



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

**BIOMASSZA ÉS TELEPÜLÉSI SZILÁRD HULLADÉKOK PIROLÍZIS
KOKSZÁNAK KEVERÉSÉVEL ELŐÁLLÍTOTT BRIKETT VIZSGÁLATA
ENERGIA KINYERÉSI CÉLBŐL**

**Investigation of Briquettes Made from Mixing of Biomass and Pyrolysis Char of
Municipal Solid Waste in Order to Energy Recovery**

NAGY Péter Tamás – GYÖNGYÖSI Balázs – KECSKÉS Katalin – ROZINAI Róbert –
KERESZTESI Gábor

Összefoglaló

Jelenleg megbecsülhetetlen a globálisan, éves szinten keletkező települési és biomassza hulladékok mennyisége. Mindkét hulladékfajtára jellemző, hogy a keletkezés helyén, gyakorta kontrolálatlanul elégetik, úgy, hogy a keletkezett energiát nem hasznosítják.

Az utóbbi egy évtizedben ennek ellenére határozottan megnövekedett az igény a hulladékként keletkező biomassza illetve települési szilárd hulladékok (főképp műanyag alapú) hasznosíthatóságára.

Vizsgálatainkban biomassza alapanyagként fűrészport, míg égéshőt növelő adalékként pirolízis kokszot használtunk. Eljárást dolgoztunk ki biomasszával kevert pirolízis koksz alapú fűtőtégla (brikett) előállítására.

Laboratóriumi vizsgálatokkal meghatároztuk a kapott biomassza-koksz fűtőtégla legfontosabb tüzeléstechnikai és környezetvédelmi szempontból releváns mutatóit. A kapott adatok alapján megállapítható, hogy az általunk kialakított biomassza-koksz alapú fűtőtégla a legegyszerűbb felépítésű vegyes tüzelésű kazánokban is jól hasznosíthatók és kis maradék hamutartalom mellett eltüzelhetők. Az általunk kialakított biomassza-koksz alapú fűtőtégla toxikus nehézfém tartalma nem

haladja meg a 100mg/kg-os értéket. A fűtőtéglaiban mért alacsony kén tartalom környezetvédelmi megfontolásból kedvező, hiszen a fűtőtégla elégetésével kis mennyiségű SO₂-emisszióval kell számolni. Az általunk biomassza és települési hulladék pirolízis kokszának keverésével készített fűtőtégla a szárított fa fűtőértékével mintegy azonos fűtőértéket képviselnek, azaz energetikai célú hasznosításuk a jövőben indokolt lehet, hiszen ez által az energiakinyerés mellett a keletkezett hulladékok mennyisége is csökkenthető.

Kulcsszavak: hulladékgazdálkodás, pirolízis, települési hulladék, brikett, energia kinyerés

Jel kód: Q42

Abstract

Nowadays the global amount of municipal solid waste and biomass products per year cannot be estimated. Burning them without control or utilizing the recovered energy is typical of both wastes. However, there has been an increasing demand for the utilization of biomass waste and municipal solid waste (mainly based on plastic wastes) in the past decades.

In our research, sawdust was used as biomass material while pyrolysis char was applied as additional material to rise the heating value of the product. We created briquettes by mixing biomass and pyrolysis char.

The most important heating and environmental parameters of briquettes were determined in laboratory tests.

It was found that our biomass-pyrolysis char briquettes can be utilized and incinerated in simple solid fuel boilers with a small amount of ash created.

The toxic heavy metal content of our biomass-pyrolysis char briquettes was

lower than 100 mgkg⁻¹. The low amount of sulphur content of briquettes is favourable from environmental aspects due to the low volume of SO₂ created during from burning the briquettes.

