

VAHŐI ÇÖP DEPOLAMAYA SON



Prof. Dr. Mustafa ÖZTÖRK
MüsteŐar
evre ve Őehircilik Bakanlığı

ANKARA-2017

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	3
2. MEKANİK BİYOLOJİK ARITMA (MBA).....	8
3. HAVALI ORTAMDA MBA	12
3.1. Biofilm Örtü.....	15
4. BİYOLOJİK ARITMA KADEMESİNİ İZLEME.....	16
4.1. Yığın İçindeki Sıcaklık Değişimi	16
4.2. Gaz Kompozisyonu	18
4.3. Su Muhtevası	19
4.4. Katı Madde	20
5. MBA TESİSİ MALİYETİ.....	21
6. KAYNAKLAR	23

1. GİRİŞ

Çöp bertarafı tüm şehirlerin en önemli sorunlarından biridir. Katı atıkların, vahşi veya düzenli olarak depolanması diğer bertaraf metotlarına göre en ekonomik olanıdır. Kontrolsüz olarak katı atıkların depolanması ise hem küresel ısınmaya katkı sağlamakta hem de toprak, yer altı ve yüzeysel suların kirlenmesine neden olmaktadır.

ABD’de yıllara göre katı atık depolama tesis sayısındaki değişim;

- 1978 yılında yaklaşık olarak 20.000 iken,
- 1988 yılında bu değer 5.499’a düştü,
- 2002 yılında gerçek rakam 3.091,
- 2008 yılında EPA tahminlerine göre 1.234’dür.

Gelişmiş ülkelerde yıllara göre katı atık düzenli depolama tesis sayısında ciddi düşüşler yaşanmaktadır. Katı atık düzenli depolama metodu diğer katı atık bertarafına göre en ucuz bertaraf metotlarından biri olmasına rağmen işletme maliyeti ve çevresel kaygılardan dolayı düzenli depolama tesisi sayısı sürekli düşmektedir. Benzer uygulamalar Almanya ve İngiltere için de geçerlidir.

Çöp içindeki biyo-bozunabilir organik maddeler (bio-organik maddeler) depolama alanlarında zamanla bozunarak en önemli sera gazı olan metan ve karbondioksit gazlarına dönüşmektedir. Bir ton çöpten belli süre içinde depolama alanında yaklaşık olarak 200 m³ depo gazı oluşmaktadır. Depo gazında %50-60 oranında metan gazı bulunmaktadır. Buna göre bir ton çöpten depolama alanında 80 ila 120 m³ metan gazı oluşmaktadır. Metan gazının yoğunluğu (15 °C ve 1 bar) 0,671 kg/m³’dir. Dolayısıyla bir ton çöpten 54-81 kg metan gazı oluşur. Metan gazı karbondioksit gazına göre 28 kat daha fazla sera etkisine sahiptir. İngiltere, Amerika ve Almanya gibi ülkelerde sera gazı salınımının önemli kısmı çöp depolama alanlarından kaynaklanmaktadır.

2002 yılı verilerine göre ABD’de salınan sera gazının %8,6’sını metan gazı oluşturmaktadır. Bu gazın %32’si ise düzenli depolama alanlarından kaynaklanmaktadır. İngiltere’de toplam sera gazı emisyonununun %7’si metan gazıdır. Metan gazının önemli emisyon kaynağı ise çöp depolama alanıdır.

Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı verilerine göre, 2014 yılı toplam atık miktarı yaklaşık 31milyon tondur. Atıklar içerisinde belediye atıkları (27,13 milyon ton) %87 pay ile ülkemizde en fazla üretilen atık türü olup, geri kalan yaklaşık % 13'lük kısmını ambalaj atıkları, tıbbi atıklar, tehlikeli atıklar ve özel atıklar oluşturmaktadır. Belediye atığının 17,5 milyon tonu düzenli depolama yöntemiyle bertaraf edilmekte iken yaklaşık 8 milyon ton atık düzensiz döküm ile araziye bırakılmıştır. 2014 yılında atık üretimi ve yönetimi dikkate alındığında ülkemizde oluşan atığın % 11'i (ambalaj atıkları geri kazanımı, kompost, biyometanizasyon yöntemleri ile) geri kazanılmakta, % 61'i düzenli depolama, %28'i de düzensiz döküm sahalarına bırakılmaktadır.

Ülkemizde 2003 yılında düzenli depolama tesisi sayısı 15 iken 2017 yılı ilk yarısı itibari ile düzenli depolama tesisi sayısı 84'e yükseltilmiştir. Bu tesisler ile 1112 belediyede 52,7 milyon nüfusa hizmet verilmektedir. 2017 yılında düzenli depolama sahası kuran ve işleten il sayısı ise 59'dur. Bununla birlikte yaklaşık 900 civarında düzensiz döküm sahası bulunmaktadır. Bu sahalarda rehabilite edilmemiş olup sahalarda aktif döküme devam edilmektedir.

Düzenli depolama, biyometanizasyon ve düzensiz döküm sahalarından kaynaklanan biyogaz veya depo gazından enerji eldesi mümkün olmaktadır. 29 ilde biyogaz tesisi (depo gazı, biyometanizasyon) faaliyet göstermekte olup tesisler; Adana, Afyonkarahisar, Aksaray, Amasya, Ankara, Antalya-Manavgat, Bolu, Bursa, Denizli, Elazığ, Gaziantep, Hatay, Isparta, İstanbul, Kırıkkale, Kayseri, Kocaeli, Konya, Malatya, Mersin, Nevşehir, Sakarya, Samsun, Sivas, Şanlıurfa, Tokat, Trabzon, Uşak, Zonguldak illerinde bulunmaktadır. Bu tesislerden fiili olarak üretilen elektrik miktarı yılda yaklaşık 900 bin MWh'ın üzerindedir. Ankara, Konya, Malatya ve Kayseri illerinde ise rehabilite edilmiş düzensiz döküm sahasından fiili olarak 230 bin MWh elektrik üretimi sağlanmaktadır. Ankara, Adana, Kocaeli ve Samsun illerinde biyometanizasyon tesisinden üretilen gaz, depo sahasından çekilen depo gazı ile birlikte yakılarak elektrik üretilmektedir.

