

Klímabarát  
szénipar és  
fenntartható  
energiaipar  
KONFERENCIA



BÜKKÁBRÁNY • 2023. 11. 16.

HELYSZÍN: JÁNOSHÁZI SÁNDOR KÖNYVTÁR ÉS KÖZÖSSÉGI TÉR  
3422 BÜKKÁBRÁNY BÉKE ÚT 31.

### Összefoglaló

A klímaváltozás kényszere további regionális ipari fejlődésünknek is megnyithatja az utat. Az energiaátállítás szükségessége olyan kihívások elé állítja a magyar gazdaságot, ami új technológiák és megoldások adaptálásával közösségeket és munkahelyeket tarthat meg.

A Bükkábrány Község Önkormányzata által szervezett "Klímabarát Szénipar és Fenntartható Energiaipar Konferencia" 2023. november 16-án került megrendezésre a település művelődési központjában, a Jánosházi Sándor Könyvtár és Közösségi tér dísztermében. A rendezvény fókuszában a klímaváltozás kényszeréből születő regionális ipari fejlődés és az energiaátállítás szükségessége állt. A résztvevőket egy széles körű szakmai program várta, amelynek keretében kiváló előadók osztották meg gondolataikat és tapasztalataikat a klímabarát szénipar és fenntartható energiaipar területén.

A konferencia keretében bemutatott szakmai program során a résztvevők betekintést nyerhettek a magyar energiagazdaság jelenlegi helyzetébe és az előttünk álló kihívásokba. A rendezvényen részt vevő előadók között olyan neves személyiségek szólaltak meg, mint Steiner Attila az Energiaügyi Minisztérium államtitkára, valamint Vécsi György, a MVM Mátra Energia Zrt. vezérigazgatója.

A konferencia két fő szekcióra oszlott: a Klímabarát Szénipar és a Fenntartható Energiaipar, mindkettőben kiemelkedő előadók mutatták be területük legújabb fejlesztéseit és terveit. A Klímabarát Szénipar szekcióban olyan témák kerültek terítékre a Miskolci Egyetem szakembereinek tolmácsolásában, mint a bükkábrányi lignitvagyon alternatív hasznosítása, a kritikus nyersanyagok kinyerése a lignitből, valamint az erőművi salakok építőipari hasznosítási lehetőségei. A Magyar Mérnökakadémia prezentálásában európai jógyakorlatokat láttunk, kiemelt fókusszal a megújuló energiaforrások bevezetésének rendszerszabályozási megoldásaira. A Fenntartható Energiaipar szekcióban a MOL - Pannon Egyetem Circular Economy Science Park bemutatása, a bükkábrányi napelempark építése és a hozzá kapcsolódó fejlesztési lehetőségek, a hidrogéngazdaság, valamint a kémiai energiakonverzió és a napenergia-hasznosítás volt a fókuszban.

A konferencia záró részében kerekasztal-beszélgetés keretében a résztvevők lehetőséget kaptak Bükkábrány erőforrásainak fenntartható fejlesztéséről folytatott párbeszédre. A konferencia-résztvevők és előadók egyetértettek abban, hogy a magyarországi erőforrásainkra támaszkodni kell, olyan alternatív szénhasznosítási technológiákat kell megtalálni és hasznosítani, amelyek segítségével az erőművi hasznosítás megszűnése esetén is biztosított a bükkábrányi szénbányászat fenntartása és a község népesség-megtartó ereje.



Steiner Attila



Szalai Szabolcs



A közönség



Prof. Dr. Mucsi Gábor

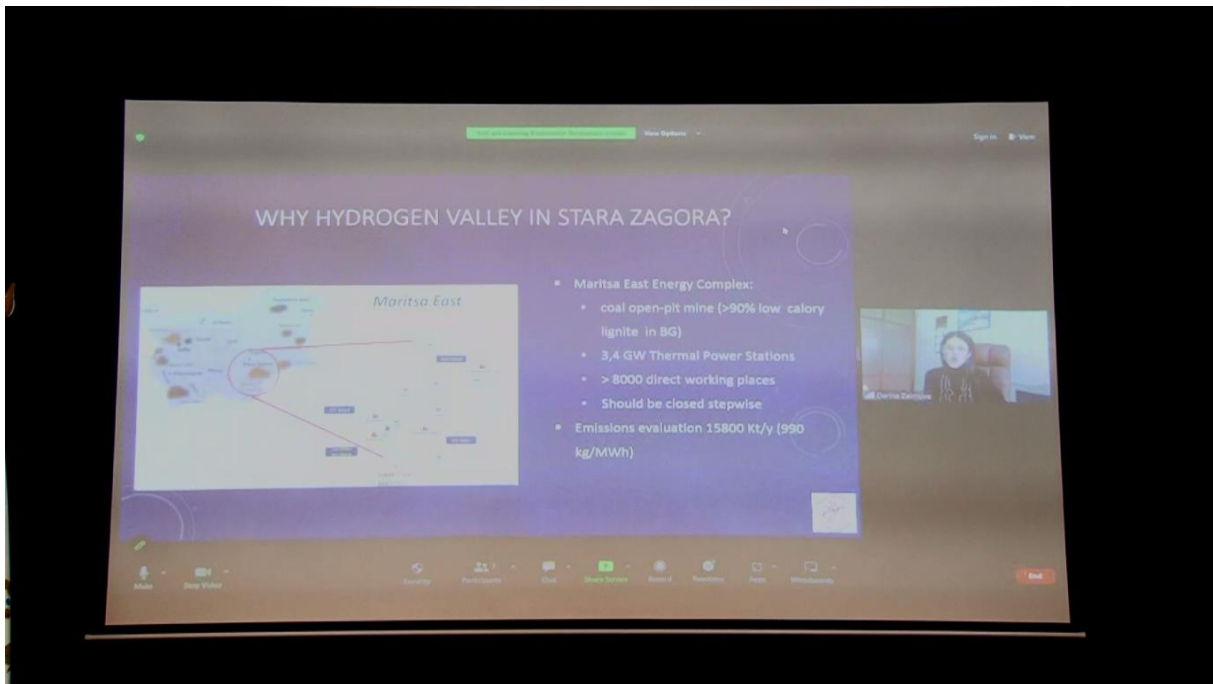




Babcsán Norbert



Prof. Dr. Horváth Zita



Assoc. Prof. Darina Zaimova



Kalmár István, Dr. Goldfárth József, Prof. Dr. Mucsi Gábor

## Program

**01 Steiner Attila** –Energiaügyi Minisztérium, energetikáért és klímapolitikáért felelős államtitkár  
*Magyar energiagazdaság*

**02 Vécsi György** - vezérigazgató MVM Mátra Energia Zrt.

*Az MVM Mátra Energia Zrt. lehetőségei és tervei Bükkábrányban*

**03 Lesz-Müller Károly** - MVM Balance Zrt.

*A bükkábrányi lignitvagyron alternatív hasznosításának vizsgálata*

**04 Prof. Dr. Földessy János** - Miskolci Egyetem

*Kritikus nyersanyagok kinyerése a lignitből és a bányameddőből*

**05 Prof. Dr. Mucsi Gábor, Dr. Szabó Roland** - Miskolci Egyetem

*Erőművi salakok építőipari hasznosítási lehetőségei*

**06 Prof. Dr. Dobos Endre, Dr. Nagy Sándor** - Miskolci Egyetem

*Lignit mezőgazdasági hasznosítási lehetőségei, nyersanyagelőkészítés*

**07 Prof. Dr. Viskolcz Béla, Dr. Dobó Zsolt** - Miskolci Egyetem

*Lignit vegyipari és környezetipari hasznosítási lehetőségei*

**08 Assoc. Prof. Darina Zaimova** - Trakia University, Vice Rector for Research and International Affairs (online)

*The transition of Stara Zagora region to a low-carbon economy - paths to success*