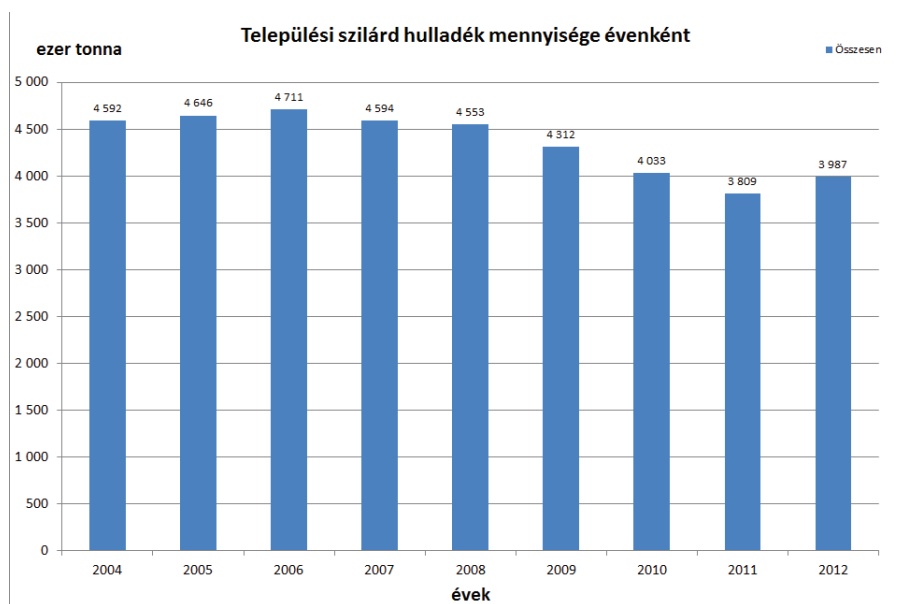
The heating value of our briquettes is equal to the heating value of dried wood. Consequently biomass-pyrolysis char briquettes can be used for energy recovery in the future as the amount of wastes can also be decreased by this method.

Keywords: waste management, pyrolysis, municipal solid waste, briquette, energy recovery

Bevezetés

Jelenleg megbecsülhetetlen a világon, éves szinten keletkező települési és biomassza hulladékok mennyisége. Ez a megállapítás hazánkra is érvényes.

A következő ábra Magyarországon évente keletkezett települési (kommunális) szilárd hulladék mennyiségét mutatja a 2004-2012. években (bár az adatok inkább csak tájékoztató jellegűek).



1. ábra: Települési szilárd hulladék mennyisége Magyarországon a 2004-2012 közötti időszakban (forrás: KSH, 2013)

Sajnos a keletkezett mennyiségek döntő többségével semmiféle kezelés nem történik. Mindkét hulladékfajtára jellemző, hogy a keletkezés helyén, gyakorta kontrolálatlanul elégetik, úgy, hogy a keletkezett energiát nem hasznosítják. Vizsgálatainknak, melyeket a GOP-1.1.1-11-2012-0010 számú „Települési szilárd hulladék nem égetéssel történő hasznosítása” című pályázat finanszírozott egyik célja volt, hogy olyan lehetőséget tárjon fel,

mellyel a települési szilárd hulladékok pirolitikus kezeléséből származó anyagok hasznosíthatóságát vizsgálja.

Vizsgálataink és kutatási területünk összhangban van a Nemzeti Környezetvédelmi Programmal (OGY határozat 83/1997. (IX.26.)), mely a hulladékgazdálkodási célok eléréséhez szükséges teendők kapcsán a hasznosítás terén preferálja, hogy:

- biztosítani kell, hogy a feldolgozott anyag, létrehozott termék minél tovább maradjon a körforgásban, minél teljesebben hasznosuljon a funkciójában,
- szorgalmazni kell a korszerű hasznosító technológiák kifejlesztését és alkalmazását,
- ösztönözni szükséges a hagyományos technológiákban is a hulladék anyagok fokozottabb felhasználását.

Sajnos a hulladékként keletkező anyagok (biomassza, települési hulladékok, ipari hulladékok) további, például energetikai célú felhasználása még mindig gyermekcipőben jár, annak ellenére, hogy több tanulmány kifejezetten preferálja az ilyen irányú előrelépést (POWELL, 1996; PORTEOUS, 2001; YAMAN, 2004; HELLWEG et al., 2005; BUAH et al., 2007).

Továbbá megfigyelhető, hogy az utóbbi években a települési hulladékokban meghatározott műanyag illetve műanyag eredetű, vagy műanyagtartalmú hulladékok mennyisége rohamosan növekszik. Ez a frakció energetikai és hulladékkezelési szempontból különösen értékes és emiatt feldolgozása mindenképp indokolt lenne (VERMES, 2005). A települési szilárd hulladékok átlagos összetételét mutatja be a következő táblázat.

