

**Pécsi Tudományegyetem
Műszaki és Informatikai Kar
Breuer Marcell Doktori Iskola**

**Visszacsatoláson alapuló több szempontú műszaki,
környezeti és közgazdasági elemzés alkalmazása a
mechanikai-biológiai hulladékkezelő művek technológiai
tervezésében**

- A mechanikai-biológiai hulladékkezelés műszaki tervezését
támogató komplex tervezési módszertan megalapozása -

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Készítette: Leitol Csaba

Témavezető: Dr. Dévényi Sándor DLA

Pécs,

2017. október 31.

Bevezetés

A szakmai érdeklődésem révén már 2003-2004 –ben elkezdtem foglalkozni a mechanikai-biológiai hulladékkezelés témakörével és a Mecsek-Dráva Hulladékgazdálkodási Program részeként egy Magyarországi mechanikai-biológiai hulladékkezelő (MBH) üzem előkészítésével. Ekkor szembesültem először azzal a ténnyel, hogy ezen a területen még nem található magyar szakirodalom és a nemzetközi tapasztalatok is elég ellentmondásosak voltak. Az információ gyűjtés legbiztosabb módjának az látszott, ha személyes tapasztalatokat szerzek a már üzemelő MBH létesítmények megtekintésével. 2004 és 2010 között több mint tíz Németországban és Ausztriában működő MBH üzemet látogattam meg.

Eközben Magyarországon is elindult a hulladékgazdálkodással foglalkozó vállalkozások körében a téma utáni érdeklődés. A Miskolci Egyetem Eljárástechnikai Tanszéke Dr. Csőke Barnabás Professzor Úr vezetésével és néhány gazdasági szereplő bevonásával elkezdte a biostabilizált hulladékok és a belőlük kiválasztható hulladékból származtatott tüzelőanyag vizsgálatát. Több ilyen irányú kísérletet végeztek Polgárdiban, Vaskúton és Miskolcon.

Az MBH témakörében Magyarországon az utóbbi 6-8 évben született néhány szakcikk, konferencia előadás, illetve tudományos publikáció. A cikkek és előadások témája általában a megépült létesítmények bemutatása, technológiájuk ismertetése, illetve a lehetséges fejlesztése volt. A tudományos publikációk közül több cikkben szerzőként, vagy konferencia előadóként magam is résztvettem.

A kutatásom az MBH technológiai tervezésére és a tervezést befolyásoló tényezőkre irányul. A kutatás sajátossága, hogy a tervezés témakörét komplex megközelítéssel kezeli, ami azt jelenti, hogy a tervezést nem szűkítem le csupán műszaki jellegű feladatra, hanem egy több ponton kapcsolódó és egymással kölcsönhatásban lévő rendszer szerves részévé kívánom tenni. Önmagában a műszaki feladat megoldása nem biztos, hogy a Megrendelő, vagy a Társadalom, vagy a Környezet számára a legkedvezőbb megoldást adja, ezért elgondolásom szerint a tervezési feladatba be kell vonni a helyi sajátosságokat, a hulladéknak, mint nyersanyagnak a tervezési területre jellemző tulajdonságait, a létesítmény várható környezeti hatásait és a gazdasági fenntarthatóságát, amelyek visszacsatolása alapján, ha szükséges, a technológiai terveket módosítani kell.

Kutatás célja

A MBH technológiai tervezésére nincsenek még megalapozott magyarországi tapasztalatok és nincsenek magyar műszaki és jogi előírások sem, ami rendkívül megnehezíti a beruházók és a tervezők munkáját.

