

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

79154

ARITMA ÇAMURLARININ ÇÖP İLE BERABER
KOMPOSTLAŞTIRILMASI

Çevre Müh. Nur ÖNDER

F. B. E. Çevre Müh. Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Necdet ARAL

Prof. Dr. Necdet ARAL

Prof. Dr. Feriuh FERTÜRK

Prof. Dr. Dincer Topacı

4.12.1998

4.12.1998

4.12.1998

İSTANBUL, 1998

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ.....	i
ÇİZELGE LİSTESİ.....	iii
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Kapsamı.....	1
1.2 Çalışma Yöntemi.....	1
2. ARITMA ÇAMURUNUN TANIMI ve ÖZELLİKLERİ.....	2
2.1. Arıtma Çamurunun Tanımı.....	2
2.2. Arıtma Çamurunun Özellikleri.....	2
2.2.1. Fiziksel özellikler.....	2
2.2.1.1 Özgül ağırlık.....	2
2.2.1.2 Çamurun çökebilme özelliği.....	2
2.2.1.3 Çamurun katı madde konsantrasyonu.....	2
2.2.1.4 Partikül boyutu.....	3
2.2.1.5 Çamurda suyun dağılımı.....	4
2.2.1.6 Çamurun akışkanlık özelliği (rheology).....	5
2.2.2 Kimyasal özellikler.....	7
2.2.2.1 Çamurun ısı değeri.....	8
2.2.2.2 Gübre değeri.....	9
2.2.2.3 Besin değeri.....	9
2.2.2.4 Çamur partiküllerinin elektriksel yükleri.....	9
2.2.3 Biyolojik özellikler.....	10
2.3 Arıtma Çamurunun Suyunun Alınması.....	10
2.3.1 Doğal su alma yöntemleri.....	11
2.3.1.1 Çamur kurutma yatakları.....	11
2.3.1.2 Çamur lagünleri.....	13
2.3.2 Mekanik su alma yöntemleri.....	14

2.3.2.1 Vakum filtre.....	14
2.3.2.2 Pres filtre.....	15
2.3.2.3 Bantlı pres filtre.....	16
2.3.2.4 Santrifujler.....	16
3. KATI ATIKLARIN TANIMI ve ÖZELLİKLERİ.....	19
3.1 Katı Atıkların Tanımı	19
3.2 Katı Atıkların Çeşitleri.....	19
3.3 Katı Atıkların Sınıflandırılması.....	19
3.4 Katı Atık Miktarı.....	20
3.4.1 Evsel katı atıklar.....	20
3.4.2 Endüstriyel katı atıklar	21
3.5 Katı Atık Bileşimi.....	21
4. KATI ATIKLARIN KOMPOSTLAŞTIRILMASI.....	25
4.1 Kompostlaştırmanın Tanımı.....	25
4.2 Kompostlaştırma İşlemine Tesir Eden Faktörler.....	28
4.2.1 Havalandırma.....	28
4.2.2 Sıcaklık.....	29
4.2.3 pH seviyesi.....	30
4.2.4 Karbon - azot oranı.....	31
4.2.5 Su muhtevası.....	32
4.3 Kompostlaştırma Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	33
4.3.1 Yığın tipi kompostlaştırma.....	33
4.3.2 Tank tipi kompostlaştırma.....	39
5. DENEYSEL ÇALIŞMA.....	41
5.1 Deney Düzenegi.....	41
5.2 Deneylerin Yapılışı.....	42
5.2.1 Su muhtevası.....	42
5.2.2 Organik madde muhtevası.....	43
5.2.3 Fosfat tayini.....	47

5.2.4	Azot tayini.....	49
5.2.5	pH değeri.....	50
5.2.6	Sıcaklık.....	50
5.3	Deney Sonuçları.....	50
6.	SONUÇLAR.....	69
	KAYNAKLAR.....	70
	ÖZGEÇMİŞ.....	71



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Çamurda suyun dağılımı.....	5
Şekil 2.2 Kayma gerilmeleri etkisindeki bir akışkanın hız profili.....	6
Şekil 2.3 Çeşitli akışkanlar için reogramlar.....	7
Şekil 2.4 Arıtma çamurlarının thixotropic özelliğini gösteren reogram.....	7
Şekil 4.1 Sıcaklık eğrisi.....	27
Şekil 4.2 Yığınların kesit alan çeşitleri.....	36
Şekil 4.3 Basınçlı havalandırma yapılan bir yığın tipi kompostlaştırma sistemi.....	38
Şekil 4.4 Düşey piston akışlı reaktör.....	39
Şekil 5.1a Deney düzeneğinin görüntüsü.....	43
Şekil 5.1b Deney düzeneğinin yandan görüntüsü.....	44
Şekil 5.2 Arıtma çamurlarının çöple birlikte kompostlaştırmasına ait deney düzeneği....	44
Şekil 5.3 Çakıl.....	44
Şekil 5.4 Kompresörün özellikleri.....	46
Şekil 5.5 Evsel çöp.....	46
Şekil 5.6 Çamur keki.....	46
Şekil 5.7a 1 nolu tanktaki çamurun görüntüsü.....	57
Şekil 5.7b 2 nolu tanktaki çöp+çamurun görüntüsü.....	57
Şekil 5.7c 3 nolu tanktaki çöp+çamurun görüntüsü.....	58
Şekil 5.7d 4 nolu tanktaki çöp+çamurun görüntüsü.....	58
Şekil 5.7e 5 nolu tanktaki çöpün görüntüsü.....	59
Şekil 5.8a 1 nolu tanktaki sıcaklığın değişimi.....	60
Şekil 5.8b 2 nolu tanktaki sıcaklığın değişimi.....	60
Şekil 5.8c 3 nolu tanktaki sıcaklığın değişimi.....	61
Şekil 5.8d 4 nolu tanktaki sıcaklığın değişimi.....	61
Şekil 5.8e 5 nolu tanktaki sıcaklığın değişimi.....	62
Şekil 5.8f Tanklardaki sıcaklıkların değişimi.....	63
Şekil 5.9a 1 nolu tankta su muhtevası değişimi.....	64
Şekil 5.9b 2 nolu tankta su muhtevası değişimi.....	64
Şekil 5.9c 3 nolu tankta su muhtevası değişimi.....	64

Şekil 5.9d 4 nolu tankta su muhtevası değişimi.....	65
Şekil 5.9e 5 nolu tankta su muhtevası değişimi.....	65
Şekil 6a 1 nolu tanktaki çamurun kompost hali.....	66
Şekil 6b 2 nolu tanktaki çöp+çamurun kompost hali.....	66
Şekil 6c 3 nolu tanktaki çöp+çamurun kompost hali.....	67
Şekil 6d 4 nolu tanktaki çöp+çamurun kompost hali.....	67
Şekil 6a 5 nolu tanktaki çöpün kompost hali.....	68



ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Tipik bir aktif çamurdaki suyun dağılımı.....	5
Çizelge 2.2 Çeşitli çamurlara ait ısı değerleri.....	9
Çizelge 2.3 Arıtma çamurları ve ticari gübrelerdeki nütrient seviyelerinin karşılaştırması.	9
Çizelge 2.4 Kum yataklı kurutma yataklarının tasarım değerleri.....	12
Çizelge 2.5 Kum yataklı kurutma yataklarının avantajları ve dezavantajları.....	12
Çizelge 2.6 Kurutma lagünlerinin tasarım verileri.....	14
Çizelge 2.7 Vakum filtreler için tipik filtre verimleri ve kekte ulaşılan katı madde içerikleri.....	15
Çizelge 2.8 Çeşitli çamurlar için bantlı pres filtrelerin verimleri.....	17
Çizelge 3.1 Nüfusa bağlı olarak kent tipleri.....	20
Çizelge 3.2 Kentlerde oluşan katı atık miktarı ve % dağılımı.....	21
Çizelge 3.3 Katı atıkların bertaraf yönteminin seçiminde etkili olan kriterler.....	22
Çizelge 3.4 Madde grupları analizi.....	24
Çizelge 4.1 Kompostlaştırma işlemindeki mikroorganizmalar için optimal sıcaklıklar....	25
Çizelge 4.2 Çeşitli mikroorganizmaların kimyasal yapısı.....	26
Çizelge 4.3 En çok bilinen patojenler ve parazitlerin bozunması.....	30
Çizelge 4.4 Evsel katı ve sıvı atıkları meydana getiren çeşitli organik maddelerin toplam N ve C/N değerleri.....	32
Çizelge 4.5 Maksimum izin verilebilir su muhtevası.....	33
Çizelge 5.1 Tanklardaki çamur / karışım oranları.....	42
Çizelge 5.2 Tanklardaki çamur ve çöp miktarları.....	42
Çizelge 5.3 Tanklardaki sıcaklık değişimi.....	51
Çizelge 5.4a Tanklardaki su muhtevaları.....	51
Çizelge 5.4b Tanklardaki organik madde muhtevaları.....	52
Çizelge 5.4c Tanklardaki pH değerleri.....	53
Çizelge 5.4d Tanklardaki fosfat miktarları.....	53
Çizelge 5.4e Tanklardaki azot miktarları.....	53
Çizelge 5.5 Tanklardaki su muhtevaları.....	53

Çizelge 5.6 Tanklardaki su muhtevaları.....	54
Çizelge 5.7a Tanklardaki su muhtevaları.....	54
Çizelge 5.7b Tanklardaki organik madde muhtevaları.....	55
Çizelge 5.7c Tanklardaki pH değerleri.....	55
Çizelge 5.7d Tanklardaki fosfat miktarları.....	56
Çizelge 5.7e Tanklardaki azot miktarları.....	56
Çizelge 5.8 Tanklardaki ortalama su muhtevaları.....	56
Çizelge 5.9 Tanklardaki C/N oranları.....	56



ÖZET

Bu çalışmada katı atıkların bertaraf yöntemlerinden biri olan kompostlaştırma tekniği üzerinde durularak arıtma çamuru ile çöpün beraber kompostlaştırılması incelenmiştir. Arıtma çamuru ve evsel çöp değişik oranlarda karıştırılarak, optimum karışım oranı belirlenmiştir.

Birinci bölümde konuya genel olarak bir giriş yapıp çalışmanın kapsamı ve önemi üzerinde durulmuştur.

İkinci bölümde arıtma çamurunun tanımı, özellikleri ve suyunu alma yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde katı atıkların tanımı yapılarak, katı atıkların çeşitleri, sınıflandırılması, katı atık miktarı ve bileşimi konuları verilmektedir.

Dördüncü bölümde, kompostlaştırmanın tanımı, kompostlaştırma işlemini etkileyen parametreler ve kompostlaştırma teknikleri açıklanmıştır.

ABSTRACT

In this study, composting which is considered one of the disposal methods was described and together composting of wastewater treatment sludge and municipal solid waste was examined. Wastewater treatment sludge and municipal solid waste were mixed in different ratios and the optimum mix ratio was determined.

In the first chapter a general view about the subject was presented, content and significance of study were mentioned.

In the second chapter wastewater treatment sludge was described, its characteristics and dewatering methods were presented.

In the third chapter solid waste was defined; types, classification, amount and composition of the solid waste were discussed.

In the fourth chapter the definition of composting was presented, the composting technics and the parameters that affect composting were treated.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Kapsamı

Son yıllarda, ülkemizde hızlı şehirleme, toplumdaki tüketim eğilimlerinin artması nedeniyle kişi başına düşen katı atık üretimi, hızlı ve sürekli bir biçimde artmaya başlamıştır. Aynı zamanda kentlerde nüfusun hızlı artması, çöp problemini gündeme getirmektedir. Kentlerde çöpün toplatılması, taşınması, değerlendirilmesi, zararsız hale getirilmesi karşılaşılan başlıca sorunlardır. Bu yüzden katı atık üretmekten kaçınmak, üretimi azaltmak, değerlendirmek veya bertaraf etmek gerekmektedir. Katı atıklar kompostlaştırma, yakma, düzenli depolama yöntemlerinden biri ile bertaraf edilebilir ya da madde geri kazanımı yapılabilir. Aynı zamanda atıksu arıtma tesislerinden çıkan arıtma çamurlarını bertaraf etme problemi de unutmamak gerekir. Gerek kentlerde meydana gelen çöplerin, gerekse arıtma çamurlarının içerdiği hastalık yapıcı mikroorganizmalar insan sağlığını doğrudan etkilemektedir. Kentsel kökenli çöpler ve arıtma çamurları beraber kompostlaştırma işlemine tabi tutularak değerlendirilebilir. Üretilen kompost bilhassa tarımda kullanılmaktadır. Kompost maddesi, toprağın yapısını iyileştirir, su tutma kabiliyetini artırır, boşluk hacmini arttırarak daha iyi havalanmasını sağlar ve toprağa bol miktarda bakteri kazandırır.

1.2 Çalışma Yöntemi

Kompostlaştırma işlemi için evsel çöp ve arıtma çamuru kullanılacaktır. Bu atıklar belirli oranlarda karıştırılacaktır. Aynı zamanda arıtma çamuru ve evsel çöp numunelerini içeren iki şahit numune kabı bulunacaktır. Mikroorganizmaların oksijen ihtiyacı, basınçlı havalandırma sistemi kurularak karşılanacaktır. Deney sonucunda kompost için optimum karışım oranı belirlenecektir.

2. ARITMA ÇAMURUNUN TANIMI ve ÖZELLİKLERİ

2.1 Arıtma Çamurunun Tanımı

Arıtma işlemi esnasında sudan ayrılan veya arıtma işlemi esnasında suda meydana gelip ağırlıkça %0.25 ile %12 katı madde içeren atıklara arıtma çamuru denir.

2.2 Arıtma Çamurunun Özellikleri

2.2.1 Fiziksel özellikler

2.2.1.1 Özgül ağırlık: Birim hacimdeki çamur ağırlığının aynı hacimdeki suyun ağırlığına oranıdır. Özgül ağırlık S ile gösterilirse,

$$S = \frac{\text{Birim Hacim Çamur Ağırlığı}}{\text{Birim Hacim Su Ağırlığı}} = \frac{1010 \text{ gr}}{1000 \text{ gr}} = 1.01 \text{ şeklinde belirlenebilir.} \quad (2.1)$$

Çamurlar değişik özgül ağırlıktaki katı ve sıvılardan meydana geldiğinden özgül ağırlık aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$\frac{1}{S} = \sum \frac{W_i}{S_i}$$

(2.2) S : Çamurun net özgül ağırlığı

W_i : i. bileşenin ağırlığı

S_i : i. bileşenin özgül ağırlığı

2.2.1.2 Çamurun çökebilme özelliği: Çökeltme analizi 1 litrelik imhoff konisinde çamuru 30 dakika çökelmeye bırakarak yapılır. Kabın tabanında bulunan ıslak hacme hacim indeksi adı verilir. Çamur hacim indeksi I_v ile gösterilir. 1gr kuru katı maddenin işgal ettiği ıslak hacimdir.

$$I_v = \text{SVI} = \frac{\text{Çamur hacmi}}{\text{Askıdaki katı madde}} = \frac{\text{ml}}{\text{gr}} \quad (2.3)$$

Çamurun hacim indeksi 50 ile 100 ml/gr arasında ise çamur iyi çökeltme özelliğine sahiptir. Çamur hacim indeksi 200 ml/gr ise yoğunlaşma kabiliyeti düşük, kabarmış ve kötü bir çamurdur.

2.2.1.3 Çamurun katı madde konsantrasyonu: Çamur, sıvı içinde askıda bir katı faz içeren bulamaç olarak tanımlanır (Vesilind vd., 1991). Çamurun en önemli özelliği katı

fazın sıvıya oranıdır, bu da çevre mühendisliği uygulamalarında katı madde konsantrasyonu olarak adlandırılır ve şu şekilde ifade edilir (Vesilind vd., 1991):

$$C_1 = \frac{\text{mg kuru katı}}{\text{çamur miktarı}} = \text{mg/L} \quad (2.4)$$

C_1 denklemi dikkat edilirse, litre su başına mg kuru katı değeridir. Katı madde konsantrasyonunun diğer bir ifadesi aşağıdaki gibidir (Vesilind vd., 1991):

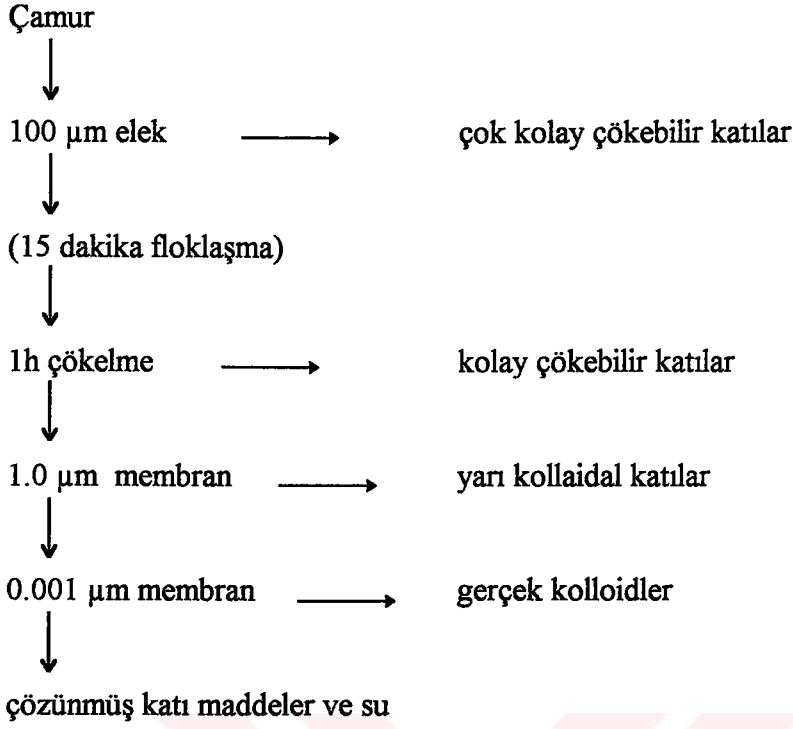
$$C_2 = \frac{\text{g kuru katı}}{\text{g çamur}} = \text{g/g} \quad (2.5)$$

100 ile çarpılarak, "yüzde katı madde" olarak kullanılır. Dikkat edilecek olursa, C_2 denklemi g su başına düşen g kuru katıyı hesaplamaz.

