



Korszerű szénerőművek helyzete a világban

Az Energetikai Szakkollégium Bánki Donát emlékfélévének negyedik előadásán az érdeklődők a szénelapú energiatermelés világban elfoglalt helyéről, napjaink és a jövő modern szénerőműveiről, az ezekben alkalmazott technológiai megoldásokról hallhattak.

Az est előadói Orosz Zoltán, a Mátrai Erőmű Zrt. Stratégiai Osztályának vezetője, valamint Dr. Kalmár István, a Calamites Kft. ügyvezető igazgatója voltak.

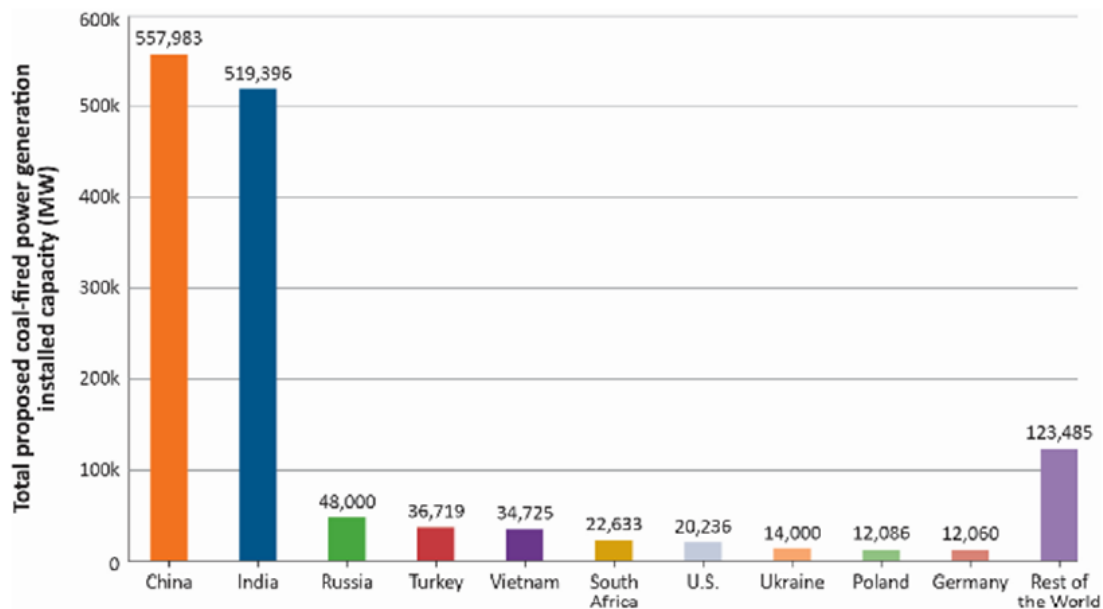
Orosz Zoltán előadása

A szénelapú energiatermelés globális tendenciái

Orosz Zoltán bevezetőjében röviden kitért az egyetlen magyar lignittüzelésű létesítményre, a Mátrai Erőműre, mely 950 MW beépített teljesítményével Paks után a második legnagyobb részarányt (mintegy 20%-ot) képviseli a hazai villamosenergia-termelésben. Utóbbiban még jelentős azonban az importált energia is, mely tavasszal már 30% felett volt. Ez szoros összefüggést mutat a világtendenciákkal, a megújuló és fosszilis források arányainak és árainak, köztük a szén alapú termelés változásával.

A fosszilis tüzelőanyagok napjainkban is jelentős szerepet kapnak a világ energiamixében. 2012 végére a globális energiatermelés kétharmada alapult a tüzelőanyagokon, a szén megközelítőleg 40%-ot képviselt. A napjainkban üzemelő erőművek jelentős része – néhány kivételtől eltekintve – sajnos alacsony hatásfokon (32-35%) üzemelő szubkritikus erőmű, melyek 220 bar nyomás illetve 540 °C hőmérséklet alatti gőzparaméterekkel üzemelnek. Ezeket az erőműveket az 1960-as évektől kezdve építették és tervezett élettartamuk átlagosan 45 év. Ahogy látható tehát, a jelenlegi erőművek lassan élettartamuk végéhez közelednek. Pótlásuk a mai kor színvonalának megfelelően superkritikus (átlagosan 240 bar, 560 °C), illetve főként ultrasuperkritikus (átlagosan 300 bar, 600 °C) erőművekkel lenne kívánatos. Utóbbiakkal, barnaszén tüzelőanyaggal 42-43%-os, feketeszén esetén pedig akár 45-46%-os hatásfok is elérhető.