Ülkemizde mevcut düzenli depolama ve düzensiz döküm sahalarından kaynaklanan depo gazının toplanması ve toplanarak enerjiye dönüştürülmesi mevcut düzensiz döküm sahalarının kapatılması ve yeni düzenli depolama sahalarının açılarak depo gazının toplanma oranının artırılması ile mümkün olacaktır. Buna göre, depo gazı potansiyeli yaklaşık olarak 2 milyar m³ olup bu sahalardan elde edilebilecek enerji potansiyelinin yaklaşık olarak 2,5 milyon MWh olacağı tahmin edilmektedir. Bu kapasite, sahalarda yapılacak detaylı fizibilite

çalışmaları ile belirlenmelidir. Potansiyelin kullanılması ve gerekli yatırımların yapılabilmesi için bu bilgiler temelinde depo gazının üretimi, toplanması ve kullanılması ile ilgili daha net hesaplamalar yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Çöpler düzenli depolama alanlarında bertaraf edilecekse bu alanlarda oluşan/oluşacak depo gazları toplanmalı ve enerji amacı ile kullanılmalıdır. Artık çöp depolama tesisleri bioreaktör haline dönüştürülerek, depo gazları çevre ile uyumlu şekilde değerlendirilmelidir.

AB 1999/31/EC Düzenli Depolama Direktifine göre depolama alanına kabul edilebilecek katı atık içindeki biyolojik olarak bozunabilir organik madde oranı, 1995 yılı baz alınarak 2006 yılından başlayarak 2020 yılı sonuna kadar kademeli olarak azaltılacaktır. (Tablo1)

Tablo 1. A.B. Depolama Direktifine Göre Bio-Bozunur Organik Madde Azaltma

Uygulama Yılları	Azaltma (%)
5 yıl (2006/2010)	25
8 yıl (2009/2013)	50
15 yıl (2016/2020)	65

Almanya gibi birçok Avrupa ülkesinde depolanacak çöpler için bazı sınır değerlerini sağlaması istenmektedir. Almanya'daki depolama alanında kabul edilecek atıklar için istenilen özellikler Tablo 2'de verilmiştir.

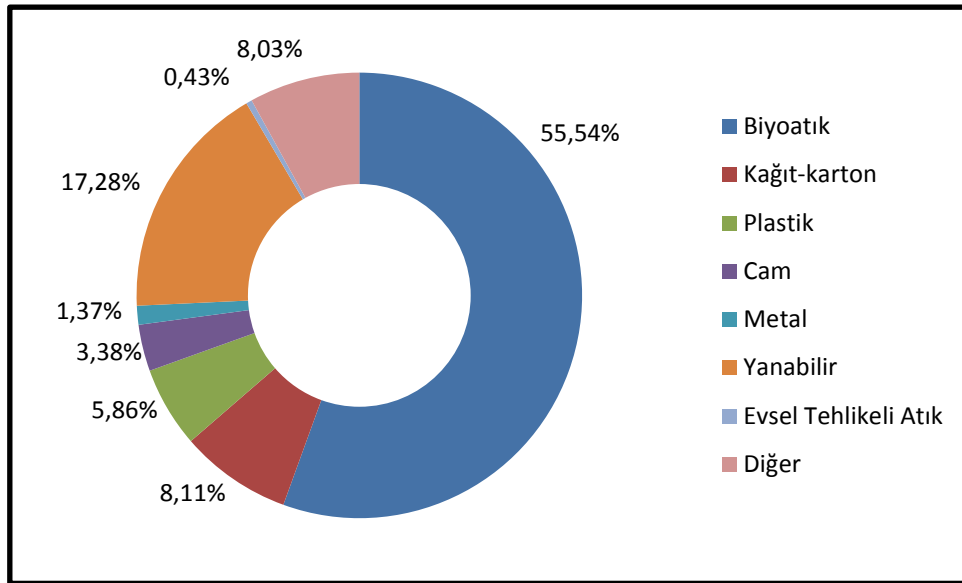
Tablo 2. Almanya'da Düzenli Depolama Alanlarına Kabul Edilecek Evsel Çöpün Özellikleri

Parametreler	Hedef Değerler
Solunum Aktivitesi (RA₄)	≤5 mg O ₂ /g kuru kütle
Gaz Oluşum Potansiyeli L (GF₂₁)	20 N ml/ g kuru kütle
TOC eluat	≤250 mg/litre
TOC katı	-%18
Kaba Kalorifik Değer	≤6000 kJ/kg

Dolayısıyla biyo-bozunabilir mutfak, restoran, lokanta, sebze hali, orman ürünleri işleme tesisleri atıkları, park ve bahçe atıkları belli program dahilinde ayrı olarak toplanacak ve düzenli depolama alanlarına gitmesi önlenecektir. Biyo-bozunabilir atıkların düzenli depolama alanlarına gitmesi önlenerek depolama alanlarında metan gazı oluşumu önemli

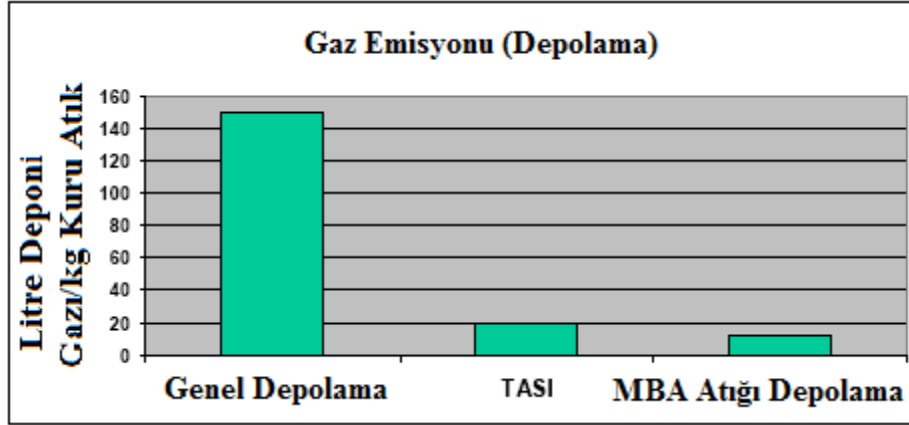
oranda önlenecektir. Türkiye’de depolama alanına kabul edilecek biyo-bozunabilir atıkların azaltılması ile ilgili bir planlama çalışması yapılmalıdır. Böylece çöp depolama alanlarından ileri gelen metan gazı emisyonu azaltılabilir.