**09 Dr. Goldfárth József** - MOL Nyrt.

*A MOL - Pannon Egyetem Circular Economy Science Park*

**10 Dr. Gál László** -MVM Zöld Generáció Kft.

*Bükkábrányi napelempark építés és a hozzá kapcsolódó fejlesztési lehetőségek*

**11 Prof. Dr. Janáky Csaba** - Szegedi Egyetem

*Kémiai energiakonverzió: a hidrogéntechnológiától a CO2 átalakításig*

**12 Dr. Pintér Gábor** - Pannon Egyetem

*PV leszabályozásban rejlő lehetőségek*

**13 Dr. Babcsán Norbert** - Magyar Mérnökakadémia

*Külföldi jó gyakorlatok a fenntartható energiagazdaságban*

**14 Dr. Auer Róbert** - Circular Economy Science Park Nonprofit Zrt. (CESP)

*Magyarország energetikai tartalékai*

**15 Kerekasztal-beszélgetés: Bükkábrány erőforrásainak fenntartható fejlesztése**

*Moderátor: Dr. Babcsán Norbert*

**Deli Daniella**, Energiaügyi Minisztérium, helyettes államtitkár

**Vécsi György**, MVM Mátra Energia Zrt.

**Prof. Dr. Mucsi Gábor**, Miskolci Egyetem, dékán

**Dr. Korényi Zoltán**, BME, címzetes egyetemi docens

**Kalmár István**, Calamites Kft., ügyvezető

**Dr. Goldfárth József**, MOL, innovatív technológiák nemzetközi hasznosításáért felelős vezető

**Vécsi György**  
MVM Máttra Energia Zrt.  
**MVM MÁTRA ENERGIA ZRT HELYZETE, JÖVŐKÉPE**

Jelenleg is kiemelt szerepe van a lignit alapú villamosenergia-termelésnek. Az MVM Máttra Energia Zrt. lehetőségeiről, kihívásairól, különös tekintettel a társaság jövőbeli működtetési terveiről szolt az előadás. Lényege az energiatermelés korszerűsítése és egyúttal a bányák jövőképeének kialakítása.

A cég legfontosabb szerepe, hogy az 1969 óta üzemelő Mátrai Erőmű Magyarország legjelentősebb hazai primer energiaforrására épülve termel. A lignitre alapozott erőmű összesen 950MW-os beépített kapacitással rendelkezik, ezzel hazánk második legnagyobb villamosenergia-termelője. Jelenleg ez, az ország bruttó villamosenergia-termelésének több mint 10%-át jelenti, így az erőmű működése kulcsfontosságú hazánk energia-ellátása szempontjából.

A cég több, mint 50 éves múltjának legfontosabb pillanatai közül fontos kiemelni a nagy karbantartási programot, amely az erőmű berendezéseinek, blokkjain megvalósított fejlesztésekre vonatkozik, és megalapozta a későbbi élettartam-növelő beruházásokat. Az erőmű a megújuló energiatermelésben is jelen van már, ezáltal jelentős mértékben hozzájárul az ország Európai Unión belül vállalt fenntarthatósági mutatóinak teljesüléséhez. Ez az irány, azaz a fotovoltaiikus erőmű építése és a rekultiváció manapság kiemelt szerepet játszik a cég életében.

Kiemelendő, hogy becslések szerint Magyarország közel 4000 millió tonna lignit vagyonnal rendelkezik, és csak a MVM Máttra Energia Zrt. saját bányaterületén, Bükkábrányban és Visontán, annyi lignit található, ami képes akár 100 évre is biztosítani a villamosenergia termeléséhez szükséges alapanyagot.

Az előadásban hangsúlyos szerepet kapott a Mátrai Erőmű két külszíni fejtésű bányájának technológiája, gépparkja, valamint a széntüzelésű erőmű blokk-sémája is. Fontos kiemelni a széntüzelés által megtermelt melléktermékeket is, amelyek a villamos energia értékesítése mellett a cég legfőbb bevételi forrását jelentik. Ezeket a vállalat legfőképp a Mátrai Erőműhöz kapcsolódó ipari parkban lévő cégek körében tudja értékesíteni. Itt leginkább a gipszet érdemes kiemelni.

Az előadás egyik legfőbb részét képezi Mátrai Erőmű jövőképeének pilléreinek, valamint a bányák jövőbeli hasznosításának terveinek ismertetése. Kiemelendő, hogy az MVM csoport célja, a mára elavult energiatermelő létesítményt modern, karbantakarékosan termelő rendszerré alakítsa. Magyarország 2050-es karbonsemlegességi céljainak eléréséhez elengedhetetlen a technológia átalakítása, összhangban a Nemzeti Energia- és Klímateranggal. A társaság zöld jövőképeének megvalósítása, a szénteknológia kivezetése összhangban van az Európai Unió energia- és klímapolitikai célokkal is (például: Zöld Átállás program), így az átalakításnál jelentős EU-forrásokra is pályázhat a cég.

Az erőmű zöld átalakításának legfőbb pillére a kombinált ciklusú gázturbinás erőmű (CCGT) létesítése, amely jelentős CO<sub>2</sub>-csökkenést fog eredményezni. A RDF/biomassza tüzelő blokk kialakítása, a fotovoltaiikus erőművek bővítése is kiemelt, amelyek a bányák rekultivált területein fognak települni. A jövőbeni cél ugyancsak az ipari park erősítése, bővítése is.

A gáz alapú erőmű üzemelépését követően is fontos a bányák, a lignitvagyon és a munkavállalók megfelelő jövőképeének kialakítása, még ha nem is az energiatermelésben jelentkezik majd a hasznosítás. Már most is vannak biztató együttműködési lehetőségek például a mezőgazdaság területén. Kutatások szerint lenne lehetőség a vegyiparban és az akkumulátor gyártásban is hasznosítani a lignitet. A technológia kidolgozásán a cég már együttműködik a Miskolci, valamint a Pannon Egyetemmel is. A kormányzat jövőre kívánja áttekinteni az addigra kidolgozott újszerű felhasználási javaslatokat.

A komplex fejlesztési program keretében a cég biztosítani kívánja a rendelkezésre álló szakképzett munkaerő további foglalkoztatását, az úgynevezett Méltányos Átállást Támogató Alap keretében. Mindezek hozzájárulnak a cég hosszútávú jövőjéhez és a térség fejlődéséhez is.



**Lesz-Mülleik Károly**  
MVM Energetika Zrt.

## **A BÜKKÁBRÁNYI LIGNITVAGYON ALTERNATÍV HASZNOSÍTÁSÁNAK VIZSGÁLATA**

A Mátrai Erőmű a 2000-es évek elejétől intenzíven foglalkozott a lignitalapú villamosenergia termelés korszerűsítési lehetőségeivel. Az akkor az RWE-hez tartozó vállalat 2008-2010 között az MVM-mel közös beruházás keretében vizsgálta 500 MW-os lignitalapú CFB technológiájú erőművi blokk létesítését, amely nem valósult meg a szén-dioxid kvótapiac körüli korai szabályozói és piaci bizonytalanságok miatt. Bár a szénalapú villamosenergiatermelés úgy tűnt, hogy háttérbe szorult az MVM Csoportban, amikor 2014-ben a Márkushegyi Bányüzem bezárt, mindkét vállalat továbbra is aktívan kutatta alacsony szén-dioxid kibocsátású erőmű létesítésének a lehetőségét a mátrai és a bükki lignitvagyonra alapozva. A Mátrai Erőmű 2020-ban került az MVM Csoportba, amely küldetésének tartja a hazai energiaforrások kihasználását, az ellátásbiztonság növelését és a térség fejlesztését.

