

# A NAGY FŰTŐÉRTÉKŰ MBH TERMÉK TOVÁBBI NEMESÍTÉSÉNEK KÍSÉRLETI VIZSGÁLATA

*Nagy Sándor<sup>1</sup>, Cseppely Vivien<sup>2</sup>*

tanszéki mérnök

MSc hallgató

*Miskolci Egyetem, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet, 3515 Miskolc-  
Egyetemváros*

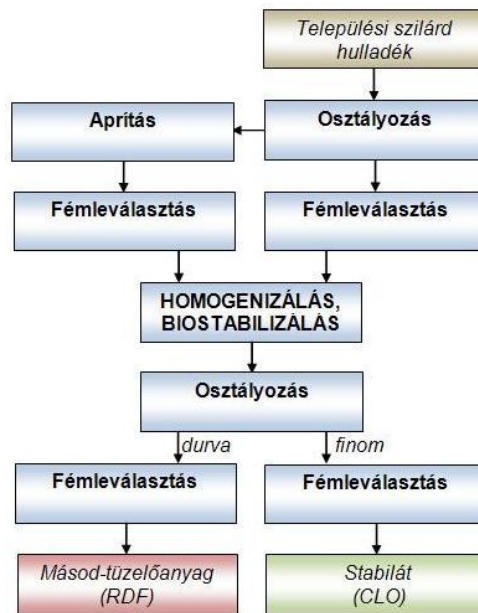
**Összefoglaló.** Intézetünk az AVE- Miskolc Kft.-vel együttműködve vizsgálta az Avas városrész hulladékának mechanikai-biológiai kezelésének lehetőségét [1]. Cikkünkben a kezelés során kapott nagy fűtőértékű frakció fémmentesítésének és brikettálhatóságának vizsgálatainak eredményeit közöljük. A kísérleti dugattyús préssel végzett kísérletekkel behatárolhatóvá váltak a brikettálás optimális paraméterei a préselési nyomás illetve hőmérséklet vonatkozásában. Meghatároztuk a vizsgált technológia teljes anyagmérlegét.

## 1. BEVEZETÉS

A Magyarországon évente keletkező mintegy 5 millió tonna szilárd települési hulladék (TSZH) kb. 75%-a deponálásra kerül. A lerakásra kerülő mennyiség (szelektív hulladékgyűjtés maradékanyaga) tömegcsökkentésére és stabilizálására többféle technológia alkalmas, melyekkel a vegyes hulladék nagy fűtőértékű, energetikai célokra alkalmas frakcióra és egy komposzt szerű stabilátra bontható. Az egyik legelterjedtebb kezelési mód a mechanikai biológiai hulladékkezelés (MBH). Az intézetünkben kutatómunka folyt MBH technológiával történő hulladékkezelésre az AVE-Miskolc Kft.-vel együttműködve, amelynek során előállítottunk egy nagy fűtőértékű frakciót, aminek vizsgáltuk a tüzelőanyaggá alakíthatóságát.

## 2. HULLADÉK KEZELÉSI TECHNOLÓGIÁK

A települési szilárd hulladékból történő másodlagos tüzelőanyagok (Refuse Derived Fuel, röviden RDF) előállítását szolgáló mechanikai eljárások mintegy 20-25 éve ismeretesek. A biológiailag lebontható rész nedvességtartalmának csökkentésére és a jobb minőségű tüzelőanyag előállítása érdekében került sor a TSZH maradék anyagának ún. stabilizációs kezelésére. Ma a maradék hulladék kezelésének ez a módszere a mechanikai, biológiai vagy termikus eljárások kombinált alkalmazásából tevődik össze. A mechanikai biológiai hulladékkezelés általános folyamatát mutatja az 1. ábra.