Türkiye’de oluşan çöp kompozisyonu Şekil 1.1’de verilmiştir. Bu şartlara göre; biyo-bozunabilir atıklar diğer çöplerden kaynakta ayrıştırılacak ve ayrı olarak bertaraf tesislerine taşınacaktır. Depolama alanına gidecek çöp içindeki biyo-bozunabilir atıklar azaltılırken bu atıkların işlenmesi ile ilgili alternatif metotlar gündeme gelmiştir. Bunlar, kompost üretimi, yakma, mekanik biyolojik arıtma ve biyokurutma gibi tekniklerdir. Başta Almanya olmak üzere birçok Avrupa ülkesinde biyo-bozunabilir atıkların bertarafı için yüzlerce tesis kurulmuştur. Kurulmaya devam etmektedir. Böylece kontrolsüz olarak depolama alanlarında metan gazı oluşumunun önüne geçilmeye çalışılmaktadır. Çöp depolama alanlarından ileri gelen sera gazı salınımının en aza indirilmesi hedeflenmektedir. Biyo-bozunabilir atıkların işlenmesinde alternatif metotlardan birisi de mekanik biyolojik arıtma metodudur. Yakma sisteminde enerji üretilir, atık miktarı önemli oranda azalır, hava kirliliği riski bulunmakta olup yüksek maliyetli ve baca gazı tozunu bertaraf etmek maliyetlidir. Aerobik arıtma maliyeti düşük olup uzun süre ve geniş alan gerekmekte ve enerji üretilmemektedir. Mekanik biyolojik arıtma (MBA) metodu, yakma metoduna göre yatırım ve işletme maliyeti bakımından daha ekonomik bir atık işleme metodudur. Bu yüzden önemli bir alternatif bir atık işleme yöntemidir.



Şekil 1.1. Türkiye atık kompozisyonu (2014)

Depolama alanlarından ileri gelen metan gazı emisyonu MBA ile %90 oranında azaltılır. MBA sonucu elde edilen ürün çimento sanayi gibi tesislerde yakılabilir, içindeki ağır metal muhtevasına bağlı olarak kompost olarak kullanılabilir, dolgu malzemesi olarak (yol şevlerinde ve maden ocaklarında) kullanılabilir ve depolanabilir. Stabilize olmuş MBA ürünü depolandığı zaman sızıntı suyu ve depo gazını kontrol etmeye gerek yoktur. MBA ürününü depolamak için daha az yere ihtiyaç vardır. MBA ürünleri daha yoğun olarak depolanabilir.

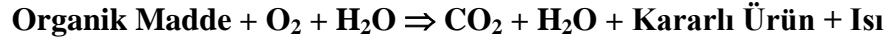


Şekil 1.2. Çeşitli Katı Atık Bertaraf Tesisinde Depo Gazı Emisyonu

Son 15 yıl içinde MBA teknolojisi ciddi oranda gelişmektedir. Bugün Almanya'da 6,350 milyon ton çöp MBA tesislerinde işlenerek stabil hale getirilmektedir.

2. MEKANİK BİYOLOJİK ARITMA (MBA)

MBA'nın temel amacı, çöpleri depolamadan önce atık içinde bulunan biyo-bozunabilir atıkların kontrollü şartlarda ön işleme tabi tutulmasını kapsamaktadır. MBA tesisinde belli ısı şartlarında biyo-bozunabilir atıklar aerobik şartlarda karbondioksit, su ve kararlı bio-kütleye dönüşür. Böylece düzenli depolama alanlarından kaynaklanan kirlilik, sera gazı salınımı ve sızıntı suyu kontrol altına alınır.



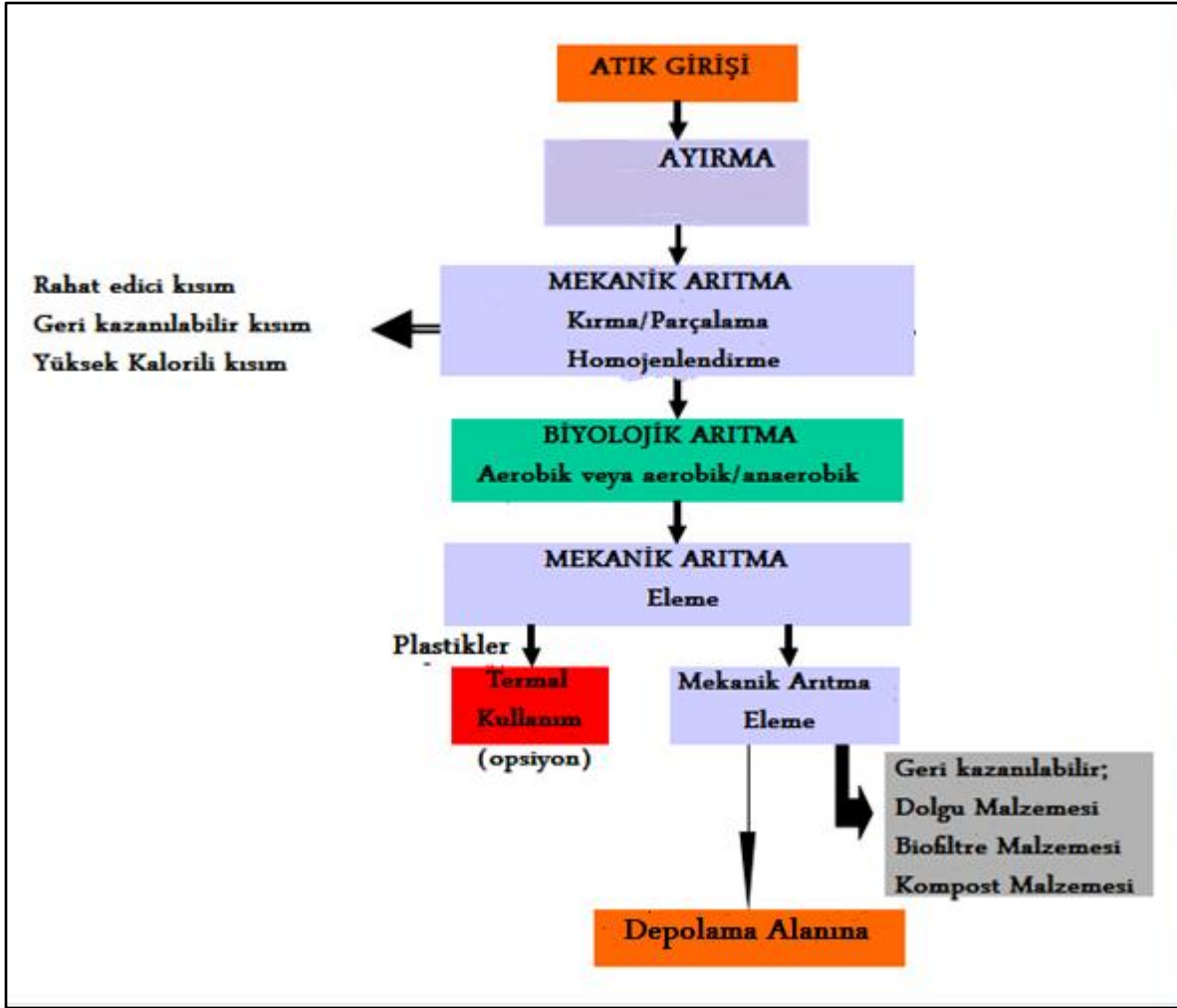
MBA metodunun birincil önceliği, çöp içindeki biyo-bozunabilir atıkların stabilizasyonunu sağlayarak düzenli depolama alanlarından ileri gelen çevresel kaygıları minimize etmektir. MBA metodu ile değerli malzemeler geri kazanılır. Kompostlama ile MBA terimleri sık aralıklarla birlikte kullanılır. Çünkü her iki yaklaşım oldukça benzer tekniklere dayanır.