Az erőművi kapacitások pótlása főként Európában és az Egyesült Államokban jellemző. Kína kiemelt figyelmet érdemel, mely csak a szénre alapozva évente 3000 TWh energiát állít elő, továbbá a tervezett beépített kapacitás 500 000 MW. Figyelembe véve az ország népességét, valamint a tényt, hogy a 2000-es évek eleje óta a teljes erőművi flotta kapacitása évente 10%-kal, sőt bizonyos években akár 20%-kal nőtt, a fenti két adat már korántsem olyan meglepő. Kínában a szén alapú energiatermelés részaránya a 2000-ben érvényes 74%-ról 2012-re 68%-ra csökkent. Hosszú távú terveik szerint pedig 2050-ben csupán 15-20% lenne, mindez főként a megújuló energiaforrások térnyerésének köszönhető. Megjegyzendő, hogy az ázsiai országban a legalacsonyabbak a hatóságilag előírt emissziós határértékek, valamint előírások szabályozzák az új erőművek építését is, melyeknek minimum 600 MW-os, szuperkritikus vagy ultraszuperkritikus egységeknek kell lenniük.



1. ábra: Tervezett szén alapú kapacitásbővítések a világ országaiban

Szénerőművek modernizálási lehetőségei

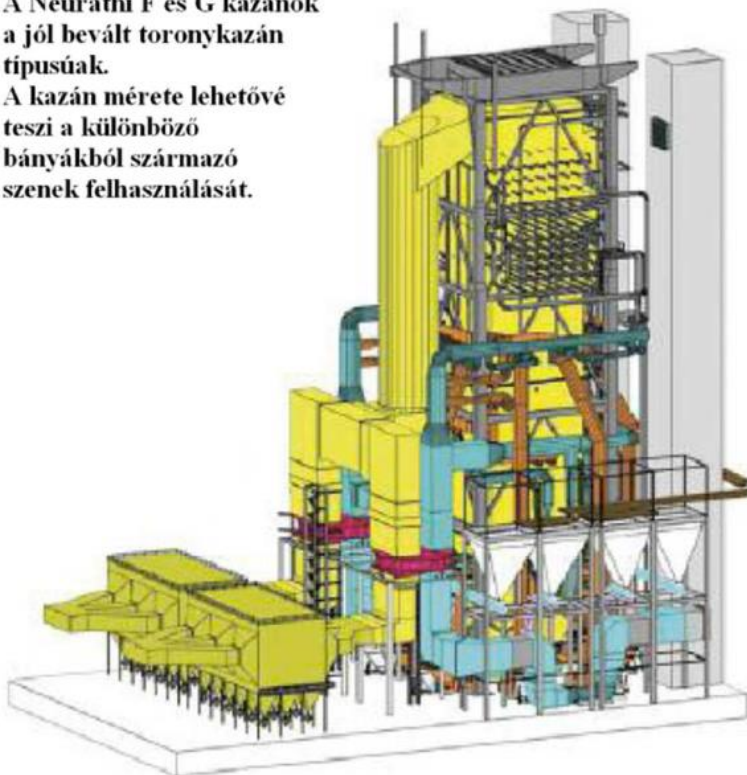
Az Európai Unióban a fejlesztések élén áll többek között az Alstom és a Hitachi, a Vattenfall azonban már a 2000-es évek elején elindult a modernizálási úton, és elsőként gyártott 42%-os, barnaszén-tüzelésű szuperkritikus blokkokat a mai nagyságrendben, illetve alakított ki olyan anyagokat, melyek a későbbi erőműfejlesztések alapjait jelentették.

A hatásfoknövelést a fejlesztőcégek a következőkkel érték el: a regeneratív levegő-előmelegítőket optimalták, a kondenzátornyomást csökkentették, ún. hőeltolós füstgázhő-visszanyerő rendszert alkalmaztak, új szerkezeti anyagokat használtak (P91 az acél szerkezeti elemek, GFK a füstgázcsatorna elemek esetén), a turbinalapátot modernizálták csavart, áramlásnak

megfelelő, optimalizált formával, a turbina- és kondenzátorházba optimált beömlést és kiömlést alakítottak ki.