İlk denklem kütle/hacim ilişkisini, ikincisi ise kütle/kütle ilişkisini gösterir. Çamurun yoğunluğu suda olduğu gibi 1 olarak kabul edildiğinde, 10.000 mg/L katı madde konsantrasyonu % 1 katı maddeyi ifade eder. Çamurdaki toplam katı maddeler askıda ve çözülmüş katı maddelerin toplamına eşittir. Katı maddelerin miktarının belirlenmesinde buharlaştırma yöntemi kullanılır. 100 ml çamur numunesi alınır, 103°C'de buharlaştırılır. Buharlandırmadan sonra kroze tartılarak toplam katı madde konsantrasyonu mg/L olarak hesaplanır. Konsantre atıklar ve endüstriyel atıklar için mg/L olarak bulunan rakam yüzdeye çevrilemez. Çünkü bu sıvılarda kuru katının yoğunluğu suya göre oldukça yüksektir. Katı madde konsantrasyonunu ölçmek için diğer bir yöntem ise şöyledir; darası alınmış buharlaştırma krezelerine çamur numunesi konularak tartım yapılır ve kurutma işleminden sonra tekrar tartım yapılır. Böylece katı madde konsantrasyonu % KM olarak hesaplanır ve ağırlık/ağırlık olarak ifade edilir:

$$\% \text{Katı Madde (KM)} = 100 - \% \text{ Su Muhtevası (SM)} \quad (2.6)$$

2.2.1.4 Partikül boyutu: Çamur içindeki partiküllerin büyüklüğü çamurun susuzlaştırılmasına direkt etkilidir. Partiküller sadece boyut olarak değil, şekil ve yoğunluk olarak da değişkendir. Karr'ın (1976) yaptığı çalışmalarda 100-1µm arasındaki partiküllerin çamurun suyunun alınmasında direkt etkiye sahip olduğu görülmüştür. Çamur bu aralıklar içinde fazla sayıda partikül içeriyorsa susuzlaştırma işlemi zor olacaktır. Bu yüzden partiküllerin boyut dağılımının değiştirilmesi gerekecektir. Karr (1976), farklı çamur numuneleri kullanarak aşağıdaki şemayı çıkarmıştır:

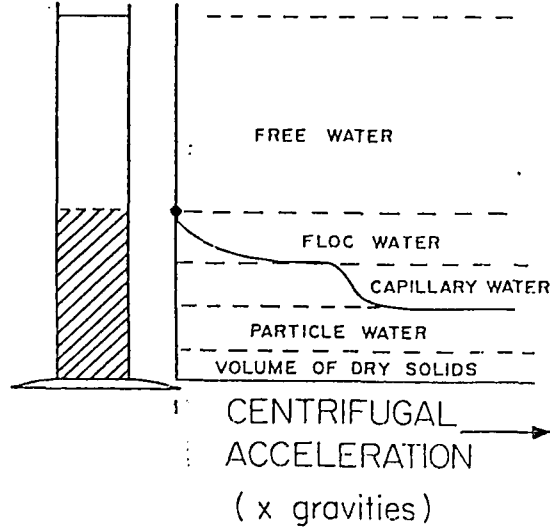


Partikül boyutu dağılımları belirlenmiş çamur numuneleri ile yapılan kapiler emme zamanı (CST) ve özgül filtre direnci testlerinde, yarı koloidal katı maddelerin (1 saatte çökelemeyen, fakat 1.0 µm membran filtrede giderilebilen) su almaya en büyük direnci gösteren grup olduğu belirlenmiştir (Filibeli, 1996).

2.2.1.5 Çamurda suyun dağılımı: Çamur özelliklerinin karakterizasyonunda diğer önemli bir konu suyun partiküllere nasıl bağlandığının bilinmesidir. Suyun sınıflandırılması Rutgers'de Heukelekian (1930) yaptığı çalışmalara dayanır. Şekil 2.1'de görüldüğü gibi çamurdaki suyu 4 gruba ayırabiliriz.

Serbest Su: Çamur çökelmeye bırakıldığında partiküller kendi ağırlıkları ile çökerek, suyun dışarı çıkmasını sağlarlar. Su, partiküllere hiçbir şekilde bağlı değildir. Atıksu arıtımında, serbest su graviteli çökme ile kolayca ayrılır.

Flok su: Floklar içinde hapsedilmiş su, flokla birlikte hareket eder. Ancak floklar sıkıştırıldığında uzaklaştırılabilirler. Flok su mekanik su alma işlemleri ile giderilebilir.



Şekil 2.1 Çamurda suyun dağılımı (Vesilind vd., 1991)

Kapiler su: Partiküller üzerinde kapiler kuvvetlerle tutulan sudur. Partiküle bağlı (yapışık) halde bulunur. Kapiler su mekanik yollarla aşırı basınç uygulanmadan uzaklaştırılmaz.

Kimyasal bağlı su: Partiküller içinde kimyasal olarak bağlanmış sudur.

Örnek olarak aşağıda aktif çamurdaki suyun dağılımı verilmiştir.

Çizelge 2.1 Tipik bir aktif çamurdaki suyun dağılımı (Filibeli,1996)

% HACİM	
Serbest su	% 75
Flok suyu	% 20
Kapiler su	% 2
Kimyasal bağlı su	% 2.5
Katı maddeler	% 0.5
Toplam	% 100

2.2.1.6 Çamurun akışkanlık özelliği (rheology): Akışkanlık özelliğinin belirlenmesinde en yaygın parametre “viskozite”dir. Genel olarak akışkanın kayma gerilmelerine karşı gösterdiği direnç, akışkanın viskozitesi olarak tanımlanır. Kayma gerilmeleri etkisindeki bir akışkanın hız profili Şekil 2.2’de olduğu gibidir.

du/dy eğimi ile kayma gerilmesi arasındaki ilişki;

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (2.7)$$

şeklinde. Viskozite μ ile ifade edilmektedir. Yukarıdaki özelliğe sahip olan akışkanlara "Newtonian Akışkan" denir. Plastik akışkan belirli bir sınır kayma gerilmesine sahiptir (Şekil 2.3). Plastik akışkan için kayma hızı-kayma gerilmesi ilişkisi şu bağıntı ile gösterilir (Filibeli 1996):

$$\tau = T_y + \eta \frac{du}{dy} \quad (2.8)$$

T_y :sınır gerilme

η :plastik viskozite

Arıtma çamurları ise ne Newtonian akışkan, ne de plastik akışkandır, ikisinin arasında yer alır. Bu tip akışkanlar "Pseudo-plastik akışkan" olarak isimlendirilir. Kayma gerilmeleri hesabında aşağıdaki bağıntı kullanılır (Filibeli, 1996):

$$\tau = \eta \left(\frac{du}{dy} \right)^n \quad (2.9)$$

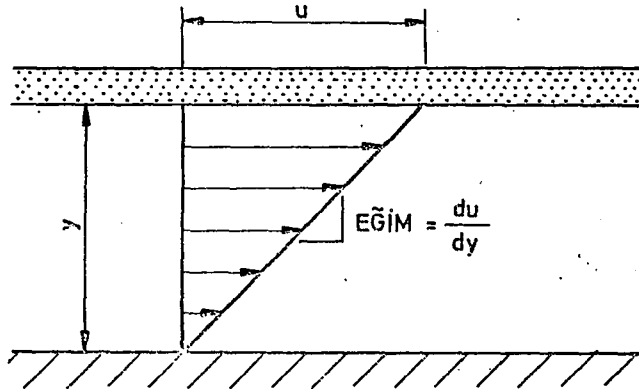
n : akışkan davranış indeksi olarak bilinen bir katsayı

Newtonian akışkan bunun özel bir türü olarak bilinir; $n=1$, $n=\mu$ 'dür.

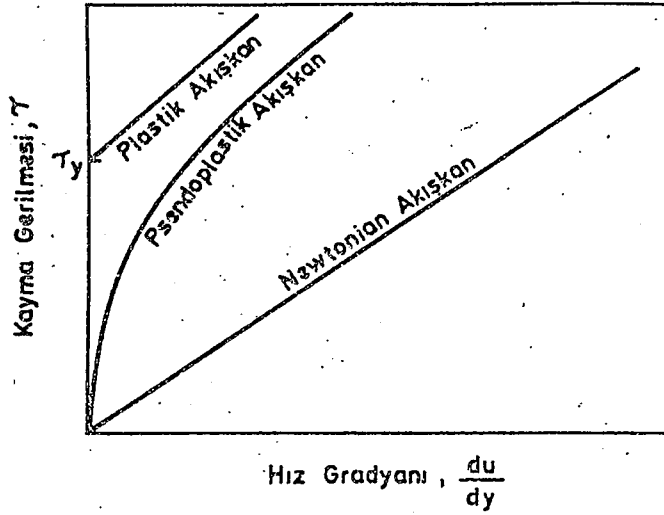
20°C'da ham çamur $n=0.28$

çürük çamur $n=0.92$

aktif çamur $n=0.06$

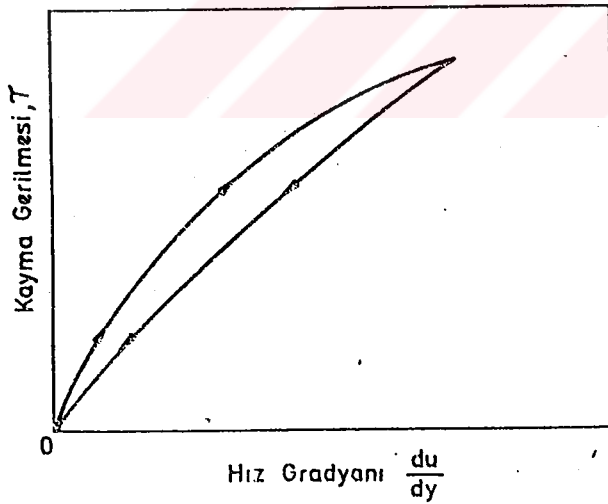


Şekil 2.2 Kayma gerilmeleri etkisindeki bir akışkanın hız profili (Filibeli,1996)



Şekil 2.3 Çeşitli akışkanlar için reogramlar (Filibeli, 1996)

Akışkan özellikleri açısından çamur diğer bir özelliğe sahiptir: “Thixotropic özellik”. Bunun anlamı uygulanan gerilme sürdükçe çamurun viskozitesinin azalmasıdır. Bunun nedeni flok yapısının bozulmasıdır. Gerilme kalktığında, flok yapı yeniden oluşur ve viskozite artar. Şekil 2.4’de çamurun thixotropic özelliği verilmektedir.



Şekil 2.4 Arıtma çamurlarının thixotropic özelliğini gösteren reogram (Filibeli, 1996)

2.2.2 Kimyasal özellikler

Arıtma çamurlarının kimyasal özellikleri kaynaklarına bağlı olarak değişmektedir. Arıtma çamurunun bertarafı sırasında bu özellikler önem kazanmaktadır. Anaerobik çürüme prosesinde pH, alkalinite ve organik asit muhtevası ölçümleri; yakma ve arazide bertaraf

yöntemleri için ağır metaller, pestisitler ve hidrokarbonların miktarlarının belirlenmesi önemlidir. Yakma yönteminde ise çamurun yakıt değeri önemli rol oynar.

2.2.2.1 Çamurun ısı değeri: Çamurun ısı değeri, kalorimetre testleri ile belirlenir. Koagülant madde ilave edilerek, vakum filtreden geçirilmiş çamurların ısı değerlerinin istatistiksel değerlendirmesi yapılmıştır. Elde edilen ampirik bağıntı aşağıda verilmektedir (Filibeli, 1996).

$$Q=a \left[\frac{P_v (100)}{100 - P_c} - b \right] \frac{100 - P_c}{100} \quad (2.10)$$

Bu bağıntıda;

Q= ısı değeri, kJ/kg kuru madde

a: katsayı (ön çökeltim çamurları, arıtılmamış veya çürütülmüş çamur için 131, taze atık aktif çamur için 107)

b: katsayı (ön çökeltim çamuru için 10, aktif çamur için 5)

P_v: çamurdaki uçucu katı madde yüzdesi

P_c: çamura ilave edilen koagülant madde yüzdesi

Çamurun ısı değerini belirleyici parametreler, çamurun tipi ve çamurun içerdiği uçucu katı madde muhtevasıdır. Çizelge 2.2'de çeşitli çamurlara ait ısı değerleri verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi biyolojik ya da kimyasal işleminden geçmeyen ham ön çökeltim çamurunun ısı değeri diğer çamur tiplerine göre daha yüksektir. Eğer fazla miktarda yağ ve gres içeriyorsa ısı değeri de yüksek olacaktır. Çürümüş çamur daha düşük ısı değerine sahiptir.

Çamur belli miktarda su ihtiva ettiğinden ve katı maddelerin sadece bir kısmı yanıcı olduğundan yakıt değeri 550 cal/g çamur kadardır. Çamurdaki 0.5 kg suyu buharlaştırmak için ise yaklaşık olarak 2.0 ile 2.5 MJ ısı gereklidir. Bu yüzden çamuru yakabilmek için ek yakıtı ihtiyaç duyulur.

Çizelge 2.2 Çeşitli çamurlara ait ısı değerleri (Filibeli, 1996)

Çamur Tipi	Isıl Değer , kJ/kg kuru madde	
	Aralık	Tipik Değer
Ham ön çökeltim çamuru	23250 - 29000	25550
Aktif çamur	16270 - 23250	20900
Anaerobik çürümüş çamur	9300 - 13950	11620
Kimyasal madde ilave edilmiş		
Ön çökeltim çamuru	13950 - 18600	11620
Biyolojik filtre çamuru	16270 - 23250	19750

2.2.2.2 Gübre değeri: Kompost tesislerinde dikkate alınması gereken önemli parametrelerden biridir. Arıtma çamuru içindeki azot, fosfor, potasyum miktarları genellikle iyi bir kimyasal gübrede aranandan daha düşüktür. Çizelge 2.3’de çamur ile ticari gübre arasında karşılaştırma yapılmıştır.

Çizelge 2.3 Arıtma çamurları ve ticari gübrelerdeki nütrient seviyelerinin karşılaştırması

	NUTRIENT %		
	Azot	Fosfor	Potasyum
Tarımsal amaçlı kullanılan gübreler	5	10	10
Stabilize olmuş arıtma çamuru için tipik değerler	3.3	2.3	0.3

Arazide bertaraf düşünüldüğünde, arıtma çamurunun ihtiva ettiği fosfor ve potasyum miktarı bitki için gerekenin altında olabilir. Bu durumda kimyasal gübre ilavesi yapılır.

2.2.2.3 Besin değeri: Evsel atıksu arıtımından gelen çamurlar yüksek miktarda protein içerir. Bu özelliğinden dolayı arıtma çamurları hayvan yemi üretmek için kullanılır. Aktif çamur kurutularak hayvan yemine ilave edilir.

2.2.2.4 Çamur partiküllerinin elektriksel yükleri: Partiküller üzerindeki elektrik yükü “zeta potansiyeli” ile ölçülür. Zeta potansiyeli hem partiküldeki yükün ölçüsü hem de bu

yükün çözeltide etkili olduğu uzaklığın bir ölçüsüdür. Partikülün yükü büyükse bu durum flokülasyonu engeller ve bu tip çamurlar suyunu zor verir.

2.2.3 Biyolojik özellikler

Kullanılmış suların tasfiyesinde meydana gelen çamurlarda iki önemli husus; toxonomi (organizmaların sınıflandırılmaları) ve patojen mikroorganizmaların varlığıdır. Bir çamur kütlelerinde kaynağına bağlı olarak değişik organizmaların varolacağını düşünürsek, bu kütlede hastalık yapıcı (patojen) mikroorganizmaların üremesi mümkündür. Patojenlerin cins ve miktarlarını tespit etmek zordur. Patojenlere, evsel atıksuların çoğunda rastlanmaktadır. Patojenlerin birim hacimdeki sayıları, halkın sağlık seviyesine bağlı olarak önemli ölçüde değişir.

Randall tarafından açıklandığı gibi, çamurdaki su giderici enzimlerin varlığı ile çamurun su verme kapasitesi arasında bir ilişki olduğu tahmin edilmektedir. Bu yüzden sızma özelliği iyi olmayan çamurlara enzimler ilave edilerek sızma kolaylaştırılır.

2.3. Arıtma Çamurunun Suyunun Alınması

Susuzlaştırma, çamurdaki suyun giderimini sağlayan bir çamur işleme prosesidir. Çamurun suyunun alınması fiziksel (mekanik) bir işlemdir. Aşağıda sayılı nedenlerden dolayı susuzlaştırma yapılır:

- 1) Su alma ile çamur hacmi azalacağından, çamurun nihai bertaraf sahasına taşınma maliyeti azalacaktır.
- 2) Kompostlamada hava sirkülasyonu önemli bir unsur olduğundan, susuzlaştırma ile gözenek verecek malzeme miktarı azaltılmış olur.
- 3) Yakma işleminden önce çamurun suyunun azaltılmasıyla enerji muhtevası arttırılır.
- 4) Depolama sahalarında sızıntı suyu miktarını azaltmak için çamurdaki su muhtevası azaltılır.
- 5) Suyu alınmış çamur, sulu çamura göre daha kolay işlenir.
- 6) Bazen kokunun önlenmesi için aşırı nemin giderilmesi gerekir.

Çamurdaki suyun giderilmesi için kullanılan düzeneklerin çalıştırılabilmesi için çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Bazı durumlarda, katı maddeyi susuzlaştırmak için doğal buharlaşma ve süzme yöntemleri kullanılır. Mekanik su alma düzeneklerinde ise, çamurun suyunu almak üzere fiziksel yöntemler uygulanır. Bu fiziksel işlemler; filtrasyon,

donma, kapiler emme, vakum uygulama, santrifüjle ayırma ve sıkıştırmadır (Filibeli, 1996).

Çamur suyunun almak için kullanılan yöntemler:

- 1) Doğal su alma yöntemleri: Çamur kurutma yatakları, çamur lagünleri
- 2) Mekanik su alma yöntemleri: Vakum filtreleri, pres filtreler, bantlı press filtreler, santrifüjler.

2.3.1 Doğal su alma yöntemleri

2.3.1.1. Çamur kurutma yatakları: Çamur suyunu almada kullanılan en eski yöntemlerden biridir. Arıtma tesislerinden elde edilen çamurlar, çamur kurutma yataklarında kurutularak, uzaklaştırılırlar. Çalışma prensipleri, buharlaştırma ve çamur içerisinden süzme ile su giderimidir.

Çamur kurutma yataklarının avantajları; yeterli alan varsa yatırım maliyetleri düşük, işletmeleri için özel bir itina, yetişmiş eleman gerektirmemesi, mekanik yöntemlere göre çamur kekinde daha yüksek katı madde içeriği. Kurutma yataklarının tipleri; klasik (kum yataklı) kurutma yatakları, kaplamalı tip (paved) kurutma yatakları, sentetik malzemeli kurutma yatakları, vakumlu kurutma yataklarıdır.

Klasik (kum yataklı) kurutma yatakları: Yatak içerisine tabakalar halinde kum (ince ve kaba) ve çakıl (ince, orta, kaba) serilir. Kum tabakasının kalınlığı 23-30 cm arasında değişir. Tabana minimum %1 eğim ile drenaj boruları yerleştirilir. Drenaj borusu olarak beton drenaj boruları veya delikli plastik borular kullanılır. Drenaj borularının üzeri kaba çakıl veya kırma taş ile örtülür. Kum üzerine 15-30 cm çamur serilir ve kurumaya bırakılır. Kuruma işlemi iklim şartlarına bağlı olarak birkaç haftadan birkaç aya kadar değişir. Yağışlı bölgelerde kurutma yataklarının üzeri örtülür. Kurutma yataklarının tasarım kriterleri Çizelge 2.4'de görülmektedir.

Kurutma yataklarında, çamurdan suyun alınması iki şekilde olur. İlk olarak, çamurdaki katı maddelerin çökmesi ve sıkışması ile serbest su drene olur. Tabana yerleştirilmiş drenaj boruları yardımıyla toplanır. Bundan sonra susuzlaştırma işlemi buharlaşma yoluyla devam eder. Kuruma işlemi kek oluşana ve çatlayana kadar devam eder. Bu aşamada çamurun katı madde içeriği % 20-40'lara ulaşır. Yataklar el ile (% 30-40 katı madde) veya mekanik olarak (%20-30 katı madde) temizlenebilir. Çizelge 2.5'de kum yataklı kurutma yataklarının avantajları ve dezavantajları listelenmiştir.

