

# „Hulladékból Energia” Kutatások a ME Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézetében

## R&D in field of “Waste-to-Energy” in Institute of Raw Materials Preparation and Environmental Processing, University of Miskolc

BOKÁNYI LJUDMILLA<sup>1</sup>, CSÓKE BARNABÁS<sup>2</sup>, GOMBKÖTŐ IMRE<sup>3</sup>, NAGY SÁNDOR<sup>4</sup>, PINTÉR-MÓRICZ ÁKOS<sup>5</sup>

Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar

<sup>1</sup> intézetitanszékvezető egyetemi docens, levelező szerző, [ejtblj@uni-miskolc.hu](mailto:ejtblj@uni-miskolc.hu)

<sup>2</sup> Professzor Emeritus

<sup>3</sup> intézetigazgató egyetemi docens

<sup>4</sup> egyetemi docens

<sup>5</sup> tudományos s. munkatárs

*Absztrakt. A „hulladékból energia” kutatások és megvalósítások fontosságát a mai modern, körforgásos gazdaság megteremtésére törekvő társadalmakban nehéz túlbecsülni. A Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézetben ilyen irányú kutatások már közel két évtizede folynak több irányban. A tanulmány e témakörben végzett kutatásokról, valamint azok eredményeiről számol be: másodlagos tüzelőanyag előállítás települési szilárd hulladékokból, hulladékok biogázosítása, biomassza brikettálása, valamint folyékony üzemanyagok előállítása.*

*Abstract. The importance of research and development in the field of „Waste-to-Energy” is vital in our modern society trying to establish the circular economy. Such R&D activity has been carrying out at Institute of Raw Materials Preparation and Environmental Processing for decades in several directions. This paper deals with the main results of research on refuse derived fuel from MSW, biogas production, briquetting of biomass, as well as production of fluid fuels.*

## Bevezetés

A Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet profiljából adódóan évtizedek óta aktívan van jelen a hazai nyersanyag-gazdálkodás, így a nyersanyag feldolgozás és hasznosítás területén, ide értve az ásványi nyersanyagokat, a különböző hulladékokat, a biomasszát, valamint ezek feldolgozásából származó melléktermékeket és maradékanyagokat. Fentiekből

következően a Miskolci Egyetem kiemelten fontosnak tarja, hogy a nyersanyag-gazdálkodás területén a hazai innovációt támogassa, annak motorja legyen, együttműködve a nyersanyag gazdálkodás bármely területén tevékenykedő iparvállalattal vagy vállalkozással, így kiemelten a hulladékfeldolgozással foglalkozó vállalkozásokkal.

Korunk kihívása a hulladékhasznosítás, ezen belül a hulladékok energetikai hasznosítása. Magyar nemzetgazdaság energia-termelésében - mint megújuló energiaforrás - hatásos opciót kínál a körforgásos gazdaság megteremtésében. Emellett a magas szervesanyag tartalmú hulladékáramok feldolgozása és lerakótól eltérítése révén csökkenti a környezeti terhelést és hozzájárul a klímaváltozás megakadályozására megfogalmazott célok eléréséhez.

