

SZILÁRD TELEPÜLÉSI HULLADÉK KOMPLEX KEZELÉSI ÉS HASZNOSÍTÁSI RENDSZERÉNEK KIFEJLESZTÉSE VASKÚTON

*Prof. Dr. Csőke Barnabás¹ - Agatics Roland² - Dr. Alexa László³ – Dr. Bokányi Ljudmilla^{4,1}
Nagy Sándor^{5,1} - Varga Terézia Erzsébet^{6,1}*

¹egyetemi tanár, ²ügyvezető igazgató, ³vezérigazgató, ⁴egyetemi docens, ⁵tanszéki mérnök,
⁶tudományos segédmunkatárs

¹Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet (NYKE)

²Felső-Bácskai Hulladékgazdálkodási Kft., ³ProfiKomp Környezettechnika Zrt.

1. BEVEZETÉS

Jelen tanulmányban bemutatjuk a települési szilárd hulladék korszerű kezelési rendszerének fokozatos kiépítését az „Innovatív, fenntartható energetikai termékek és technológiák fejlesztése” c. NKFP-A3-2006-0024 sz. K+F projekt (Jedlik Ányos program) a Felső-Bácskai Hulladékgazdálkodási Kft.-ben. A rendszer az anyagában történő, valamint az energetikai hulladék-hasznosítást teszi lehetővé.

A települési szilárd hulladék minél nagyobb mérvű energetikai hasznosításához a biofrakcióból történő biogáz előállítás is jelentősen hozzájárulhat. Ezzel a lerakandó biostabilát-hányad csökken, a hulladéklerakó élettartama viszont számottevően megnő. Fentiek a mikro-és a makrogazdasági szinten egyaránt pozitív mozzanatok.

2. A FELSŐ-BÁCSKAI HULLADÉKGAZDÁLKODÁSI KFT.

A Felső-Bácskai Hulladékgazdálkodási Kft. 2002.-ben alakult meg, többségi önkormányzati tulajdonnal és feladatául tűzte ki egy korszerű térségi komplex szilárd települési hulladékgazdálkodás kiépítését. A Kft. tagja a Homokhátsági Regionális Hulladékgazdálkodási Rendszernek, mind az ellátott területek nagysága, mind a szakmai tapasztalat alapján a konzorciumvezető szakmai társasága. A Homokhátsági Regionális Hulladékgazdálkodási Rendszerben a Felső-Bácskai Hulladékgazdálkodási Kft. jelenleg 53 településen, mintegy 160 ezer lakosnak biztosítja a közszolgáltatást.

A szolgáltatás ellátásához 2004.-ben megépült a vaskúti regionális hulladékkezelő komplexum, ahol biztosítottá vált a térség települései hulladékának - az uniós előírásoknak is megfelelő - kezelése,

ártalmatlanítása, hasznosítása. A szolgáltatási terület az évek alatt folyamatosan nőtt. A komplexum a regionális hulladéklerakót, a válogatóművet, a bálázót, a hulladékudvarokat, az átrakóállomást, a komposztáló telepet és az elektronikai hulladékbontó üzemet foglalt magába a közel múltban. Sokéves és eredményes fejlesztő munka eredményeként – a Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézettel, valamint a ProfiKomp Környezettechnika Zrt.-vel szoros együttműködésben - megépült előbb egy mobil mechanikai-biológiai hulladékkezelő üzem, majd ezt az utóaprító egységgel tovább fejlesztették. A K+F munka folytatásaként a 3A technológia került megtervezésre, egy része már meg is valósult, a száraz fermentációs egységére pedig építési engedély van. Az ipar – egyetem – K+F vállalkozás hármass gyümölcsöző együttműködése ebben a fejlesztői körben már korábban is eredményesnek bizonyult [3].

A komplex hulladékkezelési rendszer eljárástechnikai célkitűzése - a települési szilárd hulladék korszerű ártalmatlanítása mellett – a maradék-frakciójának minél nagyobb hányadának hasznosítása anyagában és energetikailag egyaránt.