1. táblázat: A települési szilárd hulladékok átlagos összetétele

Hulladékfajta	Mennyiség (tömeg %)
Papír	16,5%
Műanyag	4,5%
Textil	5,5%
Üveg	4%
Fém	4,5%
Szerves anyag	28,5%
Egyéb szervesetlen anyag	36,5%

Forrás: Vermes, 2005

Természetesen a fejlesztéseket visszaveti az energetikai célú folyamatok során képződő káros anyagok kezelésének nehézségei illetve a hulladékok szelektív gyűjtésének és szállításának költségei (WILLIAMS, 2005; NAGANO et al., 2000).

Az utóbbi bő egy évtizedben ennek ellenére határozottan megnövekedett az igény a hulladékként keletkező biomassza illetve települési szilárd hulladékok (főképp műanyag alapú) hasznosíthatóságára (BRIDGWATER et al., 1999; SØRUM et al., 2001; HEIKKINEN et al. 2004).

Ennek következményeként az utóbbi évtizedekben egyre gyakrabban találkozhatunk olyan fűtőtechnikai megoldással, hogy alapanyagként a nagy mennyiségben keletkező papír alapú hulladékot biomassza eredetű hulladékkal (fűrészpor, darált nyesedék, szármaradvány stb.) vagy az égéshőt emelő komponenssel (szénpor, lignitörlemény stb.) keverik, préselik (YAMAN, 2004) és alternatív tüzelőanyagként (fűtőtégla) értékesítik esetleg szociális alapú juttatásként biztosítják a rászorulóknak számára. Ezen elképzelés mentén a települési hulladékokból pirolízis terméként képződő pirolízis kokszt (elszenesedett, magas széntartalmú szilárd maradék) hasznosíthatóságát vizsgáltuk, amit az is indokol, hogy ennek a komponensnek a fűtőértéke nagy hőbomlása pedig a biomassza eredetű anyagokéval azonos

hőmérséklet tartományban van (COZZANI et al., 1995; SØRUM et al., 2001; HEIKKINEN et al. 2004).

Anyag és módszer

Kísérleteinket a Károly Róbert Főiskola Tass pusztai Oktató-Kutató laboratóriumában hajtottuk végre az ideiglenesen a telephelyre telepített kísérleti pirolizáló berendezésből kikerült pirolízis kokszt és darált nyárfa fűrészpor alkalmazásával.

Biomassza alapanyagként fűrészport, míg égéshőt növelő adalékként pirolízis kokszt használtunk. Eljárást dolgoztunk ki kb. 1 kg tömegű biomasszával kevert pirolízis kokszt alapú brikett előállítására.

A biomassza és pirolízis kokszt keverékből készített brikett-tégla készítésének főbb lépései:

- A pirolitikus eljárásban képződött kokszt szemcseméret szerint frakcionáljuk, és finom frakciót (<2 mm) használjuk a továbbiakban a brikett elkészítéséhez.
- Adott mennyiségű, esetünkben 600g fűrészporhoz keverő edényben hozzáadjuk a kokszt, annak a függvényében, hogy hány % koksztartalmú brikettet szeretnénk elkészíteni.
- A fűrészpor és kokszt keverékhez hozzáadunk egy liter vizet, majd keverjük, törekedve a minél jobb hatásfokú keveredésre. A keverés időtartama nagyságrendileg 5 perc.
- A bekevert masszát kézi présbe helyezük, majd egyenletes sebesség mellett összepréseltük az alapanyagokat.
- A préselés során eltávozó vizet gyűjtöttük, majd újabb préseléshez felhasználtuk így csökkentve a brikett készítés vízigényét.
- A kipréselt vízmennyiség a tapasztalatok szerint nagyságrendileg 550 ml. A kipréselt víz méréseink alapján deciliterenként 1 gramm koksztot mos ki a keverékből, ami elenyészőnek tekinthető.
- Préselés után a masszát 20 percig pihentetjük, majd a nedves brikettet szárítószekrénybe helyezük, és alacsony hőfokon (50°C) szárítjuk 12 órán keresztül.