Az **MVM Mátra Energia Zrt. 2020 novemberében kezdte meg a visontai és bükkábrányi lignitvagyon alternatív hasznosításának vizsgálatát a gázosítási technológiákban és az így keletkező szintézisgázt vegyipari termékekké tovább alakító eljárásokban jártas nemzetközi szakértők bevonásával (OMSOL Kft.).** A 2021 májusában befejezett tanulmány új szemléletmódot képviselt, mivel – a korábbi elemzésekkel ellentétben – **nem a lignit energiahatékony eltüzelését vizsgálta, hanem a szén magasabb hozzáadott értékű termékekké történő alakítását.** A tanulmány hat termék kihozatalát elemezte: **Karbamid, ammónia, metanol, szintetikus földgáz, hidrogén és villamosenergia.** A vizsgálat elsődleges célja az egyes esetek műszaki megvalósíthatóságának és gazdasági peremfeltételeinek megállapítása volt. A tanulmány ezen felül számszerűsítette a beruházásokban rejlő lehetőségeket és rangsorolta az egyes eseteket a belső megtérülési ráta és a nettó jelenérték alapján. **A vizsgálat az olajiparban bevett módszertant követett (AAE Class 4 szerinti elemzés);** az egyes esetek műszaki terjedelmének és költség összetevőinek meghatározása után felépítésre került mind a hat lehetséges beruházás üzleti modellje.

A műszaki vizsgálat feltérképezte a szén karakterisztikájához leginkább illeszkedő gázosítási és gázfeldolgozási technológiákat, valamint beazonosította azok beszállítóit. A technológiai lánc optimalizálásra került minden esetben annak érdekében, hogy a szintézisgáztól elkülöníthető legyen a 'meg nem kötött' szén-dioxid áram (99,5 % feletti tisztasággal), valamint, hogy a keletkező termékek mellett egyéb értékes melléktermékek előállítására legyen lehetőség (nemesgázok, elemi kén, oxigén, stb.). **Mind a hat esetre elkészültek a műszaki kapcsolások, hősemák, blokk diagramok és energiamérlegek, valamint meghatározásra kerültek a kémiai reakciók. Minden fő-, és alrendszer vonatkozásában a kapcsolódó CAPEX és OPEX értékek meg lettek becsülve.** A tanulmány során került elvégzésre az a **piackutatás is,** amely meghatározta a kihozott termékekkel kapcsolatos **hosszútávú ár előrejelzéseket,** feltérképezte az **ellátási láncokat,** a **jelenlegi és lehetséges jövőbeli piaci szereplőket,** és összefoglalta az **ismert leszerződött mennyiségeket.** A gazdaságossági modellek felállításánál figyelembe lettek véve a bankolhatóság követelményei, valamint a projektfinanszírozáshoz szükséges egyéb feltételek is. A pozitív



megtérülésű esetek vonatkozásában további érzékenységvizsgálat lett elvégezve a megtérülést leginkább befolyásoló paraméterekre (a termék piaci ára, termelt éves mennyiség, beruházási költség, stb.). A sikeres projekt megvalósításához nélkülözhetetlen tranzakcióstruktúra is meghatározásra került. Végezetül, kockázatelemzés során kerültek azonosításra és számszerűsítésre a lehetséges kockázatok, valamint történt javaslat a megelőzésére és/vagy csökkentésére.

**Az elvégzett vizsgálat alapján megállapítható, hogy létezik műszaki és gazdaságossági létjogosultsága a visontai/bükkábrányi lignit alternatív hasznosításának.** Az elsődleges technológiai elemzés rámutatott arra, hogy a lignit magas salak-, és nedvességtartalma miatt a **javasolt gázosító technológia az ún. Entrained Flow Dry Feed Single Stage eljárás**, amely megköveteli a szén beadagolás előtti szárítását. A keletkező **szintézisgáz kondicionálása Water Bottom Quench hűtéssel oldható meg**, amely illeszkedik a kapcsolódó vegyipari eljárásokhoz. A vizsgált esetek közül kettő **kiemelkedően pozitív megtérüléssel** rendelkezett (**hidrogén és karbamid**), a **többi négy** önmagában – gazdasági ösztönzők nélkül – **nem eredményezett megtérülést**. (Utóbbiak közül a **metanol és az ammónia esetek megtérülhetővé tehetők más esetekkel kombinálva**.) A gázosítási folyamatot követően előállított **szintetikus földgáz és villamosenergia nem volt versenyképes az import földgázzal és a hálózati villamosenergiával**. A vizsgált esetek termékei mind értékesíthetők voltak, a karbamid, metanol és ammónia regionális és globális piaccal rendelkeztek, folyamatosan növekvő igényvel. A tanulmány javaslatot tett a következő lépésekre is. A következő projektfázisban egyeztetések szükségesek az egyes vegyipari termékek értékesítéséről és a lehetséges átvevőkkel való közös beruházásról. Továbbá megvizsgálandó a technológiák szinergiája és a piaci igényekhez alkalmazkodó, flexibilis konfigurációs séma kidolgozása szükséges. Körüljárandó kérdéskör a visszamaradó szén-dioxid termékeké történő alakításának vizsgálata, vagy EOR/EGR/CBM/CMM céljára történő értékesítési lehetősége.



**Prof. Dr. Földessy János – Dr. Máday Ferenc**

Miskolci Egyetem

**RITKAELEM TARTALOM A LIGNITBEN ÉS A MEDDŐBEN – LEHETŐSÉGEK ÉS KIHÍVÁSOK**

A lignit – alacsony fűtőértékű szeneink egyike – a 20. század második felében vált az ország energiaellátását meghatározó egyik fosszilis tüzelőanyaggá. A jelenleg művelt két előfordulás – Visonta és Bükkábrány – között egy kb. 80 km-es sávban található a már felderített, de művelésbe még nem vont lignit ásványvagyonunk, 5 milliárd tonnát meghaladó mennyiségben. Ez az ország legfontosabb ma ismert, és termelésbe még nem vont fosszilis energiaforrás tartaléka.

A Zöld Átmenet program keretében az EU tagállamok 2050-ig tervezik elérni a klímasemlegességet. Ez a széndioxid kvóta árának növelésével ró növekvő terheket a kibocsátókra. A hőerőművi felhasználás során keletkező széndioxid miatt a Mátrai Erőmű Zrt. az egyik legnagyobb egyedi kibocsátó az országban. Ugyanakkor a Zöld Átmenet a fosszilis energiahordozókat kiváltó energiatermeléshez növekvő fém és ritkaelem nyersanyagfelhasználást fog igényelni. Ritkaelemekből az EU döntően behozatalra szorul, az ellátás biztonságának javítása egy fontos stratégiai cél.

A szénképződés kezdeti fázisában a felhalmozódó szervesanyag, illetve az azt megőrző reduktív környezet a fémionok számára optimális csapdázódási helyet jelent. Ez indokolja a ritkaelemek fokozottabb dúsulását is széntelepekben.

A mátraaljai és bükkaljai lignit ritkaelem-tartalmáról, vagy adszorpciós tulajdonságáról nagyon keveset tudunk. Az ismert szórványos adatok kiindulási alapul szolgálhatnak jelentős hozzáadott értéket biztosító újabb termékek előállításához, a lignit nem energetikai célú felhasználásához kapcsolatan. Ugyanezért jelentős értéket képviselhetnek az erőműhöz közeli, több millió tonna anyagot tartalmazó pernyehányók is.

A szórványos adatok egy része a kőzetek ritkaelem-tartalmát fedi. A korai – mára elavult – mintavételektől eltekintve csak Bükkábrányból áll rendelkezésre kevés elemzési információ. Ezek három összetevőre mutatnak a környezethez és a hasonló szenekhez képest emelt dúsulást: ezüst, nikkel, szkandium. Mivel a pozitív értékek a lignit hamuban jelentkeztek, várható az is, hogy a pernyében is dúsulnak.

A ritka és szórványos geokémiai adatok ellenőrzésre szorulnak. Amennyiben az ellenőrző mérések megerősítik a dúsulások meglétét, kétlépcsős kutatási programot javasunk, amellyel a ritkaelem dúsulásokat tartalmazó ásványvagyton meghatározását, a technológiához szükséges átlagminták biztosítását, illetve a gazdaságosság becsléséhez egyéb paramétereket becsülni lehet. Egyúttal ezek a programok megfelelő mintaanyagot is adnának a leválasztáshoz szükséges technológiai vizsgálatokhoz. A bányászati technológia fejlesztése érdekében érdemes kutatást folytatni a valós idejű nyersanyag-minősítés (LIBS elemzés) beépítéséről, ezáltal egy szelektív bányászati módszer bevezetéséről. A kitermelési és dúsítási technológiai kísérletek adnak háttérret a kihazatali arányok, feldolgozási költségek, végső soron az ilyen új irányú lignit termelés gazdasági megvalósíthatóságának becsléséhez.



