

151630

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

151639

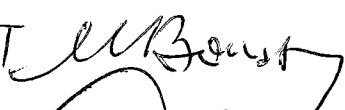
BÜYÜKBAŞ HAYVAN ÇİFTLİKLERİNDEN
KAYNAKLANAN GÜBRE ATIKLARININ İNCELENMESİ
VE UYGUN ARITMA SİSTEMİNİN ÖNERİLMESİ

Çevre Mühendisi Berna BİLDİK

FBE Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği Programında
Hazırlanan

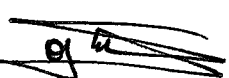
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK

Prof. Dr. Mehmet BORAT 

Prof. Dr. Ahmet DEĞİR 

İSTANBUL, 2004

Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK 

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTIMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın amaç ve kapsamı	2
2. KOMPOSTLAMA	3
2.1 Kompostlama Prosesi	4
2.2 Kompostlama işlemine etki eden parametreler	6
2.2.1 Oksijen ve havalandırma	7
2.2.2 Besi maddeleri	7
2.2.3 Nem	9
2.2.4 Porozite, yapı, kıvam ve partikül boyutu.....	10
2.2.5 pH	11
2.2.6 Sıcaklık.....	12
2.2.7 Süre.....	13
2.3 Kompostlama esnasında maddelerde oluşan değişimler	14
2.4 Olgunlaşma.....	15
2.5 Kompostlamanın avantaj ve dezavantajları	16
2.5.1 Avantajları	16
2.5.1.1 Toprak şartlandırıcısıdır	16
2.5.1.2 Satılabilir bir üründür	16
2.5.1.3 Gübre kullanımını sağlar	17
2.5.1.4 Toprak uygulamalarını iyileştirir.....	17
2.5.1.5 Düşük kirlilik riski.....	17
2.5.1.6 Patojen tahribi.....	17
2.5.1.7 Hayvanlarda altlık olarak kullanılması.....	18
2.5.1.8 Hastalık önleyici	18
2.5.1.9 Proses veya çöp ücreti	18
2.5.2 Dezavantajlar	19
2.5.2.1 Zaman ve para	19
2.5.2.2 Arazi	19
2.5.2.3 Koku	19
2.5.2.4 Hava koşulları.....	19

2.5.2.5	Pazarlama	20
2.5.2.6	Gübreinin ve ekin atıklarının tarladan diversiyonu	20
2.5.2.7	Potansiyel azot kaybı	20
2.5.2.8	Komposttaki nütrientlerin yavaş tahliyesi	20
2.6	Kompostlama işleminde kullanılan maddeler	20
2.6.1	Ham maddelerin karakteristikleri	22
2.6.2	Kompostlamada yaygın kullanılan maddeler	22
2.6.2.1	Sığır dışkısı	23
2.6.2.2	Kümes hayvanlarının dışkıları	23
2.6.2.3	At dışkısı	23
2.6.2.4	Domuz dışkısı	23
2.6.2.5	Diğer çiftlik hayvanlarının dışkıları	24
2.6.2.6	Ekin atıkları	24
2.6.2.7	Kurumuş saman ve hayvan yemi	24
2.6.2.8	Saman	24
2.6.2.9	Testere ve rende talaşı	24
2.6.2.10	Yapraklar	25
2.6.2.11	Tahta yongaları	25
2.6.2.12	Ağaç kabukları	25
2.6.2.13	Çimen kırpıntıları	25
2.6.2.14	Gazete	25
2.6.2.15	Karton	25
2.6.2.16	Bitmiş kompost	26
2.6.2.17	Turba yosunu	26
2.6.2.18	Meyve ve sebze atıkları	26
2.6.2.19	Besin imalatından kaynaklanan atıklar	26
2.6.2.20	Kesim hane ve et paketleme atıkları	27
2.6.2.21	Balık imalatından kaynaklanan atıklar	27
2.6.2.22	Su yosunu ve diğer deniz bitkileri	27
2.6.2.23	Kağıt fabrikalarından kaynaklanan atıklar	27
2.6.2.24	Tahta tozu	27
2.6.2.25	Septik çamurlar ve pissu çamurları	28
2.6.2.26	Gübre ve üre	28
2.6.2.27	Kireç	28
2.6.3	Kompost karışımının formülasyonu	28
2.6.3.1	Ham madde karışımının nem muhtevasına göre yapılması	29
2.6.3.2	Ham madde karışımının besi maddelerine göre yapılması	30
2.6.3.3	Kompost karışımını hesaplamada kullanılan formüller	32
2.6.3.4	Sadece iki maddeden oluşan kompost karışımları için kısayol formülleri	32
2.6.4	Kompostlanacak maddelerin analizi	36
2.6.5	Madde analizlerinin çiftlikte yapılması	37
2.6.5.1	Laboratuar güvenliği	37
2.6.5.2	Numuneler	37
2.6.5.3	Yoğunluk	37
2.6.5.4	Nem muhtevası	38
2.7	Kompostlama metotları	39
2.7.1	Pasif kompostlama	40
2.7.2	Sıralı yığın kompostlama	41
2.7.2.1	Döndürme teçhizatı	42
2.7.2.2	Sıralı yığın yönetimi	45
2.7.3	Pasif havalandırılmalı yığınlar	46

2.7.4	Havalandırılmalı statik yığınlar	48
2.7.4.1	Havalandırılmalı yığın tipleri	50
2.7.4.2	Yığın karıştırma ve oluşturma	51
2.7.4.3	Havalandırmanın süre ve sıcaklığa göre kontrolü	52
2.7.4.4	Havalandırma sistemi	54
2.7.4.5	Emme ve basınçla havalandırma	57
2.7.5	Kapalı reaktörde kompostlama	59
2.7.5.1	Depoda kompostlama	60
2.7.5.2	Dikdörtgen karıştırma yatakları	60
2.7.5.3	Silolar	62
2.7.5.4	Döner tanklar	63
2.7.5.5	Taşınabilir konteynır	64
2.7.6	Kompost metotlarını karşılaştırma	64
3.	KOMPOST OPERASYONLARI	66
3.1	Ham maddelerin depolanması ve işlenmesi	66
3.2	Öğütme ve kırma	68
3.2.1	Yüzey kırıcıları	68
3.2.2	Değirmenler ve tekneli öğütücüler	70
3.2.3	Yontucular ve diğer öğütücü/kırpıcılar	72
3.3	Karıştırma ve yığın oluşturma	72
3.3.1	Kepçeli yükleyiciler	73
3.3.2	Gübre yayıcıları	74
3.3.3	Yığın karıştırıcıları	75
3.3.4	Diğer karıştırıcılar	76
3.3.5	Sıvı maddeleri karıştırma	77
3.4	Olgunlaşma, depolama ve işleme	78
3.5	Eleme	80
3.5.1	Döner kalburlu elekler	80
3.5.2	Çalkalamalı elekler	81
3.5.3	Titreşimli elekler	81
3.5.4	Esnek kayışlı elekler	81
3.5.5	Diskli elekler	82
3.5.6	Helezon ve oluklu elekler	82
3.5.7	Döner elekler	82
3.6	Kurutma	82
3.7	Paketleme	83
4.	KOMPOST PROSESİ YÖNETİMİ VE ARAZİ SEÇİMİ	84
4.1	Proses yönetimi	84
4.1.1	Güvenlik ve sağlık	84
4.1.2	Mevsim ve hava koşulları	85
4.1.3	Proses takibi ve arıza giderimi	86
4.1.4	Koku kontrolü ve artımı	89
4.1.5	Azotun tutulması	94
4.1.6	Aktif kompostlamanın ne zaman bittiğini belirleme	95
4.1.7	Kompostun çiftlik hayvanlarında ve kümeslerde altlık olarak kullanılması	95
4.2	Arazi seçimi ve çevresel güvenirlilik	96
4.2.1	Arazi seçimi	97
4.2.2	Ayırma mesafeleri	98