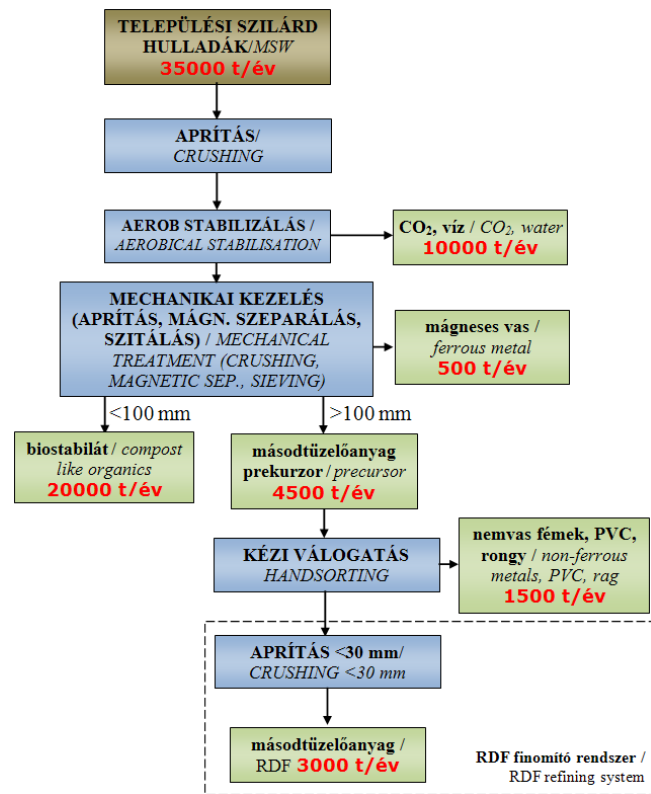
A Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet jelenlegi kutatási témái között számos olyan példát találunk, amely ezen célok mentén folyik és jelen cikk keretei között ezt kívánjuk bemutatni.

## 1. TELEPÜLÉSI HULLADÉKBÓL VALÓ MÁSODLAGOS TÜZELŐANYAG ELŐÁLLÍTÁSÁNAK KUTATÁSA

A települési hulladék kezelésének kutatását az Intézetünk már több mint 20 éve sikeresen folytatja. Több különböző településen elvégzett hulladékanalízis azt mutatta ki, hogy Magyarországon a papír aránya a hulladékban 20-25%, a műanyagé és kompozit 8-10%, a textilé 3-5%, a fémeké 2-5%, míg a bomló szervesanyag részé eléri a 30-50%-t [1-5]. A kétdimenziós hulladékanalízis, amely során a szemcsefrakciók komponens-összetételét is meghatároztuk - azt is kimutatta, hogy a legdurvább szemcseméretű frakciók ( $\geq 100$  mm) mintegy 20-25%-ban tartalmaznak biológiailag bomló anyagot. Ebből az következik, hogy:

- Nem lehetséges, hogy a nyershulladékból közvetlenül szitálással válasszunk le egy olyan durva frakciót, amely kész tüzelőanyag-termék, vagy annak egy része, mivel a bomló bioanyag-tartalma  $>20$  %.
- Erre csak akkor van mód, ha az adott területen a biológiailag lebontható szerves anyag szelektív gyűjtése is folyik, valamint fokozatos aprításnak is kitesszük a nyershulladékot, amelyek néhány % -ra lecsökkenti a durva frakció bomló szervesanyag tartalmát.
- A biológiailag bomló szervesanyagot stabilizálni kell mind a kezelhetőség, mind a lerakhatóság jegyében. Erre leginkább az aerob biostabilizálás alkalmas.

Az Intézetünkben kidolgozásra került több mechanikai-biológiai hulladékkezelési rendszer (MBH), a vaskútít az alábbiakban, az 1. ábra segítségével mutatjuk be.



1. ábra: Vaskúti MBH-technológia folyamatábrája és anyagmérlege [1]

A települési szilárd hulladék maradék-frakcióját kezelő mechanikai-biológiai technológiai folyamatban az első művelet a Doppstadt kalapácsos törővel való aprítás. Az aprítás eljárás technikai célkitűzése – a fentiek értelmében – a nagy szemcseméretű szerves bomló komponensek feltárása és méretcsökkentése az intenzív aerob anyagátbocsátás érdekében. Az aprított hulladékot a kényszer-levegőztetéses statikus ágyas aerob biostabilizálásnak vetjük alá. A kapott stabilát-terméket a lehető legkisebb fordulatszám és a legnagyobb rácsnyílás mellett ismételt szelektív aprításnak tesszük ki a Doppstadt kalapácsos törővel. A szelektív aprítást annak érdekében végezzük, hogy a biofrakció minél nagyobb tömeghányaddal a finomabb szemcsefrakcióba kerüljön. Az utóaprított stabilátot SM-414 típusú dobszítával 100 mm-nél szétszítáljuk. A finom, <100 mm-es frakció lerakásra kerül, megfelelően a TOC-szerinti rendeleti előírásoknak.