**Prof. Dr. Mucsi Gábor, Dr. Szabó Roland**

Miskolci Egyetem

**ERŐMŰI HULLADÉKOK ÉS BÁNYAMEDDŐ ÉPÍTŐIPARI HASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI**

Habár az elmúlt évtizedekben különféle alternatív energiaforrások kerültek a középpontba, ennek ellenére a szén primer energiaforrásként történő felhasználása mind a mai napig jelentős és szinte világszerte nélkülözhetetlen. A különféle szenek bányászata és szénmosási eljárások alkalmazása során jelentős mennyiségű szénbányászati meddő keletkezik, mely - a kitermelt szén típusától, kitermelés módjától függően - egyes becslések szerint a nyersszénkitermelés 10-25%-át teszi ki. Az elmúlt néhány évtizedben nagy figyelem irányult a szénmeddők hasznosítására vonatkozó stratégiák kidolgozására, a fenntartható fejlődés irányába történő elmozdulás és a szénmeddő felhalmozódásának csökkentése iránti növekvő igény miatt. A szénmeddő számos előnyös tulajdonsága ellenére azonban nem lehet figyelmen kívül hagyni a nem megfelelő kezelés során jelentkező, lehetséges környezeti problémákat sem (pl. talajszennyezést, levegőszennyezést és geotechnikai veszélyeket). Ugyanakkor a szénmeddő átfogó hasznosításának kialakításával az ökológiai környezetre gyakorolt negatív hatások kiküszöbölhetőek. Az elmúlt 20 évben számos ország aktívan küzdött azért, hogy a szénmeddőt különböző iparágakban alkalmazza a felhalmozódott meddőtömeg környezeti problémájának megoldására. A szénmeddő felhasználása többretű, beleértve többek között cement- és betonipari alkalmazást, a szerkezeti töltő és fedőanyagként való hasznosítást, az földművekben való felhasználást, földalatti üregkitöltést (tömedékelést), valamint a talajjavítást. Kiemelendő ezen a területen az agyagásványok feldolgozása cementkiegészítő anyag előállítására céljából. A hőerőművekben a szén elégetése során keletkező, a füstgázból mechanikai és/vagy elektrosztatikus porleválasztó berendezésekkel összegyűjtött, nagy mennyiségű pernye ártalmatlanítása hatalmas mennyiségű vizet, energiát és szárazföldi területet igényel. Az erőműi pernyehányók nem megfelelő tárolás esetében környezeti veszélyforrást jelenthetnek. A pernye levegő-, talaj- és a talajvíz szennyezettségre gyakorolt biológiai és radiológiai hatásai a deponált mennyiség minimálisra csökkentésével redukálhatóak, amely a hulladék hasznosításával és/vagy stabilizálásával oldható meg. A széntüzelés melléktermékeinek - különösen a pernyének - felhasználása számos ipari nyersanyagforrás, eljárás vagy alkalmazás alternatívája lehet. Ezek a folyamatok és alkalmazások magukban foglalják a cement- és betonipari alkalmazást, a szerkezeti töltő és fedőanyagként való hasznosítást, az úttest és járdák gyártása során való felhasználást, építőanyagokban könnyű adalékanyagként való felhasználást, földalatti üregkitöltést (tömedékelést), valamint a talaj, a víz és a környezet javítását. A pernyék újfajta, perspektivikus hasznosítási irányának tűnik a geopolimerek alapanyagaként való felhasználásuk, melyre az utóbbi évtizedekben jelentős kutatások irányultak kiváló mechanikai tulajdonságaik köszönhetően. Emellett a pernye jelentős nyomelem és ritkaföldfém-tartalommal rendelkezik, amelyek megfelelő elődúsítást követően kémiai eljárásokkal kinyerhetőek, így alternatív hasznosítási lehetőséget jelent. Ugyanakkor a pernyének a cement- és betonipari alkalmazása során szabványokban előírt szigorú minőségi követelményeknek kell megfelelnie. A zagyteri pernyék ilyen módú felhasználása során legnagyobb problémát az alapanyag inhomogenitása, továbbá alacsony reaktivitása jelentheti. A pernye minőségének javítása különböző eljárástechnikai műveletekkel (pl. aprítással, osztályozással, homogenizálással) megoldható, míg az alacsony reaktivitás fokozására mechanikai aktiválás alkalmazható, melynek eredményeként a cement- és betonipar számára megfelelő minőségű alapanyag állítható elő, így az iparág CO<sub>2</sub> kibocsájtása is csökkenthető.



**Prof. Dr. Dobos Endre – Dr. Nagy Sándor**  
Miskolci Egyetem

### **A LIGNIT MEZŐGAZDASÁGI HASZNOSÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI**

Az irodalmi adatok és a korábbi vizsgálatok egyértelműen alátámasztják a visontai és bükkábrányi lignitek talajjavítási célú felhasználásának lehetőségeit. A legfontosabb célterületek a homokos szövetű és az alacsony szerves anyag tartalommal rendelkező talajok, melyek jelentős területeket fednek le az országban. Emellett szóba jöhet az erősen lúgos és az erősen savanyú területek szélsőséges kémhatás viszonyainak javítása is, valamint a szikes területek javítása is. További felhasználási terület – amit a jelenleg készülő EU-s talajmonitoring és talajszennyezési törvény még aktuálisabbá teszi – a szennyezett területeken történő alkalmazás a szennyező anyagok megkötésére, immobilizálására.

A másik jelentős felhasználási terület lehet az állattenyésztésben, trágyakezelésben történő alkalmazás, mely jelenleg újnak számít a piacon és szintén nagy piaci potenciállal rendelkezik.

Természetesen minden célterület igényel, igényelhet előfeldolgozást, melyre ismert technológiák állnak rendelkezésre. A piaci termékek széles repertoárja állítható elő a lignitből, kezdve az előfeldolgozás nélküli kijuttatástól a huminsav kivonásán át a lignit egyéb tápanyagforrásokkal történő kombinálásán, előfeldolgozásán keresztül létrehozható termékekig.

#### **Környezeti fenntarthatósági szempontok**

- A talajba történő kijuttatása több szempontból is pozitív hatással van a talajra
- Talajban történő lebontása jellemzően lassú, szénkibocsátás szempontjából kedvező
- Jelentősége klímaadaptációs szempontból is felértékelődött
- Műtrágya-gyártás használja fel a magyarországi földgáz 5%-át!! Nitrogénművek
- Tápanyag-megkötési és vízmegtartási hatással bír
- Hozzájárul a talaj aszályal szembeni ellenállóképességének és termésbiztonságának növeléséhez
- Szennyezett területek tisztítása, szennyező anyagok megkötése, visszatartása – kármentesítés

#### **Potenciális termékek és hatásmechanizmusok összefoglalása**

Kiemelt hatások a talajra és a növényállományra, alkalmazási célterületek:

- Növénykondicionálószer (pl. növényi huminsav) felértékelődése, aszálykezelés problematikája
- Talajjavítás: Kémhatás pufferolása, szerkezet építés és szervesanyag megkötés – a legjelentősebb talajtani problémakör, Kijuttatás 10-50t/ha, 1-5Mt/1000km<sup>2</sup>
- Állattenyésztési célú alkalmazások, trágyakezelés és ammónia abszorpció
- Szennyezett területek kármentesítése

#### **Lehetséges piacosítható termékek:**

- a lignit szervesanyag-feküanyaga – talajjavító anyag



- lignit őrlemény, kezeletlenül, illetve előkezelve, mint vivőanyag – talajjavító anyag, tápelem trágyázás
- szerves és szervetlen alapanyagok célirányos keveréséből előállítható célirányos talajjavító termékek – talajjavító anyag, tápelem trágyázás
- huminsav oldat – talajjavító anyag, növényi kondicionáló szer
- bioszén – talajjavító anyag
- lignitőrlemény – hígtrágya kezelés, állategészségügy, szennyezett területek nehézfém megkötése
- illetve az egyéb pillérekkel harmonizált többcélú felhasználási termékek.



