodás folyóiratokban megjelent



tudományos közleményei, amelyekben elsősorban a magyar szakemberek tájékoztatását és a szakmakultúra fejlesztését célozta meg. Az LG Energia Kft. alapítójaként szakmáját nemcsak oktatóként, hanem gyakorló mérnökként is művelte.

Nyitott társadalmi elkötelezettségű szakember volt, aki részt vett több szakmai egyesület tevékenységében is. Kiemelkedő volt kapcsolatteremtő képessége. Közvetlen, barátságos természetű embert veszítettünk el vele, aki nyíltságával, kellemes, kiszámítható partnere volt azoknak is, akik egyébként tőle eltérően ítélték meg az adott szakmai kérdéskört. Szoros és eredményes munkakapcsolatokat alakított ki mind az egyetemi, mind az ipari kollégákkal. A hallgatók is kedvelték, ennek eredményeként számos végzős hallgatót nyert meg arra, hogy a végzés után rövidebb-hosszabb időre bekapcsolódjon a tanszék oktatási munkájába.

Ósz János halálával kedves és kitartó kollégát veszített a hazai energetikai oktatás és kutatás. Emlékét tisztelettel megőrizzük!



Mesterséges Intelligencia és a Távhő ... és MI hová tartunk?



PROGRAM

2023. szeptember 19., kedd

- 11.00 – 13.30 Érkezés és regisztráció
- 12.00 – 13.30 Ebéd
- 13.30 – 13.40 MEGNYITÓ
Gerda István, elnök, ETE Hőszolgáltatási Szakosztály, Budapest
- 13.40 – 13.55 KÖSZÖNTŐ
Dr. Kiss Csaba, elnök, Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület, Budapest
- 13.55 – 15.40 ELŐADÁSOK
Üléselnök: Zanatyné Uitz Zsuzsanna, alelnök, ETE Hőszolgáltatási Szakosztály, Budapest
- 13.55 – 14.25 A távhő előtt álló kihívások
Steiner Attila, energetikáért és klímapolitikáért felelős államtitkár, Energiaügyi Minisztérium, Budapest
- 14.25 – 14.50 Gondolatok a 2023/24-es távhőár-szabályozási év elé
Orbán Tibor, elnök, Magyar Távhőszolgáltatók Szakmai Szövetsége, Budapest
- 14.50 – 15.15 Hidrogén erőművi hasznosításának lehetőségei
Molnár Szabolcs, főtktár, Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület, Budapest
- 15.15 – 15.40 Villanykazán kettős szerepben
Tompai Ferenc, vezérigazgatói főtanácsadó, MVM Balance Zrt., Budapest
- 15.40 – 16.10 Kávészünet
- 16.10 – 18.20 ELŐADÁSOK
Üléselnök: Zanatyné Uitz Zsuzsanna, alelnök, ETE Hőszolgáltatási Szakosztály, Budapest
- 16.10 – 16.35 HMV termelő berendezések fejlesztésének kérdései és azok rendszerszintű előnyei
Dr. Szánthó Zoltán, docens, BME Épületgépészeti és Gépészeti Eljárás-technikai Tanszék, Budapest
Némethi Balázs, osztályvezető, Budapesti Közművek Nonprofit Zrt. – FŐTÁV, Budapest
- 16.35 – 17.00 Energiahatékonysági megoldások gazdaságossági számítása
Prof. Dr. Vajda József, főiskolai tanár, Pécsi Tudományegyetem MIK, Pécs
- 17.00 – 17.25 Kaposvári „Zöld Fűtőmű” építése
Garai Zsolt, kereskedelmi igazgató, Polytechnik GmbH, Szodliget
- 17.25 – 17.50 Nap és szélenergia alapú földgáz-erőművek
Hujber Ottó, műszaki igazgató, Coopinter Ipari Termékgyártó és Termelő Kft.
- 17.50 – 18.20 Hozzászólások, vita
- 19.30 Baráti találkozó, vacsoraest