3. VASKÚTI MECHANIKAI-BIOLÓGIAI HULLADÉKKEZELÉSI (MBH) TECHNOLÓGIA

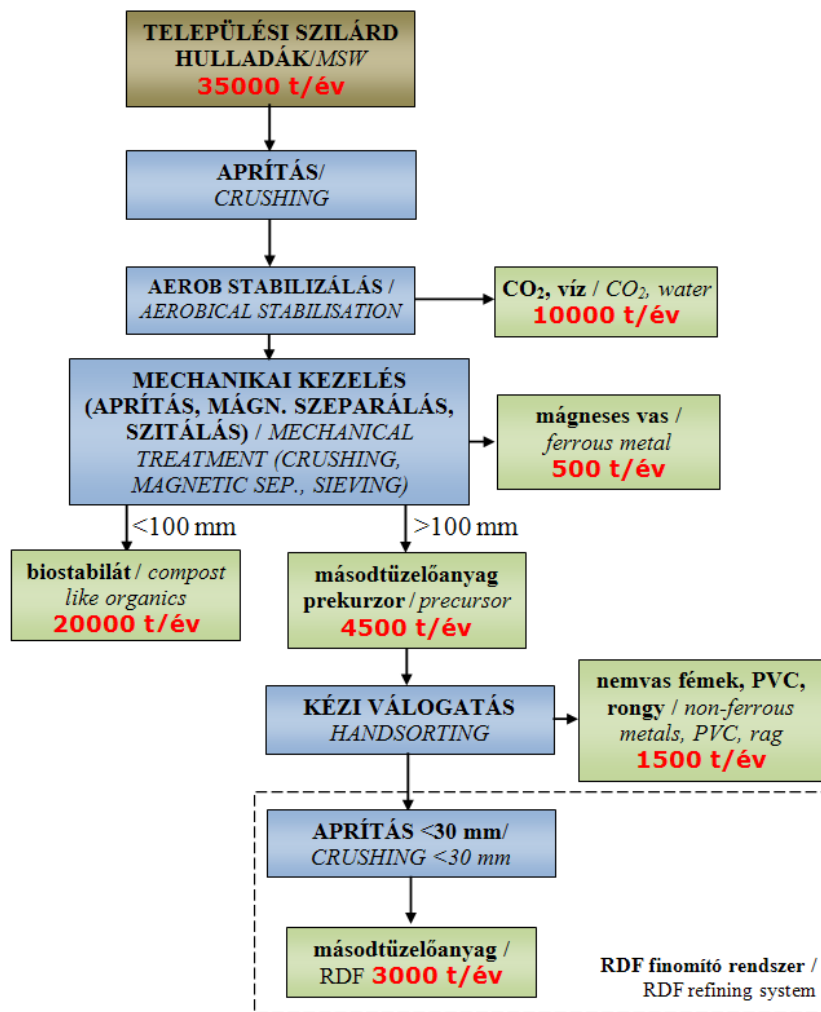
3.1. A technológiai koncepció

A települési szilárd hulladék kezelése ma már a törvényi előírások miatt elengedhetetlen. A kezelés célszerűen a mechanikai-biológiai hulladékkezelés (MBH) valamelyik technológiai megoldásával tehető meg [1, 2].

A vaskúti műszaki fejlesztések első üteme egy olyan, főleg mobil berendezésekkel ellátott technológia megtervezése és megvalósítása volt, amely eljárástechnikai célkitűzése *a lehető legegyszerűbb módon történő biológiailag bomló szerves anyag stabilizálása és a hasznosítható másodtüzelőanyag előállítása volt.*

Az 1. ábrán bemutatott technológiai folyamat lényege az, hogy a TSZH maradék-frakcióját a Doppstadt kalapácsos törővel való aprítását követően - MBH-technológiának megfelelően – kényszerlevegőztetési 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 dobszitával 100 mm-nél szétszítálguk. A finom <100 mm-es frakció lerakásra kerül, megfelelve a TOC-szerinti rendeleti előírásoknak.

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



1. ábra: Vaskúti MBH-technológia folyamatábrája és anyagmérlege

3.2. A kifejlesztett MBH-technológia validálása

A kidolgozott és megvalósított MBH-technológia validálásához, ill. a további fejlesztéseket megalapozóan, a vaskúti telepen 2010. júniusában a Miskolci Egyetem munkatársai mintavételezést hajtottak végre. A mintavételt a két kényszer-levegőztetéses, semi-permeábilis fóliával takart statikus ágyból (prizmából), az aerob biostabilizálás tartózkodási idejének lejártakor végeztük el. Az egyesített mintát 40 mm-es dobszítára vezettük. A szitálás tömeghányadai: 37,7% a felső termék és 62,3% az alsó termék voltak.

A durva termékből - homogenizálást követően - elemzési mintát képeztünk, amelynek szemcseméret-eloszlását és az anyagi összetételét meghatároztuk. A mérési adatokat az 1. táblázat tartalmazza [4].

1. táblázat: $A \geq 40$ mm-es stabilát-termék szemcseméret-eloszlása és anyagi összetétele

Szemcseméret osztály	Am [%]	Összetétel [%]												
		1. Bio	2. Papír	3. Karton	4. Kompozit	5. Textil	6. Higiéniai	7. Műanyag	8. Éghető	9. Üveg	10. Fém	11. Éghetetlen	12. Veszélyes	Σ:
>150	22,6	0	5,6	2	1,1	31,7	0,4	37,9	16,5	0	4,8	0	0	100
100-150	17,9	0	14,5	3,4	4,7	13,4	0,9	41,6	15,3	0	6,2	0	0	100
75-100	12,6	0	22,2	5,2	5	11,7	1,6	26,5	14,8	0,2	12,8	0	0	100
50-75	14,6	0	25,8	4,9	0,5	9,8	0,5	23,4	24,8	0,5	9,8	0	0	100
<50*	32,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ:	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

A táblázat adataiból jól kitűnik, hogy a stabilát durva szemcse-frakciója biofrakciót gyakorlatilag nem tartalmaz. A másodtüzelőanyag (RDF)-ként hasznosítható hányada a szemcsefrakciónak ezzel szemben 87,0...95,2 %-a között mozog.

A másodtüzelőanyag értékesítése a hulladékkezelő vállalkozások által Magyarországon még korlátozott, kevés a termikus hasznosító létesítmény. Vaskút esetén azonban a Beremendi Cementgyár alkalmas átvevőnek tűnik. A cementipar nagyon szigorú követelményeket támaszt az RDF-fel szemben. Így természetes volt, hogy az MBH-technológia validálása alkalmából megvizsgáltuk a minták fűtőértékét, valamint klór-tartalmát.