Tablo 3. Kompostlama ile MTA Arasındaki Fark

Proses	Ana Konular	Girdiler
Kompostlama	Yüksek kalite, pazarlanabilir toprak şartlandırıcı elde etmek	Ürün kalitesi üzerindeki nihai etkileri tanımlanmış girdiler
MBT	Yoğun stabilizasyon yolu ile atık bozunmasından ortaya çıkan çevresel kirliliği minimize etmektir.	Karışık evsel atık

MBA metodu, Şekil 2.1 'de görüldüğü gibi genel olarak aşağıdaki kademeleri içerir. Bu kademeler basit ve uygulanabilir sistemleri oluşturmaktadır. Bu kademeler genel olarak;

- Atık girdileri, kontrolü ve ayrıştırma,
- Mekanik şartlandırma,
- Biyolojik arıtma,
- Artılmış atığın bir depolama alanına yerleştirilmesi, yakılması veya kompost olarak kullanılmasıdır.



Şekil 2.1. Mekanik Biyolojik Arıtma Kademeleri

MBA da atık girdileri, kontrolü ve ayrıştırma;

1. Gelen çöp içindeki tüm çöp torbalarının açılması,
2. Kaba, zarar verici (büyük metal parçaları ve inşaat atıkları gibi) ve tehlikeli (akü gibi) maddelerin gözle kontrolü ve ayrıştırılması (Homojelendirme işlemine zarar vermemesi amacıyla bunu yapmak gerekir),
3. Çöp içinde yakıt olarak kullanılabilir yüksek kalorili materyallerin, ambalaj atıkları gibi geri kazanılabilir atıkların ayrıştırılması (eleme:80-150 mm, zaman zaman hava ile ayırma),
4. Geri kazanılabilir (metal gibi) atık bileşenlerinin ayrılması (magnetik ayırma (Fe) ve zaman zaman eddy akımı ayırma (demir dışı metallere)),

kademelerinden oluşmaktadır.

Biyolojik arıtma için mekanik şartlandırma;

1. Atığın parçalanması,
2. Karıştırılması,
3. Gerekirse nemlendirilmesi,
4. Homojelendirme (kesici /karıştırıcı tamburu)

kademelerinden oluşmaktadır. Mekanik şartlandırmanın uygulanması için özelliği olan iş makinesine ihtiyaç vardır.

Parçalanmış atıklar iyi bir şekilde karıştırılarak homojen hale getirilir. İyi bir karıştırma belli süre alır. Homojelendirme esnasında çöp içinde yeterli nemin olması için çöp içine bazen su ilave edilir. Çöp içinde yeterli oranda nem olduğu zaman homojelendirme işlemi başlar. Bazı atıklar için nemlendirmeye gerek yoktur. Homojelendirme işlemi için özel iş makinesi kullanılması gereklidir. Bu homojelendirme makinesi başta çöp torbalarının parçalanması olmak üzere çöplerin nemlendirilmesini ve atıkların homojen hale getirilmesini sağlayıcı donanımda olmalıdır. Homojelendirme makinesinin içini gösteren fotoğraf Şekil 2.2 'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Homojelendirme İş Makinesine Ait Görüntü

Homojelendirme işleminden sonra biyo-bozunabilir atık biyolojik arıtma ünitesine transfer edilir. Daha sonra atığın etkili yoğun biyolojik arıtılma kademesi olan, biyolojik arıtma kademesine gelinir.

Biyo-bozunabilir atıkları biyolojik arıtmanın temel iki metodu vardır.

Bunlar;

- Aerobik bozunma, yani atmosferik oksijen mevcudiyetinde bozunma,
- Anaerobik bozunma, fermantasyon olarak da belirtildiđi gibi atmosferik oksijensiz ortamda bozunmadır.

MBA ile çöp ağırlığı yaklaşık %60 azaltılır. Bu atık depolanmak istendiği zaman önemli oranda alan kazanılmış olur.