A >100mm-es durva frakció a másodtüzelőanyag-prekursor termék. A mágneses szeparálással leválasztjuk belőle a hasznosítható vasat. A kapott nem-mágneses terméket ellenőrző kézi válogatásnak vetjük alá, kiválogatva a nemkívánatos PVC-t és a hasznosítható nem-vas fém-darabokat. Ezt a műveletet a válogatóüzemben végzik.

Amennyiben nagyobb hányadban szeretnénk kinyerni a másodtüzelőanyagot, így a szitálást kisebb, 30-40 mm-es szemcseméretnél végezzük el.

## 2. BIOGÁZ ELŐÁLLÍTÁSI KUTATÁS

A jól felszerelt *biogáz*-laboratóriumunkban vizsgáljuk a különböző szubsztrátumok (települési hulladékok biofrakciója, ill. deriváltjai; a mezőgazdasági és ipari, pl. gyógyszergyártási, ill. biotechnológiai hulladékok, stb.) gázleadó képességét és kinetikáját. Foglalkozunk az anaerob lebontás mechanizmusának feltárásával is [8, 11-16].

A legutóbbi vizsgálatok magukba foglalták egy komplex technológiai rendszer kifejlesztését, amely a másodlagos tüzelőanyag nemesítése, ill. a 3A (aerob – anaerob – aerob) eljárás kidolgozására is kiterjedt. A biostabilizálás során előállított biostabilát nem éri el a minőségi kompozst paramétereit, de potenciálisan még jelentős energia-tartalommal rendelkezik. Célszerű tehát az anaerob kezelés révén biogázt előállítani ebből a termékből. A Vertikál Rt-nél (Polgárdi) és az Intézetünk laboratóriumában végeztünk kísérlet-sorozatokot, amely az aerob-anaerob kezelés vizsgálatára irányult. A mérés során Varga Terézia [9-10] kidolgozta azt a matematikai algoritmust, amely segítségével megállapítható a biostabilizálás optimális tartózkodási ideje: a biostabilizálás már eléri a célját, vagyis a hulladékból elegendő mennyiségű illó- és nedvesség távozik el, ugyanakkor a biostabilát maradék energiatartalma biogáz formájában még számottevő mértékben kiaknázható.

A legutóbbi kutatásaink [19] a mechano-biokémiai kezelés alkalmazására irányulnak a cellulóz-szerkezet tönkretételéhez a biogáz leadó képességének növelése érdekében.

## 3. BIOMASSZA ENERGETIKAI HASZNOSÍTÁSÁNAK KUTATÁSA

Az energiaforrásként számításba vehető hulladék (másodnyersanyag) biomassza-féleségek alapvetően három csoportba sorolhatók, úgymint: hagyományos mezőgazdasági termények melléktermékei és hulladéka (szalma, kukoricacsutka, kukoricaszár stb.); erdőgazdasági és fafeldolgozási hulladék (faapríték, fanyesedék, fűrészpor, háncs stb.); valamint a másodlagos (állati) biomassza (trágya, stb.) [20]. A fosszilis energiahordozó-készletek csökkenése, a légkörszennyezés okozta károk enyhítése szükségessé teszi a megújuló energiaforrások minél nagyobb mértékű bevonását az energiatermelésbe. A megújuló energiaforrások tekintetében különösen a geotermikus energián túlmenően a biomassza terén is Magyarország jelentős potenciállal rendelkezik.