**Prof. Dr. Viskolcz Béla – Dr. Dobó Zsolt**

Miskolci Egyetem

### **A LIGNIT VEGYIPARI ÉS KÖRNYEZETIPARI HASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI**

Különböző szenek vegyipari alapanyagként történő alkalmazása számos lehetőséget rejt, a végterméktől függően eljárások sora került kidolgozásra és alkalmazásra ipari (TRL9) szinten az elmúlt mondhatni 100 évben. A végtermékek közül kiemeltük a szintetikus földgáz, a metanol, valamint az ammónia előállítását, melyeket tipikusan nagyon hasonló módszerek mentén állítanak elő. Az első lépcső az elgázosítás, amely során nagy hidrogén, szén-monoxid és szén-dioxid tartalommal rendelkező szintézisgáz állítható elő. Ha a végtermék metanol, akkor a szintézisgázban a hidrogént és szén-monoxidot 2:1 arányban kell előállítani, szintetikus metán esetében 3:1 arányban, ammónia esetében pedig csak hidrogénre van szükség. A pontos arányok beállítását az elgázosítás után a gázkezelő és kondicionáló egységben szokás elvégezni, az egyik tipikus reakció ebben a szakaszban a vízgáz reakció, amely alapján a szén-monoxidból szén-dioxidot állítanak elő, így változtatva az arányokat. Harmadik lépcsőben a gáztisztítás következik, amely lépcsőben a nem kívánatos komponensek eltávolítása történik. Az így kapott szintézisgázból jellemzően Fischer-Tropsch (FT) eljárással készítik a kvázi végterméket, ez a folyamat negyedik fő lépcsője. A végtermék a működési paraméterektől és katalizátor típusától erősen függ. Ammóniagyártás esetében az FT reaktor elmarad, mivel a szintézisgázból minden karbon alapú komponens leválasztásra kerül. Így gyakorlatilag a szénből az ammóniához szükséges hidrogén kerül előállításra, a leválasztott szén-dioxid pedig az ammónia egyik lehetséges továbbalakításához, a karbamidgyártáshoz használható fel.

A vegyipari termékek előállításának ezen útvonala jelenleg kiforrottnak mondható, ugyanakkor a szénből történő metanol vagy ammónia tipikusan barna metanolnak vagy barna ammóniának könnyelhető el. Karbon lábnyom tekintetében a szénből történő ammónia vagy metanol gyártás kiemelkedő

üvegházhatású gázkibocsátással jár összehasonlítva más eljárásokkal, pl. a földgáz alapú termeléssel. A szénből történő szintetikus földgáz esetét is többlet karbon kibocsátás jellemzi a teljes életciklus alatt. Fontos továbbá megjegyezni, hogy a szén minőségének jelentős hatása van az anyag és energiamérlegre, ezáltal a karbon lábnyomra is. Evidens, hogy minél gyengébb minőségű szén alapanyagot alkalmazunk, ezek a mutatószámok annál rosszabbul alakulnak. Így bár a lignit nem kifejezetten kedvező alapanyag ilyen szempontból, alkalmazására a világban számos példa mutatkozik vélhetően a nagy mennyiségű előfordulása miatt.

A különböző szenek környezetipari hasznosítása terén érdemes megemlíteni a szintetikus grafit előállítását, amelyre már lignit alkalmazásával is fellelhetőek tanulmányok. Az egyik legnagyobb kihívás a szintetikus grafit előállítás során a rendkívül nagy hőmérséklet és nyomás viszonyok megteremtése, ennek ellenére a világban több szintetikus grafitot állítanak elő, mint amennyi természetes grafitot bányásznak. A szintetikus grafit egyik alkalmazási területe az akkumulátorgyártás, a növekvő termelés miatt pedig vélhetően növekvő mennyiségű grafitra is szükség lesz a jövőben.



**Dr. Janáky Csaba**

Szegedi Tudományegyetem

## **ENERGETIKAI LEHETŐSÉGEK ÉS KIHÍVÁSOK AZ IGAZSÁGOS ÁTMENETBEN**

Az a tény, hogy a megújuló forrásokból termelt elektromos áram rendelkezésre állása és a felhasználói igény időben és térben is eltérő, indokolja, hogy az akkumulátorokon túlmutató tárolási eljárásokat fejlesszünk és implementáljunk, a többlet villamos energia hatékony felhasználása érdekében. A Megújuló Energiák Nemzeti Laboratórium ehhez keres innovatív megoldásokat, mind Power-to-Gas, mind Power-to-Liquid technológiák fejlesztésével.

Az előadás első részében ismertettem, hogy elektrolízissel hidrogént állíthatunk elő akár energiatárolási céllal, akár a hazai hidrogén felhasználók számára. A Bükkábrányi Fotovoltaikus Erőmű Projekt Kft. a tulajdonában lévő bükkábrányi, külszíni bánya területén lévő felhagyott meddőhányó rekultivált területén telepítette Pilot méretű P2G technológiáját a Szegedi Tudományegyetemmel együttműködésben. A korábbi rekultiváció keretében itt valósult meg a bruttó 20 MW villamos teljesítményű fotovoltaikus (PV) naperőmű létesítése is. A Bükkábrányban telepített P2G technológia üzemeltetése szakaszosan vagy folyamatosan történhet a rendelkezésre álló villamos energiától és a hidrogén felhasználástól függően. Az üzem 200 Nm<sup>3</sup>/h gázhalmazállapotú hidrogént képes előállítani. A hidrogén előállítás rugalmasságának érdekében a termelt hidrogén pufferelhető a kompresszor előtti tárolóban 40 bar-on, a kompresszor utáni tárolókban pedig 350 bar-ig. A tárolók kapacitását úgy

választottuk meg, hogy a rendelkezésre álló villamos energia és a hidrogén fogyasztás függvényében a rendszert rugalmasan lehessen minél hosszabb ideig működtetni, gyakori ki-bekapcsolások nélkül. A jövőt tekintve számos terv van, ezek között szerepel Bükkábrányi Energiapark bővítése oktatási, képzési, és innovációs célokkal (akkumulátor, tüzelőanyagcella). A gyorsan növekvő szakember-igény, nagyon kevés gyakorlóterület vonzóvá teszi a Bükkábrányi Energiapark infrastruktúráját.

Az előadás második részében röviden bemutattam egy, a „Szén-dioxid-tárolási és -hasznosítási (CCS/CCU) lehetőségek Magyarországon” című Fehér könyvben ismertetett CO<sub>2</sub> tárolási use case-t. Az MVM Mátra Energia 650 MW kapacitású földgáztüzelésű CCGT erőművet létesít a következő években. Az erőmű még hosszú ideig lesz része a hazai energiarendszernek. Kibocsátáscsökkentésre rövidtávon alternatív tüzelőanyag bekeveréssel (hidrogén, biometán) van lehetőség, illetve szén-dioxid-leválasztás alkalmazásával. A usecase célja a létesítés alatt álló erőmű kibocsátásának leválasztása, majd a befogott CO<sub>2</sub> tartós geológiai tárolása, illetve értékesítése vegyipari és építőipari felhasználók számára.



**Dr. Gál László**

MVM Zöld Generáció Kft.