A környezetvédelmi létesítmények és technológiák tervezése az általános tervezési gyakorlattól eltérő szemléletet kíván. A fejlesztéseknek a legtöbb esetben a közösség érdekeit, helyi, regionális, esetleg országos szinten is ki kell szolgálni, azaz a beruházási döntéseket nem csak gazdasági, hanem összes hasznossági alapon kell meghozni, mert ezek a fejlesztések sokszor a társadalmi érdekekre tekintettel nem kizárólag piaci alapokon működnek. A technológiai tervezési folyamatokban a környezeti hatásokat, a környezetvédelmi irányelvben megfogalmazottakat (pl. hulladékhierarchia) együttesen kell elemezni a gazdasági és pénzügyi mutatókkal, azaz az ilyen beruházási döntéseket nem csupán gazdasági, hanem komplexen, a külső hatásokat is magába foglaló módon kell meghozni.

Kutatásom célja a mechanikai-biológiai hulladékkezelés műszaki tervezését támogató komplex tervezési módszertan megalapozása. A cél eléréséhez a dolgozatomban a következő hipotézisek vizsgálatára és bizonyítására szeretnék megoldásokat találni:

1. A hulladék inhomogén, mind összetételében, mind tulajdonságaiban, keletkezése és összetétele változik, helyi sajátosságokat mutat. Ezen tulajdonságai befolyásolhatják a tervezési folyamatot és a hatékony technológia kiválasztását.
2. Az MBH kihozatali arányait és az anyagáramok minőségét a bemenő anyagáramon túl a leválasztási határok megállapítása is befolyásolhatja. Az eltérő összetételű, vagy tulajdonságú bemenő anyagokból azonos leválasztási határok mellett eltérő kihozatali arányok és eltérő minőségű kimenetek keletkezhetnek.
3. Az MBH technológiák és befoglaló létesítményeik műszaki kiépítettsége, logisztikai kapcsolatainak rendszere eltérő kihozatali arányokat és a hasznosítható frakciók eltérő minőségi paramétereit eredményezhetik. A kimenő anyagáramok minősége meghatározza a felhasználásukat, ami befolyásolja a hasznosításuk környezeti hatását, a megtakarítható fosszilis energiahordozók mennyiségét.
4. Az MBH üzemek életciklus elemzésen alapuló vizsgálata nagy valószínűséggel nem korlátozható le az egyes technológiák közötti választásra, hanem az elemzésbe be kell

vonni a kimenő anyagáramok, elsősorban a tüzelőanyagok felhasználásából eredő környezeti hatások –klímaváltozás, fosszilis kimerülés - vizsgálatát is.

5. A minden szempontból megfelelő technológia kidolgozásához a tervezési folyamatot ki kell terjeszteni egyéb, extern aspektusokra is és folyamatos visszacsatolásokon keresztül optimalizálni kell azt.

Kutatási módszerek

Magyarországon az MBH beruházások száma az utóbbi 6-8 évben nagymértékben megemelkedett, a rendelkezésre álló kapacitások több mint 90%-a ebben az időszakban létesült. Ezt a beruházási hullámot követően, mintegy 12-15 olyan, eltérő kezelési céllal és technológiai kiépítettséggel és 2-3 éves üzemeltetési tapasztalattal rendelkező MBH van Magyarországon, amelyek technológiai, kihozatali, környezeti és költségviszonyait megvizsgálva a jövő fejlesztésekre nézve olyan megállapításokat lehet megfogalmazni, amelyek javítják az MBH kihozatali, környezetvédelmi és gazdasági teljesítményét.

Kutatásomban a Magyarországon megépült MBH üzemek beruházási és üzemeltetési adatait értékeltem a technológia kialakításuk függvényében. A létesítmények közül egy (Pécs-Kökény) előkészítésében magam is részt vettem, és kettő (Királyszentistván, Tatabánya) technológiai tervezését irányítottam. Ezen három létesítmény előkészítésére, tervezésére vonatkozó tapasztalataimat esettanulmányokban mutattam be.

Az MBH kutatás első része a tervezési szakaszra irányult, amelynek elsődleges kérdése, milyen információkra alapozva kezdték meg és folytatták le az MBH létesítmények tervezését. A kutatás második része a megépült MBH technológiák és üzemelési tapasztalatok értékelése volt. A begyűjtött adatok elemzésével információkat nyertem a különböző technológiák megfelelőségéről, költség és energia hatékonyságáról, környezeti hatásairól és pénzügyi fenntarthatóságáról.