3. HAVALI ORTAMDA MBA

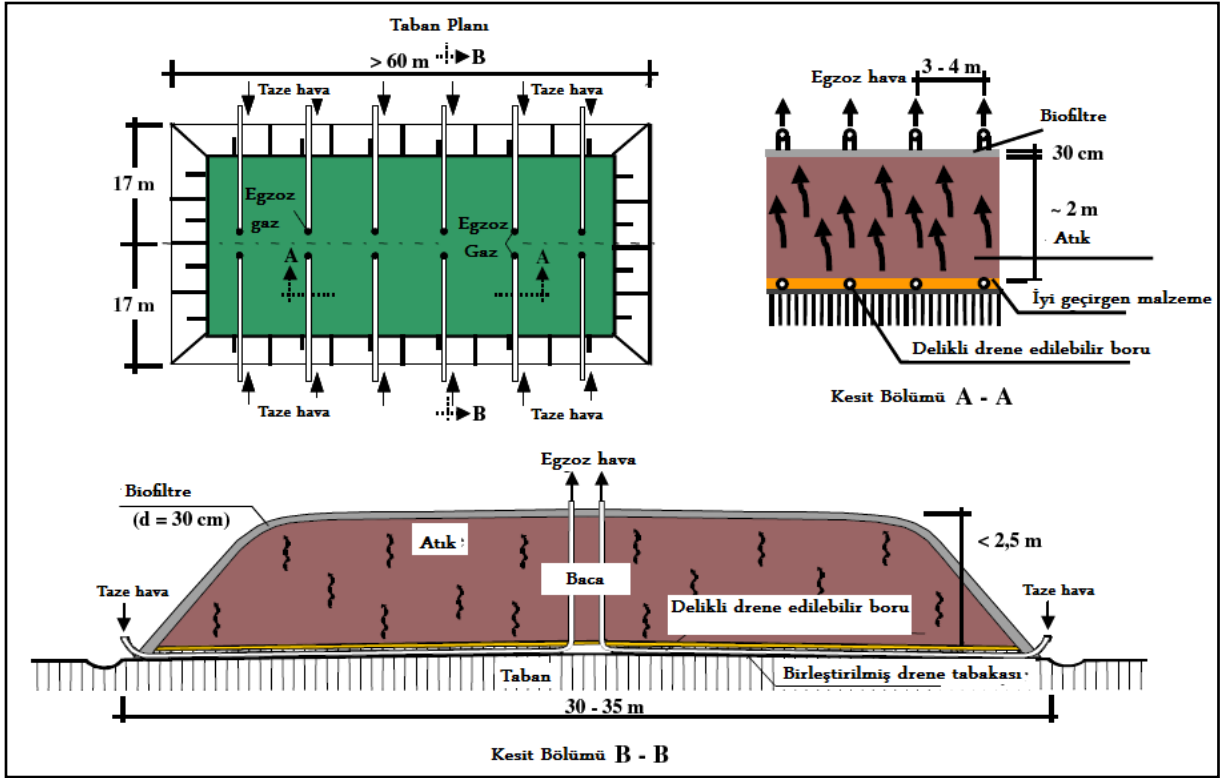
Biyolojik arıtma işleminin yapılacağı yığının tabanı geçirimsiz olmalıdır. Belli kalınlıkta beton ile bu yapılabilir. Beton malzemenin sızıntı suyuna dayanıklı olması gereklidir. Aksi durumda, beton aşınır. Yığın tabanında biriken sızıntı sularının toplanması için taban betonu en az %1 oranında eğimli olmalıdır. Yığınlar arasında ızgaralı kanallar yolu ile sızıntı suları bir depoda toplanır. Yığınlar arası sızıntı suyu toplama kanallarına ait detay Şekil 3.1’de verilmiştir.



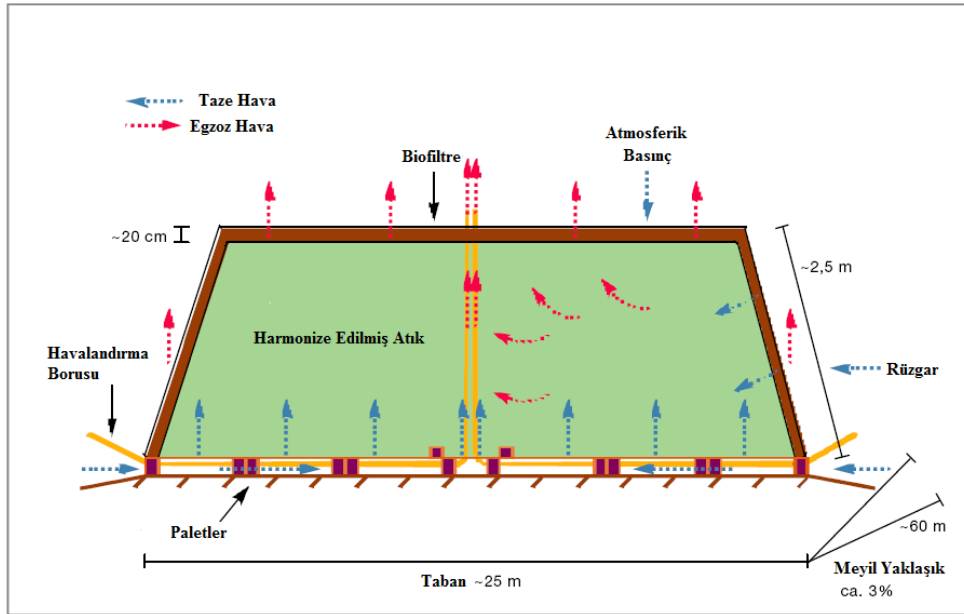
Şekil 3.1. Sızıntı Suyu Toplama Kanalları

Kanallarda toplanan sızıntı suları bir havuzda toplanır ve yığın içinde nem oranının belli oranda kalması için geri verilir.

MBA tesisinin biyolojik işlem kısmı ile ilgili bir uygulama örneği Şekil 3.2’de verilmiştir. Şekil 3.2’de görüldüğü gibi yığın uzunluğu yaklaşık olarak 60 metredir. Yığın genişliği 34 metredir. Zemin beton üzerine paletler konmuştur. Paletler arasından hava girmesi için bu yapılmıştır. Yığın içindeki bio-bozunur organik atıkların havalandırma boruları arasındaki mesafe 3 ila 4 metredir. Borular deliklidir.



Şekil 3.2. MBA İşleminde Biyolojik İşlemin Yapıldığı Kısımın Detayları



Şekil 3.3. MBA Yığın Görüntüsü Kesiti

MBA işlemindeki biyolojik arıtmada taban düzenlemesi, zemin üzerine yerleştirilen paletler ve havalandırma boruları önemli masraflardır. Çeşitli işyerlerinde kullanılmış paletler gerekli tamiratlar yapıldıktan sonra tekrar kullanılabilir. Böylece palet maliyeti düşürülebilir. Bunun yanında ayıklanan ve parçalanmış atıkların hazırlanan alana yerleştirilmesi için kullanılan iş

makinesi ve örtü malzemesi diğer önemli masraflardandır. İş makinesi olarak bir loader yeterlidir.



Şekil 3.4. MBA Tesisinde Kullanılan Paletler ve Havalandırma Dreni

Mekanik biyolojik arıtma sistemi tabanından sızıntı suyu dren edilir.

Yığın yüksekliği en az 1,8 metre en fazla 2,5 metre olmalıdır. Yığın 2,5 metreden daha yüksek olmamalıdır. Aksi durumda yığın içindeki çöpün yoğunluğu artar. Yoğunluğu artan çöpü aktif veya pasif olarak havalandırmak güçleşir. Havalandırmanın güçleştiği yerlerde anaerobik faaliyet başlar. Havalı ortamda biyolojik arıtma işleminin yapıldığı yerlerde bu olay istenmez.

MBA' da bir m^2 alan içine bir ton çöpün konması esastır. Buna göre yığın içindeki çöpün yoğunluğu yaklaşık olarak $0,5 m^3/ton$ dur. 100.000 nüfuslu bir belediyede günlük oluşan çöp miktarı yaklaşık 135 tondur. Günlük depolama için gerekli alan miktarı yaklaşık olarak $68 m^2$ 'dir. Çöp içindeki biyo-bozunabilir atıklar bir yıl içinde kararlı hale gelmektedir. Buna göre MBA tesis için gerekli alan miktarı yaklaşık $25.000 m^2$ 'dir.