Ma az egyik legkorszerűbb széntüzelésű létesítmény a németországi Neurath-ban található. A 2012 augusztusában az Alstom által üzembe állított úgynevezett BoA (Braunkohlekraftwerk mit optimierter Anlagentechnik) egységekben a teljes körfolyamat barnaszéntüzelésre van optimalizálva. Különlegességük a szénmenedzsment rendszer: a különböző bányákból érkező szenet kategorizálják, paraméterenként külön bunkerbe helyezik, és gondosan ügyelve az arányokra keverik őket össze, így elérve a minimális salakosodást, legjobb fűtőértéket és hatásfokot. Tüzeléstechnikai intézkedésekkel, úgy mint a kazánfalazat és a túlhevítő folyamatos tisztítása, koromfúvó lándzsák alkalmazása, jelentős károsanyag-kibocsátás csökkentést is elértek, főként a nitrogén-oxidok terén. A porleválasztó rendszer 20 mg/Nm³-es határértéket biztosít. A beépített füstgázhő-visszanyerő a gőzkörfolyamatba vezeti vissza a hőt. A füstgázt a hűtőtornyok belsejéből vezetik ki, így rövidebb kémény és kisebb füstgázventillátor-teljesítmény mellett is elérhető a megfelelő keveredés. Továbbá páraleválasztó betéteket és hangtompító falakat is alkalmaztak a hűtőtornyoknál a vizuális hatás, illetve a zajterhelés csökkentése érdekében. Az erőmű üzemelése közben keletkező melléktermékeket is felhasználják, a keletkező gipszet és pernyét a cementgyárak és az építőipar használja fel, az együttműködést hosszú távú szerződések biztosítják.

**A Neurathi F és G kazánok
a jól bevált toronykazán
típusúak.
A kazán mérete lehetővé
teszi a különböző
bányákból származó
szenek felhasználását.**



2. ábra: A neurathi erőmű kazánja

A CO₂ kezelő eljárások aktuális helyzete

Az Alstom számos egyéb technológiát tekintve is élen jár, fejlesztéseket hajtott végre többek között porleválasztók, nedves és száraz kéntelenítők, füstgázhűtő rendszerek, CO₂ kezelő rendszerek esetében.

A cég utóbbiakat tekintve nem csak a tüzelés utáni (post-combustion) leválasztással, hanem az oxy-fuel tüzeléssel is foglalkozik. Ennek során a CO₂ a kazánban tisztán képződik, mivel a nitrogént már a tüzelés előtt leválasztják levegőszeparátor segítségével.

Nagy hátrány a CO₂ leválasztás esetén a jelentős hatásfok romlás, ez az érték ugyanis akár 12%-kal is csökkenhet. Részleges megoldást jelenthet a Foster Wheeler cirkulációs kazánjában kifejlesztett rugalmas tüzelési rendszer. Itt a füstgáztisztító után átváltó csappantyút helyeztek el, melynek segítségével a füstgázt visszakeringtetik, ehhez a levegőszeparátorból oxigént kevernek, így ez a gáz a hőcserélők megfelelő működéséhez szükséges. Ha pedig nem üzemel a CCS, a füstgáz a kéményen távozik, a hagyományos technológiáknak megfelelően.

Számos kísérleti üzemet hoztak létre szerte a világon a CCS technológiákat fejlesztendő. A legnagyobb egy spanyol 30 MW hőteljesítményű blokk volt, a projekt azonban (hasonlóan a világ projektjeinek 95%-hoz) megakadt. Lefektették egy kereskedelmi egység alapjait is, de ez sem valósulhatott meg, elsősorban gazdasági, kisebb mértékben technikai okok miatt.

A fenti létesítmények következményeként viszont sok hasznos tapasztalatra tettek szert, amik közül az egyik legfontosabb volt, hogy a CCS-sel ellátott egységek gazdaságos üzemeltetésének határpontja 60-70 €/tonna CO₂ kvótaárnál van.

Pozitív példa egy közelmúltbeli kanadai kereskedelmi nagyságrendű projekt, melynek keretein belül egy erőműben modernizálták a kazánt és turbinát, valamint szervesen integrálták a CO₂ leválasztó és tároló rendszert. Ez már megteremtheti az alapjait a CCS technológia fejlesztésének.