Çizelge 2.4. Kum yataklı kurutma yataklarının tasarım değerleri (Corbitt, 1990)

Parametre	Tipik Değer
Minimum sayı	İki
Şekil	Dikdörtgen
Uzunluk	6-12 m
Genişlik	6 m
Kum tabakası	
Derinlik	23 cm
Etkin Büyüklük	0.3-1.0 mm
Sabit katsayı	4.0'dan az
Çakıl Tabakası	
Derinlik	30 cm
Büyüklük	3.2-25 mm
Drenaj Sistemi	
Boru büyüklüğü	minimum 10 cm
Boşluk	6.1 m'den az
Eğim	% 1
Kum üstündeki serbest alan	30-45 cm

Çizelge 2.5 Kum Yataklı Kurutma Yataklarının Avantajları ve Dezavantajları (Corbitt,1990)

Avantajlar	Dezavantajlar
Düşük kapital maliyeti - alan hariç	Hava koşulları (yağmur ve dondurucu hava)
Düşük İşlem beceri gereksinimi	kullanım üzerinde etkiye sahiptir.
Düşük enerji	Büyük alanlara gereksinim vardır.
Düşük bakım maliyeti	Yere bağlı olarak estetik olarak rahatsız edici olabilir.
Az (veya hiç) kimyasal gereksinimi	
Kekte yüksek katı madde içeriği	Zayıf stabil çamurda potansiyel koku problemi

Kaplamalı Tip (Paved) Kurutma Yatakları: Kaplamalı tip kurutma yatakları ile mekanik çamur sıyrma ekipmanı alt dren borusuna zarar vermeden kullanılabilir. Yataklar, dikdörtgen, 6-15m genişlikte ve 21-46 m uzunluğa sahiptir. 200-300 mm kalınlıkta kum veya çakıl taban üzerine beton kaplamalar kullanılır. Dren edilen su taban drenajı ile toplanır. Kaplamaların eğimi drenaj merkezine doğru %1.5 olmalıdır. 30-40 günlük kurumadan sonra %40-50 katı madde içeriğine ulaşılır.

Sentetik Malzemeli Kurutma Yatakları: Kurutma yatağında paslanmaz çelik tel örgü gibi yapay malzemeler kullanılır. Yatak paslanmaz çelikten örgü şeklindeki çubukların 0.25 mm eğimli olarak aralıklarla yerleştirilmesinden oluşur. Tel örgüde tıkanma meydana gelmez ve drenaj sabit ve hızlıdır. Fazla su kapiler hareketle çamura dönmeyeceğinden, çamur bu prosesle daha çabuk susuzlaşır. Tek dezavantajı ise yatırım maliyetinin yüksek olmasıdır.

Vakumlu Kurutma Yatakları: Yatak içerisinde plakalar bulunmaktadır. Yatak çamur ile doldurulur. Gözenekli filtre plakalarının alt kısmına vakum uygulamak suretiyle çamur içinden serbest su alınır. Kurumuş çamur mekanik sıyrma sistemi ile uzaklaştırılır. Sıyrma işleminden sonra yatak yüksek basınç altında yıkanır. Bu yöntemde çamurun suyunu almak için gerekli zaman diğer yöntemlere göre oldukça kısadır. 8-48 saatlik sürelerde %8-23 katı madde içeriğine ulaşılır. Diğer kurutma yatakları ile karşılaştırıldığında çok daha az alana ihtiyaç duyduğu görülür. En önemli dezavantajı ise ilave su almasıdır.

2.3.1.2. Çamur lagünleri: Kurutma lagünlerinin kullanımı; alan gereksinimi, koku kontrolü, iklim ve hava koşulları, drenaj suyunun yeraltı suyuna karışabilmesi durumlarından dolayı sınırlıdır. Kurutma lagünleri çok sığ havuzlardır. Çamurdan su alma işlemi buharlaşma yolu ile olur. Çamur lagüne tipik olarak 18 ay süre ile alınır, sonra lagün 6 ay süre ile dinlenmeye bırakılır. Lagündeki çamur derinliği 0.75-1.25m'dir. Mekanik olarak çamur uzaklaştırılır ve çamurdaki katı madde içeriği %25-30 arasındadır. Lagünlerin temizleme sırasında depolama işleminin sürekliliği için minimum iki ünite yapılması uygundur. Çevrede içme suyu amaçlı kullanılan akifer olması durumunda lagün tabanının sızdırmazlığının sağlanması gerekir. Kurutma lagünleri, düşük maliyetleri ve kolay işletme sistemlerinden dolayı küçük işletmelerde uygulama alanlarına sahiptirler. Kurutma lagünlerinin tipik tasarım verileri Çizelge 2.6'da listelenmiştir.

Çizelge 2.6 Kurutma Lagünlerinin Tasarım Verileri

Parametre	Tipik Değer
Minimum sayı	İki
Derinlik	0.15-1.2 m
Yeraltısuyuna uzaklık	1.2 m'den fazla
Yükleme miktarları	
Kapasite	35-38 kg/m ³ /yıl
Yüzey	8-16 kg/m ²
Çamur giderimi	1.5-3 yıl

2.3.2 Mekanik su alma yöntemleri

2.3.2.1 Vakum filtre: Tipik bir vakum filtre, filtrelenecek çamurun bulunduğu havuz içerisine kısmen (%20-30) batırılmış dönen yatay silindirik bir tamburdur. Tamburun üst yüzeyi filtre malzemesi ile kaplıdır. Filtre malzemesi çamurun özelliklerine göre seçilir. Yaygın olarak bez bantlar ve paslanmaz çelik yaylardan oluşan çelik hasır örtüler kullanılır. Tambur bölümleri vakum altında tutulur. Tambur çamur havuzu içinden geçerken, uygun kalınlıktaki çamurun filtre malzemesi üzerine tutulması için vakum uygulanır. Bu bölge tekrar çamur haznesi içine girinceye kadar vakum korunur. Çamur keki bir sıyrıcı vasıtasıyla tamburdan uzaklaştırılır. 38cm Hg'dan daha yüksek vakumlarda çalıştırılması tavsiye edilmez. Filtrasyon öncesinde çamurun katı madde muhtevasını arttırmak, çamurun su verme özelliklerini geliştirmek için çamura kimyasal şartlandırma uygulanır. Çamurun şartlandırılması için kullanılan kimyasal maddeler; kireç, demir-3 klorür ve polimerlerdir.

Vakum filtrenin verimi, kuru ağırlık olarak kg KM/m².h terimi ile ifade ölçülür. Filtre kekinin kalitesi, % olarak gösterilen yaş ağırlıktaki katı madde içeriği ile ölçülür. Tipik filtre verimleri ve kekta ulaşılan katı madde içerikleri Çizelge 2.7'de verilmiştir. Yaygın olarak kullanılan tasarım değeri 17 kg KM/m².h' dir.

Çizelge 2.7 Vakum filtreler için tipik filtre verimleri ve kekte ulaşılan katı madde içerikleri

Çamur Tipi	Bez Filtre		Çelik Örgü	
	Verim kg/h.m ²	Çamur keki % KM	Verim kg/h.m ²	Çamur keki % KM
Ham ve ÖÇ	19.5-40.0	27-35	30.0-40.0	28-32
ÖÇ + havalı AÇ	15.0-30.0	18-25	12.2-19.5	23-27
ÖÇ + oksijenli AÇ	24.4-30.0	20-30		
ÖÇ + Damlat. Filtre	15.0-34.2	20-30		
Atık AÇ (havalı)	10.0-12.2	13-20		
Atık AÇ (oksijenli)	15.0-19.5	15-25		
Anaerobik çürümüş				
Ön çökeltim	19.5-34.2	25-35		
ÖÇ + atık AÇ	10.0-24.4	18-25	17.0-22.0	20-25
ÖÇ + Damlat. Filtre	17.0-40.0	20-27	19.5-30.0	27-33
Termal şartlandırma				
ÖÇ + Atık AÇ	19.5-40.0	35-45		

2.3.2.2 Press filtre: Çamurdan suyun alınması yüksek basınç uygulanması ile gerçekleştirilir. Pres filtreler sabit hacimli hücreli pres filtre ve değişken hacimli hücreli plakalı pres filtre olmak üzere ikiye ayrılır. Sabit hacimli hücreli pres filtreler, sabit ve hareket edebilen bir çerçeve üzerine düşey olarak yüzyüze gelecek şekilde yerleştirilirler. Plakalar üzerinde hücreler bulunur ve plakalar filtre bezi ile sarılıdır. Çamur plakalar arasındaki boşluklara pompalanır. 690-1550 kN/m², 1-3 saat süre ile basınç uygulanır. Plaka boşluklarındaki çamur keki, plakaların tek tek birbirinden ayrılmasıyla çıkarılır. Çamurdan alınan su filtre bezi içinden geçerek çıkışa gelir. Çamur keki kalınlıkları 25-38 mm arasında, su muhtevası ise % 48 - 70 arasında değişir. Kekin katı madde içeriği % 50'ye ulaşabilir, % 30 - % 40 tipik değerdir. Presin doldurulması, basınç uygulanması, presin açılıp çamur kekinin temizlenmesi ve yıkanması işlemlerinin tamamlanması yaklaşık 2-5 saati bulur.

Değişken hacimli hücreli pres filtreler, diyafram pres olarak da adlandırılırlar. Diğer pres filtreden farkı filtre bezinin arkasına lastik bir diyafram yerleştirilir. Bu da çamurun daha

fazla sıkıştırılıp, daha kuru kek elde edilmesini sağlar. Lastik diyafram nihai basıncı sağlamak için esneyerek çamurun daha çok sıkışmasını sağlar. Başlangıç için 690-860 kN/m², nihai sıkıştırma için 1380-2070 kN/m² basınca göre dizayn edilirler. 15-30 dakika süre ile basınç uygulanır. Diğer pres filtreye göre daha kuru kek elde edilmesi ve daha kısa işlem süresi gibi avantajlarının yanında; yatırım maliyetinin sabit hacimli hücreli presin yatırım maliyetinin iki üç katı olması gibi dezavantajı mevcuttur.

2.3.2.3 Bantlı pres filtre: Çamurdaki suyun gideriminde kullanılan, graviteli drenaj ve mekanik olarak basınç uygulama kademelerinden oluşan birkaç dizayn mevcuttur. Bantlı pres filtreler yerçekimi ile su giderimini ile birlikte basınç uygulama bölgesini takip eden yaygın bir dizayndır. Bu makineler silindirlerden ve onların üstünden ve aralarından geçen bantlardan oluşmuştur. Şartlandırılmış çamur, bant yüzeyine yüklenir ve önce graviteli drenaj kısmına gelir. Bu kısımda çamur yoğunlaşır, serbest su yerçekimi etkisi ile ayrılır. Bazı bantlı pres filtre sistemlerinde bu bölüme vakum uygulanarak, drenajın hızlanması ve koku probleminin azalması sağlanır. Graviteli drenaj kısmının sonunda katı madde muhtevası % 10 civarındadır. Daha sonra çamur, değişik çaplarda silindirler arasında, ters yönde hareket eden gözenekli bantlar arasında sıkıştırılır. Kademeli olarak basınç uygulanır ve uygulanan basınç gittikçe artırılabilir. Bazı tasarımlarda basınç ile beraber kısmi vakum uygulanır. Suyu alınmış çamur keki sıyrıcı bıçaklarla bantlar üzerinden sıyrılır. Büyük makinalarda genişliği 3 m olan bantlar mevcuttur. Silindirler çevresinde dolanan bantların işlem süresince yüklenme oranları farklı olduğundan bantları silindirler üzerinde tutmak zordur. Bantların ömrü, attığı tur sayısı ile ilgilidir. Bu değer 1000 - 2000 saat arasında değişir. Bantlı pres filtrelerde kullanılan bantların genişlikleri 0.5-3.5 m arasındadır. Çamur yükleme hızları ise 90-680 kg/m.h arasında değişir. Bantlı pres filtrelerin en büyük avantajı çok kuru çamur keki meydana getirmesidir. Çamur kekinin içerdiği katı miktarı %12-40 arasında olabilir. Tipik değer ise %20'dir. Çizelge 2.8'de çeşitli çamurlar için bantlı pres filtrelerin verimleri görülmektedir.

2.3.2.4 Santrifüjler: Çamurdaki katılar merkezkaç kuvveti vasıtasıyla çökme hızları artırılarak çamur suyundan ayrılırlar. Santrifüjlerde merkezkaç kuvveti çamurun içinde bulunduğu rotor tarafından oluşturulur. Santrifüjlerin tasarımını etkileyen faktörler;

çamur besleme hızı, çamurdaki katıların özellikleri, çamurun koyuluğu, sıcaklığı ve kimyasal durumudur. Çamur susuzlaştırma için kullanılan santrifüj tipleri sepet tipi , katı madde dekantör tipi, nozzle disk olmak üzere üç farklı tiptedir.

Çizelge 2.8 Çeşitli çamurlar için bantlı pres filtrelerin verimleri

Çamur tipi	Giriş katı madde	Çamur keki
	% KM	% KM
Ön çökeltim	3-7	28-44
Ön çök. ve atık AÇ	3-6	20-35
Ön çök. ve damlat. Filt.	3-6	20-35
Atık aktif çamur	1-4	12-20
Anaerobik çürümüş		
Ön çökeltim	3-7	25-35
Ön çök. Ve atık AÇ	3-6	20-25
Atık aktif çamur	3-4	12-20
Aerobik çürümüş ön çök. ve atık aktif çamur	1-3	12-20
Termal şartlandırılmış ön çök. ve atık AÇ	4-8	12-30
	4-8	25-50

Sepet tipi santrifüjler, kesikli olarak çalışırlar. Dikey bir eksen üzerinde dönen silindirik hazne içine çamur gönderilir. Katı maddeler silindirik haznenin iç çeperlerine birikir. Bıçakla sıyrılır ve alttan çamur keki alınır.

Katı madde dekantör tipi santrifüj, en gelişmiş tiptir. İşletmeleri sürekli. İçinde dönen bir helezon bulunan, yatay olarak monte edilmiş tamburdan oluşur. Sürekli çamur girişi mevcuttur ve silindir içinde çökelen çamur helezon vasıtasıyla sıyrılarak sürekli olarak dışarı atılır. Çamurun suyu savak yardımıyla alınır. Böylece sürekli bir işletme sağlanır.

Nozzle disk santrifüjlerin işletilmeleri sürekli. Santrifüj, çok sayıda düşey olarak monte edilmiş konik diskten oluşur. Diskler düşey bir eksen etrafında döner, katı maddeler tamburun iç yüzeyinde birikirler. Çamur suyu disklerin arasından yukarı doğru kayar.



3. KATI ATIKLARIN TANIMI ve ÖZELLİKLERİ

3.1 Katı Atıkların Tanımı

Üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeleri ve arıtma çamurunu, (iri katı atık, evsel katı atık, bu Yönetmelikte “ katı atık” olarak anılmaktadır.) ifade eder (Türkiye Çevre Vakfı Yayını, 1992).

Ticari ve endüstriyel faaliyetler sonunda ortaya çıkan atık maddeler, evlerden çıkan çöpler katı atık olarak tanımlanır.

3.2 Katı Atıkların Çeşitleri

1) Endüstriyel Katı Atıklar

- İnert
- Zararlı
- Tehlikeli

2) Kentsel (Evsel) Katı Atıklar

- Ev çöpleri
- Sokak süprüntü atıkları
- Park, bahçe ve pazar yeri atıkları
- Arıtma çamurları

3.3 Katı Atıkların Sınıflandırılması

Sınıflandırma katı atık geliş yerlerine, mevsimlere, dane büyüklüğüne, yakmaya veya kompostlaştırmaya uygun olup olmamasına göre yapılır.

1) Geliş yerlerine (orjinlerine) göre sınıflandırma:

- Evsel katı atıklar
- Endüstriyel katı atıklar
- İş ve ticaret katı atıkları (Besin atıkları, ticarethane çöpleri, ambalaj)

2) Yakmaya ve kompostlaştırmaya uygun olup olmamasına göre:

- Hem yanabilir, hem kompost olabilir atıklar (organik madde atıkları, mutfak atıkları, her çeşit bitki atıkları, kağıt, ince karton, saman v.s.).
- Sadece yakmaya uygun olan katı atıklar (ahşap, karton, deri, plastik, lastik v.s.).

– Ne yanan, ne de kompost olan atıklar (cam, poselen, taş tuğla parçaları, kül, demir v.s.).

– İnce katı atıklar (ince çöp; kum, kil ve 10 mm.'den küçük organik maddelerden oluşur. Bunlar belli ölçüde hem yakma hem kompost yapmaya uygundur.).

2) Dane büyüklüğüne göre sınıflandırma;

– İnce katı atık (0-10 mm).

– Orta irilikteki katı atık (10-40 mm).

– İri katı atık (40-120 mm).

– Çok iri çöp (120 mm).

3.4 Katı Atık Miktarı

3.4.1 Evsel Katı Atıklar: Evsel katı atık ; konutlardan atılan, tehlikeli ve zararlı katı atık tanımına girmeyen, bahçe,park ve piknik alanları gibi yerlerden gelen katı atıkları ifade eder. (Türk Çevre Mevzuatı, Cilt II)

Katı atıkların miktarı, atığı meydana getiren nüfusa ve bu nüfusun sosyo-ekonomik yapısına bağlıdır. İklim, halkın yaşam alışkanlıkları, ihtiyaçların karşılanma durumu ve hayat standardı gibi faktörlere bağlı olarak üretilen katı atık miktarı değişir. Türkiye genelinde yapılan araştırmada, katı atık miktar ve bileşimleri belirlenmiştir. Beş kent tipine (Çizelge 3.1) göre katı atık miktar ve bileşimlerinden ortalama değerler alınarak Çizelge 3.2 oluşturulmuş ve özgül çöp üretimi (WS) değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 3.1 Nüfusa bağlı olarak kent tipleri (Erdin vd., 1987)

Kent Tipi	NÜFUS
Büyük kent	>500.000
Orta kent	500.000 - 100.000
Küçük kent	100.000 - 10.000
Kırsal kent	<10.000

Turistik kent seçiminde turistik unsurlar dikkate alınarak, WS değerleri ve çöp miktarları hesaplanmıştır.

Küçük kentlerde ve kırsal kesimde çöplerin bir kısmı hayvan yemi veya gübre olarak kullanıldığından çöp miktarı büyük kentlere göre daha az olur. Soğuk veya sıcak iklim bölgesinde olması halinde durum değişmektedir.

3.4.2 Endüstriyel katı atıklar: Endüstriyel işlemlerle her türlü imalat sonucu üretilen atıklardır. Endüstriyel katı atıkların miktar ve bileşimi, evsel katı atıklar kadar karmaşık olmasada üretildiği endüstri türlerine göre farklılık gösterir.

Çizelge 3.2 Kentlerde oluşan katı atık miktarı ve % dağılımı

	Büyük Kent	Orta Kent	Küçük Kent	Turistik Kent	Kırsal Kent
	%	%	%	%	%
Yiyecek artıkları	21.5	18.6	16.7	22.5	12.8
Kağıt- karton	11.0	10.0	5.2	13.0	2.3
Plastik	3.0	2.0	1.0	5.6	0.9
Naylon	1.3	1.5	1.2	3.1	1.2
Metal - teneke	1.7	1.5	1.0	2.1	1.7
Cam	1.7	1.0	1.0	4.6	1.7
Deri	0.7	0.6	0.3	1.6	0.9
Kemik	1.3	2.3	1.2	1.6	2.6
Lastik	2.6	0.5	0.3	1.6	1.2
Taş, toprak	1.6	3.0	4.6	2.1	9.9
Odun	0.7	0.3	0.3	0.8	-
Tekstil	1.6	1.8	1.5	2.1	-
Bahçe artıkları	3.5	5.0	6.1	8.9	6.9
İnce çöpler	48.1	52.2	60.4	31.0	59.4
WS (kg/N.yıl)	340.0	275.0	190.0	295.0	173.0

3.5 Katı Atık Bileşimi

Katı atıkların bileşimini iklim, hayat standardı, beslenme alışkanlıkları gibi faktörler belirler. Katı atıkların maddesel bileşimine bakıldığında ince katı atıklar, organik maddeler

ve inert maddelerden oluştuğunu görmekteyiz. İnce katı atıkların büyüklüğü 0-10 mm arasında seyrederek ve bu grupta ayıklama yapmak zordur. İnce katı atığa örnek olarak kum, kil, 10 mm'den küçük boyuttaki organik maddeler verilebilir. İnce katı atıktan başka madde grupları ise şunlardır: kağıt, ince karton, saman, bitki artıkları, mutfak atıkları gibi hem yanabilir, hem kompost olabilir atıklar; odun, karton, deri, lastik, kemik, tırnak, plastik gibi sadece yakmaya uygun olan katı atıklar; cam, porselen, taş, kil, demir gibi ne yanan, ne de kompost olan (inert) atıklardır.