A biomassza energiatartalma többféle úton hasznosítható (közvetlen tüzeléssel, alkohollá való erjesztéssel üzemanyagként, növényi olajok észterezésével biodízelként, kémiai átalakítás után éghető gázként ill. folyékony üzemanyagként, anaerob fermentálás után biogázként). Az energetikai hasznosítás legegyszerűbb és energiahatékonyság szempontjából legkedvezőbb változata az eredeti, vagy ahhoz közeli formában lévő energetikai hasznosítás.

A bio-hulladékok további felhasználásuk előtt az esetek nagy részében előkészítést igényelnek, amelynek része a biomassza aprítása. A szemcseméret csökkentése jobb kezelhetőség, adagolhatóság, keverhetőség, ill. homogenizálás céljából (pl. faapríték) történik. Szereppel bírhat a szeparálás is, jellemezően a zavaró anyagok leválasztása területén. Fontos művelet az agglomerálás, amelynek fő célja a sűrűség növelése, amit a nyersanyag kis sűrűsége, a jobb tárolhatóság, adagolhatóság, valamint a tüzelőberendezések kialakítása indokolhat.

A 2004-ben indult „A hazai szén-biobrikett gyártás megalapozását szolgáló kutatásfejlesztés” NKFP projekt kapcsán Intézetünk vizsgálta a biomasszák szénnel együtt történő brikettálhatóságát. Biomasszának négy, itthon elérhető fajtát választottunk: búzaszalma, kukoricaszár, energiafű, napraforgószár. Itt a biomassza kötőanyagként szolgál a rendszerben, jellemzően 30 m/m % arányban, továbbá kénmegkötő adalék alkalmazhatóságát is vizsgáltuk. Intézetünkbe számos ipari megbízás érkezik, biomasszák, illetve biomasszák keverékeinek brikettálhatóságának vizsgálatára. Leggyakrabban, szénnel, vagy valamilyen kokszt melléktermékkel történő együttes agglomerálhatóság vizsgálata a feladat. Többek közt foglalkoztunk már a hagyományosan nagy tömegben keletkező biomassza melléktermékeken felül amaránt szár, tönkölybúza pelyva, komposztált szennyvíziszap agglomerálásával is.

A rendelkezésre álló eszközpark aprítás területén, az igényelt végső szemcseméret, ill. feldolgozandó kapacitás függvényében: különböző aprító tér kialakítású kalapácsos törők, több vágómalom a finom aprítás érdekében.

Brikettálhatóság vizsgálatára az Intézetünkben található dugattyús présen különböző nyomásokon, és különböző hőmérsékleteken készíthetők például 25 ill. 40 mm átmérőjű kísérleti tabletták, modellezhető a darabosítás folyamata. A berendezés dugattyúja erő és útmérővel felszerelt, így kiszámítható a préselési munka. Lehetőség van a készült tabletták sűrűségének, illetve törési szilárdságának a meghatározására is. A présreléssel eltérő paraméterek mellett, nagyszámú kísérlet-sorozat elvégezhető, így téve lehetővé a fő paraméterek megbízható meghatározását, kis minta igény mellett. A félüzemi vizsgálatok elvégzésre – optimális paraméterek mellett – síkmatricás pelletáló rendszert alkalmazunk. A berendezéssel jól modellezhető az ipari méretű pelletálók különböző alapanyagokra [21-27].

## 4. FOLYÉKONY ÜZEMANYAG ELŐÁLLÍTÁSÁNAK KUTATÁSA

A Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet célul tűzte ki a hazai forrásokon alapuló *bioetanol* előállítási technológia kutatását is. A bioüzemanyag alkalmazásával csökken a globális felmelegedés veszélye, a hulladék alapú bioetanol előállítása a korszerű körforgásos hulladékgazdálkodás miatt is előnyös. Az Intézet két Innocsekk projekt keretében megvizsgálta félüzemi körülmények között a keményítő alapú bioetanol előállítását. Közel jövőben a jelenleg még gyerekcipőben járó cellulóz alapú bioetanol előállítási problematikájával szeretnénk foglalkozni. A cellulóz alapú technológia a keményítő alapú technológiához képest lényegesen bonyolultabb, mivel a keményítővel szemben sokkal nehezebb a cellulózt cukorrá hidrolizálni, és az ehhez szükséges enzimek jelenleg nagyon drágák. Elképzelésünk szerint kombinált biokémiai-mechanokémiai eljárás kifejlesztésén fogunk munkálkodni [28-31].

A Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézetében a hazai kiaknázatlan szénvagyon környezetbarát hasznosítására irányuló kutatómunka is zajlik. Ennek célja a borsodi barnaszén nemesítése, azaz termikus eljárások segítségével a szénnél értékesebb, nagyobb hozzáadott értékű termék előállítása annak elgázosításával és a keletkező szintézisgáz folyékony üzemanyag átalakításával. Az alkalmazott technológia tisztaszén technológia, alkalmazásával

csökkenthető a fajlagos szén-dioxid kibocsátás, a műre való hazai szénvagyon hasznosításával pedig új munkahelyek nyílhatnak hazánk szegényebb régióiban. A céltermékek oxigéntartalmú szerves vegyületek, elsősorban kis szénláncú alkoholok (metanol, etanol). Ezek a környezetbarát üzemanyag adalékanyagoknak tekinthetők, amelyek növelik az oktánszámot. A technológia első lépése a szelektív jövesztés, melyet a szén aprítása követ. Az elgázosítás a hagyományos eljárások alkalmazása helyett modern plazma reaktorban történik, amelyben a szén a magasabb reakcióhőmérséklet miatt gyorsabban és hatékonyabban szintézisgázzá (szénmonoxid és hidrogén) alakul vízgőz és oxigén adagolása mellett, a hamu pedig szilárd salak formájában lesz jelen. Az alkoholszintézis megfelelő hőmérsékleten és nyomáson ún. katalizált Fischer-Tropsch reaktorban történik, amely berendezés megépítése, a katalitikus folyamat vizsgálata szintén egyetemi kutatómunkánk része. A technológia részeként a reaktorban el nem reagált szintézisgáz vizes mosást és kéntelenítést követően villamos energia előállítására alkalmas [32-33].

A tanulmány/kutató munka a „Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodási Tematikus Hálózat – RING 2017” című, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 jelű projekt részeként a Szechenyi2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

## Hivatkozások

- [1] Csőke Barnabás, Agatics Roland, Alexa László, Bokányi Ljudmilla, Nagy Sándor, Varga Terézia Erzsébet (2012): Szilárd települési hulladék komplex kezelési és hasznosítási rendszerének kifejlesztése Vaskúton. HULLADÉK ONLINE, Paper 195. 15 p.
- [2] Faitli József, Nagy Sándor, Bokányi Ljudmilla, Gombkötő Imre, Romenda Roland, Csőke Barnabás, Vér Csaba, Kiss Tibor, Dolgosné Kovács Anita, Barna László (2017): Települési szilárd hulladéklerakók vizsgálata a későbbi hasznosítás érdekében BIOHULLADÉK 11/1. 21-26.
- [3] Aleksza László, Bokányi L, Csőke B, Varga T. (2011): A novel complex MSW and biomass processing system with the economical and environmental target to maximize waste-to-energy output. In: 19th EU Biomass Conference & Exhibition. Konferencia helye, ideje: Berlin, Németország, 2011.06.06-2011.06.09. Berlin, 1851-1857. ISBN:978-88-89407-55-7
- [4] Nagy Sándor, Agatics Roland, Csőke Barnabás (2011): MBH technológia és másodtüzelőanyag előkészítő rendszer a Felső-Bácskai Hulladékgazdálkodási Kft-nél/MBT technology and secondary fuel preparation system at the Felső-Bácska Waste Management Ltd. BIOHULLADÉK 1. 9-12.
- [5] Csőke Barnabás (szerk.) 2010.: Hulladékgazdálkodás: Digitális tananyag. Miskolc: hulladekonline.hu,
- [6] Csőke Barnabás, Alexa László, Olessák Dénes, Ferencz Károly, Bokányi Ljudmilla (2006).: Mechanikai-biológiai hulladékkezelés kézikönyve. Gödöllő: Global, 106 p. ISBN:963 06 0699 2