Az adatok begyűjtését több módszerrel végeztem:

1. A létesítmény üzemeltetőktől helyszíni interjúkkal és az MBH üzem működés közbeni bejárásakor gyűjtött információkkal és tapasztalatokkal.
2. Interjúk a cementgyárak és erőművek RDF/SRF hasznosításért felelős szakembereivel.
3. Szekunder kutatással a nyilvánosan felelhető információk, sajtó hírek, publikációk, tanulmányok, jelentések összegyűjtésével.

4. Kérdőíves adatgyűjtéssel az NHKV közreműködésével.

A MBH-k környezetre gyakorolt hatásait az életciklus elemzés (LCA) módszerével, GaBi szoftver segítségével végeztem. A modellek kiértékelésekor az alábbi öt fő hatáskategóriát vettem figyelembe:

1. klímaváltozásra gyakorolt hatás CO₂ egyenértékben;
2. talaj savasodására gyakorolt hatás SO₂ egyenértékben;
3. édesvízi eutrofizációs hatás P egyenértékben;
4. fosszilis energiahordozók kimerülésére gyakorolt hatás olaj egyenértékben;
5. fotokémiai oxidálószer képződés során keletkező nem-metán illékony szerves vegyületek;

Az egyes MBH létesítmények gazdasági és társadalmi hasznainak kimutatására és összehasonlítására a Közgazdasági költség-haszon elemzés (CBA) módszertanát alkalmaztam. A környezeti értékelésbe beépítettem az LCA klímaváltozásra kapott, számszerűsített és pénzben (Ft) kifejezett eredményeit is.

Új tudományos eredmények

1. tézis

A vizsgált hulladék összetételi adatokból, valamint a magyarországi mechanika-biológiai hulladékkezelő létesítmények tervezési és üzemelési hulladékáram adatainak elemzéséből megállapítottam, hogy a:

- *hulladék éven belüli mennyiségi változása 35-40%-os ingadozást mutat;*
- *a szelektív gyűjtés hatására a vizsgált területen a papírhulladékok aránya 3 év alatt 25%-al csökkent, ami a szelektív gyűjtés fejlődésével az égethető frakciók további csökkenéséhez vezet*
- *a városias területek átlagos hulladék összetételében az égethető, durva szemcseméretű hulladékok –papír, műanyag - aránya 10-15%-al magasabb, míg az égetés szempontjából kedvezőtlenebb finom szemcseméretű biológiai hulladékok aránya 20%-al alacsonyabb, mint a kistelepüléseken*

Ezen megállapítások lehetővé teszik, hogy a tervezésnél beállítsuk technológia kapacitásrugalmasságát, figyelembe vegyük a szelektív gyűjtés hosszú távú hatását,

valamint a finom és durva frakció egymáshoz viszonyított arányát, amit a helyi hulladék tulajdonságai határoznak meg.

A feldolgozási technológiák tervezéséhez alapvető követelmény a hulladék tulajdonságainak alapos ismerete. A tulajdonságokat, legyen az fizikai, kémiai, vagy biológiai elsősorban a hulladék összetétele határozza meg. A hulladék összetétel azonban nem egy állandó állapot, hanem számos külső hatás befolyásának eredménye. Kutatási eredményeim bizonyítják, hogy a hulladék összetétel változásaira az alábbi tényezők hatása a legjelentősebb:

- A településszerkezet, azaz a kistelepülési és a városi, de a városi és a nagyvárosi hulladék összetétele is eltérő.
- Az iparosodottság mértéke, a kereskedelem fejlettsége, az áruk és a szolgáltatások elérhetősége, illetve ezekkel szoros összefüggésben az életszínvonal alakulása.
- Az évszakok hatása miatti éven belüli szezonális összetétel változása.

Az összetételbeli változások mellett mennyiségi szezonálitás is tapasztalható. A legkisebb a keletkező mennyiség februárban, az éves csúcs pedig augusztus – szeptemberben következik be.