**1. ábra.** Általános MBH technológia

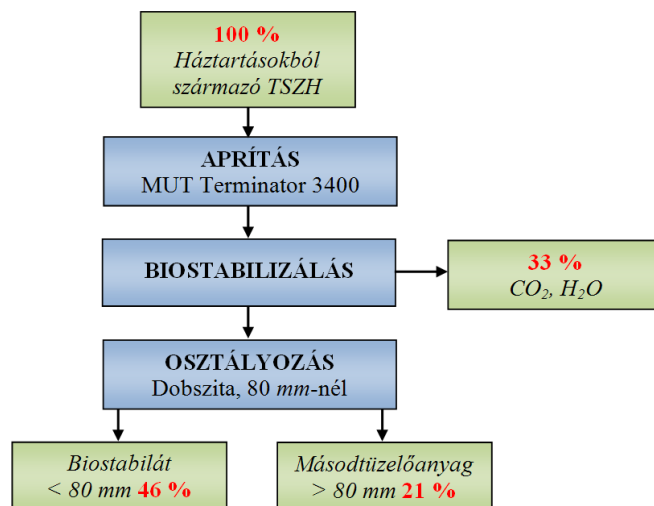
A Magyarországon alkalmazott technológiák közül az egyik esetben a beérkezett települési szilárd hulladékot az aprítást és fém leválasztást követően biológiai kezelésnek vetik alá, ebben az esetben a biológiai kezelés után, a dobszítával leválasztott durva termék az energetikailag hasznosítható frakció. Ilyen technológiára példa hazánkban a Győr-Sashegyi Hulladékkezelő Központ, valamint a Felső-Bácskai Hulladékgazdálkodási Kft. [2, 3].

A másik esetben a települési szilárd hulladékból az aprítást és osztályozást követően csak a 80-100 mm-nél kisebb frakció kerül biológiai stabilizálásra. Ebben az esetben az energetikailag hasznosítható termék egyrészt a technológiai sor elején leválasztott 80-100 mm-nél nagyobb frakcióból és a biológiai kezelést követően előállított durva termékből áll össze. Erre a technológiára példa a Zöld Híd Régió Kft. Kerepes, Ökörtelek-völgyi telepén működtetett hulladékkezelő központ [2, 3].

Az MBH technológiával nyert másodlagos tüzelőanyagokat a hazai gyakorlat szerint erőművek, illetve cementgyárak vásárolják fel, de az elgázosító művek, pirolízis üzemek szintén potenciális felvevőpiacot jelentenének [8].

### 3. MBH KÍSÉRLETEK AZ AVE MISKOLC KFT-NÉL

A vizsgálatok helyszíne a Miskolctól mintegy 35 km-re fekvő Hejőpapi nagyközség külterületén elhelyezkedő regionális hulladéklerakó volt, amelynek üzemeltetését az AVE Miskolc Környezetvédelmi és Hulladékgazdálkodási Kft. végzi. Az intézeti kutatómunka során MBH technológia alkalmazását vizsgáltuk az Avas lakótelep vegyes szilárd települési hulladékára 2010. júliusában. A hulladékot az MBH kezelésnek vetettük alá (GORE Cover semipermeábilis membránnal fedett statikus, kényszerszellőztetésű ágy, ill. prizma), folyamatosan figyelemmel kísérve a hulladék szemcseméret-eloszlását és összetételét idő függvényében [6, 7]. A négy hétig tartó biostabilizálás folyamatát és anyagmérlegét a következő ábra szemlélteti.

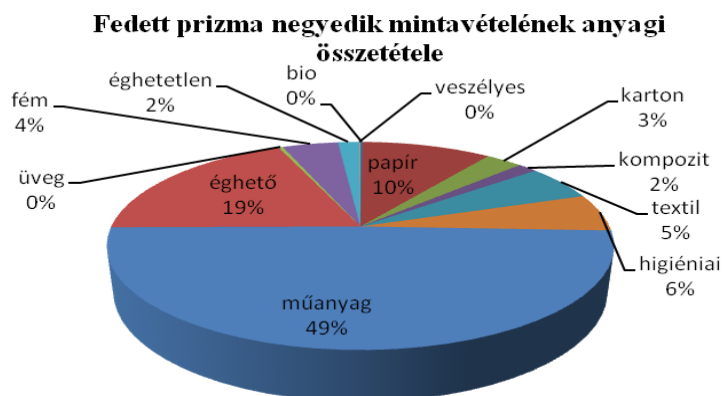


2. ábra. Biostabilizálás folyamatábrája és anyagmérlege

A másodtüzelőanyag frakció szemcseméreteloszlását az 1. táblázat, anyagi összetételét a 3. ábra mutatja be.