## **FOTOVOLTAIKUS ERŐMŰ FEJLESZTÉS LEHETŐSÉGEI ÉS KIHÍVÁSAI A BÜKKÁBRÁNYI BÁNYA MEDDŐ TERÜLETEIN**

Az MVM Zöld Generáció Kft. az MVM Csoport megújuló villamosenergia-termelő tagvállalata, ami jelenleg 171 db, összesen 412 MW (23 MW szél-erőmű; 40,9 MW víz-erőmű; 348 MWp PV erőmű) teljesítményű villamosenergia-termelő egységgel rendelkezik. A Társaság erőműveinek villamosenergia-termelése 2023. október 31-ig 505 GWh volt. A Társaság 2021-2023 közötti időszakban összesen 199 MWp beépített teljesítményű, 166 MWe névleges teljesítőképességű fotovoltaikus erőművi beruházást hajtott végre, melyek közül 7 db 20-24 MWe névleges teljesítőképességű (Ajka-Halimba, Debrecen, Kecskemét, Kunmadaras 1-2, Szeged 1-2), illetve 28 db pedig 0,5 MWe alatti teljesítményű (Berettyóújfalu, Dánszentmiklós, Dorog, Kunszállás, Nyírcsaholy, Oroszlány 15 darab, Pécs 5 darab, Pusztaföldvár, Sükösd, Vésztő) erőmű volt.

A Bükkábrányi bányaterületén összesen 125(+25) MWe névleges teljesítőképességű 150(+30) MWp bruttó beépített teljesítményű fotovoltaikus termelői kapacitás megvalósítására van lehetőség. 5 db 35 ha nagyságú terület kialakítása, tereprendezése megtörtént, 1 db terület kialakítására később nyílik lehetőség. A már kialakított területek esetében a jogi és engedélyeztetési előkészítés megtörtént (telekalakítási eljárások, helyi építési szabályzat, előzetes régészeti dokumentáció, előzetes vizsgálati dokumentáció). Az erőművek hálózati csatlakozására első sorban kapacitástenderen történő sikeres részvétellel (120 vagy 220 kV-os feszültségszinten) van lehetőség, de a helyben történő villamosenergia-felhasználás (pl. bányaföldfogyasztás fedezése, zöld hidrogén fejlesztése) esetén kapacitástender nélkül is biztosítható az erőművek megvalósítása.

Amennyiben az erőművek által megtermelt villamos energia értékesítése szabadpiacon történik, akkor elsősorban hosszú távú zöldáram-vásárlási megállapodás (Power Purchase Agreement, a továbbiakban: PPA) keretében van lehetőség. A PPA megállapodás keretein belül a villamosenergia-vételező közvetlenül a megújuló termelővel szerződik, ezáltal a villamosenergia-felhasználó tőkebefektetés nélkül juthat villamos áramhoz. A 10-25 éves hosszú távú megállapodás mind termelő, mind pedig fogyasztói oldalon segíti a hosszú távú tervezhetőséget költség és bevétel oldalon egyaránt.

További lehetőség nyílik a fotovoltaikus erőmű kapacitások létesítésével egyidejűleg energiatároló berendezések telepítésére. Elsősorban rendszerszabályozási feladatokra alkalmazható (például: naperőművek aFRR szabályzási képessége, load-leveling, peak-shaving), de emellett a hálózati stabilitás megőrzése és növelése, a megújuló energia-források integrálása is cél lehet.

Kapacitástender nélkül elsősorban helyben történő villamosenergia-felhasználás és zöld hidrogén fejlesztés esetén van lehetőség naperőmű létesítésére. A Bükkábrányi bányában a rekultivációt megelőzően és azt követően is szükség van a szivattyúk, illetve egyéb nagyobb villamosenergia idényű rendszerek működtetésére. Amennyiben helyben történne az ehhez szükséges energia egy részének előállítása, akkor összességében csökkenne a rendszer-használat költsége (ún. RHD díj költségcsökkenés), illetve hosszú távon tervezhető lenne a Bükkábrányi bánya energiaköltsége. Ebben az esetben egy 11 MWE névleges teljesítőképességű fotovoltaikus erőmű kapacitás megvalósítására nyílna lehetőség. Zöld hidrogén fejlesztésnél víz elektrolízisével állítják elő a hidrogént, és ehhez a folyamathoz megújuló forrásokból származó villamos energiát használnak fel. A zöld hidrogén előnyei, hogy megújuló üzemanyagként is értékesíthető, az előállítása nem, vagy csak csekély CO<sub>2</sub> emisszióval jár. Földgáz alternatívájaként a beruházás megtérülése erősen függ az aktuális villamos energia és földgáz ártól. További előnye a támogatási források felhasználásának a lehetősége.



**Dr. habil Pintér Gábor**

Pannon Egyetem, Körforgásos Gazdaság Egyetemi Központ, Megújuló Energiaforrások Kutatócsoport  
**PV LESZABÁLYOZÁSBAN REJLŐ LEHETŐSÉGEK MAGYARORSZÁGON**

A világ energiaigényének növekedése és a klímaváltozás kihívásai miatt a megújuló energiaforrások, különösen a napelemes rendszerek egyre fontosabb szerepet töltenek be a globális energiatermelésben. Ezzel párhuzamosan a széntüzelésű erőművek energiatermelő szerepe egyre csökken, viszont a rendszerszintű szabályozás tekintetében még sokáig szükségünk lesz rájuk. Az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése érdekében az időjárásfüggő megújuló energiaforrások, köztük a napenergia használata is kulcsfontosságú a fenntartható energiaellátás és a környezetvédelem szempontjából. Emellett a naperőművek egyre szélesebb körű alkalmazása az energiaiparban lehetővé teszi a villamosenergia költséghatékony és tiszta előállítását, akár a korábbi bányüzemek rekultivált területén,



ahogy Bükkábrányban is látunk erre példát. A napelemes rendszerek jellegzetessége, hogy a teljesítményük az időjárás függvényében ingadozó és ez a tulajdonságuk rendszerirányítási szempontból fokozódó kihívást jelent az egyre növekvő kapacitások miatt. Hazánkban a villamosenergia rendszer szabályozási igénye egyre emelkedik, míg a szabályozási szolgáltatásért egyre többet hajlandó fizetni a rendszerirányító a szolgáltatást nyújtóknak. Egyre gyakrabban fordulnak elő olyan helyzetek, amikor a szabályozási energia ára már a pozitív tartományban mozog, azaz az energia elfogyasztásáért jár a fizetség. Az energiátároló rendszereknek növekvő jelentősége van ezen a területen, mivel lehetővé teszik a villamosenergia-rendszerben pillanatnyi többletként megtermelt villamos energiának a hatékony és rugalmas tárolását. A hidrogén kulcsszerepet kaphat a jövő hosszútávú energiátároló technológiáiban. A power-to-metán és a metán-plazmalízis eljárás került bemutatásra a konferencián. A két eljárás gyakorlatilag egymás fordítottja, ugyanis metanizálás esetén villamos energia segítségével hidrogént, majd ahhoz CO<sub>2</sub>-t hozzáadva metánt állítunk elő, míg a plazmalízis során villamosenergia segítségével metánt bontunk hidrogénné és tiszta szénre. Az utóbbi technológiánál nem történik CO<sub>2</sub> kibocsátás, hiszen szén képződik a folyamat végén. Megállapítható, hogy bár mindkét eljárás hatásfoka alacsony, kiválóan alkalmasak arra, hogy a villamosenergia-rendszerben jelentkező többlet villamosenergiát felhasználják, tehát részt vegyenek a rendszer szabályozásában. Fontos megjegyezni, hogy a jövő energiarendszere nem több különálló egységből áll, hanem komplex, egymással összekapcsolt együttműködő rendszerek összessége.