A feldolgozandó hulladék, általában már nem a keletkező hulladék, hanem valamilyen folyamatok utáni maradék. Tehát a hulladék jellemző tulajdonságait, egyéb gyűjtési és kezelési műveletek is befolyásolják. Ezek közül a legjelentősebb hatása a szelektív gyűjtésnek van.

Kutatásaim kimutatták, hogy a hulladék összetételén túl a szemcseméret eloszlás is jelentős hatótényező. A hulladék szemcseméret eloszlása általános összefüggéseket és a helyi hulladék összetételre visszavezethető eredményeket is mutat.

2. tézis

A kihazatali arányokat és az anyagáramok minőségét a bemeneti hulladék tulajdonságain túl a leválasztási határok megállapítása is befolyásolja. Ugyanakkor eltérő összetételű, vagy tulajdonságú bemenő anyagokból azonos leválasztási határok mellett eltérő kihazatali arányokat és minőséget kapunk. A kutatásom során összegyűjtött adatok elemzésének eredményei alapján megállapítottam, hogy:

- *60 mm-es leválasztási határnál a tüzelőanyag kihozatala a 80 mm-es leválasztási határhoz képest átlagosan 50%-al magasabb;*
- *60 mm-es leválasztási határnál a tüzelőanyag fűtőértéke a 80 mm-es leválasztási határhoz képest 20%-al alacsonyabb;*
- *60 mm-es leválasztási határnál a bomló, szerves anyagok 15-20%-a a tüzelőanyag soron marad;*
- *eltérő összetételű feladott anyagok esetében a magasabb nedvességtartalom, más kutatók véleményén túl, nem csak a tüzelőanyag, hanem a finomfrakció leválasztását is befolyásolja;*

Eredményeim alapján a tervezésnél nagyobb pontossággal beállítható a tüzelőanyag várható kihozatali aránya és fűtőértéke, valamint a leválasztott biológiai anyagtartalmú frakció mennyisége, így jobban közelíthető a technológiai sor egyes gépeinek kapacitás igénye is.

A kutatás adatiból egyértelmű, hogy a szerves anyag leválasztási határa jelentős befolyást gyakorol a tüzelőanyag mennyiségére és fűtőértékére. A 80 mm-es szitánál a leválasztott frakcióban a szerves hulladékok leválasztási aránya magasabb, de ezzel együtt magasabb a leválasztott éghető hulladékok aránya is. A leválasztási határ beállításánál figyelembe kell venni a hasznosítói igényeket, illetve ki kell választani azt az optimumot, ahol a szerves és éghető anyagok leválasztási aránya és a kilépő anyagáram minősége kielégíti az elvárásokat.

Azonos leválasztási határokat használó létesítmények kimenő és bemenő anyagáramait összehasonlítva tapasztalható, hogy a bemenő hulladék összetételének eltérései következtében a kijövő hulladékáramban is eltérések találhatók. A különbség főleg a finom hulladék leválasztásában tapasztalható, mégpedig a mennyiségével fordított arányban, azaz az összetételében kisebb biológiai hulladékot tartalmazó feladott anyagból magasabb arányú lesz a leválasztott finom hulladék. Ez az eredmény összefüggésben van a feladott hulladék nedvességtartalmával, mivel a kisebb lyukméretű szita hatékonyságát a nedves hulladék csökkenti.

3. tézis

A Magyarországon megvalósult mechanikai-biológiai hulladékkezelő művek technológiai kialakításának hatásait vizsgálva megállapítottam, hogy az eltérő technológiai

kiépítettségük következtében a hulladékból visszanyert tüzelőanyag átlagos mennyisége, fűtőértéke és a megtakarítható fosszilis energiahordozó mennyisége a technológiai kialakítás következtében:

- *mechanikai és a mechanikai-biológiai előkezelő műveknél a tovább feldolgozást követő kihozatal mintegy 12%, fűtőértéke_{ar} 15-16 MJ/kg, fosszilis megtakarítás 1 tonna kezelt hulladéknál 45,9 kg olajegyenérték;*
- *mechanikai és a mechanikai-biológiai hulladékkezelő üzemeknél 60 mm leválasztási határnál a kihozatal átlagosan 31,6%; fűtőértéke_{ar} 13-15 MJ/kg, fosszilis megtakarítás 1 tonna kezelt hulladéknál 105,7 kg olajegyenérték;*
- *mechanikai és a mechanikai-biológiai hulladékkezelő üzemeknél 80 mm leválasztási határnál a kihozatal átlagosan 20,3%, fűtőértéke_{ar} 16-17 MJ/kg, fosszilis megtakarítás 1 tonna kezelt hulladéknál 82,4 kg olajegyenérték;*

Fentiekből arra a következtetésre jutottam, hogy a fosszilis energiahordozó megtakarítás szempontjából a technológiát 13-15 MJ/kg fűtőérték elérése mellett a maximális tüzelőanyag kihozatalra kell tervezni.

A magyarországi létesítmények között található 5 olyan egyszerű kiépítésű üzem, amit mechanikai előkezelőnek (ME), vagy mechanikai-biológiai előkezelőnek (MBE)-nek nevezhetünk. Ezek technológiája egyszerű, mindössze 3-4 kezelési folyamatot tartalmaz. A hasznosítható kihozatalaik nem csak rosszabb minőségűek, hanem arányuk is 30-50%-al alacsonyabb az MBH üzemek átlagánál, ami a feldolgozásukkal még tovább csökken.

A megvalósult MH és MBH üzemek technológiája, alkalmazott berendezései egy-két eltéréstől eltekintve hasonlóak, egyes későbbi technológiák már összetettebbé váltak. A technológiákat vizsgálva az alábbi eltérések figyelhetők meg:

- A technológiai elemek sorrendje néhány esetben eltérő;
- Az alkalmazott gépi berendezések fajtái eltérnek;
- Egyes berendezések és kezelési művelete többszöri előfordulása a technológiai sorban;
- Fejlett optikai (NIR) berendezések alkalmazása
- Kézi válogatás

A fent bemutatott technológiai eltérések elsősorban kihozatali arányokat és a tüzelőanyag minőségét is befolyásolják. A hulladékból visszanyert tüzelőanyagok felhasználásával kiválthatók a fosszilis tüzelőanyagok. Az RDF/SRF-ből nyerhető 1 GJ fűtőérték 23,885 kg

olajjegyértéknek felel meg. A tüzelőanyag mennyisége és minősége tehát a felhasználási lehetőségek mellett a kiváltható fosszilis energiahordozó mennyiségét is meghatározza.

4. tézis

Az általam megvizsgált 12 magyarországi mechanikai és mechanikai-biológiai hulladékkezelő mű életciklus elemzése során megállapítottam, hogy cementgyári együttégetés esetén:

- a tüzelőanyag kihozatal arányának 1%-os növelése a klímaváltozási tényezőnél tonnánként 2,1 kg CO₂ egyenérték megtakarítást eredményez***
- a tüzelőanyag kihozatal arányának 1%-os növelése a fosszilis kimerülési tényezőnél tonnánként 4,4 kg olaj egyenérték megtakarítást eredményez***
- a kezeletlenül lerakott biológiai frakció arányának 1%-os növelése a klímaváltozási tényezőnél tonnánként 6,3 kg CO₂ egyenérték növekedést eredményez***

Az eredmények alapján arra a következtetésre jutottam, hogy környezeti szempontból a tervezésnél a biológiai frakció teljes mennyiségének kezelésére és a tüzelőanyag kihozatal maximalizálására kell törekedni, úgy hogy a tüzelőanyag minőségi paraméterei a cementgyári együttégetésnek még megfeleljenek.