1. táblázat. Biostabilizált hulladék szemcseméreteloszlása.

szemcseméret osztály, x [mm]	0... 50	50...75	75...100	100...150	> 150
tömeghányad, Δm [%]	43	12	12	23	10



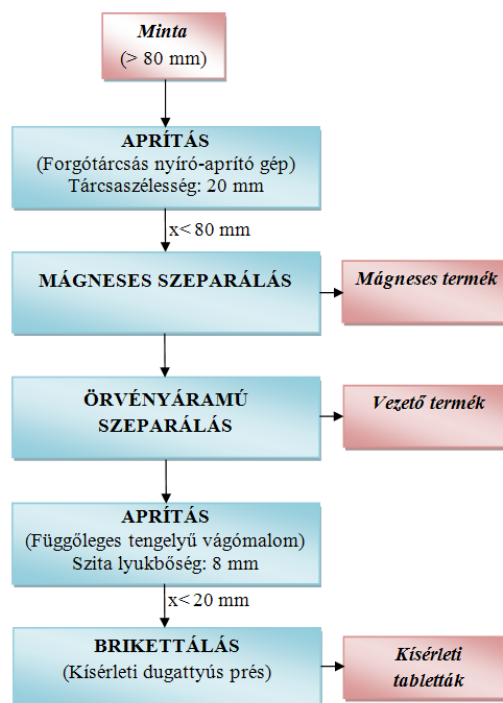
3. ábra. Prizma összesített anyagi összetétele az 50 mm feletti frakcióban az aerob biológiai kezelés végén (4. mintavétel)

Az adatokból megállapítható, hogy a fedett prizma esetén az aerob biológiai lebontás során 33 %-kal csökkent a hulladék tömege, a másod-tüzelőanyag frakció tömegkihozatala 21 % a feladott anyagmennyiségre vonatkoztatva. Ez a frakció egy prekursor terméknek tekinthető és tovább nemesíthető [11].

#### 4. NAGY FŰTŐÉRTÉKŰ FRAKCIÓ NEMESÍTÉSÉRE IRÁNYULÓ KÍSÉRLETEK

A nemesítés során a heterogén települési szilárd hulladékból, illetve azok kezelt változataiból első lépésben általában a nagyméretű darabok leválasztása történik kézi válogatással, a fémek leválasztása mágneses-, és örvényáramú szeparátorok segítségével valósul meg. Inert anyagok (kőzet, beton, téglák stb.) leválasztásának leggyakoribb eszköze a légáramkészülék. Az ilyen módon kezelt és tisztított hulladék adott esetben pelletálható is a jobb kezelhetőség, adagolhatóság és nagyobb fajlagos energiasűrűség elérése céljából [5, 9, 10]. Publikációnk keretén belül a fémek leválasztására, és a pelletálásra vonatkozó mérési eredményeinket közöljük.

A prizma dobszitával történő osztályozása során kaptunk egy finom ( $< 80$  mm) és egy durva frakciót ( $> 80$  mm). A szitálás után a durva termékből vettünk reprezentatív mintát és azon végeztünk a nemesítésre irányuló vizsgálatokat, a teljes vizsgálat sor folyamatábrája a 4. ábrán látható.



4. ábra. Nemesítési kísérlet folyamatábrája (mintakisebbitések nélkül)

##### 4.1 Aprítás forgótárcsás nyíró-aprító berendezéssel

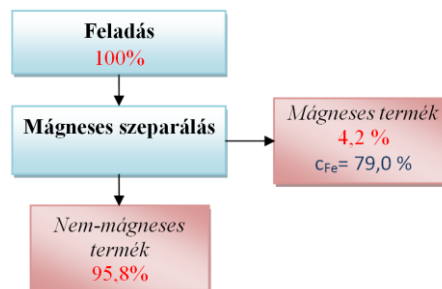
A nemesítési vizsgálatokat 180 kg, biológiai kezelés  $> 80$  mm-es frakciójával végeztük. Első lépésben forgótárcsás nyíró aprító berendezéssel aprítottuk a mintát. Az aprítás során, a nagyméretű éghetetlen anyagokat (pl. kő, téglák) a gép megóvása érdekében eltávolítottuk, de ezek súlya elhanyagolható volt. A töret szemcseméret-eloszlásának nevezetes értékek:  $x_{50}=32$  mm,  $x_{80}=58$  mm.