Çöpün bileşimi mevsimlere göre farklılık gösterir. Örneğin kış aylarında ince çöp oranının arttığı görülmektedir. Tahmin edildiği gibi bunun nedeni yakacak artığı küldür. Yaz aylarında ise organik madde muhtevası artmaktadır. Çizelge 3.2'den de görüldüğü gibi kırsal kesimlerde ince çöp miktarı ve bahçe atıkları fazla miktarda iken, büyük kent kesiminde yiyecek atıkları, kağıt-karton miktarları fazladır. Büyük kent kesiminde yakıt olarak odun ve kömür yerine gaz ve fuel oil kullanımı arttıkça ince çöp miktarı azalmaktadır. Kırsal kesimde durumun böyle olmadığı görülmektedir.

Katı atık bileşimi, katı atık bertaraf yönteminin seçiminde önemli rol oynar. Elek analizi, madde grupları analizi, su muhtevası, organik madde, kalorifik değer, C/N oranı dikkate alınması gereken kriterlerdir. Bu kriterlerin hangi yöntemler için önem taşıdığı Çizelge 3.3'de verilmiştir. Bu kriterler Çizelge 3.3'den sonra açıklanacaktır.

Çizelge 3.3 Katı atıkların bertaraf yönteminin seçiminde etkili olan kriterler

	Kompostlaştırma	Yakma	Depolama
Elek analizi	X	X	O
Madde grupları analizi	X	X	O
Su muhtevası	X	X	O
Organik madde muhtevası	X	X	O
Kalorifik değer	-	X	-
C/N oranı	X	-	-

NOT: X: Önemli

O: Kullanılabilir

- : Önemsiz

Madde grupları analizi; bu analiz katı atıkları gruplara ayırmak suretiyle yapılır. Gruplama yapılırken bertaraf ve geri kazanma metodları dikkate alınarak yapılır:

- Hem yanabilir, hem kompost olabilir atıklar; kağıt, ince karton, saman, bitki artıkları, mutfak atıkları gibi.
- Sadece yanabilir atıklar; odun, karton, deri, lastik, kemik, tırnak, plastik gibi.
- Ne yanan, ne de kompost olan (inert) atıklar; cam, porselen, taş, kil, demir gibi.
- Tekrar değerlendirilebilir maddeler; cam, demir, plastik, kağıt, tekstil.

Madde grupları analizi şu şekilde yapılabilir; katı atıklar 8 veya 10 mm'lik elekten elenir. Elekten geçen kısım ince katı atıktır. Bu kısım yakmaya veya kompostlaştırmaya uygun değildir. Elek üstündeki kısım ise elle kağıt, plastik, organik madde, demir, cam gibi kısımlara ayrılır.

Katı atığın bileşimi toplumun sosyo ekonomik yapısına, mevsimlere, iklime, yakıt cinsine, beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak değiştiğini belirtmiştik. Aşağıdaki çizelge 3.4'de sosyo ekonomik yapı gözönüne alınarak İstanbul için yapılan analiz sonuçları verilmiştir:

Elek analizi; toplam numunedeki dane büyüklüğünün dağılımı kompostlaştırma ve yakma işlemleri bakımından önemlidir. Dane büyüklüğünün büyük olması havalandırmayı kolaylaştıracağından kompostlaştırma ve yakma işlemlerinde reaksiyon hızlanmaktadır.

Deney için aşağıdaki elek aralıkları kullanılır:

8 mm	ince katı atık
8 -40 mm	orta büyüklükteki katı atık
40 - 120 mm	iri katı atık
120 mm	çok iri katı atık

Su muhtevası; numunelerin 105 °C sıcaklıkta kurutulmasıyla tayin edilir. Kış aylarında bu değer % 15-35, yaz aylarında ise % 25-45 arasında değişir. Kış aylarında su muhtevasının az olması ince katı atığın miktarının fazla olmasından kaynaklanır. Su muhtevasının fazla olması yakma ve kompostlaştırma işlemini zorlaştırmaktadır.

Organik madde muhtevası; numunenin 775 °C'da 3 saat süre ile fırında yakılması ile tayin edilir. Organik madde muhtevasının yüksek olması kompost yapma açısından olumlu, yakma açısından olumsuzdur.

Çizelge 3.4 Madde grupları analizi (% ağırlık olarak)

Madde Grubu	Gecekonu Bölgesi	Zengin Bölge
Organik Madde	17.4	62.0
Kağıt	3.0	15.0
Tekstil	0.8	2.6
Plastik	1.4	4.7
Cam	0.7	2.7
Metal	0.3	2.4
Kül	66.5	9.6
	<u>100.0</u>	<u>100.0</u>

Kalorifik değer; katı atık bertaraf sistemlerinden olan yakmada dikkate alınan en önemli kriterdir. Birim ağırlıkta bir bir materyalin yakılması sonunda açığa çıkan enerjiyi gösterir. C/N oranı; evsel atıklarda azot hariç diğer bütün elementler (karbon, kükürt, fosfor, kalsiyum, magnezyum, potasyum) yeteri kadar bulunmaktadır. Kompostlaştırmanın devamı için C/N oranı büyük önem arzeder. Katı atıklarda bu oran 60 civarındadır.

4. KATI ATIKLARIN KOMPOSTLAŞTIRILMASI

4.1 Kompostlaştırmanın Tanımı

Kompostlaştırma, organik maddenin atıksu çamuru içerisinde aerobik olarak parçalanmasını içeren ve patojenik mikroorganizmaları yokeden çamur işleme prosesidir ve toprağı havalandırma amacına uygun humus benzer ürün meydana getirerek çamuru stabilize eder. Kompostlaştırma atığın yararlı bir şekilde kullanımını teşvik eder.

Katı atıkların aerobik şartlar altında biyoproseslenmesine kompostlaştırma denir. Kompostlaştırma işleminde organik katı atıklar biyokimyasal olarak ayrışır.

Kompostlaştırma işlemi, aslında aerobik ve anaerobik olmak üzere sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma pek çok tartışmalara yol açmıştır. Şu anda anaerobik kompostlama sisteminde kötü kokuların belirmesiyle, daha gerçek bir yaklaşımla anaerobik proses terk edilmeye başlanarak ve aerobik prosesler tercih edilmiştir. Son zamanlarda kompost, “aerobik parçalanma” olarak tanımlanmaya başlanmıştır.

Kompostlaştırma işleminde reaksiyona aktif olarak katılan organizmalar bakteriler, mantarlar, aktinomizetler, protozoolar, kurtlardır. Katı atık danelerinin büyüklüğüne, su muhtevasına, oksijen teminine, sıcaklığa bağlı olarak reaksiyona hakim olan organizmaların kompozisyonu değişir. Bu mikroorganizmaların sıcaklığa bağlı olarak çeşitleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Kompostlaştırma işlemindeki mikroorganizmalar için optimal sıcaklıklar (Baştürk, 1994)

Mikroorganizmanın çeşidi	Optimal sıcaklıklar
Bakteriler	15-60 °C
Mantarlar	20-30 °C
Aktinomizetler	30-40 °C
	50-55 °C
Protozoolar	40 °C

Nem oranının düşük olduğu şartlarda (% 50-60) aktinomizetler rol oynar, nem oranını yüksek olduğu şartlarda (%60-90) ise bakteriler aktif rol oynarlar. Kompostlaştırmaya katkıda bulunan bakteriler arasında Pseudomonas, Arthrobacter, Corynebacter, Flavobacter, Bacillus, Acetobacter bulunmaktadır. Mikroorganizmaların hücre yapıları

değişiktir. Yapılan araştırmalara göre kullanılmış suların organik maddelerinin indirgenmesini sağlayan mikroorganizmaların bileşimlerinin belli sınırlar içinde değiştiği görülmüştür. Hemmels hücre yapısını $C_{118} H_{170} N_{17} O_5 P$ şeklinde ifade etmiştir. Hoover ve Porges ise değeri çok küçük olan P'yi ihmal edip, strüktür formülünü şöyle vermişlerdir: $C_5 H_7 O_2 N$ Buna göre C/N oranı $60/14=4.29$ 'dur. Stuttgart Enstitüsü tarafından yukarıdaki değerler de gözönüne alınarak hücre yapısı genel formülü: $C_a H_b O_c N$ şeklinde verilmiştir. Buna göre ortamdaki bileşiklerin yapısına göre değişik miktardaki C,H,O atomu N atomu ile birleşmektedir. a,b,c indisleri Stuttgart Enstitüsünün incelemeleri ve Mc. Kinney tarafından verildiği gibi Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Çeşitli mikroorganizmaların kimyasal yapısı (Baştürk, 1994)

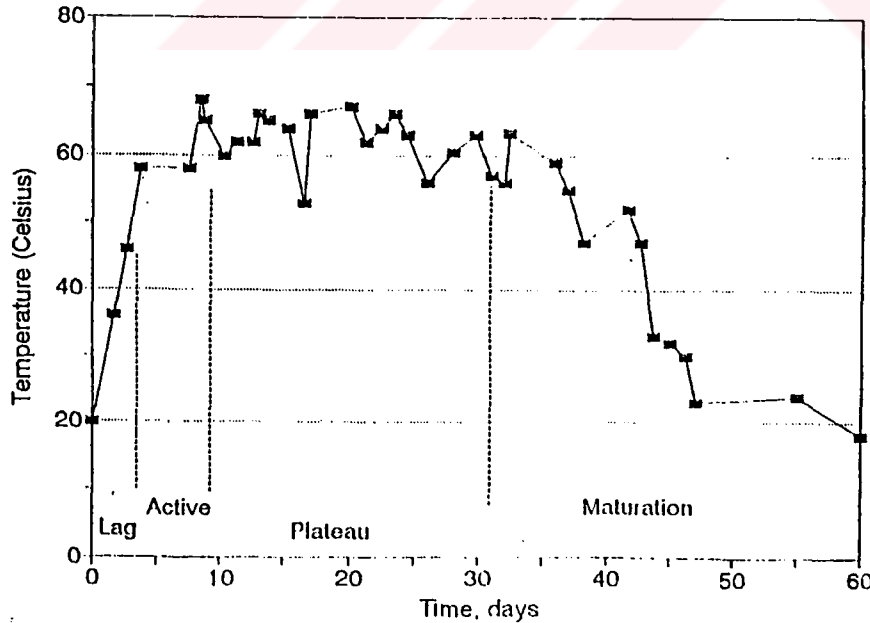
İndeks						
Mikroorg.nun çeşidi	a	b	c	C/N	C ağırl.	O/H
Aerobik bakteri	5-10	7-17	2-8	2.8-8.5	-	-
Anaerobik bakteri	5-15	9-25	2-8	4.35-12.8	-	-
Ort. Olarak	5	7	2	4.28	4.51	4.57
Küf Mantarları	10	17	6	8.26	0.486	5.65
Algler	5	8	2	4.28	0.526	4.0
Protozoen	7	14	3	6.0	0.525	3.52

Bilindiği gibi kompostlaştırma işlemi aerobik biyokimyasal bir reaksiyondur. Bu reaksiyon ortamdaki mikroorganizmaların serbest oksijeni alarak ortamdaki organik bileşiklerin çeşitli elementleri ile birleştirmesiyle gerçekleşir. Reaksiyon sonucu yan ürünler oluşur. Bu olaya disimilasyon veya katabolizma denir. Yine mikroorganizmalar organik maddeleri ve oksijeni kullanarak yeni hücre özleri üretirler, yani çoğalırlar. Buna da asimilasyon veya anabolizma denir. Yan ürün olarak bilhassa CO_2 ve H_2O meydana gelir. Organik bileşiklerin oksitlenmesinden dolayı disimilasyon olayında ısı açığa çıkar. Bu ısının etkisiyle materyalin ısındığı görülür. Kompostlama işleminde üç faz mevcuttur: durgun faz, aktif faz, olgunlaşma fazı (Çizelge 4.1).

Durgun faz: Kompostlama şartları yerine getirilir getirilmez durgun faz başlar. Bu fazda, mikroorganizmalar ortama adapte olurlar. Mikroorganizmalar atıktaki aminoasitleri,

nişastayı, şekeri kullanmaya başlayarak çoğalırlar. Çabuk ayrışan organik maddeler kuvvetli ısı çıkışıyla parçalanırlar. Reaksiyonun başlangıcında mezofilik bakteriler rol oynar. Yapılan çalışmalarda bakteri tiplerinden en fazla sayıda pseudomonas belirlenmiştir. Çürümüş maddeler, otlı atıklar olduğunda bu faz kısa; evsel atıklarda, odunsu atıklarda bu faz daha uzun sürer.

Aktif faz: Durgun fazdan aktif faza geçiş; mikroorganizma kütesindeki sayısal artış ve mikroorganizma aktivitelerinin artması ile belirlenir. Aktivitelerdeki artış, sıcaklığın önlenemez artışıyla anlaşılır. Kolayca bozunabilen atığın konsantrasyonu, şiddetli aktiviteyi ve mikrobiyal büyümeyi desteklediği sürece sıcaklık artışı sürer. Aktivite, ortamda hazır bulunan nütrient ve kolayca bozunabilen maddeler bitmeye başlayınca kadar pik değerde kalır. Sıcaklık eğrisinde pik aktivite periyodu hemen hemen düz olan bölgedir. Eğrideki bu bölge zor bozunan maddelerin (hemiselüloz, yağ, lignin, reçine v.s.) konsantrasyonu fazla ise birkaç haftaya kadar uzayabilir. Tüm aktif fazın süresi substrat ve çalışma koşullarına göre değişir. Bu süre 5-6 gün kadar kısa olabilir, 2-5 hafta kadar da uzun olabilir. Sıcaklık en fazla 70°C'ye kadar çıkar. Eğer aktif faz esnasında sıcaklıktaki ani düşüş gerekli önlemin alınması gerektiğini gösteren bir işarettir. Ortama verilen oksijenin yetersiz ya da ortamdaki nem miktarının fazla olduğunun göstergesidir.



Şekil 4.1 Sıcaklık eğrisi (Kreith,1994)

Bu fazda termofilik bakteriler, termofilik mantarlar, aktinomizetler ortaya çıkarlar.

Olgunlaşma fazı: Kolay bozunabilir materyal bittiğinde, olgunlaşma evresi başlar. Bozunma yavaşlarken, sıcaklık birden düşmeye başlar ve ortam sıcaklığına inene kadar devam eder. Tekrar mezofilik bakteriler ve mantarlar görülmeye başlar. Bir süre sonra protozoolar, kurtlar görülmeye başlar.

Yüksek sıcaklıklarda patojenik bakteriler, yumurtalar ve kistlerin tamamı yok olur. Kompostlaştırma işlemi sırasında en sık rastlanan patojenlerin bir kısmı ve bunların yüksek sıcaklıklardaki davranışları Çizelge 4.3'de özetlenmiştir.

4.2 Kompostlaştırma İşlemine Tesir Eden Faktörler

4.2.1 Havalandırma: Kompostlama işlemi aerobik bir işlem olduğu için ortamda yeterince oksijen bulunmalıdır. Oksijen mikroorganizmaların solunumu ve diğer metabolizma faaliyetlerini sürdürebilmeleri için anahtar bir elementtir. Mikroorganizmalar oksijen ihtiyaçlarını, hava ile teması sağlanarak örneğin materyal üzerine hava verilmesiyle karşılarlar. Havalandırmada meydana gelen kesinti ile işlem anaerobik reaksiyona dönüşebilir ve çok kötü koku meydana gelir. Bunun için ortamın yeteri kadar havalandırmasına dikkat etmek gerekir. Hava ortam içinde devamlı olarak yerdeğiştirmelidir. Yığın tipi kompostlandırmada yığın içine; tank tipi kompostlama sistemlerinde reaktör içine bir oksijen probunun yerleştirilmesi ile ortamdaki oksijen içeriği direkt olarak ölçülebilir. Kompostlaştırma sistemlerinde oksijen ihtiyacını etkileyen faktörlerin değişkenliğinden dolayı, gerekli olan oksijen miktarını belirlemek çok zordur. Oksijen ihtiyacını etkileyen faktörler arasında sıcaklık, nem içeriği, mikroorganizma popülasyonunun miktarı ve besinlerin kullanımı sayılabilir. Aynı zamanda atıksu artımında oksijen ihtiyacının hesaplanmasında kullanılan methodlar zayıf veya kompostlamaya uygun olmamaktadır. Bu yüzden, havalandırma miktarının tayini çok karmaşıktır.

Bazı bilimadamlarının, kompostlanan materyalin oksijen ihtiyacına ilişkin yaptıkları çalışmalarda elde edilen sonuçları şöyle özetleyebiliriz; Chrometska ham kompost üzerine yaptığı çalışmada $9\text{mm}^3/\text{g.h}$ 'den $284\text{mm}^3/\text{g.h}$ 'e kadar değişen oksijen gereksinimi gözlemlemiştir. Taze kompost (7 günlük) $176\text{mm}^3/\text{g.h}$ 'e ihtiyaç duymuştur. Lossin ortalama kimyasal oksijen ihtiyacını kompostlaştırmanın ilk gününden 24. gününe kadar $900\text{-}325\text{mg/g}$ arasında değiştiğini belirtmiştir. Atık ve selüloz ayrışmasıyla ilgili bir bildiride, Regan ve Jeris, materyalin sıcaklığı 30°C olduğunda ve nem içeriği %45'de

oksijen alımının en alt seviyede olduğunu bildirmişlerdir. En yüksek alım sıcaklığın 45°C ve nem içeriğinin %56 olduğu durumda gözlemlenmiştir. Fakat, bu hesaplamalar kendi özel ekipmanı temel alınarak, laboratuvar ölçülerinde yapılmış deneylerdir (Kreith, 1994).

4.2.2 Sıcaklık: Kompostlaştırma işleminde yer alan mikroorganizmalar yaşadıkları sıcaklık derecesine göre 4 gruba ayrılır:

- 1) Soğukta yaşayan mikroorganizmalar (-4 - 30°C)
- 2) Mezofil mikroorganizmalar (10 - 45°C)
- 3) Termofil mikroorganizmalar (50 - 75°C)
- 4) Temperatur bölgesi mikroorganizmalar (80°C)

Mikroorganizmaların aktiviteleri sıcaklığa bağlı olarak değişir. Mezofil ya da termofil her bakterinin aktivitesinin yüksek olduğu optimum sıcaklık vardır. Örneğin, mezofil bir bakteri olan *Pseudomonas delphinium* için optimum sıcaklık 25°C iken, diğer bir mezofil *Clostridium acetobutylicum* için 37°C'dir.