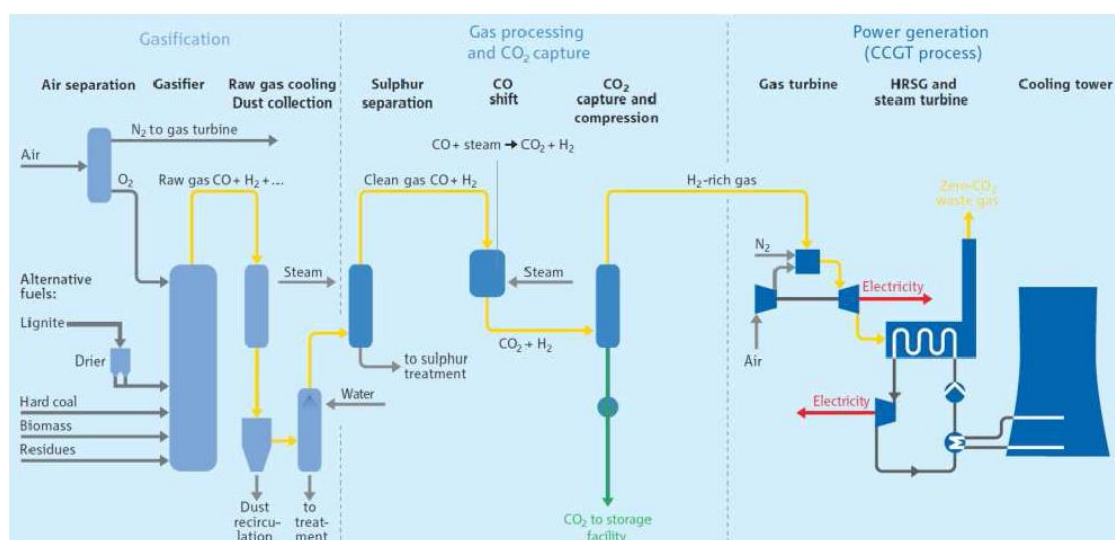
Kitekintés: fejlesztési tervek

A fent ismertetett BoA koncepció utáni következő lépés a szénszárítás szoros integrálása lesz, mellyel például barnaszén tüzelés esetén a hatásfok 47-48%-ra növelhető.

Az ezt követő lépcső pedig az ún. 700°C-os anyagok alkalmazása. Ezek a nikkel-kobalt ötvözeteket a gázturbinákban már használják, de a porszéntüzelésnél más igénybevétellel kell számolni.

A szénszárításnak egyik példája lehet, ha az őrölt szenet fluidágyban kiszárítják, a vízpárát visszavezetik a gőzrendszerbe, így száraz lignit jut a kazánba.

Egy német projekt ennél is bonyolultabb kapcsolást mutat, mivel ötvözték a szénelgázosítást, kombinált ciklust és CCS technológiát. A folyamatban szintézisgázt állítanak elő, ebből kivonják a CO₂-t, a gázturbinába így hidrogénben és nitrogénben gazdag gáz jut, ezután illeszthető a gőzturbinás alrendszer.



3. ábra: A szénelgázosítás, kombinált ciklus és CCS technológia ötvözése

Sajnos azonban ezeket a projekteket a CO₂ tárolás jogszabályi környezetének ellehetetlenülése miatt átmenetileg leállították.

Dr. Kalmár István előadása

Dr. Kalmár István bevezetőjében hangsúlyozta, hogy a szén széles körben, elosztottan rendelkezésre áll, többek között Magyarországon is, így krízismentes forrás. A földgázzal és kőolajjal összehasonlítva az árárány 1:3 a szén javára. Manapság terjednek a tisztaszén technológiák, és az energetikai célok mellett vegyipari alapanyagként is egyre inkább szerepet játszik.