A környezeti szempontokat illetően a mérhető és reprodukálható módon történő elemzés az életciklus elemzés (LCA) módszertan használatát jelenti. Az LCA során az értékelés magában foglalja a környezeti tényezőket, a működési hatékonyságot (kimeneti mennyiségek, energiafelhasználás), és a kimenetek piacképességét. Környezetvédelmi szempontból is fontos tényező, hogy az RDF/SRF felhasználása az energiatermelésben helyettesítheti a fosszilis energiaforrásokat. Ennek hatása az emissziós eredmények javulása és az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának csökkentése.

A mechanikai biológiai kezelés klímaváltozásra gyakorolt hatásait vizsgálva megállapítottam, hogy a tüzelőanyag kihozatal növelése a fosszilis tüzelőanyagok megtakarítása mellett csökkenti a CO₂ kibocsátást, míg a többi technológiai művelet, a biológiai kezelés és az ártalmatlanítás növeli azt. A CO₂ kibocsátás növekedésére legnagyobb hatással a mechanikai kezelés után lerakott, stabilizálatlan magas biológiai tartalmú frakció ártalmatlanítása van. A kezelési technológia gázolaj és elektromos áram fogyasztása szintén növeli a CO₂ kibocsátást.

5. tézis

A többszörös visszacsatolás módszerét alkalmazva megvizsgáltam a megvalósított mechanikai-biológiai kezelőművek technológiai és üzemelési adatait, amelyek alapján meghatároztam, hogy új létesítmény tervezésénél a jelenlegi feltételek mellett, a technológiai, gazdasági, környezeti és társadalmi optimum együttes eléréséhez:

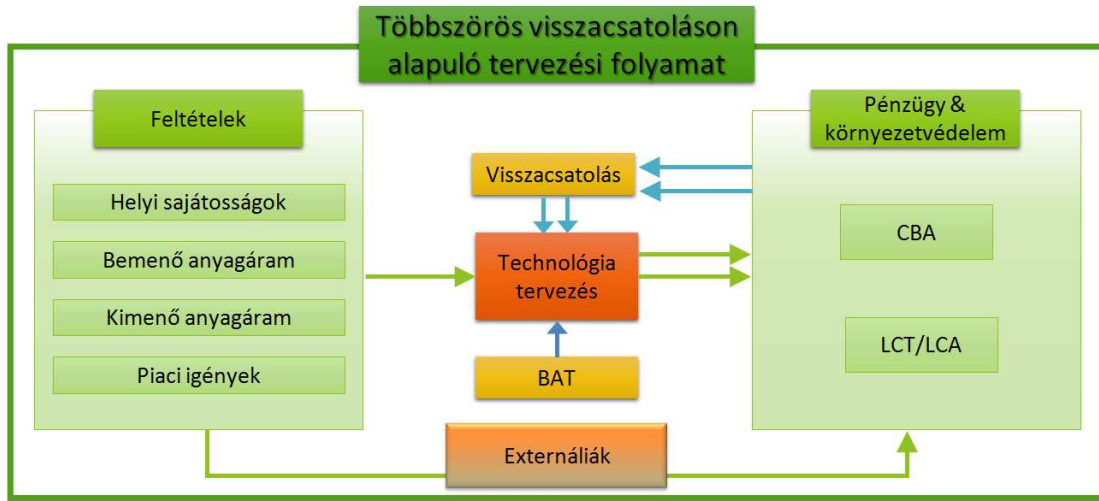
- a technológiát 30% feletti tüzelőanyag kihazatalra és 50% alatti, kezelt hulladék lerakásra kell tervezni úgy, hogy*
- 1 tonna kezelt hulladékra jutó teljes költség, beértve a hasznosítás, az ártalmatlanítás és a kapcsolódó lerakási járulék költségét is, ne haladja meg a 11755 forintot, továbbá*
- 1 tonna kezelt hulladékra jutó CO₂ megtakarításnak – a hulladéklerakáshoz képest - el kell érni a minimum 200 kg CO₂ egyenértéket.*

Eredményeim alapján új MBH tervezésénél fenti paraméterek teljesítésével maximalizálható a technológiai, gazdasági, környezeti és társadalmi hatások összessége.