A fűtőérték-mérést a Miskolci Egyetem Energia és Minőségügyi Intézete, míg a klórtartalom-meghatározást a Holcim Rt. akkreditált laboratóriuma végezte el. Az adatokat a 2. táblázatban szemléltetjük. Ezeket a meghatározásokat a stabilát finom termékére (<40 mm) is elvégeztük.

2. táblázat: $A \geq 40$ mm-es stabilát-termék szemcsefrakciónkénti fűtőértéke és klórtartalma

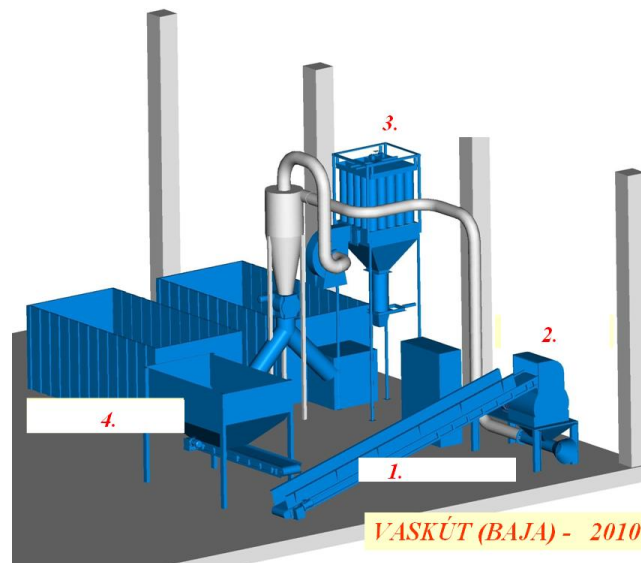
Minta megnevezése	Átlagos fűtőérték [kJ/kg]	Elemzési Cl-tartalom [%]
<40 mm	5460	0,749
<50 mm	8650	0,726
50-75 mm	14250	1,058
75-100 mm	20000	0,779
100-150 mm	22870	0,906
>150 mm	21070	0,309

3.3. Az MBH-technológia finomítása

A Vaskúti MBH-technológia validálási adatai alapján bizonyítást nyert az a tény, hogy a bemutatott technológia képes az évi 2.000...3.000 t másodtüzelőanyag előállítására. Az így előállított RDF fűtőértéke 21.850 kJ/kg, míg a klórtartalma 0,573 %.

A cementipar a felső két minőségi paraméteren túl az RDF 30 mm-es maximális szemcseméretét is előírja. Ahhoz, hogy a Felső-Bácskai Hulladékgazdálkodási Kft. meg tudjon felelni ennek a minőségi követelménynek is, a technológiai rendszer finomítását végeztük el.

Az MBH technológiára épülő RDF finomító rendszer (2. ábra) részét képezi a 2011.-ben átadott utóaprító egység. Az utóaprító egység fő elemei a kalapácsos shredder és a tömörítő konténer. Ez a rendszer végzi az előző alfejezetben bemutatott MBH technológia durva termékének 30 mm alá történő aprítását. A technológia tervezője és kivitelezője a Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézete, a Terra Center Kft. és Classicmechanik Kft. A tervezésnél törekedtük az összes aprítási feladatnál egységesen a kalapácsos törő, ill. shredder alkalmazására.



2. ábra: A másodtüzelőanyag utóaprító üzemegysége

A rendszert a (4) adagolótartály és adagoló gumiszalag táplálja. A feladószalag (1) hordja fel az anyagot a kalapácsos shredderre (2). A shredder (3. ábra) rotorjának átmérője és hossza egyaránt 800 mm, a meghajtásáról 55 kW-os motor gondoskodik. Az aprítógép termékét pneumatikus úton szállítják el: egy porleválasztó ciklonon keresztül ventilátor szívja. A ciklon durva terméke a tömörítő konténerekbe kerül. A finom terméket, a port a lerakóba deponálják. Az üzem tervezett kapacitása 500.....750 kg/h, vezérlése teljesen automatizált.



3. ábra: Kalapácsos shredder Vaskúton

4. AZ MBH-TECHNOLÓGIA 3A-TECHNOLÓGIÁVÁ VALÓ TOVÁBBFEJLESZTÉSE

A fentiekben bemutatott hulladékkezelési technológia megoldja a szilárd települési hulladék szerves bomló frakciójának stabilizálását és a biztonságos lerakását is biztosítja. Ezen túlmenően lehetőség nyílik a hasznosítható ferro- és nem ferro-fémek leválasztására, valamint a cementipar szigorú minőségi követelményeit is kielégítő RDF-termék előállítására is. Ugyanakkor, az *1. ábrán* szereplő anyagmérlegből világosan kitűnik, hogy a feladott hulladék-mennyiséghez képest az RDF-termék tömeghányada mindössze 10-12% körüli, miközben a hulladék mintegy 60%-a a hulladéklerakóba kerül. A lerakóba deponálandó mennyiség irodalmi és saját tapasztalataink szerint [3] akár 10%-ra is lecsökkenthető, míg a hulladékból kinyert energia-hányad számottevően növelhető, így a „hulladékból energia” európai hulladékkezelési preferenciaelv is sokkal jobban érvényesíthető. Ezért a továbbiakban fejlesztési célul a beérkező hulladék energetikai hasznosítási hányadának jelentős növelését tűztünk ki.