- [7] Bokányi, L., Csőke, B. (2009): MBH technológiák EU-s vizsgálata és hazai alkalmazhatóságuk bemutatása. A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Fejlesztési Igazgatóság megbízásából készített tanulmány.
- [8] Bokányi L., Lipták, M. (2006): A miskolci szennyvíziszap anaerób lebontási kísérlete. Tavaszi Szél Int. Conf., Kaposvári Egyetem, 18-21. ISBN 963 229 773 3.
- [9] Bokányi, L., Varga, T.: Biogas production from municipal wastes and derivatives. Micro CAD 2007.
- [10] Varga T., Bokányi L. (2008): Optimisation of Aerobic-Anaerobic Treatment of Municipal Solid Wastes, Micro CAD International Scientific Conference (kiadvány), ISBN 978-963-661-812-4 ISBN 978-963-661-813-1, 107-112.
- [11] Varga T., Bokányi L. (2008): Szilárd települési hulladék aerob-anaerob kezelésének optimalizálása, Tavaszi Szél (kiadvány), 362-367. ISBN 978-963-87569-2-3
- [12] Bokányi, L., Csőke, B. (2007): A legújabb hazai kutatási-fejlesztési eredmények ismertetése. Felkért előadás a „Települési szilárd hulladék hasznosítás fejlesztési irányai” c. szakmai konferencián. Székesfehérvár, 2007. szeptember 18-19.
- [13] Csőke, B., Bokányi, L., Varga T. (2008): A legújabb hazai MBH kutatási-fejlesztési eredmények ismertetése. „Biológia és energetika a hulladék-gazdálkodásban” szakmai konferencia. Székesfehérvár, 2008. szeptember 25-26.
- [14] Csőke B.- Bokányi L. (2008): Technológiák kapcsolódási lehetőségeinek bemutatása. Chlepkó T. (szerk.): Megújuló mezőgazdaság. Tertia Kiadó, 208-216. ISBN 978-963- 06-4971-1.
- [15] Bokányi, L. (2009): Mechanical-biological treatment of municipal solid wastes (MBT of MSW). Előadás-sorozat a Montanuniversität Leoben (Ausztria) hallgatóinak.
- [16] Csőke, B. – Bokányi, L. – Alexa, L. – Ferencz, K. (2008): A szilárd települési hulladékok komplex energetikai hasznosítása. A MAGYAR TUDOMÁNY ÜNNEPE' 2008. Energetikai Konferencia. BAY-LOGI, Miskolc.
- [17] Bokányi L. (2010): Hulladékkezelési technológiák kapcsolódási lehetőségei. Felkért előadás a Vertikál Rt Szakmai Konferenciáján. Velence.
- [18] Varga Terézia , Bokányi Ljudmilla (2012): Biogáz-termelődé matematikai modellezése. HULLADÉK ONLINE 3/1. Paper 3.1.
- [19] Bokányi L., Varga T. (2013): Enhancement of the biogas production from biowastes by a mechano-chemical treatment. In: 17th International Conference on Waste Recycling . Konferencia helye, ideje: Košice , Szlovákia , 2013.11.21 -2013.11.23. Košice: Institute of Geotechnics SAS, 63-66.
- [20] Kacz K., Neményi M. (1998): Megújuló energiaforrások. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.