3.1. Biofilm Örtü

Yığın örtü malzemesi olarak odun kırıntısı, kompost veya stabilize edilmiş malzeme kullanılabilir. Hidrolik ekskavatör ile hazır hale getirilen yığın üzeri yarı geçirgen malzeme ile 20-40 cm kalınlığında örtülür. Örtü malzemesi çöp yığını içinde ısının homojen dağılmasına yardımcı olur. Isının depolama alanı üzerinden yayılması azaltılır. Yığın içinde nemin homojen dağılmasını sağlar. Yığın içinde oluşan istenmeyen kokunun yayılmasını önler. Martı normal depolama alanlarında bol bulunur. MBA tesisinde biofiltre örtü dolayısıyla martı bu tür tesislerde görülmez. Martılar gibi kuşlar bu gibi yığınlarda gıda bulamazlar. Uçucu maddelerin kaçması ve diğer haşerelerin yaşaması önlenir. Biofiltre ile birlikte haşere ve istenmeyen canlılar da ortamda barınamaz. Biofiltre yağmur suyunu tutar. Biofiltredeki organik maddelerin kısmi bozunması sağlanır. Örtülen yığın içine basınçlı veya basınçsız hava verilebilir.

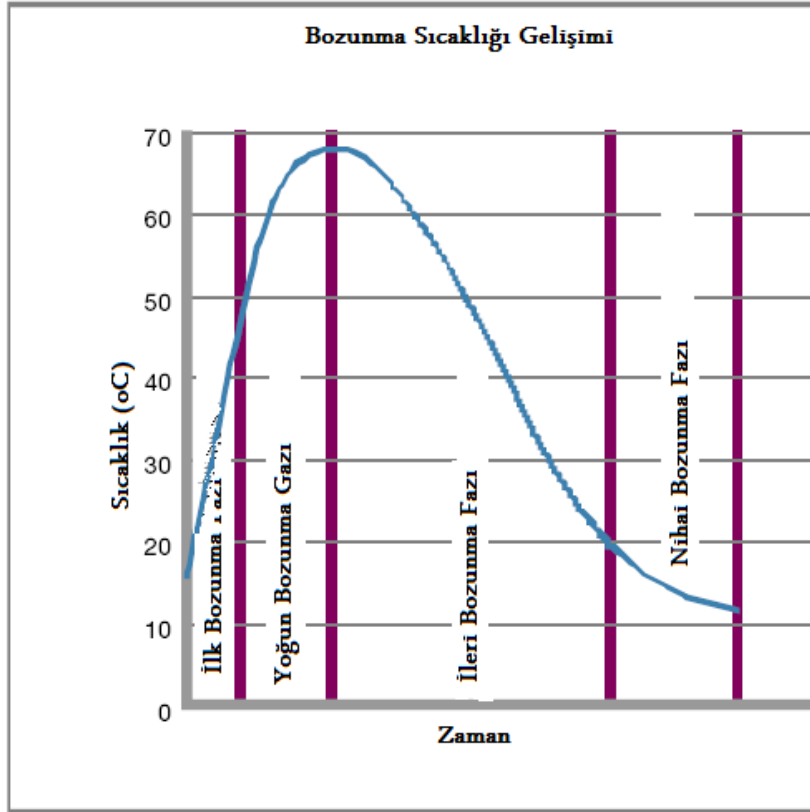


Şekil 3.5. MBA Tesisi Biyolojik Arıtma Ünitesinde Kullanılan Biofiltre Örneği ve Uygulaması

4. BİYOLOJİK ARITMA KADEMESİNİ İZLEME

4.1. Yıgın İçindeki Sıcaklık Değişimi

Çöp yığıldıktan sonra ilk iki hafta içinde yıgın içindeki sıcaklık yükselmeye başlar. Bu kademe biyo-bozunabilir atıkların biyolojik bozunmasının en önemli kademesidir. Çöp yığını içinde biyo-bozunabilir atıklar biyolojik bozunma işlemi sonucu enerjiyi serbest bırakır. Yıgın içinde sıcaklık artar ve buna bağlı olarak mikroorganizmaların aktivitesi artar. Biyo-bozunabilir atıkların mikroorganizmalar tarafından bozunması sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık 70 °C'ye geldiği zaman biyolojik bozunma maksimum olur. Yıgın içinde bozunma sıcaklığı gelişimi Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. MBA da Bozunma Sıcaklığı Gelişimi

Bu kademedeki sonraki kısım daha uzun süre alır. İlk ve ikinci kademe sıcaklıkta farklı yükselme olmaz.

Faber tarafından yapılan bir çalışmaya göre yıgın içindeki sıcaklık ilk 3 ay içinde yaklaşık 60-70 °C arasında devam eder. Yüksek sıcaklıkta atıklar hijyenik olarak temizlenir. Müteakip günlerde kademeli olarak yıgın içindeki sıcaklık düşer. Bu kadar yüksek sıcaklıkta uzun süre

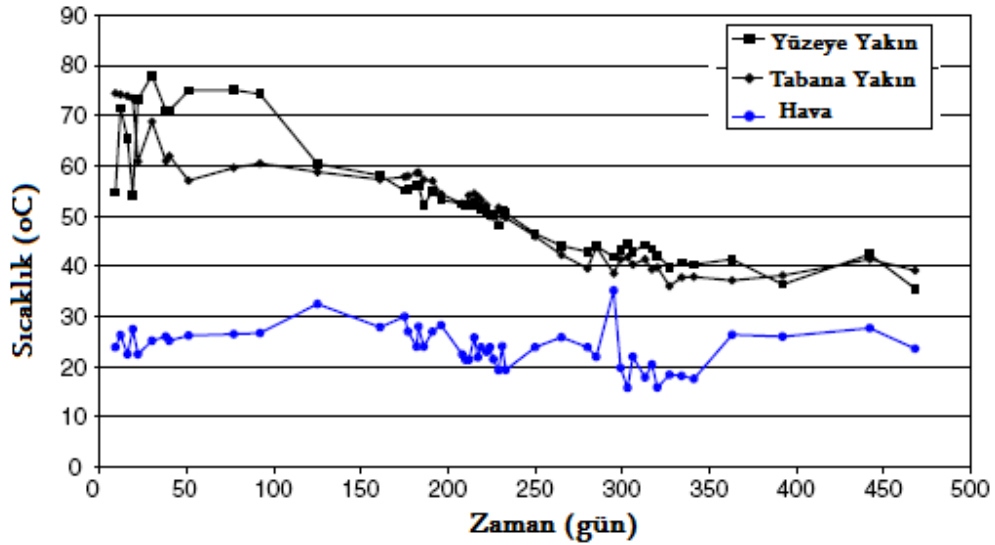
kalınması ile bazı patojenik mikroorganizmalar da ortamda sterilize edilir. MBA’da işlenmesi sonucu elde edilen ürün daha hijyen olur.