Annak függvényében, hogy milyen koksztartalmú brikettet szeretnénk készíteni, a felvett víz mennyisége is változó, változtatható.



1. fotó: Különböző arányokban elkészített biomassza-kokszt fűtőtéglák

Laboratóriumi vizsgálatokkal meghatároztuk a kapott biomassza-koksztűtőteglák legfontosabb tüzeléstechnikai és környezetvédelmi szempontból releváns mutatóit.

Vizsgáltuk a téglák nedvesség-, szárazanyag- és hamutartalmát, a nehézfém-tartalmukat, különös tekintettel a toxikus nehézfémekre valamint a szén-, nitrogén és kén-tartalmukat, égéshőjüket.

A téglák nedvesség-, szárazanyag- és hamutartalmát hevítési vizsgálatokkal (izzítási próba) és a visszamaradt tömegek meghatározásával végeztük el. A fém-tartalom vizsgálatokat lángatomabszorpciós módszerrel (FAAS) határoztuk meg, míg a szén-, nitrogén és kén-tartalmukat száraz égetéses módszerrel alapuló elemanalízissel mértük meg. A fűtőérték meghatározását bomba-kaloriméterrel határoztuk meg.

Minta előkészítés:

Hevítési vizsgálatok: A fűtőteglából megközelítőleg 0,5-0,5 g-ot analitikai mérlegen kimértünk, majd izzító tégelybe helyeztük és 100°C-onként 500°C-ig emelve a hőmérsékletet elektromos fűtésű kemencében hő programnak vetettük alá. A felfűtés sebessége 2 °C/perc volt, míg a hűtési periódus 60 perc.

Fémvizsgálatok: A fűtőteglából megközelítőleg 0,5-0,5 g-ot analitikai mérlegen kimértünk. A mintákat szárítószekrényben 105 °C-on szárítottuk. A tömegállandóságig kiszárított mintákat izzító kemencében 500 °C-on izzítottuk. A kiizzított hamut 10-10 ml cHNO₃-ban oldottuk, majd normál szűrőpapíron szűrtük és térfogatukat desztillált vízzel mérőlombikban 25 ml-re egészítettük ki. Az így előkészített minták fém-tartalmait mértük AAS készüléken.

C-,N-S-elemzés: A fűtőteglából 5-5 g mennyiséget vettünk ki majd homogenizálás után közvetlenül kimértük belőlük mintegy 250 mg-ot nagy pontosságú analitikai mérlegen a szén-, nitrogén- és kén-tartalom meghatározására. A meghatározást közvetlenül szilárd mintabemérésből égetéses elven működő Vario Max Cube CNS analizátorral végeztük el.

Fűtőérték meghatározás: A fűtőteglából kivett minták fűtőértékét CAL2K E2K típusú száraz köpenyes izotermikus bomba kaloriméterrel határoztuk meg, mely megfelel az érvényben lévő nemzetközi szabványelírásoknak (ASTM D5865-04).

A kaloriméter a mért értéket MJ/Kg értékben határozza meg. A mérések értékeit három párhuzamos eredmény átlagolásával adtuk meg.

Eredmények és értékelésük

Kísérleteinkben a biomassza-koksztű arányt fokozatosan változtattuk 5-50% koksztartalom között. Az egyes termékek állaga, tartóssága és kezelhetősége függött a két alapanyag egymáshoz viszonyított arányától. Jelen tanulmány keretei nem teszik lehetővé, hogy a vizsgált összes biomassza-koksztű aránynál kapott vizsgálati értékeket feltüntessük, így csak az általunk - a kezelhetőségi és tartóssági szempontok alapján perspektivikusnak ítélt 20% pirolízis koksztű tartalmazó minta adatait ismertetjük a továbbiakban. Eredményeinket három párhuzamos vizsgálat átlagaként adjuk meg.