4.2.3	Drenaj kontrolü.....	100
4.2.4	Çevresel faktörler	102
4.2.5	Araçlar	106
4.2.5.1	Kompost tabanı.....	106
4.2.5.2	Diğer çalışma yüzeyleri.....	106
4.2.5.3	Yollar	106
4.2.5.4	Elektrik	106
4.2.5.5	Su.....	106
4.2.5.6	Yangından korunma	107
4.2.5.7	Binalar	107
4.2.6	Arazi ihtiyaçları	107
4.2.6.1	Kompost tabanı.....	107
4.2.6.2	Olgunlaşma ve depolama	114
5.	KOMPOSTUN KULLANIMI, PAZARLANMASI VE ÇİFTLİKTE KOMPOSTLAMANIN EKONOMİSİ.....	118
5.1	Kompostun kullanımı	118
5.1.1	Kompostun faydaları	118
5.1.2	Kompost kalitesi.....	119
5.1.3	Kompost kalitesini saptama.....	124
5.1.4	Kompostun kullanılabilirliğini belirleme	124
5.1.4.1	Kompostun konteynır ürünlerinde ve saksı karışımlarında kullanımı	125
5.1.4.2	Kompostun bahçelerde ve tarlalarda toprak düzenleyicisi olarak kullanımı.....	126
5.1.5	Kompostun özel kullanımları	127
5.1.5.1	Ev bahçelerinde kullanımı.....	127
5.1.5.2	Zirai ürünler, bahçe bitkilerinde ve peyzaj amaçlı kullanımı.....	128
5.1.5.3	Besi amaçlı yetiştirilmeyen ürünlerde kullanımı.....	128
5.1.5.4	Tahsis edilmiş arazilerde kullanımı.....	128
5.1.5.5	Kompostun bitki hastalıklarının kontrolünde kullanılması	128
5.1.6	Kompostun araziye uygulanması	130
5.2	Zirai kompostu pazarlama	134
5.2.1	Çiftlik kompostunun pazardaki durumu.....	134
5.2.2	Nihai kullanıcı pazarını değerlendirme ve genişletme	134
5.2.3	Ambalajlı ve açıkta pazarlama	139
5.2.4	Kompostun satışı	140
5.3	Çiftlikte kompostlamanın ekonomisi	140
5.3.1	Gübre üretim maliyetleri	141
5.3.2	Kompostlama metotlarının karşılaştırmalı maliyetleri.....	142
5.3.2.1	Çok küçük veya orta ölçekli operasyonlara pasif yığın yaklaşımı	142
5.3.2.2	Sıralı yığınların yükleyiciyle döndürüldüğü küçük-orta ölçekli operasyonlar....	142
5.3.2.3	Orta ve büyük sıralı yığın operasyonlarda özel ekipman yaklaşımı.....	144
5.3.2.4	Statik yığın veya kapalı reaktörde çiftlik kompostu.....	145
5.4	Dünya’da ve Türkiye’de kompostlama standartları ve uygulamalar	149
5.4.1	Türkiye’de kompostlamayla ilgili düzenlemeler.....	149
5.4.2	Avrupa ve Amerika’da kompostlamayla ilgili düzenlemeler.....	151
6.	ATIK YÖNETİMİ VE KOMPOSTLAMA İÇİN DİĞER SEÇENEKLER.....	161
6.1	Araziye doğrudan uygulama ve diğer arazi temelli metotlar	161
6.2	Anerobik çürütme veya biyogaz üretimi	161
6.3	Vermikompostlama	162

6.4	Atıkların altlık olarak kullanılmak üzere geri kazanımı.....	163
6.5	Ev ve bahçe kompostlaması	163
7.	TÜRKİYE’DE SIĞIRCILIK VE İZMİR BÖLGESİNDEKİ MEVCUT DURUM	164
7.1	Sığır yetiştirme şekilleri	164
7.1.1	Ekstantif sığır yetiştiriciliği	164
7.1.2	Entansif sığır yetiştiriciliği	165
7.1.3	Yarı entansif sığır yetiştiriciliği.....	165
7.1.4	Serbest entansif sığır yetiştiriciliği	165
7.2	Sığırcılık işletmelerinin sınıflandırılması	165
7.3	Sığır barınakları	166
7.3.1	Süt sığır barınakları	166
7.3.2	Besi sığır barınakları	166
7.3.2.1	Sabit bağlama sistemli besi ahırları.....	167
7.3.2.2	Padoklanmış besi ahırları	167
7.3.2.3	Açık besi yerleri	167
7.4	Dünya sığır varlığı ve ülkelere dağılımı.....	167
7.5	Türkiye’de sığır yetiştiriciliği.....	169
7.5.1	Türkiye’de üretim çiftlikleri ve hayvan sayıları.....	170
7.6	İzmir bölgesi üretim çiftlikleri ve hayvan kapasiteleri.....	170
8.	BÜYÜKBAŞ HAYVAN ÇİFTLİKLERİNDEN KAYNAKLANAN GÜBRE ATIKLARI İÇİN KOMPOST TESİSİ TASARIMI ÖRNEĞİ	171
8.1	Pilot çiftliğe ait veriler ve farklı kompost sistemleri tasarımı	171
8.2	Kompost sistemleri tasarımı	172
8.2.1	Sıralı yığınla kompostlama.....	174
8.2.2	Havalandırılmalı statik yığınlarda kompostlama.....	177
8.2.3	Döner tambur tipinde reaktörde kompostlama.....	179
9.	SONUÇLAR	184
	KAYNAKLAR	186
	EKLER	187
EK 1	Kompostlamada kullanılan maddelerin karakteristikleri (NRAES-54, 1992)	188
EK 2	Arıza tespiti ve giderimi kılavuzu (NRAES-114, 1999).....	191
EK 3	Kompost yığınları ve arazi sıcaklığı izleme formları (NRAES-114, 1999)	194
EK 4	Kompost taban alanı hesap cetveli (NRAES-54, 1992).....	197
EK 5	Türkiye’de sığır sayılarının illere göre dağılımı (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004).....	199
EK 6	Türkiye’de sığır sayılarının bölgelere göre dağılımı(Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004).....	200
EK 7	Türkiye’de sığırlardan oluşan gübre miktarı(Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004).....	201
Ek 8	İzmir ili üretim çiftlikleri ve sığır kapasiteleri (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004).....	203
Ek 9	İzmir’de seçilen pilot tesis için kompost arazisi tasarımı	207
	ÖZGEÇMİŞ	209

SİMGE LİSTESİ

a	a maddesinin toplam ağırlığı
b	b maddesinin toplam ağırlığı
c	c maddesinin toplam ağırlığı
C	karbon
C:N	karbonun azota ağırlıkça oranı
$\%C_a$	a maddesinin karbon yüzdesi(kuru ağırlık)
$\%C_b$	b maddesinin karbon yüzdesi(kuru ağırlık)
$\%C_c$	c maddesinin karbon yüzdesi(kuru ağırlık)
K	potasyum
M	karışımda istenen nem muhtevası
N	azot
NH ₃	amonyak
NH ₄	amonyum
NM	nem muhtevası
$\%N_a$	a maddesinin azot yüzdesi(kuru ağırlık)
$\%N_b$	b maddesinin azot yüzdesi(kuru ağırlık)
$\%N_c$	c maddesinin azot yüzdesi(kuru ağırlık)
n_a	a maddesinin nem muhtevası
n_b	b maddesinin nem muhtevası
n_c	c maddesinin nem muhtevası
P	fosfor
R	karışımda olması istenen C:N oranı
R_a	a maddesinin C:N oranı
R_b	b maddesinin C:N oranı