Biyolojik arıtma yığını içinde sıcaklık sürekli izlenerek optimum bozunma sıcaklığı belirlenmelidir. Sıcaklık bir sıcaklık sensörü ile belirlenir. Yığın içindeki sıcaklık yerden yaklaşık 1,5 metre yükseklikte ölçülmelidir. Bu yüksekliğe dikkat edilmelidir. Çünkü beton veya asfalt zemin sıcaklığından sensör etkilenmemelidir. Haftada bir sıcaklık ölçümü yapılmalıdır.

Yığın üzerinde çeşitli noktalarda yığın içindeki sıcaklık ölçümü yapılır. Biyo-bozunabilir atıkların bozunması için en uygun sıcaklık aralığı 55-70 °C’dir. Yığın içindeki sıcaklık 50 °C’nin altına düşerse yığın içindeki biyo-bozunabilir atıkların bozunma süresi uzar.

İlk kademede sıcaklığın düşük olması çöpün aşırı nemli olduğunu gösterir.

Çöp yığını içindeki sıcaklık Şekil 4.2’de verildiği gibi kademeli olarak düşmektedir. Sıcaklık her gün aynı saatte ölçülmelidir. Bazı çalışmalarda sıcaklık saat 14’de ölçülmüştür.



Şekil 4.2. MBA’de Yığın İçindeki Sıcaklık Değişimi

Yığın içindeki sıcaklık kararlı hale geldiği zaman yığın içindeki biyolojik işlem tamamlanmış demektir. Artık yığın kaldırılabilir.



Şekil 4.3. Yığın içinde Sıcaklık İzleme

4.2. Gaz Kompozisyonu

Aerobik bozunma, oksijene bağımlı mikroorganizmalar tarafından biyo-bozunabilir atıkların bozunmasına dayanan bir işlemdir. Bu işlem esnasında karbon dioksit, su ve ısı serbest hale geçer. Geriye bir stabil bakiye kalır. Oksijen olmadığı zaman ortam aerobik şartlardan anaerobik şartlara dönüşür. Bu durum metan oluşumuna neden olur. Dolayısıyla yığın içindeki oksijen, karbondioksit ve metan gazları izlenerek yığın içine yeterli oksijenin girip girmediği izlenmelidir.

İdeal şartlarda yığın içinde asgari oksijen konsantrasyonu %10 (hacimce) olmalıdır. Mikroorganizmaların biyo-bozunabilir atıkları sindirmeleri için bu gereklidir. Oksijen biyo-bozunabilir atıklar ile reaksiyona girerek karbondioksite dönüşür. Yığın içindeki karbondioksit konsantrasyonu ise zamanla %10 mertebesine ulaşır. Metan, biyo-bozunabilir atıkların anaerobik şartlarda bozunmasının bir belirtisidir. Yığın içinde metan konsantrasyonu genel olarak hacimce %1 mertebesindedir. Yığın içinde metan gazı konsantrasyonu %5'i aştığı zaman yığın içinde ciddi sıkıntı var demektir. Anaerobik şartlardan aerobik şartlara dönüş uzun zaman alır. Yığın içinde oksijen konsantrasyonu hacimce %10 değerinin altına düşerse karbondioksit konsantrasyonu önemli oranda yükselir. Bu ortama yeterli oksijen

girmedigini gösterir. Ortamda metan konsantrasyonu artmaya başlayınca ortamın aerobik şartlardan anaerobik şartlara dönüşmeye başladığını gösterir. Aerobik bozunma işleminin zarar gördüğünü gösterir.

Karbondioksit konsantrasyonundaki herhangi bir artış oksijen konsantrasyonundaki azalışla başlar. Herhangi bir zamanda oksijen konsantrasyonu hacimce %5'in altına düşerse karbon dioksit konsantrasyonu önemli oranda artar. Tersine, karbondioksit konsantrasyonu hacimce %5'in altına düşerse derhal oksijen konsantrasyonu hacimce %15 üzerine çıkar.

Yüksek oranda yağışlı günlerde yağmur suyu kısmi oranda biyo-bozunabilir atıkları tıkar ve bunun sonucu yığın içinde anaerobik bölümler oluşur.

Gaz analizleri en az ayda bir defa yapılmalıdır.

4.3. Su Muhtevası

Çöp içindeki biyo-bozunabilir atıkların optimum bozunması için yığın içinde yeterli oranda nem bulunmalıdır. Mikroorganizmaların metabolik prosesleri için yeterli suya ihtiyaçları vardır. Diğer taraftan yığın içinde yüksek oranda nem olması anaerobik hücrelerin oluşmasını teşvik eder. Biyo-bozunabilir atıkların bozunma işlemi esnasında aerobik şartların devamı için su muhtevası belli aralıkta tutulmalıdır.

Almanya'daki çöplerde %40-55 (ağırlıkça) ve Tayland'da ise %65 oranında nem bulunmaktadır. Suriye çöplerinde bu seviye %70 ile %80 arasında değişmektedir. Brezilya çöplerinde ise bu değer yaklaşık %60'dır. Ancak çöp içindeki bu nemin bir kısmı buharlaşma ve diğer işlemlerle ortamdan uzaklaşmaktadır.

Düzenli depolama alanlarından çıkan sızıntı suyu toplanmalıdır. Sızıntı suyu toplama kanalı oluşturulmalıdır. Toplanan sızıntı suyu yığın içine biyolojik reaksiyonu devam ettirmek için kullanılmalıdır. Kuru hava şartlarında sızıntı suyu yığın içinde nem oranını sağlamak için tekrar tekrar kullanılabilir.

Yığın içindeki su muhtevası kontrolü yılda dört defa yapılmalıdır.

MBA işlem sonucu elde edilen ürünün bünyesindeki su miktarı yaklaşık %30'dur.