Ehhez először megvizsgáltuk a biogáz kinyerhetőségét a TSH biofrakciójából, valamint más szerves hulladék-fajtából.

4.1. A hulladékok anaerob lebonthatóságának kísérleti vizsgálata

Megvizsgáltuk tehát a biogáz előállítás lehetőségét előbb laboratóriumi körülmények között a Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet Bioeljárástechnikai Laboratóriumában.

A Felső-Bácskai Hulladékgazdálkodási Kft. két sorozat zöldhulladékot, szennyvíziszapot és települési hulladékot (<50mm) szállított. Megfelelő előkészítést követően (homogenizálás, mintakisebbités, aprítás) először a beérkezett hulladék-minták fizikai (szárazanyag tartalom, hamutartalom) és kémiai (KOI, TOC, összes N) paramétereit kerültek meghatározásra, majd megvizsgáltuk a minták anaerob bonthatóságát laboratóriumi statikus berendezésben, valamint

folyamatos keverésű reaktorban is. Ez utóbbi esetben a feladást a hulladékok megfelelő arányú keveréke jelentette. Az anaerob lebontási vizsgálatokat mind termofil, mind mezofil hőmérsékleti tartományon elvégeztük, illetve mindkét esetben a képződő biogáz összetételét és mennyiségét is meghatároztuk.

A minták fizikai és kémiai paramétereit a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: Vaskúti hulladék-minták fizikai és kémiai paramétereit

	Zöld hull./I.	Zöld. hull./II.	TSZH/I.	TSZH/II.	Szennyvíz iszap/I.	Szennyvíz iszap /II.
Száranyag tart. (%)	66.44	69.02	58.99	56.34	20.05	19.88
Hamu tart. (%)	34.53	42.2	40.94	56.6	21.41	29.15
KOI (g/kg sz.a.)	705.90	739.85	600.90	417.85	963.6	1143.95
TOC (g/kg sz.a.)	201.90	207.85	194.00	153.65	159.10	323.30
összes N (g/kg sz.a.)	8.98	11	11.05	10.20	49.42	33.95

*sz.a. – szárazanyagra vonatkoztatott értékek

Összehasonlítva az elemzési adatokat, látható, hogy a fizikai és kémiai tulajdonságok a különböző hulladékoknál típusonként eltérőek voltak, ugyanakkor néhány esetben jelentős eltérés mutatkozott a hasonló kategóriájú hulladék-minta között is. Például, a szennyvíziszap és a települési hulladék minták kémiai tulajdonságai (KOI: 964 és 1144, ill. 601 és 418 g/kg sz.a. rendre; TOC: 159 és 323 g/kg sz.a.). Ez utóbbi magyarázatául szolgál a beérkező minták közötti szemmel érzékelhető különbség, miszerint az TSZH/I. minta nyers hulladék finom frakciója volt, míg a TSZH/II. valamelyest stabilizált települési hulladék finom frakcióját képezte.

A zöld hulladék minták fizikai és kémiai paramétereit hasonlóra adódtak, annak ellenére, hogy a minták összetételében eltérés volt tapasztalható, mivel a „zöld hulladék/I.” minta zömében faleveleket tartalmazott, a „zöld hulladék/II.” mintát pedig nagyobb arányban fa apríték alkotta.

4.1.1. Kísérletek statikus laboratóriumi berendezésben

Megvizsgáltuk a minták biogáz leadó képességét kétféle laboratóriumi berendezésben. Első esetben statikus berendezést alkalmaztunk (4. ábra), ahol a mintákat külön-külön vizsgáltuk párhuzamos méréseket végezve. Reaktorként Erlenmeyer lombikokat használtunk, a hulladékot vízzel kevertük és kis mennyiségű szennyvíziszapot adagoltunk az egy időben beérkező mintából inokulumként. A lombikokat gázbiztosan csatlakoztattuk a gázmérő egységhez, illetve a lombikokat alufóliával betekertük a mikroorganizmusok számára szükséges sötét környezet biztosítása érdekében, végezetül pedig a reaktorokat 54°C-os vízfürdőbe helyeztük, ahhoz, hogy az anaerob lebontást termofil hőmérsékleti tartományon vizsgálhassuk.