KISALTMA LİSTESİ

ECN	European Compost Network
NRAES	National Resource, Agriculture and Engineering Service
PTO	Power take off
UOA	Uçucu organik asitler



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Kompostlama işlemi(NRAES-114, 1999)	3
Şekil 2.2 Bir kompost sıralı yığnında veya yığnında doğal(pasif) hava hareketi (Richard ve Dickson, 1989)	4
Şekil 2.3 Kompostlamada sıcaklık-zaman-oksijen ilişkisi; genel(üst) ve tipik(alt)(NRAES-114, 1999).....	5
Şekil 2.4 Partikül boyutu dağılımı, şekil ve paketlenme yoğunluğuna bağlı olarak efektif kesit alanı(Richard, 2000).....	10
Şekil 2.5 Katı partiküllerin bozunması(NRAES-54, 1992).....	11
Şekil 2.6 Kompostlamaya uygun karakteristikleri oluşturmak için ham maddelerin karıştırılması(NRAES-54, 1992).....	21
Şekil 2.7 Döndürücü kullanarak sıralı yığn kompostlama(NRAES-54, 1992).....	41
Şekil 2.8 Tipik sıralı yığn şekilleri ve boyutları(NRAES-54, 1992).....	42
Şekil 2.9 Traktörle çalışan sıralı yığn döndürücüleri(Scat Engineering and Wildcat Manufacturing).....	44
Şekil 2.10 Traktörle çalışan döndürücüler için iki geçiş yeterlidir(NRAES-54, 1992)	44
Şekil 2.11 Kendinden güç sağlayabilen ve kendinden sürülen sıralı yığn döndürücüleri, sırasıyla helezonik döndürücü, elevatörlü döndürücü(Brown Bear Corporation) ve döner tekneli harman döveni(Richard, Dickson ve Rowland, 1990)	45
Şekil 2.12 Gübre kompostlamasında pasif havalandırmalı yığnlar(NRAES-54, 1992)	47
Şekil 2.13 Havalandırılmış statik yığnlar ve boyutları(Wilson vd., 1980)	49
Şekil 2.14 Havalandırmalı birleşik statik yığnların yapısı ve boyutları(Wilson vd., 1980)...	51
Şekil 2.15 Havalandırmalı statik yığna sıcaklık sensörünün yerleşimi(NRAES-54, 1992)...	53
Şekil 2.16 Havalı statik yığnlarında havalandırma borusunun ayrıntıları(NRAES-54, 1992)55	
Şekil 2.17 Yığn boyunca hava dağıtımı(NRAES-54, 1992)	57
Şekil 2.18 Havalı statik yığnlarda yığn uzunluğunu arttırmak için havalandırma borularının ayrılması(NRAES-54, 1992).....	57
Şekil 2.19 Emmeli havalandırma sisteminde kullanılan yoğunlaştırma tankı(NRAES-54, 1992).....	58
Şekil 2.20 Dikdörtgen karıştırma yataklı kompost sistemi(Royer Manufacturing)	61
Şekil 2.21 Siloda kompostlama(NRAES-54, 1992).....	62
Şekil 2.22 Döner tankla kompostlama(Bedminster Bioconversion Inc.).....	63
Şekil 3.1 Kompostlama sistemi ve operasyonları(NRAES-54, 1992)	67
Şekil 3.2 Konveyörlü yüzey parçalayıcısı(Royer Manufacturing).....	69
Şekil 3.3 Döner yüzey kırıcıları(Triple/S Dynamics)	70
Şekil 3.4 Değirmen(Dresser Industries)	71
Şekil 3.5 Döner tekneli öğütücü(NRAES-54, 1992).....	71
Şekil 3.6 Karıştırma alanı için duvar tasarımı(Northeast Dairy Practices Council, 1977)	73
Şekil 3.7 Sıralı yığnı oluşturmak için damperli kamyon yavaşça ilerler(NRAES-114, 1999)74	
Şekil 3.8 Bir gübre yayıcı ile sıralı yığn oluşturma(NRAES-54, 1992)	75
Şekil 3.9 Mobil yığn karıştırıcı sıralı yığn oluşturmada da kullanılabilir(Sludge Systems International Inc.).....	76
Şekil 3.10 Sürekli karıştırıcı mil(Rapin Machinery Company)	77
Şekil 3.11 Uzunlamasına oluklar açarak sıvı ilavesi(NRAES-54, 1992).....	78
Şekil 3.12 Olgunlaşma yığnlarının boyutları(NRAES-54, 1992)	79
Şekil 3.13 Döner kalburlu elek(NRAES-54, 1992).....	81
Şekil 4.1 Sıralı yığn sıcaklığını izlemek için kullanılan kadranlı termometre(NRAES-54, 1992).....	88
Şekil 4.2 Oksijen analiz teçhizatı(Richard ve Dickson, 1990).....	88
Şekil 4.3 NH ₃ ve NH ₄ konsantrasyonları ile pH arasındaki denge(Sawyer ve McCarty, 1978)90	

Şekil 4.4 Toprak filtresi ile koku giderimi(International Process Systems).....	92
Şekil 4.5 Biyofiltre ile koku giderimi(Richard, 2000)	93
Şekil 4.6 Örnek arazi yerleşim planı(NRAES-54, 1992)	98
Şekil 4.7 Örnek arazi planı ve drenajı(NRAES-54, 1992)	99
Şekil 4.8 Kompost tabanının yapısı ve drenajı (NRAES-54, 1992).....	101
Şekil 4.9 Yüzeysel akış ve sızıntı suyunu toplama metotları (NRAES-54, 1992).....	102
Şekil 4.10 Kompost tabanı yüzeysel akış suyu arıtmak için çimle kaplanmış infiltrasyon alanı(NRAES-114, 1999).....	104
Şekil 4.11 Toplama havuzunun tipik karakteristikleri (NRAES-54, 1992)	105
Şekil 4.12 Nemli maddelerden gelen sızıntı suyunu tutmak için örtülü depolama(NRAES-114, 1999).....	105
Şekil 4.13 Sıralı yığınlar ve yığınlar için uygun boyutlar ve mesafeler(NRAES-54, 1992)..	109
Şekil 5.1 Kompostun araziye uygulanması(NREAS-54, 1992).....	127