**2. táblázat.** Aprított minta szemcseméret eloszlása

x [mm]	$\Delta m_i$ [%]	F(x) [%]	f(x) [%/mm]
(80) >63	16,2304	100,0000	0,9547
63...40	19,8953	83,7696	0,8650
40...20	33,5078	63,8743	1,6754
20...12	13,6126	30,3665	1,7016
12...8	7,3298	16,7539	1,8325
8...4	5,7592	9,4241	1,4398
(0) <4	3,6649	3,6649	0,9162
$\Sigma$	100,0000		

#### 4.2 Mágneses fémek leválasztása

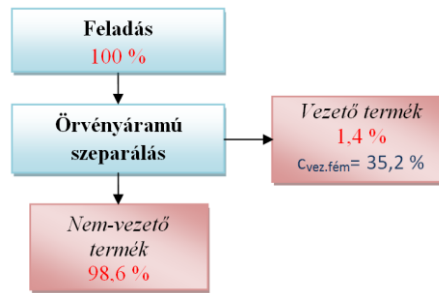
Az aprított anyagból a vas, valamint más ferromágneses és jól mágnesezhető fémek leválasztására az intézetünkben található felsőszalagos mágneses szeparátort (gyártó: TERRACENTER Kft.) alkalmaztuk. Első lépésben meghatároztuk az alsó-, illetve felső szalag közötti távolságot a berendezés megfelelő működése érdekében ( $h=120$  mm). Az alsó szalag sebességét 0,5 m/s-ra állítottuk. Az 5. ábra mutatja a mágneses fém leválasztás tömegkihozatalait, valamint a termék vastartalmát ( $c_{Fe}$ ).



**5. ábra.** Mágneses szétválasztás folyamatábrája és néhány szétválasztási paramétere

#### 4.3 Nem mágneses fémek leválasztása

Az intézeti örvényáramú szeparátor (gyártó: ERIEZ, szalagszélesség: 305 mm) segítségével a vezető és nemvezető szemcsék szétválasztására adódik lehetőség. A szeparátorra a már mágneses anyagot nem tartalmazó hulladékot adtuk fel. A heveder sebességét 0,48 m/s-ra, a rotor fordulatszámát 1900 1/perc-re állítottuk. A terelőlemez paramétereit is pontosan behatároltuk jobb szétválasztás érdekében. A szétválasztás eredménye (tömegkihozatok, és vezetőtartalom) a 6. ábrán láthatók.



**6. ábra.** Örvényárammal történő szétválasztás tömegkihozatalai

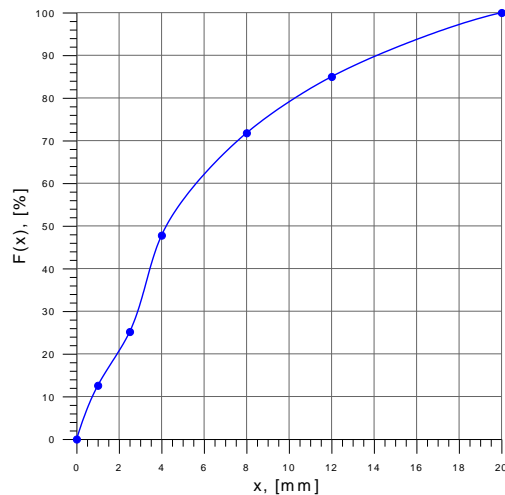
A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a leválasztott vezető termék tömegkihozatala kicsi, mindössze 1,4 %, vezető fémtartalma 35,2 %. A termékben nagyrészt alumínium volt, mint pl. sörös doboz vagy üdítős doboz, a nagy arányban jelenlévő szennyezőanyag pedig műanyag fólia, kazettaszalag és egyéb műanyag volt, melyek alakjukból adódóan a vezető termékekhez kapcsolódtak. Ipari berendezés tervezésekor az aprítási fok csökkentésével (nagyobb szemcseméretű feladott anyag), és a szeparátorra feladott szemcsehalmaz agitálásával, fellazításával jelentősen növelhető a vezető termék fémtartalma. Vizsgálatokat végeztünk minta anyaggal (az eredeti hulladékkal azonos szemcseméretű, azzal megegyező arányban tartalmaz műanyagot, fát, fém italos dobozt és papírt, kartont), mely során megfelelő szeparátor beállítás esetén, és szemcséket egymástól a feladás során lehetőség szerint elkülönítve, a vezető termék fémtartalma megközelítette a 100 %-ot.