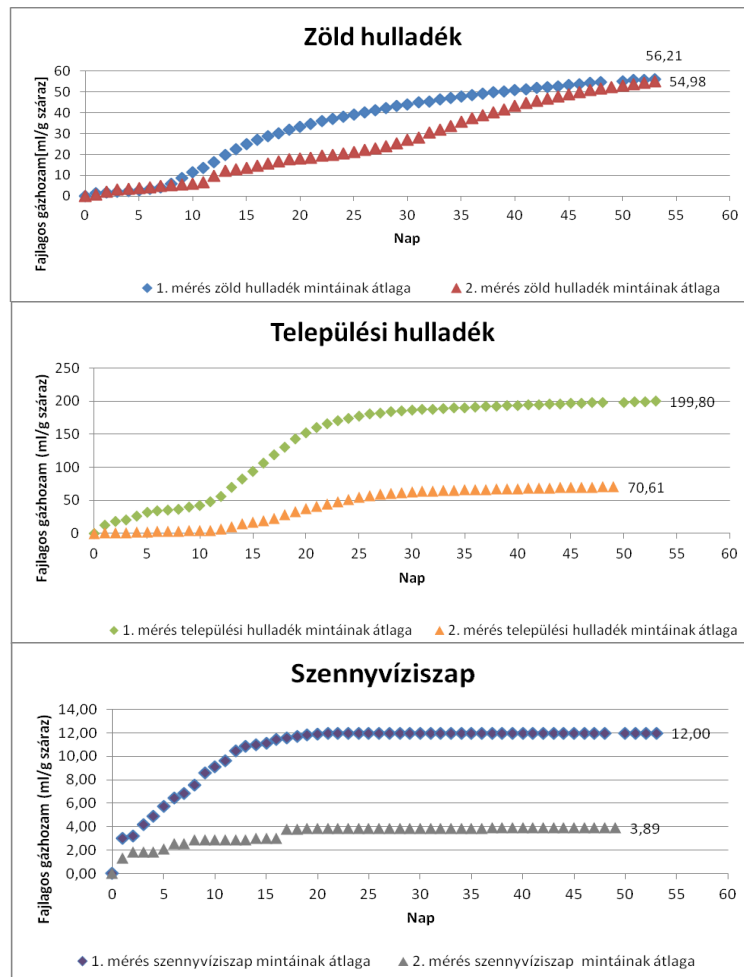
4. ábra: Statikus laboratóriumi berendezés [5,8]

A képződő biogáz mennyiségét naponta meghatároztuk. Minden esetben párhuzamos mérést végeztünk. A továbbiakban az átlagolt értékek kerülnek bemutatásra. A szárazanyagra vonatkoztatott kumulált fajlagos gáztermelődési kinetikát az 5. ábra szemlélteti. A diagramon látható a gázképződés tendenciája, a képződött fajlagos biogáz mennyisége, valamint szakaszos üzemmódban a lebontáshoz szükséges tartózkodási idő.

A zöld hulladék mintákból származó kumulált fajlagos gázmennyiség kb. azonosra adódott (56 és 55 ml/g szárazanyag) 53 napos lebontást követően. Ezen hulladékok fizikai és kémiai paraméterei is hasonlóak voltak annak ellenére, hogy összetételükben különböztek egymástól. Ez az összetételbeli különbség a kinetikai görbék lefutásában észrevehető.

A települési szilárd hulladék-minták anaerob laboratóriumi bontásából származó eredményeket összehasonlítva, jelentős eltérés látható nem csak a termelődött gázmennyiségben (200 and 71 ml/g száraz.), hanem a kinetikai görbék lefutásában is. A vizsgálati adatokban tapasztalt jelentős eltérés magyarázható azzal - a korábbi fejezetben leírtak szerint - hogy a TSZH/I. jelű minta nyers települési hulladék finom szemcseméret frakciója volt, míg a TSZH/II. minta valamelyest stabilizált hulladékból leválasztott finom frakció.

Végezetül, látható, hogy a szennyvíziszap minták termelték a legkisebb mennyiségű biogázt. Ezen szennyvíziszap minták víztelenített formában érkeztek az intézeti laboratóriumba, ugyanakkor keletkezésük technológiájáról, előkezelésükről, összetételükről nem kaptunk információt.



5. ábra: Kumulált fajlagos biogáz hozamok a hulladék szárazanyag tartalmára vonatkoztatva

4.1.2. Folyamatos keverésű reaktorban végzett vizsgálat

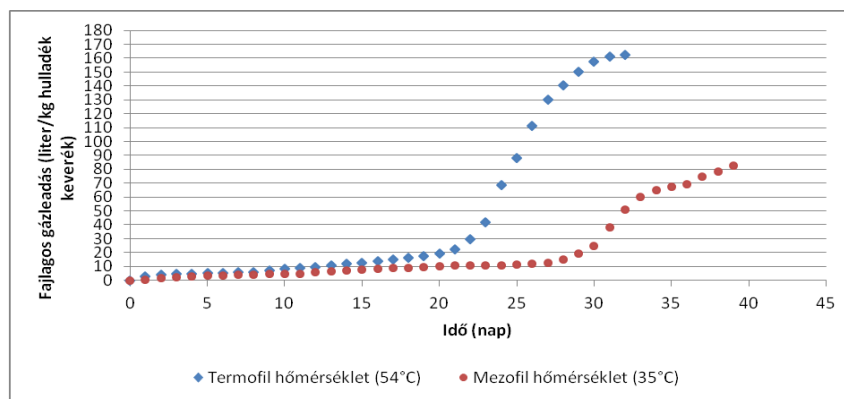
Az előzőleg ismertetett statikus laboratóriumi vizsgálat mellett folyamatosan kevert reaktorban is elvégeztük a lebontást, viszont ez esetben a zöldhulladék/II. a TSHZ/II. és a szennyvíziszap/II. minták keverékét adtuk fel víz hozzáadásával. A lebontást először termofil hőmérsékleten (~54°C) végeztük, majd mezofil hőmérsékleten (~35°C) megismételtük.

A laboratóriumi Braun típusú berendezés (6. ábra) egy 10 literes térfogatú üveg reaktor, melyben a megfelelő hőmérséklet biztosítása meleg víz keringetésével történik. A hőmérséklet szabályozása automatikus. A képződő biogáz a reaktor tetején át egy mechanikus gázmennyiség mérő egységre kerül. Itt van lehetőség a képződő biogáz megmintázására az összetétel meghatározáshoz.