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Hızlı kompostlama için tavsiye edilen koşullar (NRAES-54, 1992)	6
Çizelge 2.2 Bazı organik maddelerin lignin muhtevası ve diğer bileşenleri(Richard, 1996)	8
Çizelge 2.3 Kompostlama işleminde görev yapan mikroorganizmalar için optimum sıcaklıklar	12
Çizelge 2.4 Seçilen madde-metot kombinasyonlarına uygun kompostlama süreleri(NRAES-54, 1992).....	14
Çizelge 2.5 Nem muhtevasına göre iki maddeden oluşan karışımının formülünün belirlenmesi (NRAES-114, 1999).....	29
Çizelge 2.6 Havalandırma sisteminin bileşenleri(NRAES-54, 1992).....	54
Çizelge 2.7 Havalandırmalı statik yığında havalandırma borusu için delik çapları ve aralıkları (NRAES-54, 1992).....	56
Çizelge 4.1 Yaygın kullanılan yatak malzemelerinin su absorblama kapasitesi (NRAES-54, 1992).....	96
Çizelge 4.2 Tavsiye edilen minimum ayırma mesafeleri	100
Çizelge 4.3 Tipik sıralı yığın ve yığın şekilleri ve enine kesit alanları (NRAES-54 ,1992)..	108
Çizelge 4.4 Sıralı yığınlar/yığınların enine kesit alanı hesabı (NRAES-114, 1999).....	110
Çizelge 4.5 Hayvan başına gübre üretim miktarları ve karakteristikleri (altlıksız ve su ilave edilmeden) (NRAES-54, 1992).....	113
Çizelge 5.1 Çiftlik kompostunun karakteristikleri (NRAES-114, 1999)	120
Çizelge 5.2 Nihai kullanımına bağlı olarak kompost kalite ilkeleri (NRAES-114, 1999).....	122
Çizelge 5.3 Ham yoğunluk temel alınarak hesaplanmış uygulama oranı dönüşümleri(Composting Council, 1996)	132
Çizelge 5.4 Farklı uygulama derinliğine karşılık gelen m ³ /ha değerleri(NRAES-114, 1999)	133
Çizelge 5.5 Kompostun potansiyel kullanıcıları (NRAES-54, 1992)	136
Çizelge 5.6 Kepçeli veya önden yükleyicilerle döndürülen sıralı yığınların maliyeti(Dreyfus, Gresham vd. ve Richard, 1990).....	144
Çizelge 5.7 Sıralı yığınları yılda dört defa döndürmenin maliyetleri.....	148
Çizelge 5.8 TKKY(10.12.2001) ve KAKY(14.03.1991) topraktaki ağır metal sınır değerlerinin karşılaştırılması	150
Çizelge 5.9 TKKY(10.12.2001) ve KAKY(14.03.1991) toprakta on yıllık dönem esas alınarak bir yılda verilmesine müsaade edilecek ağır metal yüklerinin karşılaştırılması..	150
Çizelge 5.10 Avrupa ve Amerika'daki kompost organizasyonları [1].....	151
Çizelge 5.11 Avrupa ülkelerinde kompost kalitesinin mevcut durumu (ECN, 2004)	153
Çizelge 5.12 Avrupa'daki kompostlama ve çürütücü tesislerinin kalite güvence durumları (ECN, 2004)	154
Çizelge 5.13 Avrupa'da ki kompost tesislerinin kontrolünü üstlenen kurumlar ve kontrol şekli (ECN, 2004)	155
Çizelge 5.14 Amerika EPA standardının arıtma çamuru kaynaklı komposttaki ağır metal limitleri	156
Çizelge 5.15 Avrupa ülkelerinde komposttaki ağır metal limitleri, mg/kg.....	156
Çizelge 5.16 Bazı Avrupa ülkelerinde ve Amerika'da nihai kompostun biyolojik işlem sırasında hijyenleşmesi için gerekli bekletme süreleri(Baban vd., 2001)	157
Çizelge 5.17 AB standardı kompost bileşenlerinin sınır değerleri(Baban vd., 2001).....	158
Çizelge 5.18 Avusturya Ö-NORM standardı kompost limitleri (Baban vd., 2001).....	159
Çizelge 7.1 Çeşitli ülkelerde sığır sayıları, sığır eti ve inek sütü üretimi (Evrin ve Güneş, 2000).....	169
Çizelge 7.2 Türkiye'de sığır ve et sığırının yıllara göre dağılımı (DİE, 2004).....	169
Çizelge 7.3 İzmir bölgesi sığır sayılarının yıllara dağılımı (DİE, 2004).....	170
Çizelge 8.1 Sığır gübresi ve testere talaşının kimyasal analizi	172
Çizelge 8.2 Çiftlikteki gübreyi sıralı yığın metoduyla kompostlamada tasarım kriterleri ve	

kabuller	176
Çizelge 8.3 Çiftlikteki gübreyi havalandırmalı statik yığın metoduyla kompostlamada tasarım kriterleri ve kabuller	178
Çizelge 8.4 Çiftlikteki gübreyi kapalı reaktörde kompostlamada tasarım kriterleri ve kabuller	179
Çizelge 8.5 Döner tamburlu kompost sistemi için öngörülen işletme giderleri ve gelirler....	183



ÖNSÖZ

Hayvanlardan oluşan katı atıklar çok eski dönemlerden beri gerek ısınma amaçlı gerekse gübre olarak kullanılmıştır. Hayvansal atıklar kontrolsüz uzaklaştırıldığında yüzey suları, yeraltı sularını kirleterek koku, sinek oluşturmakta ve çeşitli salgın hastalıklara neden olmaktadır. Nüfus artışıyla gelişen tarım ve hayvancılıkla beraber hayvan atıklarının oluşum potansiyeli de artmaktadır. Bu atıkların kontrolsüz bertarafıyla beraber ciddi çevresel sorunlar yaşanmaktadır. Hayvan atıklarının kompostlanarak gübre ve toprak şartlandırma özelliklerinden yararlanılması ve atıkların daha zararsız nihai ürünlere dönüştürülmesi dünyada gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde politika olarak belirlenmiş ve bu amaçla kompost tesisleri açılmıştır.

Bu tez çalışmasında kompostlama teknolojisi incelenerek Türkiye’de hayvan potansiyeli, hayvan atıklarının miktarı ve karakterizasyonu il ve bölgesel ölçekte ele alınmış ve bu bölgelerdeki hayvan atıklarının bertarafı için kompost teknolojisinin uygunluğu araştırılmıştır.

Bu tez çalışmasında konu seçiminden itibaren bana her konuda yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım değerli hocam Sayın Prof.Dr. Mustafa Öztürk’e sonsuz şükranlarımı arz ederim.

Tez çalışmamda maddi ve manevi benden desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.



ÖZET

Bu çalışma kapsamında Türkiye’de sığırcılıktan kaynaklanan atıkların kompost teknolojisiyle bertarafı araştırılmıştır. Bu kapsamda kompost teknolojisi ayrıntılarıyla incelenmiş ve kompostlama işleminde dikkat edilmesi gerekli en önemli parametrelerin yığının sıcaklığı ve sızıntı suyu olduğu belirlenmiştir. Kompost işleminde yığın boyutlarının kompost içindeki hava akımı ve verimine etkisinin büyük olduğu görülmüştür. Türkiye’deki büyükbaş hayvan potansiyeli incelenmiş ve sığır kapasitesi ve dolayısıyla atık sorunu en fazla olan İzmir’de pilot bir çiftlik seçilmiştir. Daha sonra anketle buradan toplanan datalar değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada kompost teknolojisinin maliyet analizleri ve bitmiş kompostu değerlendirme araştırılmıştır. Nihai kompostun açıkta veya kapalı pazarlanarak ilk yatırım maliyetlerini çoğunlukla geri dönüştürdüğü görülmüştür.

Anahtar kelimeler: kompostlama, olgunlaşma, gübre, pasif havalandırma, basınçlı havalandırma, yığınlar, sıralı yığın, C:N, sıcaklık, yığın döndürücüleri, gübre yayıcıları.



ABSTRACT

Dispose of the wastes which come from cattle farms in Turkey via compost technology has been researched within the presented study. In this content composting technology investigated with details and It was found that the most critical parameters are temperature of pile and runoff water. The results indicated that pile sizes have influence on air movement and composting output. Cattle potential of Turkey has been investigated and since It has the most animal breeding capacity, the pilot farm is selected in İzmir. The datas which is collected from the farm was evaluated.

Furthermore the costs of composting technology and the utulization of end compost has been investigated in this study. The results indicated that the bagged and bulk sales of end compost payback capital costs of farm.

Key words: composting, curing, passive aeration, forced aeration, windrows, piles, C:N, temperature, windrow turners, manure spreaders.