MBA sızıntı sularında kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI) değeri 6.000 mgO₂/litre iken genç katı atık depolama alanında bu değer 60.000 mgO₂/litredir. MBA sızıntı suyunda BOI değeri

1.100 mgO₂/litre iken depolama sızıntı suyunda bu değer 30.000 mgO₂/litredir. Yani MBA ile sızıntı suyunun KOI ve BOI yükü %90 oranında azalmaktadır.

4.4. Katı Madde

Karışık olarak toplanan MBA tesisine getirilen çöplerin içindeki biyo-bozunabilir atıkların diğer atıklardan ayrılması gereklidir. Özellikle plastik, cam, metaller, kaba atıklar, inşaat ve yıkıntı atıkları ayıklanır. Ak ve pil gibi tehlikeli atıklar mutlaka ayıklanmalıdır. Böylece önemli miktarda çöp miktarı azaltılır. Ambalaj atıkları ve metal atıklar geri kazanılabilir.

MBA sonucu elde edilen üründe toplam organik karbon (TOC), gaz oluşum hızı (GB₂₁) ve dinamik solunum aktivite seviyesi (AT₄) gibi bazı faktörler tespit edilmelidir. Bu parametrelerin kontrolü ürün üzerinde yılda dört defa yapılmalıdır.

MBA işlemi sonucu ürün boyutu 5 ila 60 mm arasında deęiřir.

5. MBA TESİSİ MALİYETİ

Mekanik biyolojik arıtma tesisi ileri teknoloji kullanılarak biyo-bozunabilir atıkların bozunma süresi 2-12 haftaya indirilebilir. Düşük teknoloji tesislerinde bu 40-50 haftadır. Stabilize hale getirilen ürün;

1. Yakılabilir,
2. Kompost olarak kullanılabilir,
3. Biofiltre olarak kullanılabilir,
4. Dolgu malzemesi olarak kullanılabilir,
5. Düzenli depolanır.

MBA tesisinin yatırım ve işletme maliyeti Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. MBA Tesisi Yatırım ve İşletme Maliyeti

Yatırım Maliyeti	Düşük Teknoloji	Yüksek Teknoloji
Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler	10-30 US Dolar/ton	80- 220 US Dolar/ton
Almanya	40-100 US Dolar/ton	250-450 US Dolar/ton
İşletme Maliyeti		
Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler	8-12 US Dolar/ton	15-30 US Dolar/ton
Almanya	20-30 US Dolar/ton	≥50 US Dolar/ton

MBA tesislerinde en büyük yatırım maliyetini paletler ile homojenlendirici oluşturmaktadır. Kullanılmış veya ikinci el paletler kullanılması halinde yatırım maliyeti fevkalade düşer.

MBA tesisi atıkları depolanacağı zaman atık miktarı en az %60 oranında azaldığı için önemli miktarda depolama alanı kazanılır. Sızıntı suyunu arıtmak için tesis kurmaya ve işletmeye gerek yoktur. Stabilize olmuş atık depolandığı zaman depo gazı problemi yoktur. Depolama alanından ileri gelen metan gazı emisyonu %90 oranında azaltılmış olur. Evsel çöpün yoğunluğu genel olarak 0,5-0,75 ton/m³ dür. MBA’ dan elde edilen ürünün yoğunluğu 1,45-1.8 ton/m³ arasında değiştiği için birim alana en az 2-3 kat daha fazla çöp depolamak

mümkündür. Sızıntı suyunun yeraltına sızmasını önlemek için depolama alanı tabanında ilave yatırım yapmaya gerek yoktur. MBA işlemi sonucu oluşan ürünleri depolamak için normal atık depolamaya göre ilave bir yatırıma ihtiyaç yoktur.

6. KAYNAKLAR

1. Josef O.Tränkler, Renuka M. Ranaweera, and Chettiyappan Visvanathan “Mechanical Biological Pretreatment - A Case Study For Phitsanulok Landfill In Thailand” UEEM Program SERD and WEM Program, SCE Asian Institute of Technology P.O. Box 4, Klong Luang Pathumthani 12120, Thailand.
2. Chettiyappan Visvanathan, Joseph Tränkler, Chart Chiemchaisri “ Mechanical-biological pre-treatment of municipal solid waste in Asia”, Environmental Engineering and Management Program, Asian Institute of Technology, Pathumthani, Thailand, Environmental Engineering Program, Kasertsart University, Bangkok, Thailand.
3. Sector Project, “Mechanical-biological Waste Treatment”, Final Report, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 2003.
4. C. F. Mahler*, K. Münnich**, K. Fricke** And L.M.Q. Lima “Experiences With Waste Laboratory Reactors In Brazil”, 2003.
5. Kai MÜNNICH , Gunnar ZIEHMANN, and Klaus FRICKE, Biological pre-treatment of municipal solid waste in low income countries, *Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management 7-10 January 2002, Tunis (EPCOWM'2002)*, p.293-303.
6. Gunnar ZIEHMANN, Kai MÜNNICH and Klaus FRICKE, “Reduction of leachate volume by mechanical-biological treatment of solid waste”, *Proceedings of International Symposium and Workshop on Environmental Pollution Control and Waste Management 7-10 January 2002, Tunis (EPCOWM'2002)*, p.454-472.
7. J. TRÄNKLER, C. VISVANATHAN AND P. KURUPARAN Mechanical Biological Waste Treatment – The South-East Asian Experiences, *Asian Institute of Technology, School of Environment Resources and Development EEM Program, P.O. Box 4 Klong Luang, Pathumthani 12120, Thailand.*
8. Dr.- Ing. Kai Münnich, “Mechanical biological treatment of MSW A potential to reduce the impact on environment”, Leichtweiss-Institute, Department Of Waste Management Technical University Braunschweig, Germany.
9. K. Munnich, C.F. Mahler, K. Fricke, “Pilot project of mechanical-biological treatment of waste in Brazil”, *Waste Management* 26 (2006) 150–157.
10. J. Heerenklage and R. Stegmann, “Overview on Mechanical-Biological Pretreatment of Residual MSW”, Hamburg.
11. Christiane Pereira, MBWT in Brazil, Faber Ambra, Germany, 2007.

12. Tränkler, J., Visvanathan, C., Kurupan, P., 2005. Mechanical–biological waste treatment – the south-east Asian experiences. In: Margherita di Pula, S. (Ed.), Proceedings Sardinia 2005. Tenth International Waste Management and Landfill Symposium. Cagliari, Italy, 3–7 October 2005, Paper 617.
13. GTZ, 2003. Sector project. Mechanical–biological waste treatment. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Division 44 – Environment and Infrastructure, Eschborn, Germany, p. 87.