#### 4.4 Brikettálási kísérletek

A brikettálási kísérleteket az Intézetben található kísérleti dugattyús préssel végeztük. Az anyagot – az előzőekben bemutatott előkészítési lépéseket követően- 8 mm-es szitabetéttel ellátott függőleges tengelyű vágómalommal aprítottuk a brikettálásra megfelelő szemcseméretre. Meghatároztuk az így kapott anyag szemcseméret-eloszlását (3. táblázat és 7. ábra) és nedvességtartalmát (10,3 %).

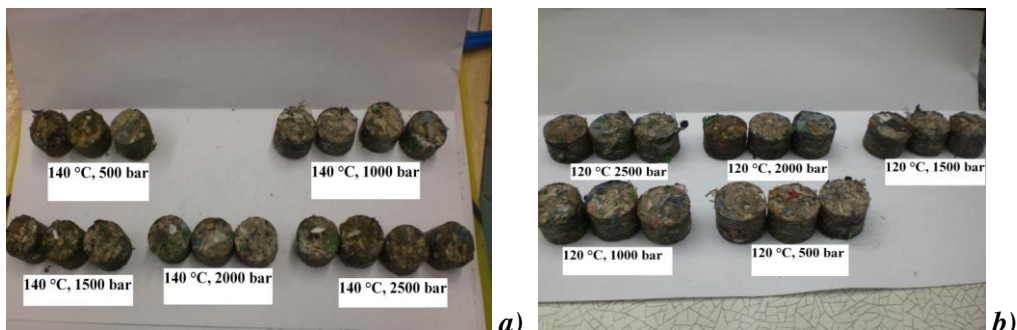
**3. táblázat.** Kísérleti brikettálás alapanyagának szemcseméret eloszlása

x [mm]	$\Delta m_i$ [%]	F(x) [%]	f(x) [%/mm]
(20) >12	15,0192	100,0000	1,8774
12...8	13,1845	84,9808	3,2961
8...4	24,0093	71,7963	6,0023
4...2,5	22,6299	47,7870	15,0866
2,5...1	12,5595	25,1571	8,373
(0) <1	12,5976	12,5976	12,5976
$\Sigma$	100,0000		



7. ábra. Brikettálásra kerülő anyag szemcseméret eloszlása

A brikettálást különböző hőmérsékleteken valamint nyomásokon végeztük, a kísérleti tablettákat sűrűségük és húzószilárdságuk alapján minősítettük. Az alkalmazott hőmérsékletek a 100 °C, 120 °C és a 140 °C voltak, a nyomások pedig 50 MPa, 100 MPa, 150 MPa, 200 MPa és 250 MPa. Körülbelül 10 g hulladékot mértünk ki minden egyes brikett elkészítéséhez, amelyeket az alkalmazott hőmérsékletű szárítószekrényben előmelegítettünk 20 percig, majd a préshüvelyben is melegítettük 5 percig, és ezek után történt meg a darabosítás. A préselő dugattyú sebességét 20 mm/s-ra állítottuk (8. ábra).



8. ábra. Kezelt TSZH-ból készült tabletták (a: 140 C°, b: 120 C°)

A tabletták sűrűségét a geometriai méretei és a tömege alapján határoztuk meg. Mivel minden nyomáson 3 db tablettát készítettünk, ezeknek a sűrűségeit átlagolva adtuk meg a sűrűségértékeket a különböző paraméterek mellett (4. táblázat).