1. GİRİŞ

Dünya’da çevre kirliliğindeki hızlı artış insanları çevreye daha az zararlı alternatif metotlar aramaya itmiştir. Bu çerçevede atık azaltma, geri kazanma, atık dönüştürme, düzenli depolama gibi yöntemlerle atık yönetimi gerçekleştirilmektedir.

Kompostlama gübre, çamur, yaprak, kağıt ve yiyecek atıkları gibi organik maddelerin mikroorganizmalar vasıtasıyla kompost adı verilen toprağımsı bir yapıya dönüştürüldüğü biyolojik bir prosestir. Bu proses yaprak ve diğer organik atıkların doğal olarak çürütüldüğü prosesle aynıdır. Kompostlamada sadece şartlar kontrol altına alınarak maddelerin daha hızlı çürümesi sağlanır.

Kompostlama ve kompost kullanımını gübre işlemeyi kolaylaştırıcı ve çevre kirliliğini önleyici yararları vardır. Kompostlamada nemi gideren ve patojen ve zararlı ot kaynaklarını tahrip eden ısı üretilir. Proses doğru yönetilirse en az koku oluşur.

Kompost elde edildiği ham maddelerden farklı özelliktedir. Koku oluşturmaz, işlenmesi kolaydır ve uzun süre depolanabilir. Ayrıca kompost çeşitli şekilde kullanılır. Bu nedenle kompost çiftçilerin dikkatini çekmektedir.

Kompostlama prosesi ziraata çok yatkın bir işlemdir. Bunun nedeni çiftlik atıklarının özellikleri, kompost için gereken arazinin çiftlikte doğal olarak bulunması ve kompostun çiftçiye sağladığı yararlarıdır. Kompostlamada kullanılan ekipman her çiftlikte kolayca bulunabilir.

Kompostlama yeni bir teknoloji değildir. Amerika’da 18. ve 19. yy’den beri kullanılmaktadır. 20. yy’da maddelerin ve mekanik teçhizatları seçiminin nasıl yapılması gerektiği ve farklı kompostlama metotları(sıralı yığın, yığınlar, kapalı reaktörde vs.) hakkında bilimsel ilkeler belirlenmiştir. Böylelikle çiftçilik daha bilimsel bir hal almıştır. Sanayileşme, kimyasal gübreler ve özelleştirme çiftçiliği değiştirdi. Kompostlama önemini yitirdi ve atık bertarafı esas sorun olmaktan çıktı. Şimdi ise çevre bilinci attığı için kompostlama tekrar popüler olmaya başlamıştır.

Türkiye’de gübre kompostu yapan tesis henüz bulunmamaktadır. Evsel atık kompostlayan tesisler kurulmuştur. Fakat bu tesisler maliyetlerinden dolayı tercih edilmemektedir. Bunun nedeni tesislerde kullanılan gerek mekanik gerekse elektronik aksamaların Türkiye’de bulunmamasından ve dışarıya bağımlı olmasından kaynaklanmaktadır.

Bu çalışmada kompostun nasıl yapıldığı, hangi metoddun nasıl kullanılacağı ve satılacağı anlatılmaktadır. Kompostlamayla beraber kompost metotları ve teçhizatları hızla gelişmektedir. Dünya’da sadece çiftliklerde kullanılmak üzere kompost teçhizatları üreten şirketler vardır.

1.1 Çalışmanın amaç ve kapsamı

Bu çalışmanın amacı Türkiye’de büyükbaş hayvan çiftliklerinde kompost teknolojisinin uygulanabilirliğinin araştırılmasıdır. Bu kapsamda ülkemizdeki hayvan üretim potansiyeli ve oluşan hayvan katı atıklarının miktarı hesaplanmıştır. Hayvan kapasitesinin fazla oluşu ve bu atıkların çevre kirliliği riskinin fazla olmasında dolayı pilot bölge olarak İzmir’de bir çiftlik seçilmiştir.

Bu çiftlikteki hayvan atıkları, ağırlıkları, üretim miktarları ve mevcut atık uzaklaştırma metodunun belirlemek amacıyla bir anket formu hazırlanmış ve sağlıklı olması amacıyla çiftliktekilerle yapılan birebir görüşmelerle doldurulmuştur. Ayrıca Çevre ve Orman Bakanlığı ile temasa geçilerek bölgedeki sığır çiftlikleri, adresleri ve hayvan sayıları alınmıştır. Kompostlama ile ilgili literatür araştırması yapılarak pilot çiftliğe uygulanabilirliği araştırılmıştır.

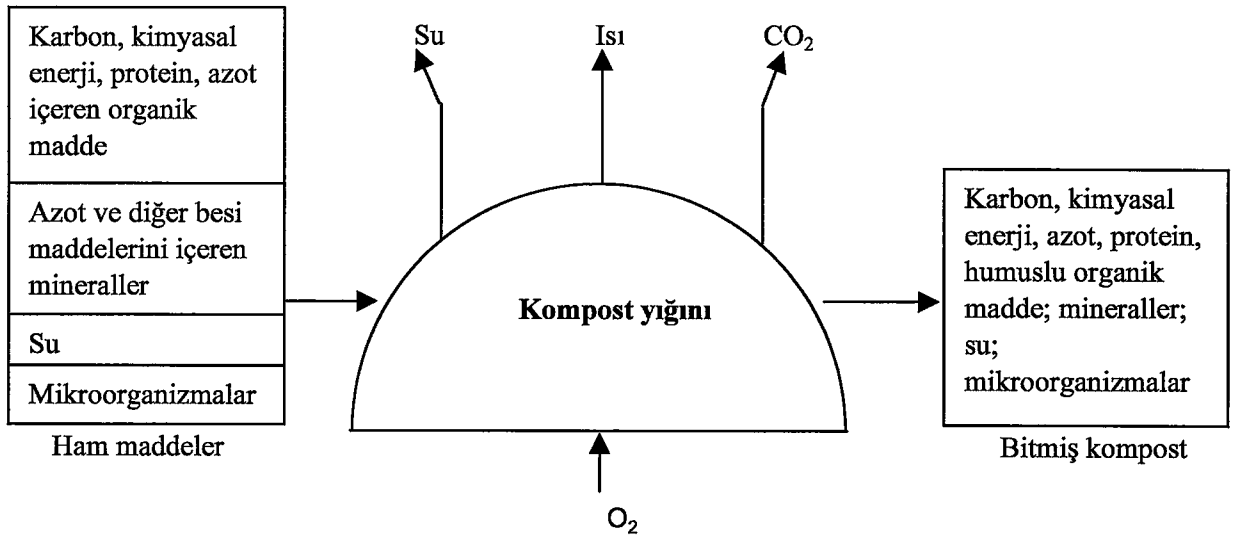
2. KOMPOSTLAMA

Kompostlama organik maddelerin aerobik koşullarda mikroorganizmalar vasıtası ile bozunduğu bir prosestir. Kompostlama esnasında mikroorganizmalar organik maddeleri tüketirken oksijen harcarlar(Şekil 2.1). Aktif kompostlama periyodunda fazla miktarda ısı ve CO₂ üretilirken su buharı havaya bırakılır. CO₂ ve su kayıpları ham madde karışımının ağırlığının yaklaşık yarısıdır. Nihai kompostun hacmi ham maddenin %50'sine veya daha azına eşittir.

Nihai kompostun C muhtevası, kimyasal enerjisi, protein ve su muhtevası ham maddeninkinden daha az olmasına rağmen humus oranı daha fazladır. Böylece kompostlamayla ham maddeler değerli toprak şartlandırıcısına dönüşürken hem hacimce hem de ağırlıkça azaltılır.