- [21] Trinh Van Quyen, Sándor Nagy (2015): Effect of various production parameters on biomass agglomeration. GEOSCIENCES AND ENGINEERING: A PUBLICATION OF THE UNIVERSITY OF MISKOLC 4: (7) 86-96.
- [22] Nagy Sándor (2014): Agglomeration of different agricultural wastes: In: Gombkötő Imre (ed.) 18th International Conference of Waste Recycling. Konferencia helye, ideje: Miskolc, Magyarország, 2014.10.09-2014.10.10. Miskolc: University of Miskolc, 1-8. ISBN:978-615-5216-61-9
- [23] Nagy Sándor (2013): Szelektíven gyűjtött papírhulladék, illetve fűrészpor és faforgács tablettázhatóságának vizsgálata. BIOHULLADÉK 7/1. 22-25.
- [24] Nagy Sándor (2010): Agglomeration of biomass and other wastes. In: Madarasz T, Toth R (szerk.) Proceedings of the 1st Knowbridge Conference on Renewables. University of Miskolc, Miskolc-Egyetemvaros,. Konferencia helye, ideje: Miskolc, Magyarország, 2010.09.27-2010.09.28. Miskolc: University of Miskolc, 85-89. ISBN: 978-963-661-944-2
- [25] Nagy Sándor, Ferencz Károly (2010): Tüzelőanyag előállítása a polgárdi pelletáló üzemben/Fuel production in the pellet plant located in Polgárdi. BIOHULLADÉK 2-3. 18-22.
- [26] Nagy Sándor (2009): Biomassza agglomerálási lehetőségei/Agglomeration opportunities of biomass. Biohulladék 1-2.15-20.
- [27] Nagy Sándor (2008): Hulladék biomassza aprítása/Comminution of waste biomass material. BIOHULLADÉK 3-4. 37-44.
- [28] BOKÁNYI, L. (2008): Kukorica növény komplex hasznosítására alapozott bioetanol gyártás, kedvezőtlen termelési adottságú területeken – INNOCSEKK projekt -kutatási jelentés. Miskolci Egyetem.
- [29] BOKÁNYI, L. (2008): Bio-etanol előállítás kísérleti modellezése, biomassza, kombinált energetikai hasznosításából nyert technológiai hő felhasználása esetén – INNOCSEKK projekt - kutatási jelentés. Miskolci Egyetem.
- [30] Üveges Valéria , Bokányi Ljudmilla (2009): Félüzemi méretű bioetanol üzem működésének tesztelése keményítő alapú bioetanol esetén In: Szűcs Péter , Spéder Ferenc (szerk.) Doktoranduszok Fóruma, Műszaki Földtudományi Kar Szekciókiadványa. Konferencia helye, ideje: Miskolc, Magyarország , 2009.11.05 Miskolc: Miskolci Egyetem, 158-163.
- [31] Valeria Üveges, Ljudmilla Bokányi (2010): Comparison of the pre-treatment technologies carried out in order to increase the bioethanol recovery from different cellulose feedstock. In: Madarász Tamás, Tóth Renáta (szerk.). Proceedings of the 1st Knowbridge Conference on Renewables. Konferencia helye, ideje: Miskolc, Magyarország, 2010.09.27 -2010.09.28. Miskolc: Miskolci Egyetem, 77-83.
- [32] Bokányi Ljudmilla , Varga Terézia , Nagy Sándor , Pintér Ákos , Bányai László , Bombicz János (2013): High Value Added Fuel Production from Borsod Sub-bituminous Coal by Plasma



Gasification and Catalytic Transformation. In: Gülhan Özbayoglu, Ali Ihsan Arol (szerk.) XVII. International Coal Preparation Congress Proceedings. Konferencia helye, ideje: Istanbul, Törökország, 2013.10.01-2013.10.06. Ankara: Aral Group, 2013. 729-734. ISBN: 978-605-64231-0-9

- [33] Bokányi Ljudmilla, Pintér Ákos, Varga Terézia (2014): Barnaszén plazmás elgázosítása nagy hozzáadott értékű termék előállítására céljából ENERGIAGAZDÁLKODÁS 55/1-2. 11-14.