Meghatároztuk a termelt biogáz mennyiségét, a gáztermelődéskinetikáját (7. ábra), valamint a képződött biogáz összetételét is – metán és széndioxid vonatkozásában (8. ábra).



6. ábra: Braun-féle keverővel ellátott bioreaktor

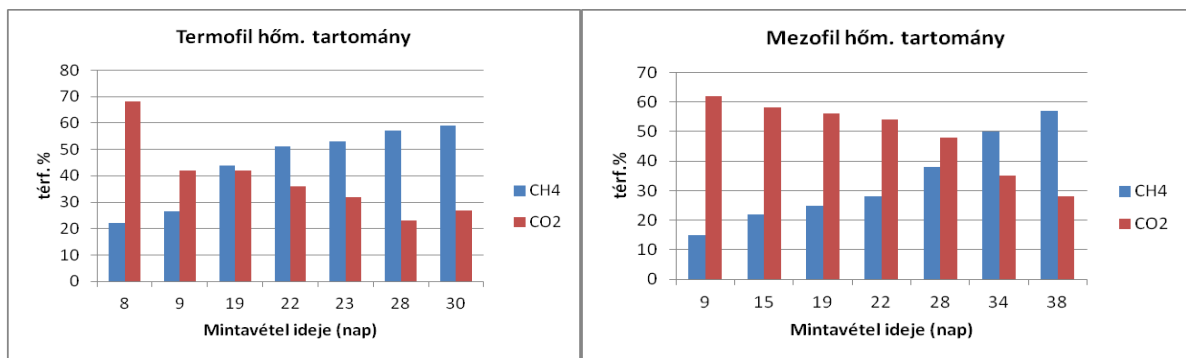


7. ábra: Folyamatos keverésű reaktorban, a különböző hőmérsékleti tartományon végzett lebontás során képződött kumulált gázmennyiség

Az eredményeket összehasonlítva az látható, hogy termofil hőmérsékleten végzett vizsgálat során az intenzívebb biogáz képződés a 22. napon indult be és a lebontás a 31. nap körül már befejeződni látszott. A 32 napos lebontás mellett a kumulált fajlagos biogáz hozam elérte a 162 liter/kg hulladék értéket. Alacsonyabb hőmérséklet esetében a lebontás folyamata lassúbb, hosszabb tartózkodási időt igényel. Magasabb gáztermelődéskinetika a 29. napon mutatkozott és a lebontás folyamata 39 napos tartózkodási idő után sem ért véget. Eddig a napig összesen 82 l/kg hulladék biogáz képződött.

A folyamatos keverésű reaktorban végzett lebontási vizsgálatok során meghatároztuk a képződő biogáz összetételét is egy hordozható gázelemző készülékkel, mely infravörös CO₂ és CH₄ szenzorokkal felszerelt. A 8. ábrából látható, hogy termofil hőmérsékleten végzett kísérletnél a metántartalom a 22. napon elérte az 51%-ot és ez az érték a 30. napra 59%-ra emelkedett.

Ugyanakkor, a mezofil hőmérsékleten végzett lebontás során a metántartalom csupán a 34. napon érte el az 50%-ot.



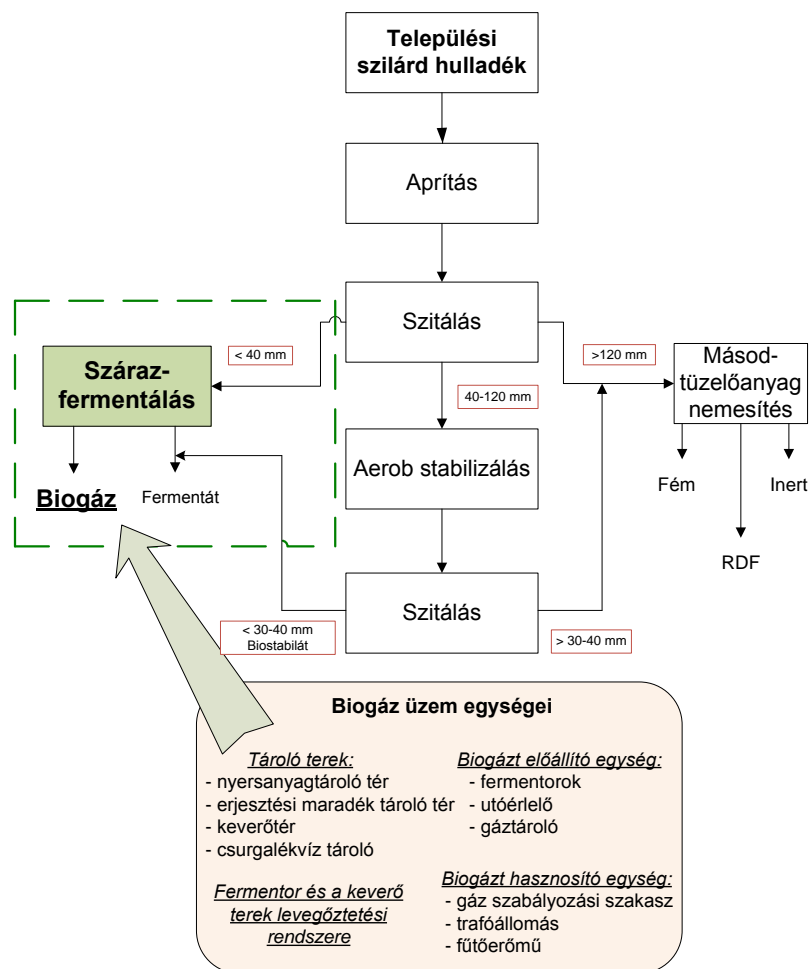
8. ábra: A CH₄ és CO₂ tartalom a különböző hőmérsékleti tartományon végzett anaerob bontási vizsgálatnál