Mikroorganizmaların büyümesi için uygun koşullar sağlandığında ve bu koşullar muhafaza edildiğinde kompostlama çok hızlı gerçekleşir. Kompostlama prosesi için gerekli koşullar;

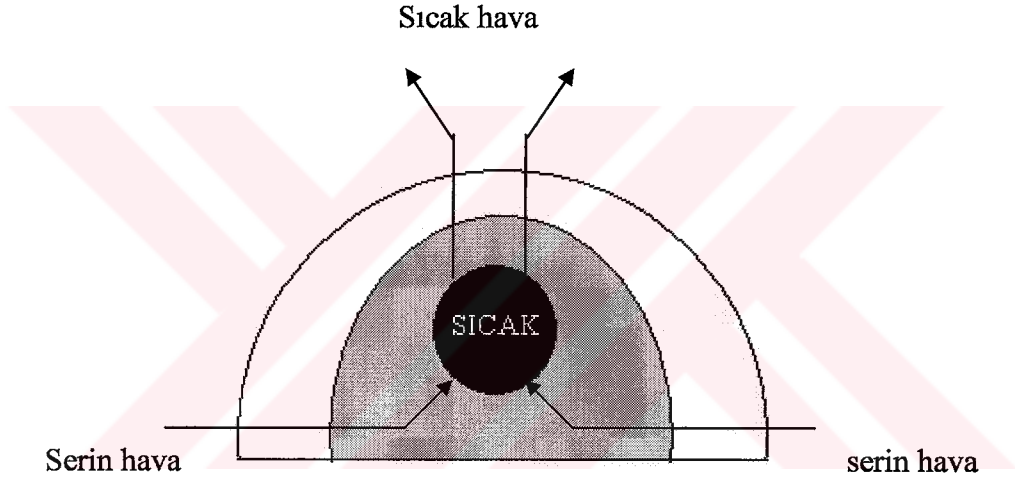
- Organik maddelerin, karışımın C:N oranı dahil mikrobiyal aktivite ve büyüme için gereken besin maddelerini karşılayacak şekilde karıştırılmaları
- Aerobik mikroorganizmalar için yeterli oksijen
- Havalandırmayı engellemeden biyolojik aktiviteyi sağlayan yeterli nem
- Etkin mikrobiyal aktiviteyi sağlayan termofilik sıcaklıklar



Şekil 2.1 Kompostlama işlemi(NRAES-114, 1999)

2.1 Kompostlama Prosesi

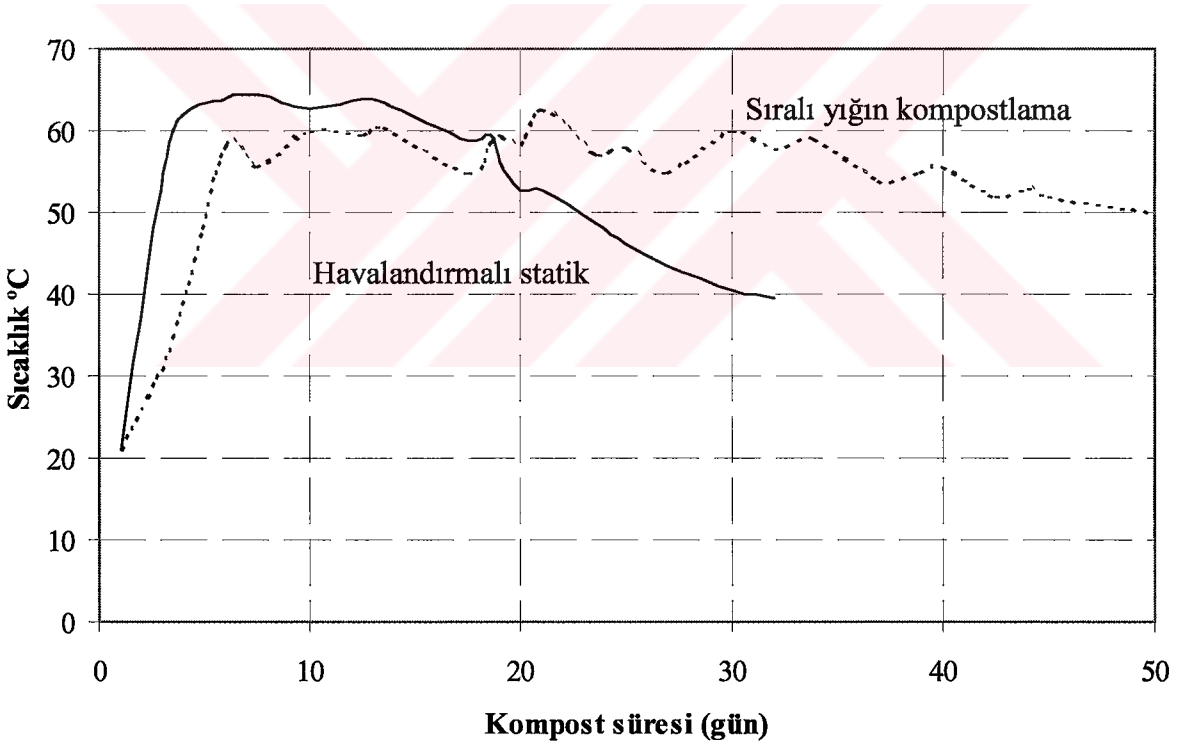
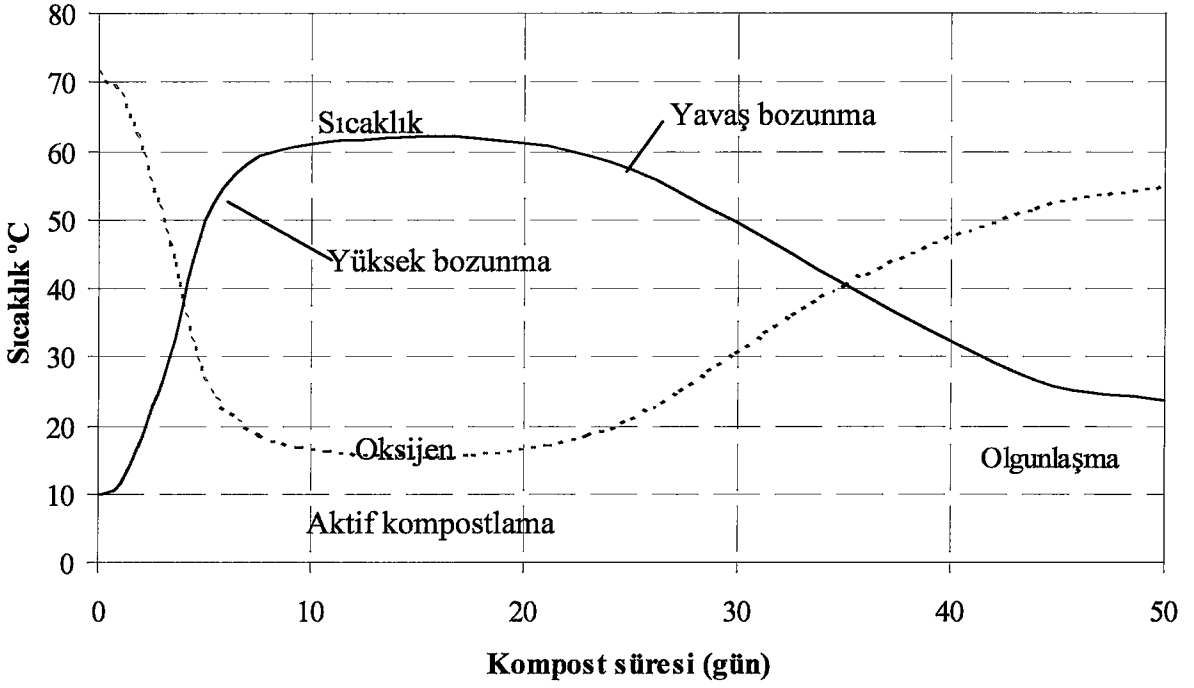
Ham madde yığınları oluşturulduktan sonra yığın karıştırılarak prosesin başlaması için gerekli miktarda hava sağlanır. Mikroorganizmalar organik maddelerin parçalanırken oksijeni çok hızlı harcarlar. Ortamda ki oksijen azaldıkça aerobik bozunma yavaşlar ve eğer oksijen sağlanmazsa proses durur. Ortama oksijen vermek için havalandırmanın sürekli yapılması gerekir. Havalandırma *pasif hava değişimi*(doğal ısı yayılımı ve difüzyon), veya *basınçlı havalandırma** (blowır/fan) ile yapılabilir. Kompost karışımına mekanik karıştırma veya döndürme ile oksijen verilir ama bu oksijen hemen tüketildiğinden *pasif* veya *basınçlı* hava hareketi ile yeniden oksijen sağlanmalıdır. İyi bir havalandırma için döndürme gereklidir. Bu işlem ile yığında ki gözenek boşlukları artırılır ve böylece havanın yığın içinde dolaşımı sağlanır(Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Bir kompost sıralı yığmında veya yığında doğal(pasif) hava hareketi (Richard ve Dickson, 1989)