Anlaşıldığı üzere sıcaklık mikrobiyal aktivitenin direk bir göstergesi olması bakımından önemli bir parametredir. Kompostlaştırmanın işleminin ilk safhasında mezofil mikroorganizmalar hakim iken durgun fazın sonlarına doğru ve aktif faz içerisinde termofil mikroorganizmalar hakimdir. Kompost sisteminde yer alan bazı mikroorganizmalar termofilik aralıkta optimum seviyededir. Sistem içindeki sıcaklık arttıkça aktivite artmaktadır. Ayrıca patojen mikroorganizmalar termofilik sıcaklıklarda pek çoğu yaşayamaz. Kompostlaştırma işleminde faaliyet gösteren çoğu mikroorganizma yüksek sıcaklıklarda zarar görmekte ve hatta ölmektedir. Bu yüzden sıcaklığın yükselmesi kontrol altına alınmalı, sıcaklık maksimum 55-60°C arasında tutulmalıdır. Bunun için en uygun yol havalandırmadır.

Çizelge 4.3 En çok bilinen patojenler ve parazitlerin bozunması (Filibeli,1994)

Organizma Türü	Açıklama
<i>Salmonella typhosa</i>	46°C üzerinde büyüme yok, 55-60°C'de 30 dakikada, 60°C'de 20 dakikada ölürlür; kompost ortamında kısa sürede tahrip olurlar.
<i>Salmonella sp.</i>	55°C'de 1 saat, 60°C'de 15-20 dakikada ölürlür.
<i>Shigella sp.</i>	55°C'de 1 saat içinde ölürlür.
<i>Escherichia coli</i>	55°C'de 1 saat içinde, 60°C'de 15-20 dakikada ölürlür.
<i>Entamoeba histolytica cysts</i>	45°C'de birkaç dakikada, 55°C'de birkaç saniyede ölürlür.
<i>Taenia sagitana</i>	55°C'de birkaç dakikada ölürlür.
<i>Trichinella spiralis larvae</i>	55°C'de hemen, 60°C'de tamamen ölürlür.
<i>Brucella abortus</i> veya <i>Br. suis</i>	62-63°C'de 3 dakikada, 55°C'de 1 saatte ölürlür.
<i>Micrococcus pyogenes var. aureus</i>	50°C'de 10 dakika içinde ölürlür.
<i>Streptococcus pyogenes</i>	54°C'de 10 dakika içinde ölürlür.
<i>Mycobacterium tuberculosis var. hominis</i>	66°C'de 15-20 dakikada, 67°C'de ısınma sonrasında hemen ölürlür.
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	55°C'de 45 dakika içinde ölürlür.
<i>Necator americanus</i>	45°C'de 50 dakika içinde ölürlür.
<i>Ascaris lumbricoides eggs</i>	50°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda 1 saatten daha kısa sürede ölürlür.

4.2.3 pH seviyesi: Kompostlaştırma işlemi $4.5 < \text{pH} < 9.5$ arasında oluşur. Kompostlaştırma işleminin ilk aşamalarında asit üreten bakterilerin aktivitelerine bağlı olarak pH seviyesi düşmeye başlar. Bu bakteriler karbonlu maddeleri parçalayarak organik asit maddelerine dönüştürür. Sonuçta kompostlaştırmanın ilk aşamalarında pH 4.5-5'e kadar düşebilir. Organik asit sentezi, asitlerin substrat olarak görev aldığı

mikroorganizma popülasyonunun artmasına paralel olarak gerçekleşir. Sonuçta pH 8-9'a kadar yükselir. Bakteriler düşük pH değerlerinde yoğun olarak bulunurken, yüksek pH değerlerinde aktinomizetlere rastlanır.

4.2.4 Karbon -azot oranı: Mikroorganizmalar besin maddesi olarak karbon, azot, kükürt, fosfor, kalsiyum, magnezyum, potasyumdan faydalanırlar. Evsel atıklarda N hariç diğer bütün elementler bulunmaktadır.

Yapılan araştırmalarda topraktaki C/N oranının 8 ila 15 arasında değiştiği kabul edilmektedir. Bu değer ortalama 10 olarak alınmaktadır. Toprağa verilen organik maddenin C/N oranının büyük olması durumunda azot miktarı organik maddenin parçalanması için yeterli olmaz ve gerekli olan azot topraktan karşılanır. Bu da toprağın azot yönünden fakirleşmesine neden olur. C/N oranının az olması ise azot çıkışına neden olur. Her iki durumda da N kaybı meydana gelir. C/N oranı 30/1'den daha fazla ise kompost işlemini yavaşlatabilir, bu oran 20/1'den daha düşükse azot kaybına uğrar. Bu değerler arasında teorik olarak azot kaybı meydana gelmez. Kompostlaştırma için C/N oranının 35'den küçük olması istenir. Mikroorganizmalar işledikleri karbonun %20'sini yeni hücre yapımında (asimilasyon), %80'ini de disimilasyon işleminde kullanırlar. Böylece beslenmeleri için ihtiyaç duydukları C/N değeri: $7 (\%20) + 28 (\%80) = 35/1$ olarak bulunur (Baştürk, 1994).

Kompostlaştırma işlemi yüksek C/N oranında düşük hızda meydana gelir. Kompostlaştırma işlemi sırasında ölen mikroorganizmaların azotundan faydalanan canlılar organik maddeleri indirgerler. CO₂ çıkışı meydana gelir ve C/N oranı düşerken reaksiyon hızı artar. Fakat karbon kaybı meydana geldiğinden dolayı kompostun gübre değeri düşer.

Azotlu atıklara örnek olarak ot parçacıkları, yeşil sebzeler, besin artıkları, atıksu çamuru ve ticari kimyasal gübreler; karbonlu atıklara kuru yapraklar, kağıt, kuru ot ve parçalanmış ince dallar verebilir. Yüksek C/N oranını nitrojen içeren bir atığın eklenmesiyle azaltılabilir; düşük C/N oranını karbonlu bir atığın eklenmesiyle artırılabilir. Evsel katı atıklarda C/N oranı 30-60 civarındadır. Bu oranın düşürmek için C/N oranı 6-10 civarında olan arıtma çamuru ilave edilebilir. Bazı atıklar için C/N oranı ve azot içeriği Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Evsel katı ve sıvı atıkları meydana getiren çeşitli organik maddelerin toplam N ve C/N değerleri (Baştürk, 1994).

Materyal	N miktarı % katı madde	C/N
Ham çamur	3.5	15
Çürütülmüş çamur	3.5	13
Aktif çamur	5-6	6-8
Mutfak atıkları	2.1	25
Hızır talaşı	0.15	511
Ort. Evsel katı atık	1.15	40
Saman	0.3	128

4.2.5 Su muhtevası: Teorik olarak atıkların optimum su muhtevası, olgunlaşmaya yaklaşan materyalin yeterince oksijen ihtiyacını karşıladığı miktardır. Oksijen kullanımının yetersiz olduğu ve ortamın anaerobik ortama dönüştüğü su muhtevası maksimum izin verilebilir su muhtevasıdır. Ortamdaki su miktarının fazla olması halinde su bütün boşlukları doldurarak havanın materyal içinde sirküle etmesine engel olur. Bu da ortamda anaerobik reaksiyon oluşmasına neden olur. Materyal içindeki parçacıkların arasında tutulan hava mikroorganizma kütlesi için en önemli oksijen kaynağıdır. Gözenek sayısı arttıkça, gözeneklerin kapladığı toplam hacim artar. Materyal içindeki su ve hava miktarı birbirine ters tesir etmektedir. Su tarafından kaplanan gözenek hacmi büyüdükçe, havanın kaplayacağı hacim azalacaktır. Bu yüzden gözeneklilik önemli bir etkidir.

Gözenek hacmi, gözeneklilik olarak da tarif edilebilir. Her parçacığın büyüklüğü ve parçacıkların konfigürasyonu ile ilgilidir. Konfigürasyonların korunumu parçacıkların yapısal direncine bağlıdır. Bu özellikler, atık çeşidine göre değişen su muhtevasına bağlı olarak değişiklik gösterir. Çizelge 4.5’de atık çeşidine göre maksimum izin verilebilir su muhtevaları verilmektedir. Çizelgede görüldüğü gibi samanda su muhtevası daha fazladır.

Yüksek sıcaklıkların oluşumu ve havalandırmanın etkisi ile buharlaşma meydana gelir. Su muhtevasında meydana gelen azalma ile mikroorganizmaların aktivitelerinde azalma meydana gelir.

Çizelge 4.5 Maksimum izin verilebilir su muhtevası (Kreith, 1994)

Atık tipi	Su muhtevası % toplam ağırlık olarak
Saman	70-85
Odun	80-90
Sebze parçaları, mutfak atıkları	50-55
Belediye atıkları	55-60

Su muhtevası %25-30'un altına düştüğünde işlemin tamamen durabileceği iddia edilmektedir. Kompostlaştırma işleminde materyaldeki su muhtevası %45-50 civarında olmalıdır.

4.3 Kompostlaştırma Sistemlerinin Sınıflandırılması

Kompostlaştırma sistemleri tank tipi ve yığın tipi olmak üzere iki geniş gruba ayrılır. Bu sistemlerin uygulanan havalandırma mekanizmalarına göre çeşitleri mevcuttur. Yığın tipi kompostlandırmada döngülü, basınçlı havalandırma tipi ve her iki sistemin birleştirilmesiyle mekanizmalar oluşturulabilir. Tank tipi kompostlandırmada ise reaktörler karıştırma cihazı ile ya da basınçlı hava verilmesi ile havalandırılır.

4.3.1 Yığın tipi kompostlaştırma: Bu sistemlerde havalandırma yığının karıştırılması, basınçlı hava verilmesi ya da havanın çekilmesi ile yapılır. Yığın tipi kompostlandırmada atığın öğütme ve yığın haline getirmek ilk havalandırmayı sağlar. Yığının devrilmesi, döndürülmesi, karıştırılması ile havalandırılması sağlanabileceği gibi basınçlı havalandırma ile de sağlanabilir. Basınçlı havalandırmada hava itilir veya yığın içerisinden hava çekilir. Bu havalandırma şekilleri ile yığın içinde gözeneklerdeki hava yenilenir. Yığının dış yüzeyine ortamdaki hava vasıtasıyla çok az oksijen gelir.

Çalışma alanı, yığınların inşaa edildiği ve ekipmanların kullanıldığı alandır. İşlemin büyüklüğü, atığın içeriği, yerleşim alanının yakınlığı gibi unsurlar çalışma alanının yerini ve büyüklüğünü belirleyici etkenlerdir.

Yığın tipi kompostlaştırmanın yapılacağı bölgenin alanın hesaplanmasında; toplam kompost olacak materyalin hacmi, yerdeğiştirme, yığınların konfigürasyonu için gerekli alan gözönüne alınır. Toplam çalışma alanının hesaplanmasını içeren basamaklar dört ana

grupta toplanmıştır: kompostlaştırılacak toplam materyalin hacmi, sadece yığınlar tarafından kaplanan alan, manevra alanı, toplam çalışma alanı.

1) Toplam materyalin hacmi

$$\text{Toplam materyal hacmi} = \frac{\text{bekleme süresi (gün)} \times \text{materyali besleme hızı (kg / gün)}}{\text{materyalin yoğunluğu (kg / m3)}} \quad (4.1)$$

2) Sadece yığınlar tarafından kaplanan alan; öncelikle her bir yığının kapladığı alan hesaplanır.

$$\text{Hacim (m}^3\text{)} = \text{kesit alan (m}^2\text{)} \times \text{yığının uzunluğu (m)} \quad (4.2)$$

Kesit alan; kare,daire, dikdörtgen, yamuk şekillerinde olabilir. Buna göre kesit alan formülleri şu şekilde verilebilir.

Kare için;

$$\text{Kesit alan (m}^2\text{)} = \text{taban (m)} \times \text{yükseklik (m)} \quad (4.3)$$

Daire için;

$$\text{Kesit alan (m}^2\text{)} = \pi/4 \times b \text{ (m)} \times h \text{ (m)} \quad (4.4)$$

Yamuk için;

$$\text{Kesit alan (m}^2\text{)} = \frac{1}{2} (a + b) \text{ (m)} \times h \text{ (m)} \quad (4.5)$$

Üçgen için;

$$\text{Kesit alan (m}^2\text{)} = \frac{1}{2} b \times h \text{ (m)} \quad (4.6)$$

İkinci olarak yığınların sayısı hesaplanır.

$$\text{Yığın sayısı} = \frac{\text{toplam materyal hacmi (m}^3\text{)}}{\text{yığın başına düşen hacim (m}^3\text{)}} \quad (4.7)$$

Son olarak yığınların kapladığı alan hesaplanır.

$$\text{Toplam yığın alanı (m}^2\text{)} = \text{yığın sayısı} \times \text{her bir yığının alanı (m}^2\text{/yığın)} \quad (4.8)$$

3) Manevra Alanı: Yığınların döndürülmesi ve bu iş için kullanılan ekipmanların hareketi için gerekli olan alandır. Yığınların her iki yanında manevra için yer bırakılmalıdır.

$$\text{Yerin alanı (m}^2\text{)} = \text{yığının uzunluğu (m)} \times \text{yerin genişliği (m)} \quad (4.9)$$

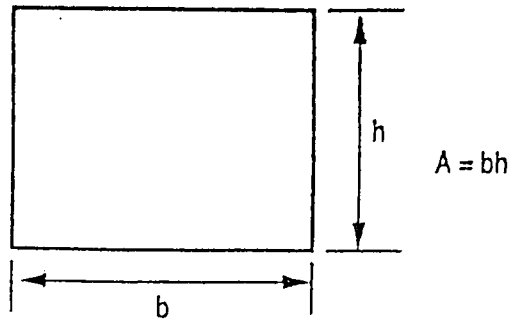
Yerin genişliği makinanın döndürülme tipine bağlıdır. Kepçeli tip yükleyici ise genişlik 1.22 m, traktör destekli döngü ise 1.8-2.4 m yere ihtiyaç duyulur. Havalandırılan iki yığın arasındaki boşluk yaklaşık 6.1 m'dir.

4) Toplam Çalışma Alanı: Yığınlar için gerekli olan alan ve diğer ekipmanların (örneğin yığınların çevrilmesi için kullanılan araçlar, su kamyonları, basınçlı havalandırma ekipmanı gibi.) hareketi için gerekli alanın toplamıdır. Yapılan bu hesaplamalarda zamanla reaksiyon sonucu nem kaybından dolayı meydana gelen kütledeki azalmayı, yığınların büzülmesini gözönüne almaz. Kompostlaştırılan materyalin içeriğinde ve uygulanan kompostlaştırma sisteminin farklılığından dolayı, kütledeki nem kaybıda farklı olacağından tek bir büzülme değeri gözönüne alınamaz. Bu yüzden hesaplanan toplam alan maksimum değerdir. Kompostlaştırma alanı için örnek bir hesaplama şu şekildedir:

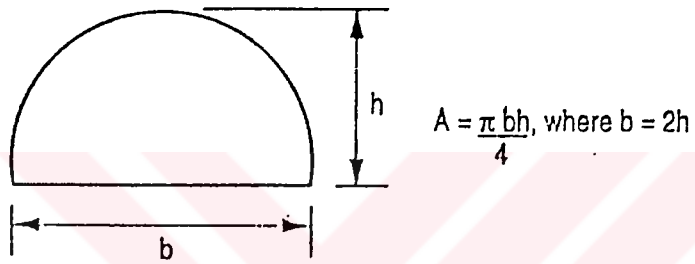
- 1) Kompostlaştırılacak materyalin hacmi= 24 m³/gün
- 2) Kompostlaştırma süresi (bekleme süresi) = 50 gün
- 3) Toplam materyalin hacmi = 50 gün x 24 m³/gün= 1200 m³
- 4) Yığın ölçüleri: uzunluk=50 m, yükseklik=3 m, genişlik=4 m
- 5) Yığın hacmi=V=2/3 x (4x3) x 50 m³
- 6) Yığın sayısı= toplam materyalin hacmi / her bir yığının hacmi =1200/400=3
- 7) Yığınlar arasındaki mesafe= 4 m
- 8) Kompostlaştırma alanı çevresindeki boşluk= 3 m
- 9) Kompostlaştırma alanının uzunluğu= yığın uzunluğu ve çevre boşluğu = 50 m+(2x3)=56 m
- 10) Kompostlaştırma alanının genişliği: yığınların genişliği + yığınlar arasındaki mesafe + çevre boşluğu = (4x3) + (2x4) + (2x3) = 12 + 8 + 6=26 m
- 11) Toplam çalışma alanı = 56 x 26 = 1456 m²

Bir yığının hazırlanması materyalin uzunlanmasına istiflenmesi ile oluşturulur. Materyalin istiflenmesi işlemi, materyalin içeriği, hacmi, dizaynı,materyalin işlenmesinde kullanılan ekipmanların kapasitesi ve tasarımından etkilenir. Örneğin, arıtma çamuru ile katı atığın beraber kompostlaştırılması, çevre atığı ile yiyecek atıklarının beraber kompostlaştırılması söz konusu olduğunda ilk işlem bu atıkların karıştırılmasıdır. Bu ön işlemlerinden sonra yığınlar oluşturulabilir.

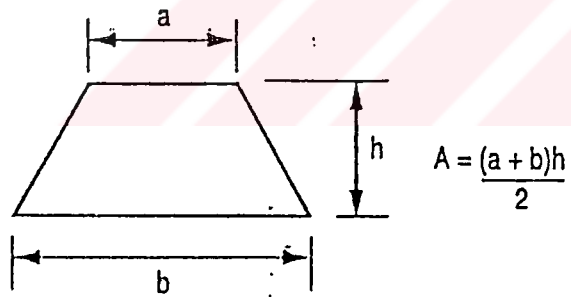
Yığın boyutlarının hesaplanmasında havalandırma şartları, çalışma alanının yeterli kullanımı, yapısal dayanıklılık, materyaldeki parçaların büyüklüğü dikkate alınan unsurlardır. Yığın ne kadar yüksekse partiküller üzerindeki sıkıştırıcı ağırlık o kadar fazla olur. Yapısal dayanıklılık ne kadar iyi ise izin verilebilir yükseklik o kadar fazla olur.



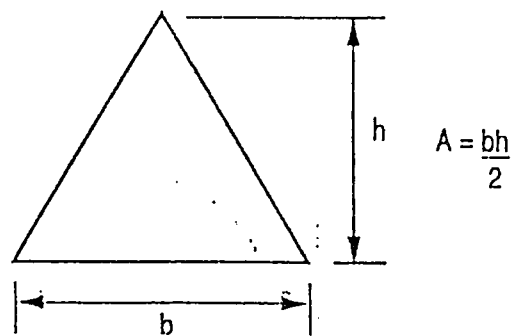
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.2 Yığınların kesit alan çeşitleri (Kreith, 1994)

Yığınların yüksekliği 1.5-1.8 m kadardır. Yığın yüksekliği kompostlaştırılan materyaldeki parçaların büyüklüğüne bağlı olarak artabilir. Pratikte gerçek yükseklik, kompostlaştırılan materyalin havalandırmak için kullanılan ekipmanın tipine göre hesaplanır. Bu değer genelde maksimum izin verilebilir yükseklikten daha küçüktür. Yığının içine doğru verilen havayla temas eden yüzey alanının hesaplanmasında, genişlik dikkate alınan bir parametredir. Bunun dışında yapılan havalandırma miktarının belirlenmesinde genişlik etkin bir parametre değildir. Yığının genişliğinin genellikle 2.4-2.7 m kadar alınması uygundur.