Izzítási vizsgálatok

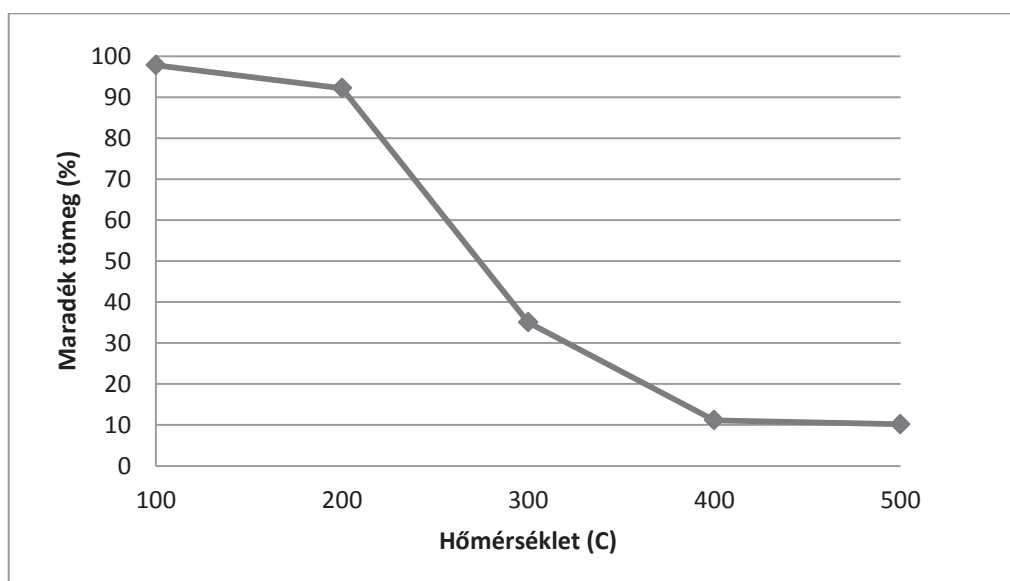
Az izzítási vizsgálat eredménye szerint a kézi préselés nedvességeltávolító hatása majdnem tökéletes volt, hiszen 100 °C-ra történő hevítés esetén a téglában maradt nedvesség csak mintegy 2,2% volt. (2. táblázat).

2. táblázat: Biomassza-pirolízis kocsz brikett tömegvesztése a hőmérséklet függvényében

Hőmérséklet (°C)	100	200	300	400	500
Maradék tömeg (%)	97,82	92,19	35,04	11,15	10,17

Forrás: saját szerkesztés

Mérési eredményeink rámutatnak, hogy a brikett tömegvesztése 200 °C felett válik igazán jelentőssé és a tömegvesztés döntően a 200-400 °C hőmérséklettartományban történik (2. ábra). 400 °C felett érdemi tömegvesztés nem jelentkezett. Adataink összhangban vannak korábbi vizsgálati eredményekkel, melyek termo-gravimetrikus (DTG) vizsgálatok alapján megállapították, hogy a biomassza és műanyag alapú anyagok égetése során elsősorban a 250-400 °C közötti hőmérséklettartományban lépnek fel tömegvesztési folyamatok (GAUR and REED, 1998; SØRUM et al., 2001; HEIKKINEN et al. 2004). A DTG görbék csúcserőteke 370-380 °C körülnek adódott (HEIKKINEN et al. 2004).



Forrás: saját szerkesztés

2. ábra: Biomassza-pirolízis kocsz brikett tömegvesztés görbéje

A kapott adatok alapján megállapítható, hogy az általunk kialakított biomassza-kocsz alapú fűtőtéglák a legegyszerűbb felépítésű vegyes tüzelésű kazánokban is jól hasznosíthatók és kis maradék hamutartalom mellett eltűzölhetők.

Fémvizsgálatok

Fémvizsgálatokkal kimutattuk, hogy a toxikus nehézfémek mennyisége nem haladta meg a 100mg/kg-os értéket. A kadmium mennyisége a kimutatási határérték (0,5 mg/kg) alatt maradt, míg a legjelentősebb koncentrációban jelen levő ólom mennyisége átlagban 87,7 mg/kg volt. A króm mennyisége a 10 mg/kg-os határt sem érte el. A vizsgált fémek közül a cink mennyisége volt a legnagyobb, közel 200 mg/kg, köszönhetően a települési hulladékok jelentős cinktartalmú adalékainak.