2023. szeptember 20., szerda

- 09.00 – 10.40 ELŐADÁSOK
Üléselnök: Némethi Balázs, titkár, ETE Hőszolgáltatási Szakosztály, Budapest
- 09.00 – 09.25 „Hogyan csináljuk?” Hálózaton együttműködő rendszerek hőkooperációs üzemvitele
Csikós Miklós, ügyvezető, Jász-Minta Kft., Jászárokszállás
- 09.25 – 09.50 Távleolvasási rendszer és adatszolgáltatás a fogyasztók felé
Fekete Balázs, Comptech Kft., Budapest
- 09.50 – 10.15 Rendszerszabályozással elérhető felhasználói oldali energiamegtakarítási lehetőségek irodaházakban
Pál Péter, ügyvezető igazgató, Re-Energy Kft., Budapest
- 10.15 – 10.40 Adatközpontok veszteség-hő hasznosításának lehetőségei
Seres Tamás, üzletfejlesztési tanácsadó, H1-System Kft., Budapest
- 10.40 – 11.00 Kávészünet
- 11.00 – 12.30 ELŐADÁSOK
Üléselnök: Némethi Balázs, titkár, ETE Hőszolgáltatási Szakosztály, Budapest
- 11.00 – 11.25 Vezetékek, szerelvények gazdaságos szigetelési vastagsága a megnövekedett energia költségek
figyelembe vételével
Baumann Mihály, adjunktus, Pécsi Tudományegyetem MIK, Pécs
- 11.25 – 11.50 Új szivattyúzási technológiák lehetőségei és használata a szivattyútechnikában
Mózer Gábor, service and solution manager, WILO Magyarország Kft., Törökbálint
- 11.50 – 12.15 Nyitott gondolkodás a zárt körös HMV ellátásban
Eördöghné Dr. Miklós Mária, docens, PTE MIK Épületgépész- és Létesítménymérnöki Tanszék, Pécs
- 12.15 – 12.30 Hozzászólások, vita
- 12.30 – 12.40 ZÁRSZÓ
Gerda István, elnök, ETE Hőszolgáltatási Szakosztály
- 12.40 Ebéd, hazautazás



69. VÁNDORGYŰLÉS KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS

SIÓFOK | 2023. SZEPTEMBER 20–22.

ÚTON A JÖVŐ MEGOLDÁSAI FELÉ A VÁLTOZÁS ENERGIÁJA, AZ ENERGETIKA VÁLTOZÁSA

2023. SZEPTEMBER 20–22. SIÓFOK, HOTEL AZÚR**** // FŐTÁMOGATÓ: MAVIR ZRT.

2023. SZEPTEMBER 19., KEDD

09:00–16:40 MEE - XIII. Mechwart András Ifjúsági Találkozó

2023. SZEPTEMBER 20., SZERDA

09:00–09:10 A Kiállítás megnyitója

09:30–12:30 Nyitó plenáris ülés előadásai

10:50–11:20 Kávészünet

11:50–12:30 Kerekasztal-beszélgetés I.: Energiastratégia aktuális kérdései

12:30–14:30 Ebédszünet

14:30–15:10 Kerekasztal-beszélgetés II.: Megújuló energiatermelők hálózati csatlakozása

15:10–15:50 Kerekasztal-beszélgetés III.: Hálózati flexibilitás alkalmazásának lehetőségei

15:50–16:20 Kávészünet

16:20–18:05 Szekcióülések

A1 SZEKCIÓ SZAKEMBER UTÁNPÓTLÁS

B1 SZEKCIÓ RUGALMASSÁGI PIAC

20:00–24:00 Gálavacsora és Baráti Találkozó: Myrtil és a SWINGUISTIQUE a MAVIR Zrt. jóvoltából,
A Magyar Elektrotechnikai Egyesületért díj átadása

2023. SZEPTEMBER 21., CSÜTÖRTÖK

09:00–10:45 Szekcióülések

A2 SZEKCIÓ BIZTONSÁGOS ÉS HATÉKONY MUNKAVÉGZÉS B2 SZEKCIÓ HÁLÓZATOK ÜZEMELTETÉSE

10:45–11:15 Kávészünet

11:15–13:00 Szekcióülések

A3 SZEKCIÓ INNOVATÍV TECHNOLÓGIÁK

B3 SZEKCIÓ ENERGETIKAI INFORMATIKA

13:00–15:00 Ebédszünet

13:00-tól bemutató: Generációváltás a madárvédelemben - Bíró György, MAVIR Zrt.