Isı yayılımı mikrobiyal aktiviteye doğrudan bağlı olduğundan prosesi izlemeyi sağlayan en iyi indikatör sıcaklıktır. Mikroorganizmaların neden olduğu sıcaklık yükselmesi yığın oluşumundan birkaç saat sonra belirginleşir. Kompost yığının sıcaklığı hızlı bir yükselmeye 49-60°C'ye kadar çıkar ve birkaç hafta bu seviyelerde kalır. Sıcaklık aktif kompostlama yavaşladığı için yavaşça 38 °C'ye düşer ve daha sonra çevre sıcaklığına gelir(Şekil 2.3).

* Havanın kompost yığını veya kapalı reaktör içine blowırlarla itilmesi



Şekil 2.3 Kompostlamada sıcaklık-zaman-oksijen ilişkisi; genel(üst) ve tipik(alt)(NRAES-114, 1999)

Aktif kompostlama esnasında ortamdaki oksijende azalırsa mikrobiyal aktivite azalır ve sıcaklık düşer. Sıcaklık döndürme veya basınçlı havalandırma ile tekrar yükseltilir. Madde sıcaklığı eğer ortamda yeterli oksijen varsa ve mikrobiyal aktivite de yüksekse 60 °C'nin üstüne hızla yükselir. Bu sıcaklıkta birçok mikroorganizma tahrip olur veya etkinliğini yitirir.

Döndürme veya basınçlı havalandırma ile yığını soğutarak sıcaklığın böylesine tehlikeli seviyelere gelmesi önlenir ve sıcaklık sabit tutulur.

Aktif kompostlamadan sonra genellikle olgunlaştırma yapılır. Olgunlaşma periyodunda mikrobiyal aktivite azaldığından maddeler daha yavaş seviyede kompostlanmaya devam ederler.

Kompostlama işlemi belirli bir noktada bitmez. Bozunma, son kalan besi maddesi son kalan mikroorganizma tarafında tüketilene ve karbonun tümü CO₂'ye dönüşene kadar devam eder. Ama kompost bu noktadan önce uzun süre nispeten stabil ve kullanılabilir bir ürün olur. Maddelerin C:N oranı, O₂ tüketimi, sıcaklık ve koku gibi karakteristiklerine bakılarak kompostlamanın bittiğine karar verilir.

2.2 Kompostlama işlemine etki eden parametreler

Kompostlamaya etki eden parametreler oksijen ve havalandırma, besi maddeleri(C:N oranı), nem, porozite, yapı, kıvam ve partikül boyutu, pH, sıcaklık ve süre'dir. Bu parametreler için tavsiye edilen aralıklar Çizelge 2.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.1 Hızlı kompostlama için tavsiye edilen koşullar (NRAES-54, 1992)

Parametre	Makul aralık ^a	Tavsiye edilen aralık
Karbon azot oranı (C:N)	20-40	25-30
Nem muhtevası	%40-65 ^b	%50-60
Oksijen konsantrasyonu	>%5	>>%5
Partikül boyutu (cm çap)	0,32-1,27	Değişir ^b
Yığın porozitesi	>%40	–
Yoğunluk (kg/m ³)	640	–
pH	5,5-9,0	6,5-8,0
Sıcaklık (°C)	43-65	54-60

^a Bu değerler hızlı kompostlama için geçerlidir. Bu aralıklar dışındaki değerlerde kullanılabilir.

^b Kullanılan madde, yığın boyutu ve/veya hava koşullarına bağlı olarak değişir.

2.2.1 Oksijen ve havalandırma

Aerobik kompostlamada çok fazla oksijen tüketilir. Kompostlamanın ilk günlerinde ham maddenin kolay çözülebilir karışımları hızlı metabolize olur. Bu nedenle, oksijen tüketimi dolayısıyla ısı üretimi en fazla ilk basamaklarda olur ve proses ilerledikçe azalır. Eğer ortamda yeterli oksijen yoksa kompost prosesi yavaşlar. Bu nedenle kompost yığınının gözenek boşluklarında ki oksijen konsantrasyonu en az %5 olmalıdır(havada %21 O₂).

Eğer ortamda yeterli oksijen bulunmazsa yığın anaerobik olur. Anaerobik bozunmada farklı mikroorganizma yapısı ve biyokimyasal reaksiyonlar gerçekleşir. Ayrıca anaerobik proses genellikle aerobik procesten daha yavaş ve verimi daha azdır. Maddelerin yapısındaki suyu buharlaştırmayı sağlayan ısı üretimi de azdır. Anaerobik proseslerde CH₄, organik asitler, H₂S gibi ara ürünler oluşur. Bu bileşiklerin çoğu çok ağır koku yaydığından kontrol edilmesi gerekir. Organik asitler gibi ara ürünler aerobik bozunmayla oluşmasına rağmen bu maddeler oksijen varlığında bozunmaya devam eder. Anaerobik şartlarda bu ara ürünler birikir. Yetersiz oksijen aerobik mikroorganizmaların yerini anaerobik mikroorganizmaların almasına neden olur. Anaerobik koşullarda oluşan kötü kokunun önlenilmesi için yığın içinde aerobik koşulların korunması gerekir.

Havalandırma işlemi oksijen sağlamanın yanında kompost içinde tutulan ısı, su buharı ve diğer gazları giderir. Aslında ısı giderimi için gerekli havalandırma miktarı yığına oksijen sağlamak için gerekli havalandırma miktarından on kat fazla olabilir. Bu yüzden ne kadar ve hangi sıklıkla havalandırmanın gerektiği sıcaklığa göre belirlenebilir.

2.2.2 Besi maddeleri

Kompostlamada rol alan mikroorganizmalar için C, N, P ve K gibi besi maddeleri gereklidir. N, P ve K bitkiler için primer besi maddeleri olduğundan kompost içinde konsantrasyonlarının yüksek olması kompostun değerini artırır.

Gübre, bitki kalıntıları ve besi atıkları içeren organik maddeler bol miktarda nütrient içerir. C veya N miktarının fazla olması kompost prosesini önemli derecede etkiler. Mikroorganizmalar karbonu enerji ve büyüme için, azotu ise protein kaynağı ve üreme için kullanırlar. İnsanlarda dahil biyolojik organizmaların azotun 25 katı fazla karbona ihtiyacı vardır. Bu nedenle maddelerin C ve N muhtevasının uygun oranlarda olması önemlidir. Karbonun azota oranına *C:N oranı* denir. C:N oranının dengede olması ortamda yeterli miktarda nütrient olduğunu gösterir.