4.2. A száraz fermentációt is magába foglaló 3A technológiai fejlesztés megvalósítása

A Felső-Bácskai Hulladékgazdálkodási Kft. célja, hogy a telephelyén működő korszerű hulladékkezelési rendszerét a szakmai tapasztalatok és a több éves együttműködésben kifejtett kutatás-fejlesztési tevékenység alapján a települési szilárd hulladékokból nyerhető maximális kihozatalú energiahordozók előállítására irányuló koncepcióval egészítse ki. A komplex átfogó koncepció vázlatát szemlélteti az 9. ábra.

Az alapvizsgálatok eredményeire támaszkodó kidolgozott koncepció szerint a települési szilárd hulladékot, kéméletes aprítást követően, dobszita segítségével három szemcseméret-frakcióra bontjuk, melyek ezután teljesen önálló technológiai műveletsorra kerülnek. Ezek a frakciók az alábbiak:

- ✓ a legdurvább rész (>120 mm), a nagyfűtőértékű komponenseket, a fémeket és az inert anyagot tartalmazó frakció;
- ✓ a köztes szemcseméret-frakció (40-120 mm), ami mind a két (éghető és biológiailag bontható) anyagban egyaránt szegényebb, vegyes összetételű;
- ✓ a legfinomabb (<40 mm) szemcsefrakció a nagy biológiailag bomló anyag-tartalmú rész.



9. ábra: Továbbfejlesztett technológiai koncepció és a tervezett biogáz üzem egységei

4.2.1. A másodtüzelőanyag előállítása

A >120 mm-es szemcsefrakciót a másodtüzelőanyag nemesítésének vetjük alá. Ekkor a legdurvább frakció tisztaságát, tehát a fűtőértékét is, mechanikai úton fogjuk javítani. Ez a technológiai egység a mágneses-, az örvényáramú szeparálást, a szelektív aprítást és /vagy légáramkészülékben történő dúsítást foglalja magába. Ennek eredménye a minőségi másodtüzelőanyag, a fémek és az inert anyagtól mentes termék, amelynek minőségét tovább javítjuk a kalapácsos shredderben való <30 mm-re aprítással. Ehhez a technológiai egység kiépítéséhez felhasználjuk a már meglévő berendezéseket és eszközöket. A szükséges új berendezések beszerzése folyamatban van.

4.2.2. A köztes frakció technológiai egysége

A köztes, 40-120 mm-es szemcseméret-frakciót a jelenlegi aerob biológiai hulladékstabilizálásra visszük a továbbiakban is, hiszen ebből a frakcióból nem lehet közvetlenül megfelelő hatásfokkal sem a további RDF-et, sem a biogázt kinyerni.

Az aerob stabilizálást a szitálás követi. A >30-40 mm-es szitammaradvány anyagárama egyesül az RDF üzemegység aprított anyagáramával. A szitaáthullás a biostabilát, amely a szárazfermentációs egység melléktermékével – a fermentáttal – egyesül és továbbiakban az energetikai ültetvények talajerejének pótlására fordítható.

4.2.3. A szárazfermentálás technológiai egysége

A fejlesztés részét képezte egy anaerob szárazfermentáló rendszer kiépítése, melynek célja a mechanikai előkezelés során leválasztott nagy biológiai-anyag tartalmú, finom szemcseméret frakcióból történő biogáz előállítás. A tervezett biogáz üzem egységeit szintén az 9. ábra szemlélteti. A Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatal Szegedi Mérésügyi és Műszaki Biztonsági Hatósága engedélyezte az FBH Kft. számára a 0,5MW teljesítményű biogázos villamos kiserőmű, valamint a kiszolgáló építményeinek megépítését az engedélyezési eljárásban részt vett szakhatóságok hozzájárulása alapján 2010-ben.

Az erőmű megépítése során számos előírásnak kell megfelelni, többek között pl.:

- A hulladékokat a feldolgozás idejéig kiépített tárolóban környezetszennyezést kizáró módon kell tárolni.
- A létesítést követően próbaüzemet kell végezni, melynek időtartama max. 6 hónap.
- A terület üzemeltetőjének a lehető legjobb technika alkalmazásával kell megakadályozni, hogy bűz kerüljön a környezetbe.
- A szennyező anyagok emissziója nem haladhatja meg a kibocsátási határértéket.
- Az előírás szabályozza a gázfáklya használatát, a biofilter leválasztási hatásfokát.
- Az üzembe helyezést követő 1 éven belül megvalósítási ütemtervet kell benyújtani az előállított biogáz hőenergiájának hasznosítása vonatkozásában.