15:00–16:45 Szekcióülések

A4 SZEKCIÓ ESZKÖZMENEDZSMENT

B4 SZEKCIÓ IPARI ENERGIATÁROLÁSI MEGOLDÁSOK

16:45–17:15 Kávészünet

17:15–19:00 Szekcióülések

A5 SZEKCIÓ RENDSZERIRÁNYÍTÁS

B5 SZEKCIÓ ENERGIAKÖZÖSSÉG ÉS ENERGIAHATÉKONYSÁG

20:00–24:00 Fakultatív program: Casino est a Megawatt támogatásával

18:30–21:00 Vacsora

2023. SZEPTEMBER 22., PÉNTEK

08:30–09:30 Napindító energia – a kávéról és a témákról házigazdaként a MAVIR Zrt. gondoskodik

09:30–11:15 Szekcióülések

A6 SZEKCIÓ HÁZTARTÁSI MÉRETŰ KISERŐMŰVEK

B6 SZEKCIÓ AKTUALITÁSOK

11:15 – 11:45 Kávészünet

11:45 – 13:25 Záró plenáris ülés előadásai

13:35–13:40 A vándorkupa átadása

13:40 Ebéd

PROGRAM



MAGYAR
ELEKTROTECHNIKAI
EGYESÜLET





69. VÁNDORGYŰLÉS KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS

SIÓFOK | 2023. SZEPTEMBER 20-22.

ÚTON A JÖVŐ MEGOLDÁSAI FELÉ

A VÁLTOZÁS ENERGIÁJA, AZ ENERGETIKA VÁLTOZÁSA

A MAGYAR ELEKTROTECHNIKAI EGYESÜLET SZERVEZI AZ **ORSZÁG LEGNAGYOBB ELEKTROTECHNIKAI SEREGSZEMLÉJÉT**, MELY A VILLAMOS-ENERGIA-IPAR LEGFŐBB SZEREPLŐIT KÖTI ÖSSZE SZÍNVONALAS SZAKMAI PROGRAMOKON KERESZTÜL. TÖBB ÉVTIZEDE, A KÜLÖNBÖZŐ HAZAI HELYSZÍNEKEN ÉVENKÉNT MEGRENDEZETT ESEMÉNY, AMELYNEK NÉPSZERŰSÉGÉT AZ EGYRE NÖVEKVŐ RÉSZTVEVŐI LÉTSZÁM JELLEMEZI, MELY MÁRA MÁR ELÉRTE A **TÖBB MINT 1000 FŐT**.

Az elektrotechnika területén a változás napjaink egyetlen állandósága. Az iparág legfontosabb rendezvényeként a 69. Vándorgyűlés célja nem is lehet más, mint bemutatni a hazai szereplők jó gyakorlatait az átalakuló villamos energetikai környezetben. Amellett, hogy konferenciánk mindig kiemelten kezeli a stratégiai megközelítéseket és trendelemzéseket, kiemelten fontosnak tartjuk a mindennapi gyakorlatba beépülő fejlesztések bemutatását, melyek mintaként szolgálhatnak a résztvevők számára.

A VÁNDORGYŰLÉS KIVÁLÓ ALKALMAT AD AZ IPARÁGI SZEREPLŐK KÖZÖTTI KÖTETLEN ESZMECSERÉKRE, KONZULTÁCIÓKRA IS!

BŐVEBB INFORMÁCIÓK



VANDORGYULES.MEE.HU



MAGYAR
ELEKTROTECHNIKAI
EGYESÜLET

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