**Dr. Babcsán Norbert**

Magyar Mérnökakadémia

## **KÜLFÖLDI JÓ GYAKORLATOK A FENNTARTHATÓ ENERGIAGAZDASÁGBAN**

Az **Európai Mérnökakadémiák** 2023 évi madridi kongresszusának az „**Energy challenges in Europe, The role of Engineering in securing supplies technologies**” tematikáján keresztül mutatom be az európai jó gyakorlatokat és gondolatokat. A kongresszuson **Thierry Breton**, az Európai Bizottság nemzetközi piacokért felelős biztosa határozta meg az európai energiaszuverenitáshoz szükséges főbb gondolatokat: „Az *energia Európa függetlenségének stratégiai fontosságú hajtóereje. Az energiatartósságunk fegyverként is felhasználható ellenünk, és ezért fontos, hogy ne csak a fosszilis függőségből szabaduljunk meg, hanem ne kerüljünk egy másik, például a tiszta technológiák függőségébe sem. Az Európai Uniónak meg kell dupláznia elektromos energia termelő képességét, és a kulcs a tiszta hidrogén előállítási technológiákban rejlik. Az orosz gáztól való függetlenség elérése az autonómia egyik alapja, amit megújuló és nukleáris energiával érhetünk el. Emellett kiemelte, hogy Európának piacvezetőnek kell lennie ezekben a technológiákban.*” **A fosszilis energia átalakulásának fontossága nem azt jelenti, hogy nem aknázzuk ki az energiahordozó nyersanyagainkat, hanem azokat beiktatjuk a körkörös anyag és energiacyklusokba úgy, hogy 2050-re az**

**energiatermelő vállalatoknak dominánsan elektron- és molekulagyártóvá kell válniuk.** Az energiaipar átalakítása a légköri CO<sub>2</sub> növekedésének klímára gyakorolt hatása és a fosszilis készletek véges volta miatt nem halogatható. Európának, azonban figyelembe kell vennie saját anyag- és energia biztonságát is és erre alapuló szuverenitását. A tiszta hidrogénelőállítás technológiák csak egy kezdet, hiszen a zöld hidrogén az egyik (de nem egyedüli) alapanyaga a zöld szintetikus üzemanyagoknak. A nagy olajgyártók a fő hidrogén alapú gazdaság helyett inkább **elektrongyártóként** és (a CO<sub>2</sub>-ot beépítő) **molekulagyártókként** a szintetikus üzemanyaggyártás irányába tesznek erőfeszítéseket (Total Energy). **A jövő CO<sub>2</sub>-alapú lehetőségei, a megújuló energián alapuló szintetikus üzemanyag és power-to-gas hibrid rendszerek már bevezetés alatt állnak ebben a CO<sub>2</sub> már alapanyagként funkcionál.** *A nemzetközi trendekből egyszerűen adaptálható, hogy a szén-szintetikus üzemanyag vonalon (így hazánkban is) nem a villamos energia szolgáltató, hanem az olajipari szereplő az érdekeltőbb fél.*

A villamosenergia termelő rendszerek a megbízható ellátásának érdekében - a megújuló energiáknak kitett változékonyság kezelésére szolgáló - irányítási stratégiák szabályozó eszköze más-más PID (Proportional, Integral, Derivative) együtthatójú rendszerelem, mind a **hatás** (P) mind a **rugalmasság** (ID) függvényében. A hatás (P) szempontjából a legnagyobbtól a finomhangolásig az alábbi a sorrend: elektron kereskedelem, **szivattyús tározós vízierőművek** (akár naperőművekhez csatolt mini változatban is), akkumulátorok, hidrogén termelés elektrolízissel, otthoni fűtés. A fejlett grid esetén és az elektromos autózás elterjedésével, az autók töltése jelentős rendszerszabályozó erővé válhat, mint legrugalmasabb energiátárolási mód. Mindezek mellett a nukleáris energiatermelés stabilizáló pozitív szerepének hatása számos előadásban kiemelt jelentőségű volt. A jövőbeli energiatermelési technológiák elterjedéséhez az energia mixek megfelelő dekarbonizációja vezeti majd az utat, ami nem démonizálja a CO<sub>2</sub>-ot, hanem a CO<sub>2</sub> nyersanyagként való felhasználását (körkörös gazdaságát) prioritizálja a földben, vízben vagy a levegőben való tárolás helyett.

Energiaátmenet és Digitalizáció: a stratégiai szuverenitás érdekében az ásványi nyersanyagok kihívásaira is válaszokat kell adni, hiszen a megújuló energiatermeléshez és szállításhoz nélkülözhetetlen infrastruktúra és berendezések építéséhez szükséges ásványi nyersanyagokra fokozódik az igény. Az energiabiztonságunk mellett anyagbiztonságunk alapjait is meg kell teremtenünk. Különösen az **alternatív akkumulátor technológiákon és anyagok** (pl. alumínium, nátrium) területén kell előre lépnünk.

A mérnökség szerepe az olaj- és gázipar átalakításában - a bioüzemanyagok és szintetikus üzemanyagok rendszermérnöki fejlesztése, a finomítóknál alkalmazott adaptív stratégiák, a hidrogén szerepe az energiaátmenetben, valamint a szén-dioxid elnyelése és tárolása, valamint annak különböző felhasználási módjai szempontjából - meghatározó stratégiai jelentőségű, a **hazai kompetenciát** a stakeholderek segítségével minden országnak **meg kell teremtenie**.



**Dr. Auer Róbert**

CESP Zrt.

### **MAGYARORSZÁG ENERGETIKAI TARTALÉKAI**

Magyarország energiaellátása erős energiahordozó importra szorul kőolajból, földgázból és nukleáris fűtőanyagból egyaránt, a jelentős iparosodás az áram import további növekedéséhez vezet. Az ország ugyanakkor jelentős tartalékokkal rendelkezik pl. szénvagyonban (jelenlegi primer energia ellátására 110 évig lenne elegendő). A potenciál számottevő a szabad biomassa (az éves primer energiaigény 13%-át fedezi), lakossági hulladék (4%), geotermikus energia (10%), valamint szélenergia (2,3%, áramellátás 15%-a) esetén egyaránt. A legnagyobb tartalék a napenergiában rejlik: amennyiben Magyarország területének körülbelül 1%-ára beeső napenergia 20%-át sikerülne hasznosítani az fedezné az ország teljes primer energiaigényét. Az energetikai tartalékok kihasználása a hazai energiaszerkezetben forradalmi változásokat igényelne, ami azonban (más országokéhoz hasonlóan) jellemzően lassú és graduális változási pályán mozog.

A földgáz és kőolajimport - elméleti síkon - teljes mértékben kiváltható lenne, amihez a fenti tartalékok robbanásszerűen növekedő felhasználására volna szükség: A hazai földgáztermelés 50%-os növelése mellett, a biogáztermelést 6,5-szeresre, a szélenergia termelést 10-szeresre, a geotermikus energiát 17-szeresre, a hőszivattyúk alkalmazását 10-szeresre kellene emelni, az épületek hőszigetelését maximálisan kihasználni, a szabad biomassa illetve a nem újrahaznosítható lakossági hulladék energiataartalmát kinyerni, emellett a kukoricából előállított bioetanol és egyéb energetikai termékek

exportját meg lehetne állítani. Mindezekon felül még jelentős napenergia hasznosítás (primer energiaigény 13.5%-os szintjéig) tudná teljes mértékben annullálni a kőolaj és földgáz import igényt, a nukleáris energiatermelés szinten tartása mellett. Alternatíva lehet a tisztaszén technológia, ill. a nukleáris energiaellátás növelése: a hagyományos atomerőművek mellett a haladó kisméretű moduláris nukleáris reaktorok (SMR) építésével (piacra vezetésük 2030 után várható).

A megsokszorozott időjárásfüggő nap és szélenergiatermelés tárolására nem alkalmas a (lítium-ion) akkumulátor technológia, mivel gyártási kapacitása messze elmarad a szükséges tárolási igényektől, továbbá szezonális tárolásra nem alkalmas. Ezen kívül gyártása ugrásszerűen növekvő kritikus nyersanyag bányászatot igényel, amely jelentős ár növekedéssel, valamint új geopolitikai kitétségekkel járnak. A másik fősdodrú zöld energiátárolásra alkalmas eszköz, a hidrogén, szintén jelentős korlátokkal bír: a fejlesztési folyamat közepén járó hidrogénteknológia kiemelkedően magas hidrogénárakat eredményez. További hátulütője, hogy az időjárásfüggő energiaforrások miatt a hidrogén elektrolízis berendezések (MWh) kapacitásának többszörösét kell az energiaellátását biztosító nap- és szélenergiatermelés kapacitásában kiépíteni.