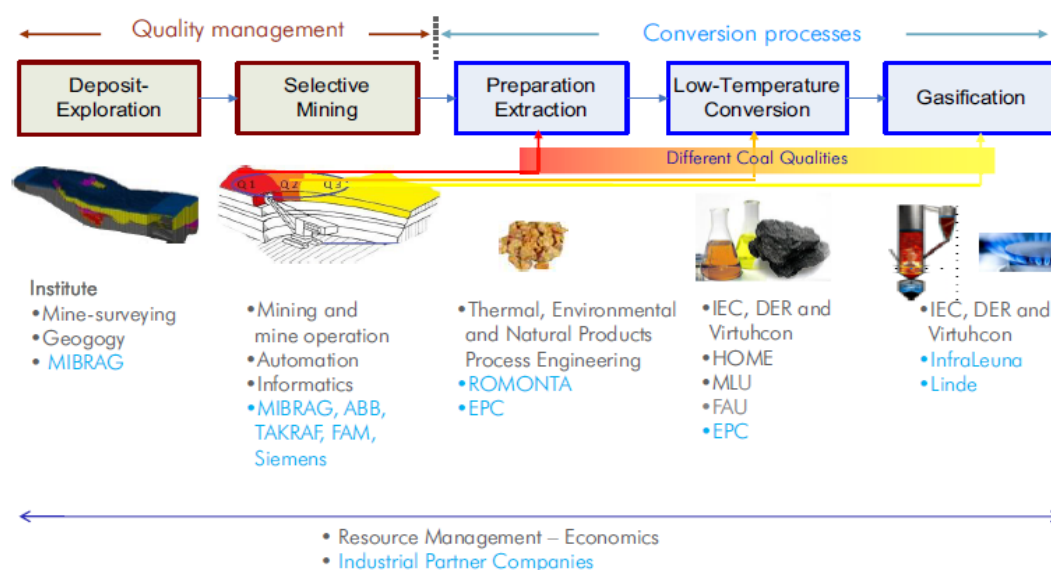
Szénelgázosítás

Az elgázosítás egy rugalmas, megbízható, kereskedelmi technológia, amely számos alacsony értékű alapanyagot magas értékű terméké tud átalakítani.

Az eljárás során bármely széntartalmú anyagból (például szén, petrolkocsz, biomassza vagy hulladék) szintézisgázt állít elő. Ez közvetlen vagy tisztítás után elégethető energia előállítására céljából, vagy feldolgozható vegyipari alapanyagok, műtrágya, üzemanyag, szintetikus földgáz vagy hidrogén gyártására.

A technológia kereskedelmi mértékben a finomítóknál, vegyiparban több mint 60 éve működik, villamos energia előállítására 35 éve használják. Jelenleg 269 elgázosító üzemel, további 74-et építenek, és a korábbi nagy kapacitások mellett már a kisebb, moduláris egységek is terjednek.

A szén anyagában való hasznosításának lehetőségeiről beszélve Kalmár István kiemelte, hogy a forrásból mindent elő lehet állítani, amit szénhidrogénekből. Egy korlát lehet, hogy a beruházási költség mintegy kétszerese a földgáz alapú berendezéseknek, a szén ára azonban 40-50%-a a gázénak. A vegyipari alkalmazásoknál pedig a beruházás díja csak kb. 10%-a az összes költségnek, ez a tétel tehát nem képvisel nagy arányt.