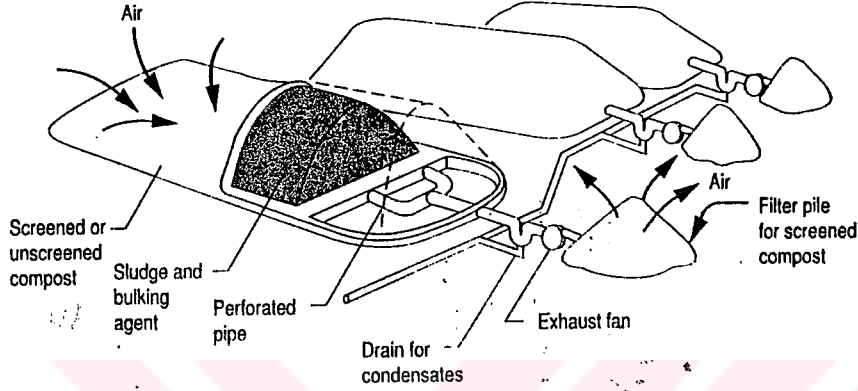
Yığının geometrisi iklimsel koşullara ve çalışma alanının yeterince kullanılmasına bağlı olarak değişir. Çalışma alanının boyutlarının hesaplanmasında her bir yığının hacminin etkisi olduğu görülür. Dolayısıyla çalışma alanının yeterli kullanımın da etkiler. Yağmurun sık olduğu bölgelerde ve yığınların korunmadığı bölgelerde kesit şekli suyu kolay akıtması amacıyla konik olmalıdır. Yağışın fazla olmadığı bölgelerde ise kare ve dikdörtgen şekli uygundur. Bu konfigürasyonlarda ısı kaybı daha azdır.

Daha öncede belirtildiği gibi yığınlar döndürülerek, basınçlı hava verilerek veya her ikisi birlikte kullanılarak havalandırılabilir. Döndürme işlemi, yığı yıkarak ve daha sonra tekrar oluşturarak gerçekleştirilir. Yığın istenirse orjinal ilk konumunda ya da farklı bir şekilde yığılabilir. Döndürme işlemi ile kompostlaştırılan materyal havayla temas ederek oksijen ihtiyacını karşılar ve böylece yığındaki havanın yenilenmesini sağlar. Döndürmeden dolayı materyalde soğuma meydana gelecektir. Sıcaklığın çok yükseldiği ve mikroorganizmaların faaliyetlerini etkileyecek noktaya geldiği durumlarda döndürme işlemi kullanılabilir. Bu işlemde ideal olan yığının içinde yer alan materyal ile dış tabakada yer alan materyalin yer değiştirmesidir. Döndürmenin sayısının artırılması ve daha sık aralıklarla yapılması daha faydalıdır. Yığının her noktasının sıcaklığı aynı olur. Havalandırmanın yapılmasından dolayı kütle içinde ölü bölgelerin oluşması engellenir. Döndürmenin sıklığı aktif mikroorganizma kütlelerinin kullandığı oksijen tüketim hızının bir fonksiyonudur. Her üç günde bir yığının çevrilmesi ile aktif bir şekilde kompostlaştırılan materyal için oksijen alımı yeterlidir. Kompostlaştırılan kütle içinde patojenleri öldürecek yüksek sıcaklıklara ulaşılır.

Döndürme işlemi esnasında yıkmak ve yığı tekrar oluşturmak için buldozer kullanıldığında; karıştırma ve havalandırma süresi kısadır ve materyal dağılmak yerine sıkıştırılır. Bu iş için kepçeli tip aracın kullanılması daha uygundur. Burada dikkat

edilmesi gereken nokta, kepçe içindikilerin tek bir kütle halinde dökmek yerine kademeli bir şekilde boşaltılmasıdır. Daha kompleks döndürücüler mevcuttur fakat maliyetli olduklarından pek tercih edilmez.

Yığının boyutları ve konfigürasyonu kullanılan makinaya göre değişmekle birlikte, 4.6 m genişliğinde ve 1.2-3 m yüksekliğinde yapılabilir.



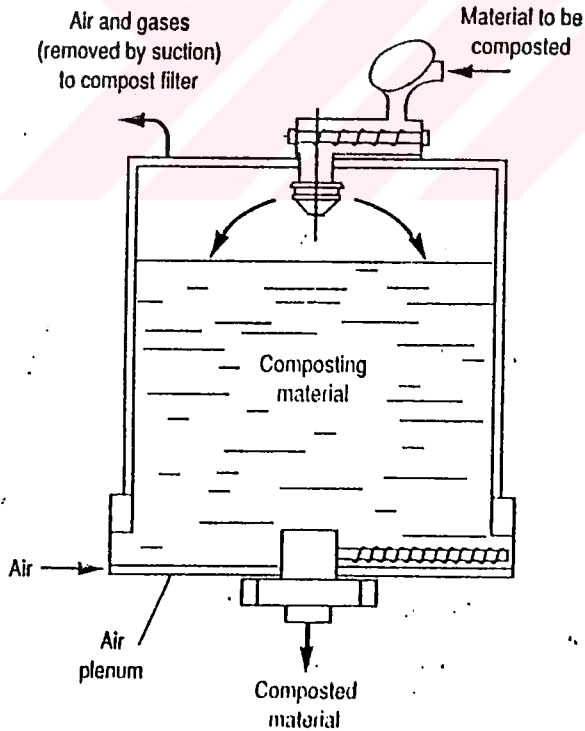
Şekil 4.3 Basınçlı havalandırma yapılan bir yığın tipi kompostlaştırma sistemi (Kreith,1994)

Basınçlı havalandırmanın, döndürerek yapılan havalandırmadan daha pahalı olacağı düşünülür. Oysaki, döndürme aracının getireceği maliyet daha fazladır. Basınçlı havalandırma için yığının yapılacağı alan üzerine delikli boru halkası yerleştirilir. Delikler düzenli olarak boru üzerinde açılır. Boru çapı 10.2-12.7 cm'dir. Boru halkası uzunlamasına yerleştirilir. Delikli boru deliksiz bir boru ile hava üfleyiciye bağlanır. Yığın içerisinde havanın kısa devre olması istenmez. Havanın yığın içerisinde en uzun yolu takip ederek yığını terketmesi istenir. Böylece kütlelerin tamamıyla havalanması sağlanarak, ölü bölgelerin oluşmasına izin verilmez. Yığın üzeri bitmiş kompost veya 30.5-47.7 cm boyutlarında odun talaşları ile örtülebilir. Bu örtü havanın kompostlaştırma esnasında düzenli dağılımını sağlar ve nem fazlasını absorbe eder. Kütle boyunca yüksek sıcaklık oluşumunu sağlayarak, daha fazla patojen ölümünü ve düzenli ayrışmayı sağlar. Yığın belirsiz bir uzunlukta olup, 3.9 m genişliğinde ve 2.4 m yüksekliğindedir. Yığın içerisine aralıklı olarak basınçlı havalandırma yeterli ölçüde aerobik şartların gerçekleşmesini sağlar. 73 ton çamur içeren 15.2 m³'lik bir yığınla yapılmış çalışmada, yığın içerisine gönderilen havanın 16 m³/saat için 5-10 dakika arasında olmasının yeterli olduğu bulunmuştur.

4.3.2 Tank tipi kompostlaştırma: Tank tipi kompostlaştırma sistemi birçok ilişkili komponentlerin birleşimidir: kompostlaştırılacak materyalin hazırlanması, reaktör, havalandırma sistemi, koku kontrol sistemi, dış olgunlaştırma tesisi ve kompost ürünün dağıtım ve pazarlaması.

Tank tipi kompostlaştırmada kompostlaştırılacak materyal reaktör içine verilir. Hava, sıcaklığı kontrol etmek, biyolojik işlemlerin oksijen ihtiyacını karşılamak ve nemi ortamdan uzaklaştırmak için gereklidir. İçerisinden hava geçirilen materyal, istenilen bekleme süresinden sonra olgunlaştırmak için reaktörden alınır.

Tank tipi kompostlaştırmada reaktör sistemi iki safhaya ayrılır: aktif kompostlaştırma ve olgunlaştırma. İlk safha reaktör içinde, ikinci safha ise reaktör içinde ya da dışarıda gerçekleştirilir. İlk safhada yüksek sıcaklıklar, fazla oksijen tüketimi, hızlı parçalanma, yüksek koku oluşumu meydana gelirken; ikinci safhada düşük sıcaklıklar, azalan oksijen tüketimi, düşük koku oluşumu meydana gelir.



Şekil 4.4 Düşey piston akışlı reaktör (Kreith, 1994)

Reaktörü havalandırma şekli, reaktör tipine göre değişmektedir. Havalandırma basınçlı olarak havanın kütleye verilmesi veya kompostlaştırılan kütlenin karıştırılması veya döndürülmesi ile gerçekleştirilir. Reaktörler iki sınıfa ayrılır: piston akışlı reaktörler ve karıştırılmalı reaktörler. Bu reaktörler arasındaki farklılıklar, havalandırma sistemleri ve boşaltma donanımlarındaki konfigürasyonlardır. Düşey piston akışlı bir reaktör içinde materyal reaktörün en üst bölgesine konular ve tabaka halinde en alt kısma gönderilir. Yatay piston akışlı reaktör içinde materyal yatay reaktör boyunca hareket eder. Karıştırılmalı bir reaktörde, materyal reaktör içine yerleştirilir ve mekanik olarak karıştırılır.



5. DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1 Deney Düzenegi

Deney düzenegi oluşturulurken aşağıdaki malzemeler kullanılmıştır;

- 5 adet 50 lt'lik plastik kap
- 3 adet kompresör
- 3/8 inç çapında plastik hortum
- 2 adet TE parçası
- 2 adet zaman saati
- 10 mt. Elektrik kablosu
- Çakıl
- 5 adet çeşme
- Delikli tahta sehpa

Plastik kaplara tabana yakın olmak üzere süzölen suyun drenajı için çeşme takılır. Her plastik kabın içerisine tabandan 17 cm. yüksekliğinde tahta sehpa yerleştirilir (şekil 5.1a,5.1b ve şekil 5.2).Üzerlerine havanın eşit dağılımını sağlaması için çakıl yerleştirilir(şekil 5.3).Çakıllar öncelikle elek analizinden geçirilir. Elek analizinde delik çapları 8, 15, 30 cm. olan elekler kullanılır. 15 cm.'lik elek üzerinde kalan ve 30 cm.'lik elekten geçen çakıl altta 4 cm.'lik yatağı ; 8 cm. elek üzerinde kalan ve 15 cm.'lik elekten geçen çakıl üstte 2 cm.'lik çakıl yatağı oluşturulur.Üzerlerine 30 cm. yüksekliğinde çöp+çamur konulur. Hava kompresörden plastik hortumlar vasıtasıyla tahta sehpanın altından verilir. Kompresör; TEE marka, AE 280 tipindeki soğutma kompresörüdür (şekil 5.4). 1nolu tank tek kompresör diğerleri ikili gruplar halinde kompresörle beslanmıştır. Verilen hava debisi $450 \text{ mm}^3 / \text{gr.h.}$ - $550 \text{ mm}^3 / \text{gr.h.}$ 'dır. Hava sehpa deliklerinden çakıl tabakasına girerek, çöp kütlei içinde yükselir. Plastik kapların kapakların kapaklarında delikler ile dışarıya verilir. Kompresörlerin devreye girip çıkması zaman saati ile sağlanmaktadır.

Deneyde kullanılan çöp, evsel çöp olup, İstanbul Büyükşehir Belediyesinin depolama tesisleri için hazırlanan çöptür.Çöp boyutu 2-4 cm'e indirilmiştir(şekil 5.5).Arıtma çamuru, Organize Deri Sanayi Bölgesinin arıtma tesislerinden alınmıştır.Evsel atıksu arıtma tesisinin son çöktürme çıkışından alınan çamurun polimerle karıştırılıp, bantlı pres filtreden geçirilmesi sonucu elde edilen çamur kekidir(şekil 5.6).

Her tanktaki çöp ve çamurun karışım oranları Çizelge 5.1’de ve her tanktaki çamur ve çöp ağırlığı Çizelge 5.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.1 Tanklardaki çamur / karışım oranları

Tank No	Çamur / Karışım Oranı
1	% 100 çamur
2	% 50
3	% 33
4	% 25
5	% 100 çöp

Çizelge 5.2 Tanklardaki çamur ve çöp miktarları

Tank No	Çöp Ağırlığı kg	Çamur Ağırlığı kg
1	---	8
2	4	4
3	5.4	2.6
4	6	2
5	8	---

Su muhtevasını ayarlayabilmek için her tanka 2 kg talaş konuldu.

5.2 Deneylerin Yapılışı

5.2.1 Su muhtevası

Bir petri kabı alınır, hassas terazide tartılır ve darası kaydedilir. Tank içindeki çöp kütesinden iki ayrı noktadan çöp numunesi alınarak petri kabına konur. Tekrar tartılır ve bulunan tartımdan dara çıkartılarak numune ağırlığı (N) bulunur. Su muhtevası belirlemek üzere petri kabı, 105°C’de 24 saat etüvde tutulur. Daha sonra petri kabı etüvden alınır, desikatörde 20 dakika süre ile soğutulur ve daha sonra tartılır. Bu değerden dara çıkartılarak numune ağırlığı hesaplanır (Ns). Aşağıda yazılı formüle göre su muhtevası hesaplanır.

$$\% SM = \frac{N - N_s}{N}$$

N: İlk tartım (numune) gr.

Ns: Son tartım (numune, etüvden sonra) gr.

% SM: Su muhtevası

5.2.2 Organik Madde Muhtevası

Bir porselen kroze alınır, hassas terazide tartılır ve darası kaydedilir. Tank içindeki çöp+çamur kütlelerinden iki ayrı noktadan çöp numunesi alınarak porselen kroze konur. Tekrar tartılır ve yapılan tartımdan dara çıkartılarak numunenin ağırlığı (N) hesaplanır. Porselen krozeler 3 saat boyunca 775°C-800°C'da fırında tutulur. Daha sonra krozeler fırından çıkartılır, desikatörde 20 dakika süre ile soğutulur ve daha sonra tartılır. Bulunan tartım sonucundan dara çıkartılarak, numune ağırlığı hesaplanır (Ns). Ns değeri inorganik madde muhtevasını verir. Ns ile N arasındaki fark ise organik madde muhtevasını verecektir. Organik madde muhtevısından karbon muhtevasına geçilebilir. Bu iki değer arasındaki ilişki korelasyon katsayısı $r=0.82$ olan bir regresyon denklemi ile aşağıdaki gibi belirlenebilir:

$$C_t = 3.2 \sqrt{O_m}$$

C_t: Toplam karbon muhtevası (%)

O_m: Organik madde muhtevası (%)



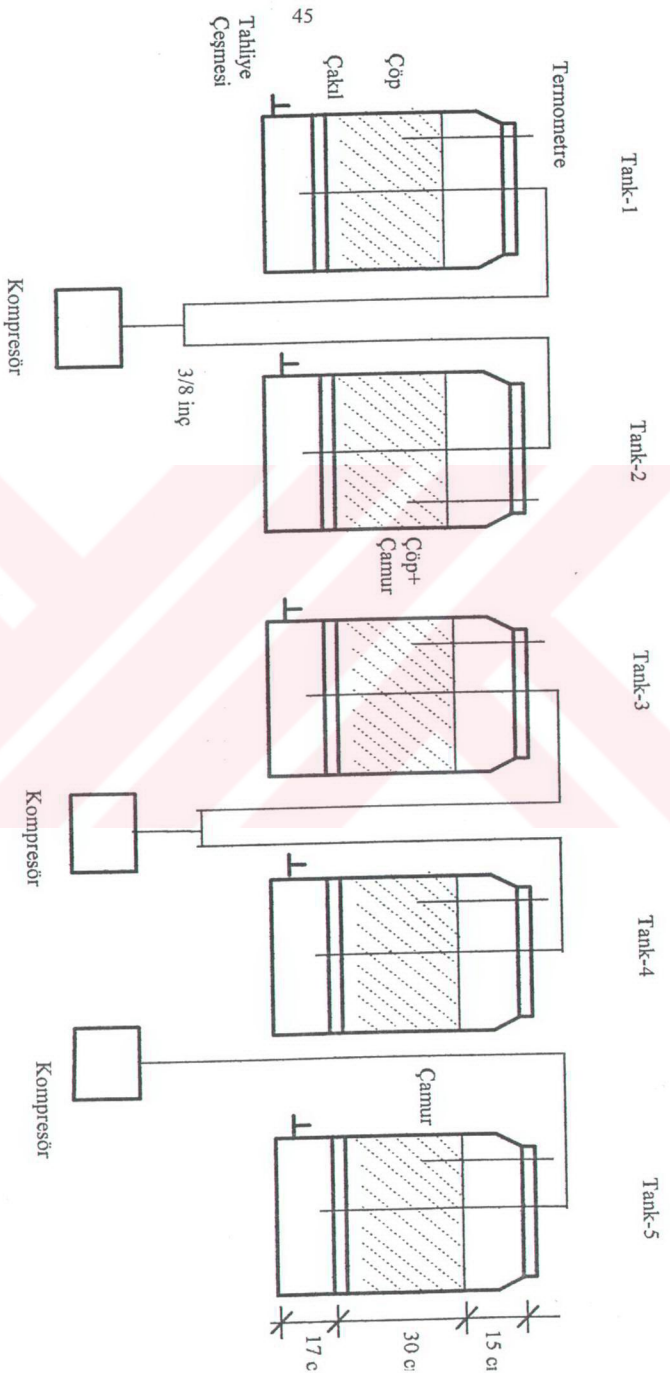
Şekil 5.1a Deney düzeneğinin görüntüsü



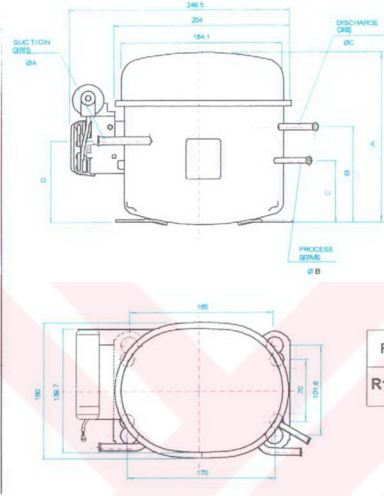
Şekil 5.1b Deney düzeneğinin yandan görüntüsü



Şekil 5.3 Çakıl



Şekil 5.2 Arıtma Çamurunun Çöple Birlikte Kompostlaştırılmasına Ait Deneş Düzeneği



HOUSING AND TUBE DIMENSIONS
MAHFAZA VE BORU BOYUTLARI

COMPRESSOR MODELS KOMPRESÖR MODELLERİ	HOUSING/ MAHFAZA				TUBES/ BORULAR			
	A	B	C	D	Inner dia. A	Inner dia. B	Inner dia. C	
R12	AE 200	215.1	93.5	73.5	93.5	7.65 8.10	7.65 8.10	4.85 5.00
	AE 600	215.1	93.5	73.5	93.5	7.65 8.10	7.65 8.10	4.85 5.00
R134a	AE 230/AE202	215.1	93.5	73.5	93.5	7.65 8.10	7.65 8.10	4.85 5.00
	AE 681	215.1	93.5	73.5	93.5	7.65 8.10	7.65 8.10	4.85 5.00

NOTE / NOT
CONNECTIONS ON SUCTION AND PROCESS TUBES CAN NOT BE INVERTED
GİRİŞ VE SERVİS BORULAR BİRBİRLERİ YERİNE KULLANILMAZ.

Şekil 5.4 Kompresörün Özellikleri



Şekil 5.5 Evsel çöp

AE MODELS AE MODELLER



model compressors are designed for applications in mestic and commercial refrigerators and freezers, uid coolers, dehumidifiers and for various apparatus.