4. táblázat. A brikettek átlagsűrűségei különböző paraméterek mellett

Nyomás/ Hőmérséklet	50 MPa	100 MPa	150 MPa	200 MPa	250 MPa
140 °C	964 kg/m <sup>3</sup>	1037 kg/m <sup>3</sup>	996 kg/m <sup>3</sup>	1146 kg/m <sup>3</sup>	1031 kg/m <sup>3</sup>
120 °C	942 kg/m <sup>3</sup>	955 kg/m <sup>3</sup>	1036 kg/m <sup>3</sup>	1060 kg/m <sup>3</sup>	1065 kg/m <sup>3</sup>
100 °C	Nem állt össze a hulladék tablettává				

A húzószilárdság meghatározásához a különböző paraméterrel rendelkező briketteket egytengelyű nyomó kísérleteknek vetettük alá. A Mechanikai Technológiai Tanszéken található hidraulikus törőgép (gyártó: MTS Systems Corporation) segítségével vizsgáltuk a tablettákat. A berendezés az összenyomó erőt az elmozdulás függvényében rögzíti a géphez kötött számítógép segítségével. A méréseknél a befogószerkezetben sima nyomólapokat alkalmaztunk. A vizsgálat során a munkahenger elmozdulása 5 mm volt, a mozgási sebessége 30 mm/min, a méréstartomány pedig 25 kN. A tablettákat két síklap közé élükre állítva történt a szilárdság meghatározása (9. ábra). A húzó szilárdság a következő képlet szerint számítható:

$$\sigma_h = 2 F_{max} / (\pi h D),$$

ahol:

- $\sigma_h$ : a tabletta húzószilárdsága,  
 $F_{max}$ : a maximálisan erő a törés során.



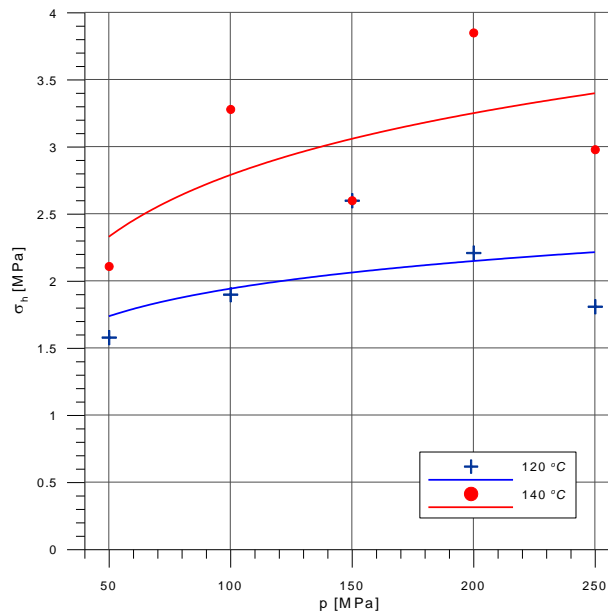
**9. ábra.** Tabletták közvetett húzószilárdságának meghatározása

A meghatározott erőkből a húzószilárdság számítható, az eredményeket az 5. táblázat mutatja be.

**5. táblázat. A brikettek húzószilárdsága**

Nyomás / Hőmérséklet	50 MPa	100 MPa	150 MPa	200 MPa	250 MPa
120 °C	1,58 MPa	1,90 MPa	2,60 MPa	2,21 MPa	1,81 MPa
140 °C	2,11 MPa	3,28 MPa	2,60 MPa	3,85 MPa	2,98 MPa





**10. ábra.** A különböző hőmérsékleten készített brikettek húzószilárdsága a nyomás függvényében

Megfigyelhető, hogy 100 C°-on nem áll össze megfelelő szilárdságú tablettá. Adott hőmérsékleten, az alkalmazott préseelési nyomás növelésével nagyobb szilárdságok érhetőek el, mindazonáltal a kapott értékek szórása jelentős. A minta anyagi összetétel elemzéséből látható, hogy közel 50 %-ban tartalmaz műanyagot. Ilyen szemcseméretű minta és dugattyú átmérő esetén (az ipari alkalmazás során sincsen ez másként) nem biztosítható, hogy minden tablettá összetétele azonos legyen, különös tekintettel arra, hogy a műanyag frakció is több eltérő tulajdonságú (pl.: sűrűség, lágyuláspont) műanyagból áll. Bizonyos műanyagok 140 °C-on lágyulhatnak (pl.: PP, PS), ez által jó kötőanyaggá válva növelik a tablettá sűrűségét ill. szilárdságát. Az ilyen brikettek minőségével szemben nem támasztanak nagy elvárásokat (cementgyár, pirolízis üzem, stb.)