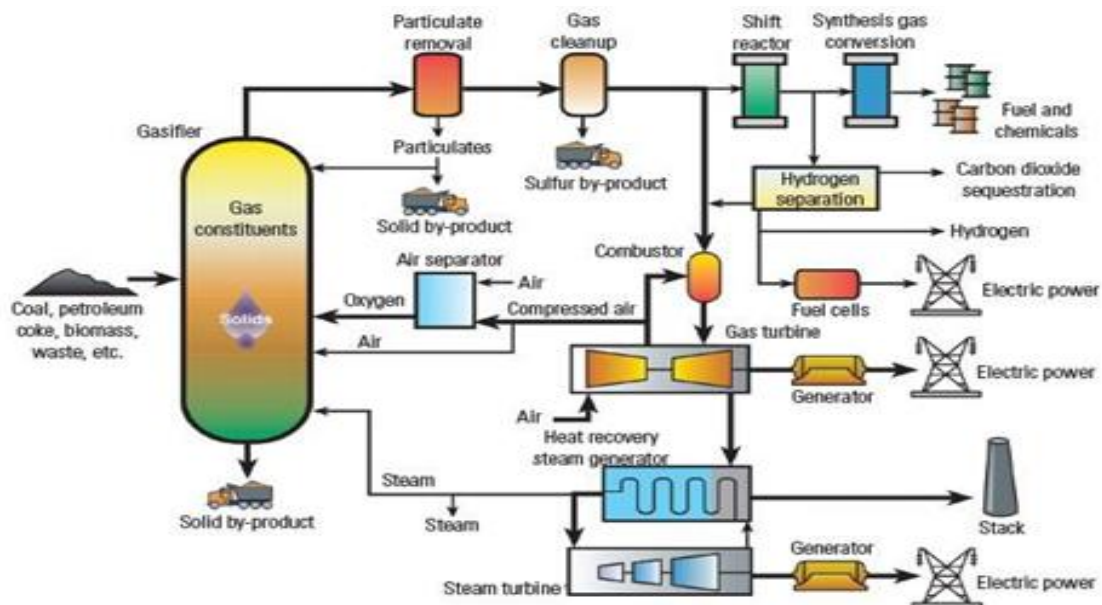


4. ábra: A szén útja az elgázosításig

Az alaptechnológia (azaz a forró szén reakciója vízgőzzel) mára számos fejlesztésen ment keresztül, az átalakítási hatások a korábbi egylépcsős rendszerekre vonatkozó 40%-ról a mai, tipikusan három hőmérsékleti lépcsős technológia esetén 60%-ra nőtt. A vezető fejlesztő országok Kína, USA, Japán, Dél-Korea és Németország.

Dr. Kalmár István szerint a szén értéke kihasználásának legmegfelelőbb módja a poligeneráció, melynek során több vegyipari termék (metanol, ammónia, acetilén, stb.) mellett villamos és hőenergia is keletkezik.

Az elgázosító technológiáknak számos fajtája van: mozgóágyas, fluidágyas, folyamatos áramlású, de megkülönböztethetőek a működési hőmérséklet, áramlási irány, a betáplált anyag, a belső falazat típusa szerint. Létezik közvetlen és közvetett technológia, illetve a kettőt ötvöző hibrid rendszer. Előbbit 10% alatti hamutartalomnál lehet alkalmazni, az átalakítási hatások 55% körüli, míg az indirekt esetben ez az érték 45%.



5. ábra: A poligeneráció elvi sémája

CO₂ kezelés

A CO₂ kezelő rendszerek esetében előadónk a következő évek kutatási programjának mérföldköveit emelte ki, melyek a következők. Jelenleg általánosan a leválasztás fejlesztésén van a hangsúly, melynek során nagy értékű termékek állíthatók elő. Kiemelendő itt a tény, hogy a széndioxidból metán állítható elő, a folyamat azonban visszafele is lejátszódik, ez az energiatárolásban játszhat fontos szerepet.

A kutatás következő lépcsői a közvetlen hasznosítási módok lesznek, mint például az olaj és gáztermelés, illetve a mineralizáció.

Szerepet kap a vegyészeti átalakítás (biogáz, CO₂ és metán száraz reformáció), illetve a biológia (cyanobaktériumok és mikroalgák). Egy jövőbeni vízió a foto-elektrokémiai alkalmazás, melynek során hidrogén állítható elő vízből foto-elektrolízissel.

A tisztaszén technológia lehetőségei Magyarországon

Dr. Kalmár István szerint a tisztaszén technológiák erőművi alkalmazása gazdaságosan nem lehetséges, mert a magyar energetikai rendszerhez nem illeszkedik a gazdaságos blokkméret, a rendszer jelenlegi árait a külföldről importált, környezetvédelmi előírásokkal nem terhelt, valamint a hazai amortizációs/beruházási költséget nem számoló erőműi árak határozzák meg. A CO₂ kvótaárak pedig nem fedezik a környezetvédelmi elvárások technológiai költségeit.

A vegyipar nagy beruházásokat igényel, de hosszú távú gazdaságossága látszik. Ha nem számolunk a szénhidrogének árának tartós csökkenésével,

akkor érdemes a munkahelyeket és beruházásokat jelentő szénbányák megnyitását a vegyiparra alapozni. Végtermékként jelenhet meg a hazai mezőgazdaságban felhasználható műtrágya, illetve az üzemanyag. A bányászat pedig folyamatos szolgáltatást és iparfejlesztést generál a maga környékén.

Dr. Kalmár István összefoglalásként elmondta, hogy a szén, mint bányatermék vegyipari alapanyagként hasznosulhat, emellett integrálja a biomassza és a (szilárd és cseppfolyós) hulladékhasznosítás feladatait, valamint alkalmas az éjszakai és völgyidőszaki áramokkal termelt hidrogén megfelelő tárolására.

Papp Dániel Gábor,
Egri Tamás

az Energetikai Szakkollégium tagjai