AE model kompresörler kapasitelerine göre ev tipi, ticari buzdolapları ve dondurucular, likit soğutucular, iklimlendiriciler ve çeşitli aparatlardaki uygulamalarda kullanılmak üzere dizayn edilmişlerdir.

W BACK PRESSURE "AE" MODELS / DÜŞÜK DÖNÜŞ BASINÇLI "AE" MODELLER

MODEL	COMPRESSOR COOLING / SOĞUTMA ŞEKLİ				"SUB-COOLED LIQUID PERFORMANCE" (ASHRAE)							EXPANSION / GENLEŞME	
	STROKE VOLUME (c.c.) / STROK HACMI	REFRIGERANT / SOĞUTUCU AKIŞKAN	MOTOR TYPE / MOTOR TIPI	EVAPORATING TEMPERATURE / BUHARLAŞTIRMA SICAKLIĞI							OIL CHARGE / YAĞ MİKTARI (c.c.)	WEIGHT / AĞIRLIK (kg)	
				°C - 40	-34.4	-28.9	-23.3	-17.8	-12.2	F - 40			-30
AE 80	S	4.49	R12	RSIR	35	40	53	80	103	135	C	470	9.3
AE 95	S	5.47	R12	RSIR/PTCSIR	41	47	63	95	123	162	C	470	9.9
AE 136	S/O	7.57	R12	RSIR/PTCSIR	54	64	102	136	180	233	C	470	10.4
AE 146	S/O	5.75	R12	RSIR/PTCSIR	57	68	109	146	193	250	C	470	9.9
AE 170	S/O	8.84	R12	RSIR/PTCSIR	72	84	121	170	223	281	C	540	10.8
AE 175	S/O	6.91	R12	RSIR/PTCSIR	75	87	125	175	230	290	C	470	10.4
AE 195	O/F	7.94	R12	RSIR/PTCSIR	84	97	139	195	256	323	C	540	10.8
AE 228	O/F	8.99	R12	RSIR/PTCSIR	99	114	163	228	299	377	C/V	540	10.8
AE 280	F	14.17	R12	CSIR	90	100	175	280	375	480	C/V	540	11.5

GH BACK PRESSURE "AE" MODELS / YÜKSEK DÖNÜŞ BASINÇLI "AE" MODELLER

MODEL	COMPRESSOR COOLING / SOĞUTMA ŞEKLİ				"SUB-COOLED LIQUID PERFORMANCE" (ASHRAE)				EXPANSION / GENLEŞME		
	STROKE VOLUME (c.c.) / STROK HACMI	REFRIGERANT / SOĞUTUCU AKIŞKAN	MOTOR TYPE / MOTOR TIPI	EVAPORATING TEMPERATURE / BUHARLAŞTIRMA SICAKLIĞI				OIL CHARGE / YAĞ MİKTARI (c.c.)	WEIGHT / AĞIRLIK (kg)		
				°C - 39	1.7	7.2	12.8			F - 25	35
AE 305	F	4.49	R12	RSIR	182	239	305	363	C/V	470	9.3
AE 388	F	5.67	R12	RSIR	239	305	388	431	C/V	470	9.9
AE 547	F	7.57	R12	RSIR/CSIR	340	431	547	651	C/V	470	10.4
AE 650	F	8.84	R12	CSIR	408	522	650	782	C/V	470	10.9
AE 860	F	12.04	R12	CSIR	5509	668	860	1042	C/V	540	10.8



Şekil 5.6 Çamur Keki

5.2.3 Fosfat Tayini

Fosfat tayini genellikle iki işlem kademesinden oluşur. İlk aşamada analiz edilecek fosfor formları parçalama işlemiyle çözünen ortofosfata dönüştürülür. Daha sonra kolorimetrik yöntemle ortofosfatın tayini yapılır. Deneyde kullanılan reaktifler şunlardır:

- 1) Fenolftalein indikatör çözeltisi
- 2) Amonyum molibdat reaktifi: 25 gr $(\text{NH}_4)\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 175 ml destile suda çözülür. Aynı bir kaptaki dikkatli bir şekilde 266 ml derişik H_2SO_4 400 ml distile suya katılır, soğutulur, molibdat çözeltisi eklenir ve 1lt'ye seyreltilir.
- 3) Kalay klorür reaktifi: 2.5 gr taze $\text{SnCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 100 ml gliserinde çözülür. Su banyosunda ısıtılır ve cam baget ile karıştırılarak çözünmesi sağlanır. Bu reaktif dayanıklıldır ve özel bir saklama işlemi gerektirmez.
- 4) Kuvvetli asit çözeltisi: 300 ml derişik H_2SO_4 , yaklaşık 600 ml distile suya katılır ve soğutulur. Soğutmadan sonra 4 ml derişik HNO_3 eklenerek litreye tamamlanır.

Deneyin Yapılışı; parçalama yöntemlerinden sülfürik asit- nitrik asit parçalama işlemi şöyle yapılır; cam balonlara numune konur. 1 ml derişik H_2SO_4 ve 5 ml derişik HNO_3 eklenir. Numune, parçalama işlemi için 1 ml hacim kalana kadar kaynatılır ve çözelti renksiz hale gelene kadar parçalama işlemine devam edilir. Renk dönüşümü olmazsa H_2SO_4 çözeltisinden cam balonlara ilave yapılarak parçalamaya devam edilir. Numune soğutulur, numune süspanse maddeleri ve bulanıklığı uzaklaştırmak için filtrelendir. Yaklaşık 20 ml distile su eklenir. 1 damla fenolftalein indikatörü eklenir ve çözeltide hafif pembe renk oluşana kadar 6 N NaOH çözeltisi ile titre edilir. Nötralize edilmiş çözelti 100 ml'lik balon jöjeye alınır. Numunenin hacmi destile su ile 100 ml'ye tamamlanır.

Hazırlanan numunedeki fosfor içeriği, kalay klorür metodu, vanado-molibdofosforik asit kolorimetrik metodu veya askorbit asit metodu yardımı ile bulunur.

Bu çalışmada kalay (II) klorürün indirgen madde olarak kullanıldığı kolorimetrik yöntemine göre tayin yapılmıştır. Bu yöntemde fosfat iyonları amonyum molibdat ile amonyum fosfo molibdat oluşturur. Bu bileşimin kalay klorür ile indirgenmesi sonucu molibden mavisi kompleksi oluşur. Oluşan bu kompleksin rengi fosfat konsantrasyonu ile orantılı olduğundan ortofosfat konsantrasyonu, renk şiddeti ölçülerek kolorimetrik olarak bulunur.

100 ml.'lik balon jöjeler içerisine 4 ml molibdat reaktifi ve 0.5 ml (10 damla) kalay klorür reaktifi eklenir. Renk gelişimi hızı ve renk şiddeti son çözeltinin sıcaklığına bağlıdır. 1 °C'lik sıcaklık artışı renk şiddetinin %1 oranında artmasına neden olur. Bunu önlemek için numuneler, standartlar ve çözeltiler 20-30 °C sınırında saklanmalı ve birbirlerinden sıcaklık farkları 2 °C'yi geçmemelidir. 10 dakika sonra fakat 12 dakikadan önce olmak üzere geliştirilen renk 690 nm'de spektrofotometrede ölçülerek sonuç kalibrasyon eğrisi ile karşılaştırılır ve fosfor içeriği bulunur. Deney sırasında daima şahit kullanılmalıdır. Şahit olarak destile su kullanılır. Fosfor için çıkartılan kalibrasyon eğrisinin denklemi aşağıdaki gibidir:

$$y = -35.40 + 1255.4x$$

x : Spektrofotometrede okunan absorbans değeri

y : Fosfor konsantrasyonu (alınan gr. numune başına)

5.2.4 Azot Tayini

Organik azot, üç eksi değerlikli oksidasyon kademesinde organik olarak bağlı azottur. Analitik olarak (analiz yoluyla) organik azot ve amonyak birlikte saptanabilir ve "Kjeldahl Azotu" olarak adlandırılır.

Numune pH 9,5'ta borat tamponu ile organik azot bileşiklerinin ve siyanatların hidrolizini azaltmak üzere tamponlanır ve borik asit çözeltisi içine distile edilir. Bu durumda Nesslerizasyon Metodu veya titrasyon işlemi ile amonyak tayin edilir.

Deneyde kullanılan çözeltiler şunlardır;

- 1) Parçalama reaktifi: 134 gr. K_2SO_4 , 650 ml distile su ve 200 ml derişik H_2SO_4 'te çözülür, karıştırılarak 25 ml civa sülfat çözeltisi eklenir ve distile su ile 1 L'ye tamamlanarak 20 °C'de korunur.
 - 2) Karışık indikatör çözeltisi: 200 mg metil kırmızısı indikatörü 100 ml %95'lik etil veya izopropil alkolde çözülür. Başka bir kapta 100 mg metilen mavisi indikatörü 50 ml %95'lik etil veya izopropil alkolde çözülür. Bu iki çözelti birleştirilerek karışık indikatör hazırlanır.
 - 3) Sodyum hidroksit-tiyosülfat reaktifi: 500 gr NaOH ve 25 gr $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ suda çözülerek 1L'ye tamamlanır.
 - 4) Absorbant (Borik asit) çözeltisi:
20 gr H_3BO_3 amonyak içermeyen suda çözülür. 10 ml karışık indikatör çözeltisi eklenir ve distile su ile 1L'ye tamamlanır.
 - 5) Standart sülfirik asit çözeltisi, 0.02 N:
3 ml derişik H_2SO_4 distile su ile 1 litreye tamamlanarak 0.1 N H_2SO_4 hazırlanır. 0.1 N H_2SO_4 çözeltisinden 200 ml alınarak destile su ile 1000 ml'ye tamamlanır.
Bu çözeltinin 1.0 ml'si = 280µgr N'dur.
- Deneyde 24 saat 105 °C'de etüvde kurutulmuş numuneler kullanılır. Numuneye 50 ml parçalama reaktifi eklenir. Birkaç cam boncuk konulur. Beyaz duman çıkışı gözlenecektir.Çözelti berrak veya sarı renk kalıncaya kadar bu işleme devam edilir. Balon soğutulup su ile 300 ml'ye seyreltilir. 50 ml hidroksit-tiyosülfat reaktifi eklenerek balonun dibinde bir alkali tabaka oluşur. Balon sallanarak karıştırılır ve destilasyon cihazına yerleştirilir. Siyah HgS çökeleği oluşur. Ve pH 11'i geçer.Soğutucunun ucu 50 ml borik asit içine daldırılarak 200 ml distilat toplanır.

Ön distilasyon ile borik asit çözeltisine absorplanan distilat 1-2 damla karışık indikatör ilavesiyle standart 0.02 N H₂SO₄ ile titre edilir. İndikatörün rengi açık mor-eflatuna dönene kadar titrasyona devam edilir.

$y = \text{Alınan gram numunedeki azot miktarı} = \text{sarfıyat miktarı} \times 280 \mu\text{gr N}$

5.2.5 pH Değeri

5-10 gr alınan numune CO₂'siz su ile 10 kat sulandırılır. Arada sırada karıştırmak suretiyle biraz bekleddikten sonra pH değeri pHmetre ile okunur.

5.2.6 Sıcaklık

Her tanka 100'lük termometre yerleştirilir. Ve günlük okuma yapılır.

5.3 Deney Sonuçları:

Evsel çöpün özellikleri

Su muhtevası : %75

Organik Madde Muhtevası: % 90

pH=6

Fosfat Miktarı: 1.45 mg/gr

Azot Miktarı: %1.6

C/N Oranı: 19

Aritma Çamurunun Özellikleri

Su muhtevası : %81

Organik Madde Muhtevası: % 60

pH=8

Fosfat Miktarı: 1.56 mg/gr

Azot Miktarı: %3.2

C/N Oranı: 7.74

Deneyin Adı: Sıcaklık

Deney süresince ölçülen sıcaklıklar aşağıdaki gibidir (Çizelge 5.3). Her tank için ayrı ayrı sıcaklık eğrilerini Şekil 5.8a,5.8b,5.8c,5.8d,5.8e,5.8f'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3 Tanklardaki Sıcaklık Değişimi

Tank No	1	2	3	4	5
1.gün	25	25	25	25	25
2.gün	25	28	30	32	32
3.gün	26	28	36	38	38
4.gün	26	28	36	38	38
5.gün	29	32	29	29	32
6.gün	29	32	29	29	32
7.gün	29	32	29	29	32
8.gün	29	32	29	29	32
9.gün	29	32	29	29	32
10.gün	29	32	29	29	32
11.gün	29	32	29	29	32
12.gün	29	32	29	29	32
13.gün	29	32	29	29	32
14.gün	29	38	44	44	40
15.gün	29	38	44	44	40
16.gün	29	38	44	45	40
17.gün	29	37	43	44	38
18.gün	29	33	38	36	32
19.gün	30	32	38	39	31
20.gün	31	29	33	34	30
21.gün	30	32	36	37	32
22.gün	30	31	36	37	32
23.gün	30	31	35	36	31
24.gün	30	30	35	35	31
25.gün	33	30	32	33	30
26.gün	31	30	33	32	31
27.gün	32	30	33	32	31
28.gün	32	28	31	30	30
29.gün	31	28	30	29	29
30.gün	28	28	28	28	28

Deneyin Adı: Su Muhtevası (Çizelge 5.4a)

1. Ölçüm sonuçları

Çizelge 5.4a Tanklardaki su muhtevaları

	Tank No : 1		Tank No : 2	
	1. Numune	2. Numune	1. Numune	2. Numune
N (gr.)	5.497	5.5507	7.9872	10.4281
Ns (gr.)	1.6266	1.6438	1.9101	2.2237
% SM	0.704	0.703	0.760	0.780

	Tank No : 3		Tank No : 4	
	1. Numune	2. Numune	1. Numune	2. Numune
N (gr.)	7.2489	5.7872	6.6419	4.5597
Ns (gr.)	1.7181	1.3161	1.5219	1.0452
% SM	0.760	0.770	0.770	0.770
	Tank No : 5			
	1. Numune	2. Numune		
N (gr.)	9.3115	8.1529		
Ns (gr.)	2.2503	1.6475		
% SM	0.758	0.790		

Deneyin Adı: Organik Madde Muhtevası (Çizelge 5.4b)

Çizelge 5.4b Tanklardaki organik madde muhtevaları

	Tank No:1		Tank No:2	
	1. Numune	2. Numune	1. Numune	2. Numune
N (gr.)	5.2963	4.7963	7.8383	10.0277
Ns (gr.)	0.3209	0.2754	0.4074	0.4155
Org.madde Muhtevası %	93.94	94.26	94.80	95.86
Karbon Muhtevası %	31.01	31.07	31.16	31.33
	Tank No:3		Tank No:4	
	1. Numune	2. Numune	1. Numune	2. Numune
N (gr.)	7.3652	5.8287	6.6678	4.6391
Ns (gr.)	0.3632	0.2594	0.2241	0.1461
Org.madde Muhtevası %	95.06	95.55	96.64	96.85
Karbon Muhtevası %	31.2	31.28	31.46	31.49
	Tank No:5			
	1. Numune	2. Numune		
N (gr.)	9.1318	7.7390		
Ns (gr.)	0.3308	0.2042		
Org.madde Muhtevası %	96.38	97.36		
Karbon Muhtevası %	31.41	31.57		

Deneyin Adı: pH (Çizelge 5.4c)

Çizelge 5.4c Tanklardaki pH değerleri

	Tank No:1	Tank No:2	Tank No:3	Tank No:4	Tank: No:5
N (gr.)	4.4579	6.3308	5.1258	4.6860	5.2123
pH	8.843	8.451	8.840	8.400	7.400

Deneyin Adı: Fosfat Tayini (Çizelge 5.4d)

Çizelge 5.4d Tanklardaki fosfat miktarları

	Tank No:1	Tank No:2	Tank No:3	Tank No:4	Tank: No:5
N (gr.)	0.5070	0.4595	0.4900	0.482	0.4870
x	0.340	0.318	1.205	0.299	0.960
y (mg)	3.86	3.96	3.02	3.53	2.4

Deneyin Adı: Azot Tayini (Çizelge 5.4e)

Çizelge 5.4e Tanklardaki azot miktarları

	Tank No:1	Tank No:2	Tank No:3	Tank No:4	Tank: No:5
N (gr.)	0.4550	0.5344	0.5536	0.4287	0.5259
x (sarfiyat, ml)	34	39	38.5	35	34
y (%azot)	2.09	2.04	1.95	2.29	1.81

2. Ölçüm Sonuçları

Deneyin Adı: Su Muhtevası (Çizelge 5.5)

Çizelge 5.5 Tanklardaki su muhtevaları

	Tank No : 1		Tank No : 2	
	1. Numune	2. Numune	1. Numune	2. Numune
N (gr.)	19.9735	22.4204	19.3367	17.5421
Ns (gr.)	4.8125	5.5351	7.7813	5.3216
% SM	0.7806	0.7531	0.5975	0.6966
	Tank No : 3		Tank No : 4	
	1. Numune	2. Numune	1. Numune	2. Numune
N (gr.)	18.6853	17.2563	26.6409	22.3258
Ns (gr.)	8.3398	7.8416	11.1088	9.6471
% SM	0.5536	0.5455	0.5830	0.5678

	Tank No : 5	
	1. Numune	2. Numune
N (gr.)	19.3994	18.4613
Ns (gr.)	7.7671	7.9367
% SM	0.5996	0.5700

3. Ölçüm Sonuçları

Deneyin Adı: Su Muhtevası (Çizelge 5.6)

Çizelge 5.6 Tanklardaki su muhtevaları

	Tank No : 1		Tank No : 2	
	1. Numune	2. Numune	1. Numune	2. Numune
	9.1799	14.4121	19.5434	13.6542
Ns (gr.)	2.5673	4.6694	4.3129	2.8971
% SM	0.7204	0.6760	0.7793	0.7878
	Tank No : 3		Tank No : 4	
	1. Numune	2. Numune	1. Numune	2. Numune
N (gr.)	28.7359	14.8809	12.2059	17.089
Ns (gr.)	5.4654	2.9499	3.3881	5.5578
% SM	0.8098	0.8018	0.7224	0.6747

	Tank No : 5	
	1. Numune	2. Numune
N (gr.)	15.3554	18.7289
Ns (gr.)	2.6392	3.7744
% SM	0.8282	0.7985

4. Ölçüm Sonuçları

Deneyin Adı: Su Muhtevası (Çizelge 5.7a)

Çizelge 5.7a Tanklardaki su muhtevaları

	Tank No : 1		Tank No : 2	
	1. Numune	2. Numune	1. Numune	2. Numune
N (gr.)	15.5317	19.4204	18.3067	17.0311
Ns (gr.)	3.8426	4.3955	2.1813	2.3968
% SM	0.7525	0.7736	0.8808	0.8592
	Tank No : 3		Tank No : 4	
	1. Numune	2. Numune	1. Numune	2. Numune
15.5310	20.4796	19.3185	14.3516	15.5310
2.1037	3.6267	3.8931	1.1993	2.1037
0.8645	0.8229	0.7984	0.9164	0.8645

	Tank No : 5	
	1. Numune	2. Numune
N (gr.)	14.3105	18.9751
Ns (gr.)	2.9911	4.0586
% SM	0.7909	0.7861

Deneyin Adı: Organik Madde Muhtevası (Çizelge 5.7b)

Çizelge 5.7b Tanklardaki organik madde muhtevalleri

	Tank No:1		Tank No:2	
	1. Numune	2. Numune	1. Numune	2. Numune
N (gr.)	5.5314	3.4769	7.8649	6.4997
Ns (gr.)	0.2781	0.2140	0.3840	0.2938
Org.madde Muhtevası %	94.97	93.84	95.11	95.48
Karbon Muhtevası %	31.18	30.99	31.2	31.26
	Tank No:3		Tank No:4	
	1. Numune	2. Numune	1. Numune	2. Numune
N (gr.)	13.4747	6.1878	6.8912	7.9193
Ns (gr.)	1.0147	0.1587	0.2330	0.2611
Org.madde Muhtevası %	92.46	97.43	96.62	96.70
Karbon Muhtevası %	30.77	31.58	31.45	31.46
	Tank No:5			
	1. Numune	2. Numune		
N (gr.)	7.9509	4.6888		
Ns (gr.)	0.1818	0.0825		
Org.madde Muhtevası %	97.71	98.23		
Karbon Muhtevası %	31.63	31.71		

Deneyin Adı: pH (Çizelge 5.7c)

Çizelge 5.7c Tanklardaki pH değerleri

	Tank No:1	Tank No:2	Tank No:3	Tank No:4	Tank: No:5
N (gr.)	5.1453	5.2142	5.1812	4.9933	5.2581
pH	8.823	8.780	8.960	8.800	7.800

Deneyin Adı: Fosfat Tayini (Çizelge 5.7d)

Çizelge 5.7d Tanklardaki fosfat miktarları

	Tank No:1	Tank No:2	Tank No:3	Tank No:4	Tank: No:5
N (gr.)	0.5050	0.5083	0.5020	0.5078	0.5028
x	1.51	1.221	1.18	1.17	0.96
y (mg)	3.72	2.946	2.88	2.82	2.32

Deneyin Adı: Azot Tayini (Çizelge 5.7e)

Çizelge 5.7e Tanklardaki azot miktarları

	Tank No:1	Tank No:2	Tank No:3	Tank No:4	Tank: No:5
N (gr.)	0.4217	0.5020	0.5076	0.5024	0.5030
x (sarfiyat, ml)	20	53	36	33.5	36.5
y (% azot)	1.32	2.95	1.98	1.86	2.03

Su muhtevası değerlerinin aşağıda olduğu gibi (Çizelge 5.8) ortalamaları alınarak Şekil 5.9a,5.9b,5.9c,5.9d,5.9e eğrileri çizilir.