A tervezett technológia leírása

A fejlesztés során megvalósítandó száraz fermentációs technológia lényege, hogy a hulladék szárazon, azaz a természetes nedvességtartalmához közelálló nedvességtartalom mellett egylépcsős reaktoros fermentálásra kerül.

A mechanikai előkezelés során leválasztott finom szemcseméret frakciójú (<30-40 mm) szilárd hulladékot néhány napos exoterm aerob kezelésnek vetik alá. A levegőztetés feladata a megfelelő hőmérséklet spontán módon való elérése (37-40°C). Ezt követően a levegőztetést leállítják és a hulladékot a statikus reaktorba adják, majd a perkolátot (kezelés során keletkező, a mikroorganizmusokat is tartalmazó csurgalékvizet) permeteznek rá az anaerob feltételek kialakulásának elősegítése érdekében. Az anaerob fermentálás időtartama 28 nap, amelyet újabb aerob kezelés követ a reaktoron kívüli utóérlelőben. A 4-6 hetes utókezelés során az erjesztési maradékok stabilizálódnak, illetve teljes körű higiénizáció is végbemegy a levegőztetés hatására bekövetkező hőmérsékletemelkedés (65-70°C) hatására.

A tervezett technológia előnye, hogy az FBH Kft. a rendelkezésre álló gépeket és berendezéseket felhasználhatja a technológia során (homlokrakodógépek, aprítók és szétválasztók); a szilárd alapanyag könnyen kezelhető (feladás, átrakodás szempontjából); a technológia modulárisan bővíthető, üzemeltetése flexibilis; az alapanyagváltás, ill. az üzemeltetési problémák könnyen megoldhatók a problémás fermentor kitermelésével.

4. táblázat: A technológia méretezéséhez figyelembe vett paraméterek

Fermentálásra kerülő hulladék mennyiség:	9 900 tonna/év
Hulladék szárazanyag tartalma:	60%
Hulladék szervesanyag tartalma:	40% (szárazanyagra vonatkoztatva)
Fermentorok mérete:	735 m ³ (30x7x5m; 3,5m-es anyagmagasság)
Fermentáció időtartama:	28 nap
Fermentorok száma:	3 db
Előállított biogáz mennyisége:	594 000 m ³
Átlagos metán tartalom:	55%
Hőenergia (35%):	4 104 072 MJ/év
Villamos energia (46%):	224 747 kW/év

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A kutató-fejlesztő munka során kidolgozott és megvalósított, ill. a megvalósítás alatt álló komplex kezelési és hasznosítási rendszer még egyszer bebizonyította, hogy a TSHZ túlnyomó részében hasznosítható. Az anyagában hasznosítható komponensek kinyerése mellett komoly lehetőség nyílik a minőségi, cementipar követelményeit is kielégítő másodtüzelőanyag, valamint a biogáz és a melléktermékként jelentkező biotrágya előállítására. Az RDF és a biogáz a megújuló

energiaforrások, tehát a kifejlesztett rendszer a fenntartható fejlődés, valamint a fenntartható környezet kialakításához számottevően hozzájárul.

A tanulmány 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] Csöke B., Alexa L., Olessák D., Ferencz K., Bokányi L.: *Mechanikai-biológiai hulladékkezelés kézikönyve*, Profikomp könyvek, Global Kiadó, 2006, Gödöllő.
- [2] Prof. Dr. Csöke B., Dr. Bokányi L., Nagy S., Digitális tananyag, *Hulladékgazdálkodás*, 7.1. Szilárd települési hulladékok előkészítése és hasznosítása c. fejezet, 7.1.4. Maradékanyag-hasznosítás, kezelés mechanikai-biológiai stabilizálással (MBH). Másodtüzelőanyag-előállítás szilárd települési hulladékokból c. alfejezet, www.hulladekonline.hu.
- [3] Dr. L. Alexa, Dr. L. Bokányi, Prof. Dr. B. Csöke, T. Varga (2011): *A novel complex MSW and biomass processing system with the economical and environmental target to maximize waste-to-energy output*, 19th European Biomass Conference, ISBN 978-88-89407-55-7, Berlin, p.1851-1857.
- [4] Nagy S., Agatics R., Csöke B.: *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/BIOwaste 1/2011, p. 9-12.
- [5] Varga T., Bokányi, L.: *Biogas production from municipal wastes and derivatives*, Micro CAD, International Scientific Conference, ISBN 978-963-661-742-4Ö, ISBN 978-963-661-744-8, Miskolc, 2007, p.15-20.
- [6] Varga T., Bokányi L.: *Experimental investigation of biogas production*, 6th International Conference of PhD Students, ISBN 978-963-661-783-7Ö, ISBN 978-963-661-779-0, Miskolc, 2007, p. 161-166.
- [7] Soltész B.: *Biogáz-üzem tervezése települési szilárd hulladék-maradék frakció, valamint szennyvíziszap komplex hasznosításához*, Diplomamunka (konzulensek: Dr. Bokányi Ljudmilla és Varga Terézia Erzsébet), Miskolc, 2011.
- [8] Bokányi L., Varga T.: Digitális tananyag, *Hulladékgazdálkodás*, 6.3 Biológiai eljárások c fejezet, 6.3.2. Hulladékok kezelése anaerob eljárásokkal c. alfejezet, www.hulladekonline.hu.