## ÖSSZEFOGLALÁS

Az Intézetünkben elvégzett kísérletek során megállapítható, hogy a TSHZ-ből mechanikai-biológiai kezeléssel előállított nagy fűtőértékű frakcióból leválasztott mágneses termék nagy fémtartalmú ( $C_{Fe} = 79,0 \%$ ). A nemvezető fémek örvényáramú szeparátorral történő leválasztása során a berendezés sok – a fémekhez kapcsolódott- zavaróanyagot is leválasztott. Tisztább termék elérése érdekében a feladás előtt az anyag fellazítása szükséges. Brikettálásra a továbbaprított fémmentesített minta került. A vizsgálatok során a brikettálást a kísérleti tabletták sűrűségével és törési szilárdságával minősítettük. Az értékek nagy szórást mutattak az alapanyag heterogén összetétele miatt, azonban kijelenthető, hogy 120 C°-on és a fölötti brikettálási hőmérsékleten megfelelő sűrűségű és szilárdságú brikettek állíthatók elő. A kísérletek alapján a begyűjtött TSHZ mintegy 20 %-a kerülhet brikettálásra, melynek várható fűtőértéke 14,3 GJ/t. A brikettálással történő nemesítésre kerülő frakció mennyisége növelhető, amennyiben az MBH technológiában az osztályozás elválasztási szemcseméretét csökkentjük.

## **Köszönetnyilvánítás**

A publikáció a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

## **FELHASZNÁLT IRODALOM**

- [1] „Az Észak-magyarország, különösen Miskolc Térségében keletkező alternatív tüzelőanyagokként felhasználható hulladékanyagok, ill. ipari melléktermékek mennyiségének feltárása fizikai és kémiai, valamint tüzeléstechnikai jellemzőinek meghatározása.” című GOP-1.1.2-08/1-2008-0002 azonosítós számú projekt (25. Környezetvédelmi technológiák, újrahasznosítás részprojekt) zárójelentése, projektvezető: Prof. Dr. habil Csőke Barnabás, Miskolci Egyetem
- [2] Bezeckzy-Bagi Beáta: A Győr-Sashegyi Hulladékkezelő Központ. BIOhulladék 2010. október, p2-7
- [3] Bezeckzy-Bagi Beáta: Példaértékű hulladékkezelés és hasznosítás a Zöld Híd Régió Kft. telepein. BIOhulladék 2011. január, p2-8
- [4] Cseppely Vivien: Mechanikai biológiai stabilizálásból származó másod-tüzelőanyag frakció nemesítése, szakdolgozat, ME-NyKE, 2010.
- [5] Gombkötő Imre: Szétválasztási technológiák a biomassza feldolgozásban: Osztályozás; Biohulladék, 2009, 4. évfolyam 3. szám, p 25-31
- [6] Gulyás Ágnes Viktória: Mechanikai biológiai stabilizálás alkalmazása az Avas városrész vegyes szilárd települési hulladékára, szakdolgozat, ME-NyKE, 2010.
- [7] Nagy S., Mádainé Üveges V., Ladányi R., Gulyás Á.: MBH technológiával kapcsolatos vizsgálatok az AVE Miskolc Kft. Hejőpapi I. telepén / Experiments with MBT technology at the Hejőpapi I. Plant of AVE Miskolc Ltd., BIOhulladék/BIOwaste 2/2011, p 25-30
- [8] Nagy, S., Ferencz, K.: Tüzelőanyag előállítása a polgárdi pelletáló üzemben/Fuel production in the pellet plant located in Polgárdi, BIOhulladék/BIOwaste 2-3/2010, p18-22
- [9] Prof. Csőke Barnabás, Dr. Alexa László, Olessák Dénes, Ferenczy Károly, Dr. Bokányi Ljudmilla: Mechanikai biológiai hulladékkezelés kézikönyve, Profikomp Kft.
- [10] Csőke, B.: A hulladékfeldolgozás szeparátorai. Első rész: Száraz szeparátorok. Hulladéksors. 2009.X.évf. 5.szám., 20-23
- [11] Prof. Dr. habil Csőke Barnabás, Dr. Bokányi Ljudmilla, Nagy Sándor: Hulladékgazdálkodás - 7.1. Szilárd települési hulladékok előkészítése és hasznosítása, digitális tananyag, Hulladékonline szakmai oldal, 2011., web: <http://hulladekonline.hu/files/177/>