3. táblázat: Biomassza-pirolízis koks brikett nehézfém-tartalma

Mintakód	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cr (mg/kg)
11	204	57	14,6	<0,5	87,7	9,3

Forrás: saját szerkesztés

Szén-, nitrogén- és kéntartalom vizsgálatok

A kapott mérési eredményekből megállapítható, hogy a brikett minta közel 45% szenet és emellett csekély nitrogént és kén-t tartalmazott (4. táblázat). Az alacsony kéntartalom környezetvédelmi megfontolásból kedvező, hiszen a fűtőtéglák elégetésével kis mennyiségű SO₂-emisszióval kell számolni.

4. táblázat: Biomassza-pirolízis koks brikett C-, N- és S-tartalma

Mintakód	C-tartalom (%)	N-tartalom (%)	S-tartalom (%)
11	44,456	0,191	0,185

Forrás: saját szerkesztés

Fűtőérték vizsgálatok

A kalorimetrikus mérések eredményeként meghatároztuk a pirolizált települési hulladékok koks-maradékának biomasszával kevert fűtőtéglájának fűtőértékét. Három mérés átlagaként 14,6661 MJ/kg értéket kaptunk. Tájékoztatásul a következő táblázatban feltüntettünk néhány fontosabb, a gyakorlati életben is elterjed szilárd tüzelőanyagként használt anyag fűtőértékét (5. táblázat).

5. táblázat: Fontosabb szilárd tüzelőanyagok égéshő értéke

Fűtőanyag	Fűtőérték (MJ/kg)
Frissen vágott fa	6-7
Szárított fa	14,4-15,8
Papír	≈15
Szalma	≈17
Fapellet	≈18
Tőzeg	≈15
Barnaszén	≈8
Barnaszén brikett	≈20
Kőszén	27–32,7
Brikett (saját)	14,7

Forrás: saját szerkesztés

Az általunk biomassza és települési hulladék pirolízis koksának keverésével készített fűtőtéglák a szárított fa fűtőértékével mintegy azonos fűtőértéket képviselnek, azaz energetikai célú hasznosításuk a jövőben indokolt lehet, hiszen ez által az energiakinyerés mellett a keletkezett hulladékok mennyisége is csökkenthető.

Következtetések

A kapott eredmények értékelése alapján megállapítható, hogy az általunk kialakított biomassza-koks alapú fűtőtéglák a legegyszerűbb felépítésű vegyes tüzelésű kazánokban is jól hasznosíthatók és kis maradék hamutartalom mellett eltüzelhetők. A fűtőtéglák állaga,

eltarthatósága, porladási tulajdonságai révén energia visszanyerésre alkalmasak és további előnyük, hogy segítségükkel egyéb területeken (fa feldolgozás, kommunális hulladékgyűjtés) keletkezett hulladékok is újrahasznosításra kerülnek, ezáltal alkalmazásuk hulladékgazdálkodási szempontból is jelentős előnyökkel kecsegtet. Vizsgálataink ebből a szempontból jól illeszkednek a közösségi hulladékgazdálkodást szabályozó, az Európai Parlament és a Tanács által elfogadott úgynevezett Hulladék Keretirányelvhez (EU Hulladék Keretirányelv 2008).

Az általunk kialakított biomassza-kokszt alapú fűtőtéglák toxikus nehézfém-tartalma nem haladja meg a 100mg/kg-os értéket, ami környezetterhelési szempontból fontos.

A fűtőtéglákban mért alacsony kén-tartalom környezetvédelmi megfontolásból kedvező, hiszen a fűtőtéglák elégetésével kis mennyiségű SO₂-emisszióval kell számolni.

Az általunk biomassza és települési hulladék pirolízis koksztának keverésével készített fűtőtéglák a szárított fa fűtőértékével mintegy azonos fűtőértéket képviselnek, azaz energetikai célú hasznosításuk a jövőben indokolt lehet, hiszen ez által az energiakinyerés mellett a keletkezett hulladékok mennyisége is csökkenthető.