A tervezésénél a bemenő anyagáram sajátosságain alapuló technológia paraméterek meghatározásán és a várható környezeti hatások értékelésén túl vizsgálni kell az MBH létesítmény pénzügyi, gazdasági fenntarthatóságát is. A pénzügyi elemek: befektetések, működési költségek, bevételek, díjak és támogatások, valamint az LCA-ből származó környezeti költségek és hasznok együttes elemzésbe való bevonásával a lehető legjobb változatot lehet meghatározni mind a környezeti, mind a pénzügyi szempontokat tekintve.

Az MBH technológiai tervezési fázisának összetett, több szempontú változatelemzést kell tartalmaznia, amely a rendelkezésre álló legjobb technológia elérésére és az anyagáramok optimális szétválasztására összpontosít, továbbá célja az újrahasznosításra vagy az energiatermelésre alkalmas frakciók minőségének és mennyiségének maximalizálása.

A többszörös visszacsatoláson alapuló tervezési folyamatot az 1. ábra mutatja be.



1. ábra: Többszörös visszacsatoláson alapuló tervezési folyamat modellje

Forrás: saját szerkesztés

Az eredmények hasznosítása

A kutatási eredményeim alapján a technológiai tervezésénél tudatosabban lehet tervezni és befolyásolni kihozatali arányokat, különösen a tüzelőanyag kihozatal arányát és minőségét, valamint a fémleválasztás hatékonyságát. A műszaki technológiai elemeken túl a tervezés folyamata gazdasági és környezeti oldalról is szerves egységet alkotva kontrolálható és a visszacsatolásokkal már a tervezési szakaszban be lehet avatkozni, ha a technológia megvalósítása aránytalan gazdasági, vagy környezeti teherrel járna.

Magyarországon az elkövetkező 3-4 évben további új MBH üzemek fognak létesülni, például: Székesfehérvár, Szeged, Debrecen, Kecskemét, esetleg Budapest, amelyeknél a többszörös visszacsatoláson alapuló tervezési módszertan használatával a technológiai tervezést és a létesítmények fenntartható üzemeltethetőségét egyaránt biztosítani lehet.

A meglévő, de a piaci követelményeknek nem megfelelő, egyszerű technológiával rendelkező mechanikai előkezelők és mechanikai-biológiai előkezelők fejlesztése is rövid időn belül szükségessé válik. Az üzemeltetési tapasztalatok, az MBH technológiák fejlődése, új berendezések általánossá váló használata és a korábbi tervezési ellentmondások miatt a meglévő MH és MBH üzemek fejlesztése, technológiai kiegészítése is néhány éven belül elkerülhetetlenné válik.

A dolgozathoz kapcsolódó publikációk listája

Leitol Cs. (2016) Multi criteria option analysis in the technology design of mechanical-biological treatment of waste *Pollack Periodica An International Journal for Engineering and Information Sciences* Vol.11 No. 2, 2016, pp. 75-86.

Leitol Cs (2015) Resource efficient technology planning of mechanical biological treatment of waste, In: Iványi Péter (szerk.) Eleventh International Miklós Iványi Phd & DLA Symposium: Abstract Book. 128 p. Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2015.10.19-2015.10.20. Pécs: University of Pécs Pollack Mihály Faculty of Engineering and Information Technology, 2015. p. 73. (ISBN:978-963-642-876-1)

Sarkady A, Kurdi R, Morvai B, Leitol Cs (2015) Diverting Muncipal Solid Waste from Landfill: New Methods in Hungarian Waste Management, In: Al-Kayiem H H, Brebbia C A, Zubir S S (szerk.) *Energy and Sustainability V: Special Contributions*. Konferencia helye, ideje: Kuala Lumpur, Malajzia, 2014.12.16-2014.12.18. Southampton; Boston: WIT Press, 2015. pp. 303-314. (ISBN:978-1-78466-095-6)