Felmerül a kérdés, hogy az Európában túlhangsúlyozott, szinte egyeduralkodó akkumulátor- és hidrogén alapú energiátárolási megoldások mellett milyen alternatívák vizsgálata, fejlesztése és piacra vezetése szükséges? A fenntartható energetikai jövő eléréséhez reális fejlesztési célkitűzésekre és irányokra van szükség! Cél a GWh (ktoe) kapacitású megújuló energia (termelő és) tároló kapacitások létrehozása; alacsony CAPEX, OPEX és komplexitású, elérhető technológiák megvalósításával; elérhető, megfizethető nyersanyagok és szerkezeti anyagok használata mellett, csökkentve a geopolitikai függőségeket. Megoldást kell találni különböző tárolási időintervallumokra a másodperces frekvenciaszabályozástól, a napon belüli tároláson át, a heteken áthúzódón keresztül a szezonális tárolásig az áram mellett a hőtárolásra egyaránt.

Az energiátárolási megoldások köre széles, a teljesség igénye nélkül (1) koncentrált naperőművel (CSP) vagy haladó nukleáris reaktorral (AMR) előállított magas hőmérséklet tárolására megoldások (alkalmas hatékony áram konverzióra); (2) illetve alacsonyabb hőfok tárolási megoldások napitól szezonális időintervallumokra; (3) helyzeti energiátárolási módszerek, mint pl. szivattyús tározó erőművek felhagyott bányákban.

Magyarország energetikai tartalékainak kiaknázásához, az abban rejlő valós potenciál meghatározásához komplex energetikai scenáriók elemzése, fejlesztési roadmap kijelölése és megvalósítása. A célok elérése a komplex elemzéseket követően technológia- és üzletfejlesztési lépések megvalósításán keresztül a piacra vezetés és szabályozási támogatás mellett (az ágazati kereszthatások miatt) multidiszciplináris professzionális szakértői csapatok összehangolt, többéves munkája és kitartó energiapolitikai támogatás mellett lehetséges. Fősdodrú technológiák mellett diszruptív megoldások vizsgálata, fejlesztése és támogatása kiemelten fontos!





**Kalmár István**

Calamites Kft.

## **BÜKKÁBRÁNYI LIGNIT HASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI**

A jelenleg lignittel táplált erőmű hatásfoka alacsony kb. 29 % s ennek megfelelően magas a CO<sub>2</sub> emissziója is. A jövő útja sok irányú lehet.

### **1. ERŐMŰ**

A lignittüzelésű erőmű emissziója 1200 kg/MWh, a hatásfokot csökkenti és az emissziót növeli a lignit kb. 50%-os víztartalmának elpárologtatása, ha a víztelenítés napkollektorral és szél erővel pl. kémények segítségével történne a CO<sub>2</sub> kibocsátás 700 és 800 kg/MWh körülire csökkenthető. A lignitszáritás technológiai leírása hozzáférhető. A régi Visontai Erőmű átalakítása, azaz hatásfokjavítása is megoldható, ha az aprítás és elgázosítás egy lépésben történik és a lángégés helyett katalitikus izzítással a CO<sub>2</sub>-ot alkohollá alakítjuk át, ami összességében közel 0 emissziót eredményez. Egy korszerű porszentüzeléses blokk hatásfoka 43 % körüli a katalitikus izzítás kb. 50 %-ra tudná növelni a hatásfokot és a CO<sub>2</sub> emissziót 700 kg/MWh körül értékre csökkentené. Egy szén elgázosító erőmű (megfelelő tervezéssel) úgy is kialakítható, ha egy földgázüzemű erőmű égőkamrája szintézisgázra is átállítható. A 47 % körüli hatásfok 560 kg körüli CO<sub>2</sub> emissziót jelent 1 MWh villamos energiatermelésre. Ez kb. 200 kg-mal magasabb, mint a földgáz erőmű emissziója (ami csak a határon belüli érték, a határon túl plusz ca. 1100 kg /MWh lenne). Biomassza és hulladék együttes elgázosítása csökkentené a beszámításra kerülő CO<sub>2</sub> emissziót, a maradék CO<sub>2</sub> pedig lehetne hidrogénnel metanolt előállítani 1 tonna CO<sub>2</sub> -hoz kb. 90 kg hidrogénre van szükség, azaz a teljes különbség, ha nincs hulladék vagy biomassza akkor a 200 kg CO<sub>2</sub> hoz 18 kg hidrogénre lenne szükség, ami 0,9 MWh áramot jelent, ha elektrolizálóból nyernénk. A földgáz tüzelőanyag ára kb. 60-90 EUR/MWh. 3800 GWh, ami kb. 0,7 Mrd m<sup>3</sup> import földgázunknak feleltethető meg lignit elgázosításból kb. 21 EUR/MWh áron rendelkezésre állhat és nem vagyunk importfüggők. Ezenkívül kb. 2-4000 közvetlen és ca. háromszor ennyi közvetett munkahelyet teremt.

### **2. A LIGNIT ANYAGÁBAN VALÓ HASZNOSÍTÁSA**

A lignit anyagában való hasznosítására több kidolgozott, valamint még több kifejlesztésre váró technológia létezik. Vannak olyan technológiák, amelyek CO<sub>2</sub> kibocsájtással járnak és ezért a CO<sub>2</sub> hasznosításáról is gondoskodni kell. A magyar szénkémia évtizedekkel ezelőtt a világ élvonalába tartozott, kisebb nyomok ma is fellelhetők. Az OKGT még 1979-ben részletes tanulmányt készített a lignitből való üzemanyag gyártásra. Ezen írás terjedelmi korlátai miatt én az MCL technológiára hívnám fel a figyelmet, amit az ESSO spin-off cége fejlesztett ki és a kínai olajvállalat a Sinopec kb. 1,5 mrd USD-t költött ennek további kutatására. Ennek során a lignit bioalkoholba kerülne beoldásra és ezzel az olajipar számára szokásos módon finomítható nyersolaj készülhet, kínai viszonyok között 29 USD/hordó nyersolaj áron.

### 3. A SZÉN GEOPOLITIKAI MEGÍTÉLÉSE

A szén világszerte a rendelkezésre álló legolcsóbb jelenleg főleg villamos energiatermelésre (de egyre növekvő mértékben vegyipari célokra is alkalmazott) rendelkezésére álló helyi nyersanyag, amelynek felhasználása Európát és Észak Amerikát leszámítva, különösen Ázsiában és Afrikában egyre növekszik. A globális erőter fontos problémája, hogy míg a szénhidrogének nemzetközi kereskedelme 80 %-os mértékű addig a kitermelt szén kb. 15 %-a kerül a nemzetközi kereskedelme és néhány speciális esetet, mint pl. az USA palagáz kivételével jelentősen olcsóbb a kereskedett szénhidrogénekénél. A CO<sub>2</sub> klímára gyakorolt hatásáról folyó viták között nem szerepel pl. a földgáz teljes életciklus emissziója, hiszen csak a határon belüli emissziót számítják import esetében, ami kb. 1/3-a a teljes emisszióknak (a teljes emisszió összemérhető a lignitével). A CO<sub>2</sub> -t nem szabad elpazarolni, mert haszonanyag, aminek a hasznosítására több létező és kifejlesztendő technológia is létezik.

### 4. HELYI HATÁS

Egy világos hosszútávú jövőkép nélkül a helyi bányászat elsorvad, az emberek elmenekülnek. Amennyiben a szénvagyonnak nincs államilag támogatott víziója, abban nem látnak üzleti lehetőséget, akkor azt a bánya kollektívájának és a helyi foglalkoztatásban érdekelt önkormányzatoknak el kellene kérniük, és saját projektet kellene rá fejleszteniük (Pl. a borsodi szénre a japán NEDO egy komplett tanulmányt készített 7 évvel ezelőtt, amiben megállapították, hogy amennyiben a metanol ára eléri a 470 Euro/tonna értéket (akkor 270-280 Euro volt) akkor érdemes a projekttel foglalkozni (most a metanol tőzsdei ára 515 Euro/tonna).