Çizelge 5.8 Tanklardaki ortalama su muhtevaları

	Tank No:1	Tank No:2	Tank No:3	Tank No:4	Tank: No:5
1. ölçüm	0.704	0.77	0.765	0.77	0.774
2. ölçüm	0.7668	0.647	0.5495	0.5754	0.5848
3. ölçüm	0.6982	0.7835	0.8058	0.6985	0.8133
4. ölçüm	0.7630	0.87	0.8106	0.8904	0.7885

Yapılan deneyler sonucunda elde edilen karbon ve azot muhtevalarına bağlı olarak C/N oranlarını hesaplanabilir. Bu değerler Çizelge 5.9'da gösterilmektedir.

Çizelge 5.9 Tanklardaki C/N oranları

	Tank No:1	Tank No:2	Tank No:3	Tank No:4	Tank: No:5
1. ölçüm	14.85	15.31	16.02	13.74	17.39
2. ölçüm	23.54	10.58	15.74	16.91	15.6



Şekil 5.7a Inolu tanktaki çamurun görüntüsü



Şekil 5.7b 2 nolu tanktaki çöp+çamurun görüntüsü



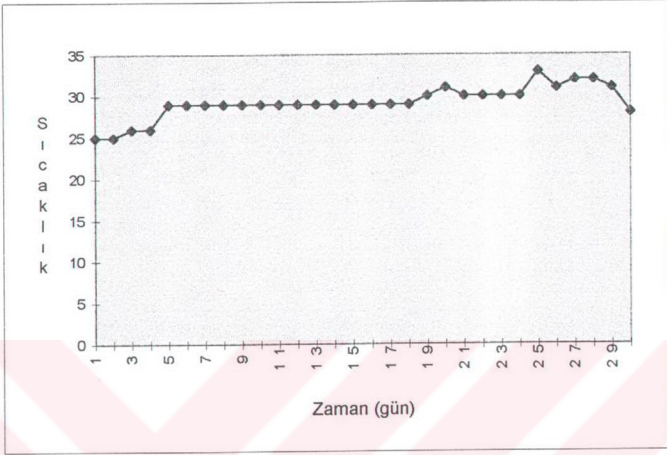
Şekil 5.7c 3 nolu tanktaki çöp+çamurun görüntüsü



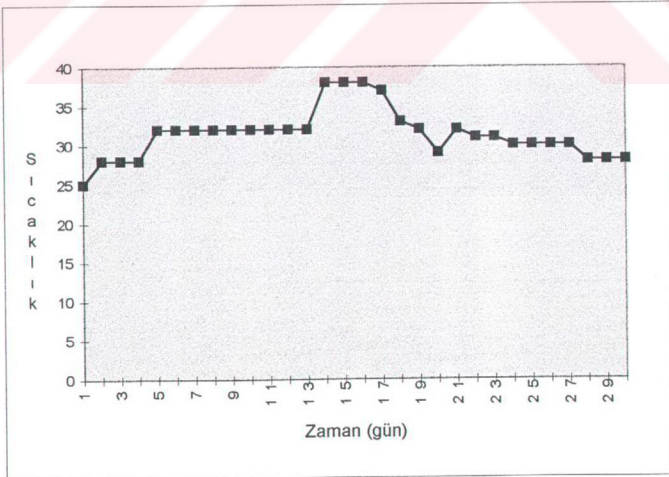
Şekil 5.7d 4 nolu tanktaki çöp+çamurun görüntüsü



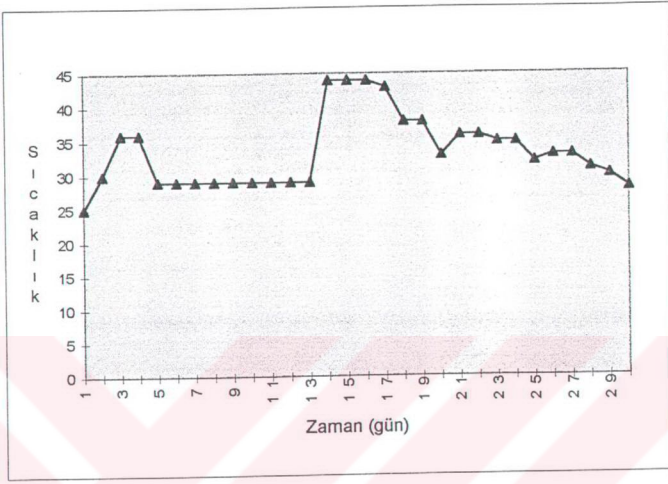
Şekil 5.7e 5 nolu tanktaki çöp görüntüsü



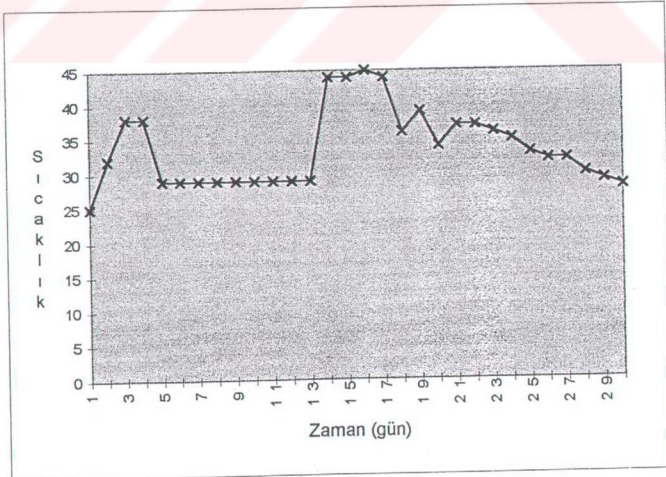
Şekil 5.8a 1 Nolu tanktaki sıcaklığın değişimi



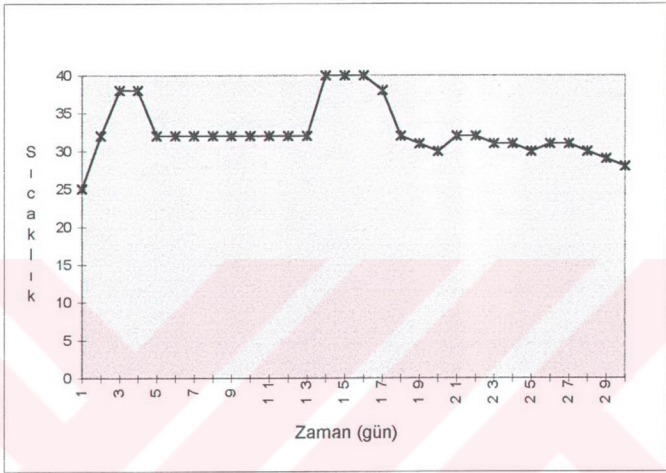
Şekil 5.8b 2 Nolu tanktaki sıcaklığın değişimi



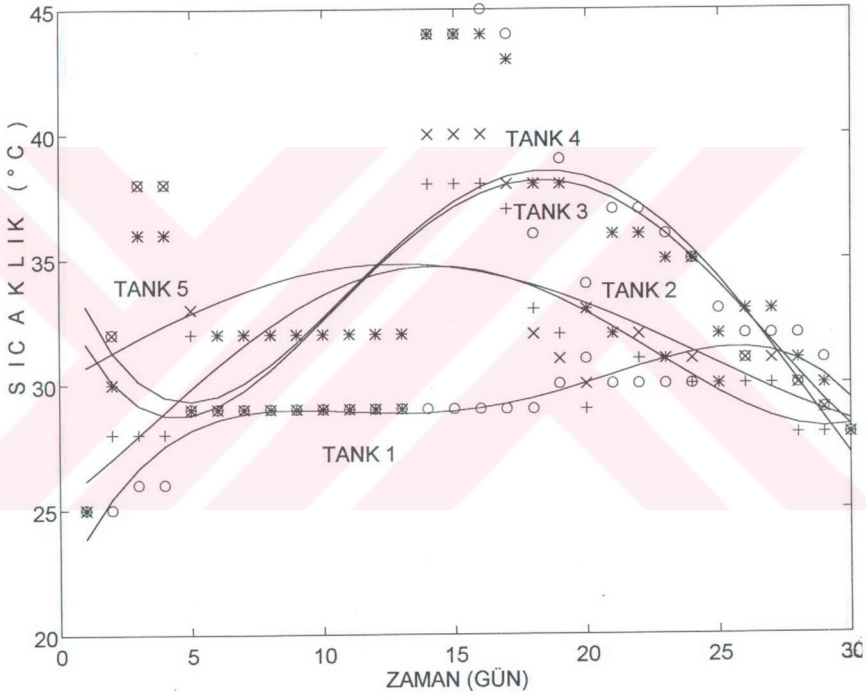
Şekil 5.8c 3 Nolu tanktaki sıcaklığın değişimi



Şekil 5.8d 4 Nolu tanktaki sıcaklığın değişimi

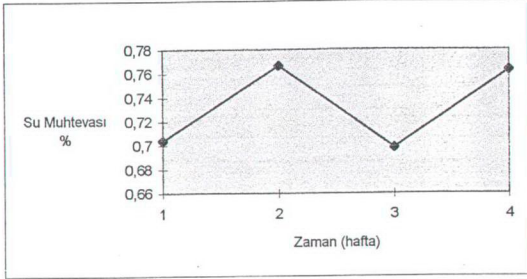


Şekil 5.8e 5 Nolu tanktaki sıcaklığın değişimi

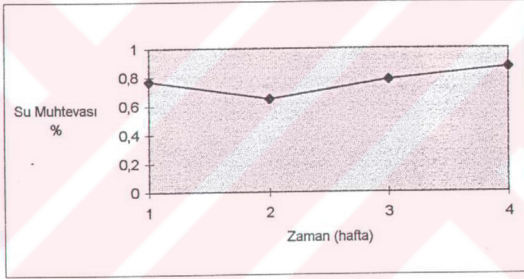


Şekil 5.8f Tanklardaki sıcaklıkların değişimi

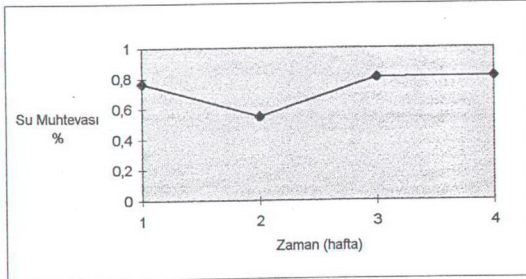
O : TANK 1
 + : TANK 2
 * : TANK 3
 0 : TANK 4
 X : TANK 5



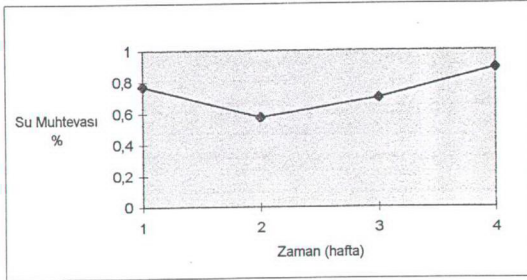
Şekil 5.9a 1Nolu tankta su muhtevası değişimi



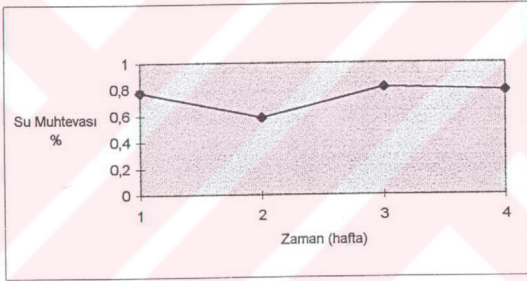
Şekil 5.9b 2 Nolu tankta su muhtevası değişimi



Şekil 5.9c 3 Nolu tankta su muhtevası değişimi



Şekil 5.9d 4 Nolu tankta su muhtevası değişimi



Şekil 5.9e 5 Nolu tankta su muhtevası değişimi



Şekil 6a 1Nolu tanktaki çamurun kompost hali



Şekil 6b 2Nolu tanktaki çöp + çamurun kompost hali



Şekil 6c 3 Nolu tanktaki çöp + çamurun kompost hali



Şekil 6d 4 Nolu tanktaki çöp + çamurun kompost hali



Şekil 6e 5 Nolu tanktaki çöpün kompost hali

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Kompostlaştırma sırasında, kompostun kendi kendine ısınması ve sıcaklığın yükselmesi, evsel çöp ve arıtma çamuru karışımındaki organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılmasından kaynaklanmaktadır. Mikroorganizmaların popülasyonda meydana gelen artış ve oluşan mikroorganizmaların da faaliyeti sonucu ekzotermik bir ısı enerjisi oluşmaktadır. Ortam sıcaklığının 60-70 C'ye yükselmesi sonucu hastalık yapan mikroorganizmaların yok olmasıyla ortamın hijyenikliğini sağlar.

Deney süresince en yüksek 45C'a kadar ulaşılabilmiştir ve deney süresince pH=8-9 arasında değişmektedir. Yüksek alkali bir ortamın olması mikroorganizmalar için kısıtlılığa neden olmuş ve 25 gün sonra sıcaklık düşmeye başlamıştır. Yani protein parçalaması durmaya , yavaşlamaya başlamıştır. Isının yükselmemesinin diğer bir nedeni ise su muhtevasının yüksek oluşudur. Su muhtevası ortama talaş ilavesi ile düşürülebilmştir. Ortamdaki daha fazla ısınmasını engellemiştir. Su içeriğinin fazla olması da ortamın boşluk oranını azaltmakta ve hava-katı temasını azaltmaktadır. Sıcaklık artışı en yüksek değer olan 45 C'ye 4 nolu kapta ulaşmıştır. 1 nolu kapta talaş ilaveli arıtma çamuru bulunmaktadır. Bu kapta mikrobiyolojik faaliyet gözlenmemiştir. 2 nolu kapta evsel çöp, talaş ve arıtma çamuru mevcuttur. Bu kapta mikrobiyolojik faaliyet gözlenmiştir, fakat çok yavaş olduğundan ancak 38C'ye yükselebilmştir. Bu kaptaki C/N oranı 10.58'dir. 3 ve 4 nolu kaplarda ise 44-45C'ye ulaşılabilmiştir. Bunun nedeni bu kaplarda arıtma çamuru miktarı 1 ve 2 nolu kaplara göre daha azdır. Bu kaplardaki C/N oranı ise 15.74 ve 16.91'dir. Deney süresince pH değeri 8-9 arasında değişmiştir.

Görüldüğü gibi su muhtevası kompostlaştırma ünitesinde çok önemli bir parametredir. Bu yüzden su muhtevası çok sık kontrol edilmeli ve buna bağlı olarak da ortamdaki oksijen miktarı kontrol altına alınmalıdır. Böylece kompostlaştırma ünitesinde daha yüksek sıcaklıklara erişilebilir.

KAYNAKLAR:

- Baştürk, A., (1976), Kompostlaştırmaya Tesir Eden Faktörler ve Koagülasyon Maddelerinin Reaksiyona Etkisi, Doktora Tezi, İstanbul Devlet Mühendislik-Mimarlık Akademisi Matbaası, İstanbul.
- Baştürk, A., (1994), Katı Atık Ders Notları, Y.T.Ü (yayımlanmamış).
- Corbitt, R. A., (1990), Standard Handbook of Environmental Engineering, Mc Graw-Hill, New York.
- Erdin, E., Özdağlar, D. ve Gürgen, U., (1987), Çevre'87 Sempozyumu, 26-28 Ekim 1987, EBSO, İzmir.
- Hawg, R. T., (1980), Compost Engineering Principles and Practice, Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster.
- Hobson, P. N., Robertson A. M., (1977), Waste Treatment in Agriculture, Applied Science Publishers Ltd., London.
- Johnston, J. R., Donovan, J. F. ve Pincince, A. B., (1990), "Lessons on In-vessel Sludge Composting", Water Environment and Technology, 2(5):56-63.
- Kreith, F., (1994), Handbook of Solid Waste Management, Mc Graw-Hill, New York.
- Leschber, R., (1987), "Arıtma Çamurunun Tarımda Kullanılması", Türk-Alman Çevre Teknolojisi Semineri, 16-18 Eylül 1987, İstanbul.
- Mc Ghee, T. J., (1991), Sludge Treatment and Disposal, Mc Graw-Hill, New York.
- Spangberg, A. L., Thomas, J. C. ve Brown, K. W., (1996), "Laboratory Scale In-vessel Composter Designed for Volatile Emissions Analysis", Journal of Environmental Quality, 25(2):371-373.
- Tabasaran, O., (1978), Katı Atıkların Toplanması, Uzaklaştırılması ve Zararsız Hale Getirilmesi, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Tabasaran, O., (1987), "Katı Atıkların Değerlendirilmesi", Çevre'87 Sempozyumu, 26-28 Ekim 1987, EBSO, İzmir.
- Türkiye Çevre Vakfı Yayını, (1992), Türk Çevre Mevzuatı, Cilt II, Ankara.
- Vesilind, P. A., Hartman, G. C. ve Skene, E.T, (1991), Sludge Management & Disposal for the Practicing Engineer, Lewis Publishers, Michigan.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 19.08.1973

Doğum yeri İzmir

Lise 1987-1990 İzmir Bayraklı Lisesi

Lisans 1990-1994 Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fak.

Çevre Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 1995-1998

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Müh. Anabilim Dalı, Çevre Müh. Programı

Çalıştığı kurum 1997-Devam ediyor Mas Pompa San. A.Ş.