Mivel a vizsgált biomassza-pirolízis kokszt fűtőtéglák kocszt alapanyaga kísérleti pirolizáló berendezésből származott így ennek a fejlesztésnek társadalmi, ökonómiai vizsgálata további jelentős kutatómunkát igényel.

Köszönetnyilvánítás

A cikk megjelenését támogatta a Zöld Energia Felsőoktatási Együttműködés” TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV - 2012-0012 című pályázat."

A kutatásokat támogatta a GOP-1.1.1-11-2012-0010 számú „Települési szilárd hulladék nem égetéssel történő hasznosítása” című pályázat.

Hivatkozott források:

83/1997. (IX.26.) OGY határozat a Nemzeti Környezetvédelmi Programról

EU Hulladék Keretirányelv 2008. elérhető:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:HU:PDF>,

Bridgwater, A.V., D. Meier, D. Radlein (1999): An overview of fast pyrolysis of biomass.

Organic Geochemistry, 30 (1999), p. 1479–1493.

Buah, W.K., A.M. Cunliffe, P.T. Williams (2007): Characterization of Products from the Pyrolysis of Municipal Solid Waste. *Process Safety and Environmental Protection*

Vol. 85, Issue 5, p. 450–457.

Gaur, S., T.B. Reed (1998): *Thermal Data for Natural and Synthetic Fuels*, Dekker, New York, 1998, p. 56–99.

Cozzani, V, L. Petarca and L. Tognotti (1995): Devolatilization and pyrolysis of refuse derived fuels: characterization and kinetic modelling by a thermogravimetric and calorimetric approach. *Fuel* Vol 74. No. 6. p. 903-912.

Heikkinen, J.M., J.C Hordijk, W de Jong, H Spliethoff (2004): Thermogravimetry as a tool to classify waste components to be used for energy generation. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* Vol. 71, Issue 2, p. 883–900.

Hellweg, S., G. Doka, G. Finnveden, K. Hungerbühler (2005): Assessing the eco-efficiency of end-of-pipe technologies with the environmental cost efficiency indicator—a case study of solid waste management. *Journal of Industrial Ecology*, 9 (4) p. 189–203

- KSH 2013. Központi Statisztikai Hivatal: Az egyes hulladékfajták mennyisége a kezelés módja szerint. http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ur006.html
- Nagano, S., H. Tamon, T. Adzumi, K. Nakagawa, T. Suzuki (2000): Activated carbon from municipal waste. *Carbon*, 38. (6) p. 915
- Powell, J.C. (1996): The evaluation of waste management options. *Waste Management and Research*, 14 (6) p. 515–526
- Porteous, A. (2001): Energy from waste incineration – a state of the art emissions review with emphasis on public acceptability. *Applied Energy*, 70. p. 157–167
- Sørum, L., M.G Grønli, J.E Hustad (2001): Pyrolysis characteristics and kinetics of municipal solid wastes. *Fuel*, Vol. 80, Issue 9, p. 1217–1227.
- Vermes L. (2005): *Hulladékgazdálkodás, hulladékhasznosítás*, Mezőgazda Kiadó Kft., Budapest
- Williams, P. T. (2005) *Waste Incineration*, in *Waste Treatment and Disposal*, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. doi: 10.1002/0470012668.ch5
- Yaman, S. (2004): Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemical feedstocks. *Energy Conversion and Management*, 45 p. 651–671

Szerzők

NAGY PÉTER Tamás PhD

egyetemi docens

Károly Róbert Főiskola, 3200 Gyöngyös, Mátrai út 36.

nagypt@karolyrobert.hu

GYÖNGYÖSI Balázs

vegyész

Károly Róbert Főiskola, 3200 Gyöngyös, Mátrai út 36.

bgyongyosi@karolyrobert.hu

KECSKÉS Katalin

hidrobiológus

Károly Róbert Főiskola, 3200 Gyöngyös, Mátrai út 36.

kkecskes@karolyrobert.hu

ROZINAI Róbert

vegyész

Károly Róbert Főiskola, 3200 Gyöngyös, Mátrai út 36.

rrozintai@karolyrobert.hu

KERESZTESI Gábor

technikus

Károly Róbert Főiskola, 3200 Gyöngyös, Mátrai út 36.

keresztesig@karolyrobert.hu