Leitol Cs. (2014) Resource and cost efficient selective collection *Pollack Periodica An International Journal for Engineering and Information Sciences* Vol 9.Suppl. 2014. pp.43-54

Kiss T, Leitol Cs, Drescher L, Dolgosné Kovács A, Szűcs I, Vér Cs, Tarkó Z, (2013) Alkalmazásorientált, interdiszciplináris kutatások kivitelezése a hulladékok újrahasznosítása és ártalmatlanítása energia, anyag és emisszió mérlegének számítására. In: Buday-Sántha Attila, Danka Sándor, Komlósi Éva (szerk.) *Régiók fejlesztése 2013/1* pp. 119-123. (ISBN:978-963-642-529-6)

Kiss T, Leitol Cs, Drescher L, Dolgosné Kovács A, Szűcs I, Vér Cs, Tarkó Z., (2013) Magyarországi hulladékgazdálkodási projektek környezeti hasznainak összehasonlító vizsgálata In: Buday-Sántha Attila, Danka Sándor, Komlósi Éva (szerk.) *Régiók fejlesztése 2013/2*: pp. 103-113. (ISBN:978-963-642-530-2)

Leitol Cs. (2013) Implementing an integrated waste management system in Pécs based on life-cycle thinking In: Peter Ivanyi (szerk.) *Architectural, Engineering and Information Sciences - 9th International PhD & DLA Symposium: Abstracts Book*. Konferencia helye,

ideje: Pécs, Magyarország, 2013.10.21-2013.10.22. Pécs: University of Pécs Pollack Mihály Faculty of Engineering, 2013. p. 98. (ISBN:978-963-7298-54-7)

Leitol Cs. (2013) Comparing the costs of waste treatment in a dynamic model *Pollack Periodica An International Journal for Engineering and Information Sciences* Vol. 8 No.3 pp. 127-138. (2013)

Leitol Cs, Nagy Á (2013) Life Cycle Assessment of selective collection management of municipal solid waste In: Peter Ivanyi (szerk.) Architectural, Engineering and Information Sciences - 9th International PhD & DLA Symposium: Abstracts Book. Pécs, Magyarország, 2013.10.21-2013.10.22. Pécs: University of Pécs Pollack Mihály Faculty of Engineering, 2013. p. 111. (ISBN:978-963-7298-54-7)

Geczler I, Leitol Cs (2012) Eljárás kommunális szilárd hulladék kezelésére, másodlagos tüzelőanyag és komposzt előállítására a begyűjtött hulladék vegyes, mechanikai és biológiai kezelésre, Lajstromszám: P 10 00648, Közzététel éve: 2012

Leitol Cs. (2012) Comparing the costs of waste treatment in a dynamic model, In: Iványi Péter (szerk.) Eight International PhD & DLA Symposium: Architectural, engineering and information sciences : abstracts book. 154 p. Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2012.10.29-2012.10.30. Pécs: University of Pécs Pollack Mihály Faculty of Engineering and Information Technology, 2012. p. 97. 1 p. (ISBN:978-963-7298-48-6)

Leitol Cs. (2012) Resource efficiency of Hungarian recycling systems, *Pollack Periodica An International Journal for Engineering and Information Sciences* Vol. 7, No. 2, 2012, pp. 117–127

Leitol Cs. (2012) Resource efficiency in the selective waste collection of Hungary, In: Hana Simonová (szerk.) JUNIORSTAV 2012: 14th International Conference of PhD Students. Konferencia helye, ideje: Brno, Csehország, 2012.01.26 Brno: Brno University of Technology, 2012. p. 501. (ISBN:978-80-214-4393-8)

Leitol Cs. (2011) Resource efficiency and waste management, In: Iványi Péter (szerk.) Research conference on information technology: honoring volume on Pollack Mihály Faculty of Engineering and Information Technology: Seventh International PhD & DLA Symposium, october 24-25, 2011. Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2011.10.24-2011.10.25. Komló: Rotari Press, 2011. p. C87.(BME PA közlemény 125716) (ISBN:978-963-7298-46-2)