Aktif kompostlama da ham maddeler C:N oranı 15-30 olacak şekilde karıştırılır. Ama C:N 20- 40 oranları da iyi bir kompostlama sağlar. Eğer C:N oranı 20'den küçük olursa karbon azotun tümünü stabilize etmeden tamamıyla harcanır. Fazla azot daha sonra amonyak(NH₃) veya nitroz oksit(N₂O) olarak atmosfere karışır ve koku problemine neden olur. Eğer maddenin C:N oranı 40'dan fazla olursa mikroorganizmaların fazla karbonu kullanması için geçen süre uzadığından kompost süresi artar.

C:N oranı kompost karışımını formüle etmede yol gösterici olmasına rağmen karbon bileşiklerinin bozunma oranının da dikkate alınması gerekir. Kompostlanabilir maddeler içinde bulunan azotun büyük bir kısmı biyolojik olarak kullanılabilir şekilde iken, karbonun bir kısmı biyolojik parçalanmaya dirençli olan bileşiklerle bağlı olabilir. Meyve atıklarındaki basit şekerli karbon samandaki karbona göre daha hızlı harcanır. Örneğin selülozun dirençli bir formundan oluşan mısır koçanları ve saman çok yavaş parçalanır(Çizelge 2.2).. Bunun nedeni odunsu malzemelerin yapısında bulunan biyolojik bozunmaya dayanıklı olan lignin bileşiklerinden ve bu malzemelerin organik maddelerle bağlı olmasından kaynaklanır. Lignin, bilindiği gibi ağaç dokusu içinde bulunan çok dirençli bir maddedir.

Çizelge 2.2 Bazı organik maddelerin lignin muhtevası ve diğer bileşenleri(Richard, 1996)

Substrat	Lignin	Hücre duvarı	Lignin/hücre duvarı	Ham protein	Çözülebilir hücre
Buğday samanı	8,9	77,1	11,6	9,3	22,9
Mısır sapları	3,9	49,6	7,8	6,6	50,4
Mısır yaprakları	3,8	59,3	6,5	19	40,7
Birkaç cins ot	8,5	63,5	13,4	13,6	36,5
İşlenmiş esmer su yosunu	6,0	33,2	18,1	30	66,8
Su mercimeği	8,7	60,1	14,5	17,7	39,9
Mısır unu	2	21,6	9,1	11,1	78,4
Gazete kağıdı	20,9	88,7	23,6	5,1	11,3
Fil gübresi	10,4	77,4	13,5	7	22,6
Tavuk gübresi	3,4	454,2	7,5	33,9	54,8
Domuz gübresi	2,2	40,5	5,4	27,6	59,5
İnek gübresi	8,1	57,1	14,1	19,4	42,9

Substrat	Lignin	Hücre duvarı	Lignin/hücre duvarı	Ham protein	Çözülebilir hücre
İnek gübresi	7,9	52,3	15,1	20,1	47,7
İnek gübresi	10,1	62,9	16,1	17,2	37,1
Vişne sapı	8,98	26,2	34,3	1,77	
Sarı huş	12	42,5	28,2	1,42	
Akçaağaç şekeri	8,49	32,5	26,1	0,97	
Kayın ağacı	12,7	61,5	20,7	1,55	

Eğer karbon bozunması zor bir formda ise kompostlama yavaşlar. Bozulma partikül yüzeyinde olduğundan porozite problemi yoksa partikül boyutu azaltılarak çözülebilirlik artırılabilir.

2.2.3 Nem

Mikroorganizmaların metabolik işlemleri gerçekleştirmesi için neme ihtiyaçları vardır. Su kimyasal reaksiyonlar için uygun ortamı ve mikroorganizma hareketini sağlar ve besi maddelerini taşır. Teoride maddeler doygun olduğunda biyolojik aktivite optimumdur. Nem muhtevası %15'in altına düştüğünde biyolojik aktivite tamamen durur. Uygulamada kompostlanacak maddelerin nem muhtevası %40-65 arasında olmalıdır.

Yapılan deneyler nem muhtevası %40'a yaklaştıkça kompostlama işleminin yavaşladığını göstermiştir. Nem muhtevası %40'ın altına düştüğünde mikrobiyal aktivite yavaşlar. Eğer nem muhtevası %65'den büyük olursa su kompost maddesinin gözeneklerini doldurur. Bu durum hava akımını önleyerek anaerobik koşulların oluşmasına neden olur.

Nem muhtevası genelde kompostlama ilerledikçe düştüğünden maddenin başlangıçtaki nem muhtevası %40'dan büyük olmalıdır. Eğer kompost karışımının nem muhtevası istenen aralıkta değilse bu maddelere nemini iyileştirici bir madde katılabilir. Bunun için bazen saman, testere talaşı kullanılır.

Kompostlama esnasında su yığından buharlaştıkça nem seviyesi değişir ve yağmur ve karla yerine gelir. Genellikle ilave edilenden fazla su buharlaştığı için kompost prosesi ilerledikçe nem muhtevası düşme eğilimi gösterir.

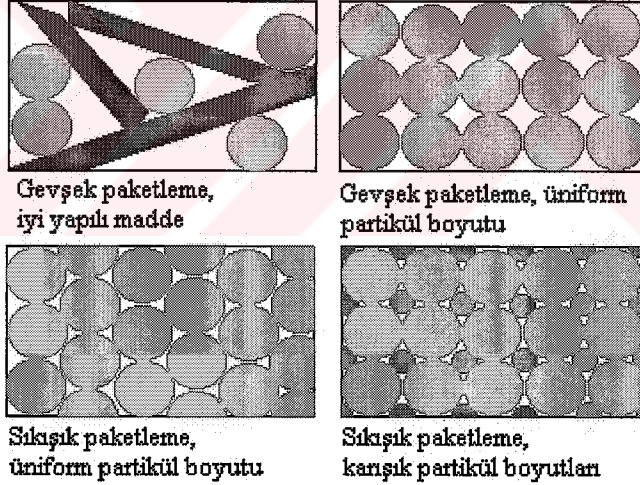
Kompostlama prosesinde nem muhtevasının %40-65 arasında olması tavsiye edilir. Nem

muhtevasının kabul edilebilir üst sınırı ham maddenin porozite ve emiciliğine bağlıdır. Hızlı kompostlama yapmak için emiciliği yüksek maddelerin karışımlarının nem muhtevası %40'dan fazla olmalıdır.

2.2.4 Porozite, yapı, kıvam ve partikül boyutu

Porozite, yapı ve kıvam, partikül boyutu biçim ve yoğunluk gibi maddelerin fiziksel özellikleri ile ilgilidir. Bu parametreler kompostlama işleminde havalandırmayı etkiler. Bu özellikler ham madde seçimi, karıştırma veya parçalama ile ayarlanırlar.

Porozite, kompost kütlesi içindeki hava boşluğunun bir ölçüsüdür ve hava akımına karşı direnci belirler. Porozite partikül boyutu, dane çapı dağılımı ve hava boşluklarının sürekliliği ile tayin edilir. Büyük partiküller veya daha üniform partiküller poroziteyi artırır. Partikül boyutunun küçük olması gözenekleri azaltır ve oksijenin su ile dolu küçük gözeneklerden geçerek yayılmasını önler. Partiküllerin şekli, boyutu ve yapısı onların nasıl çökeceğini belirler. Sıkışık paketlenme ham yoğunluğu artırarak hava boşluklarını azaltır. Sıkıştırma da sıkışık paketlenmeye teşvik eder. Bu etkilerin bir kaçı Şekil 2.4'te gösterilmektedir.

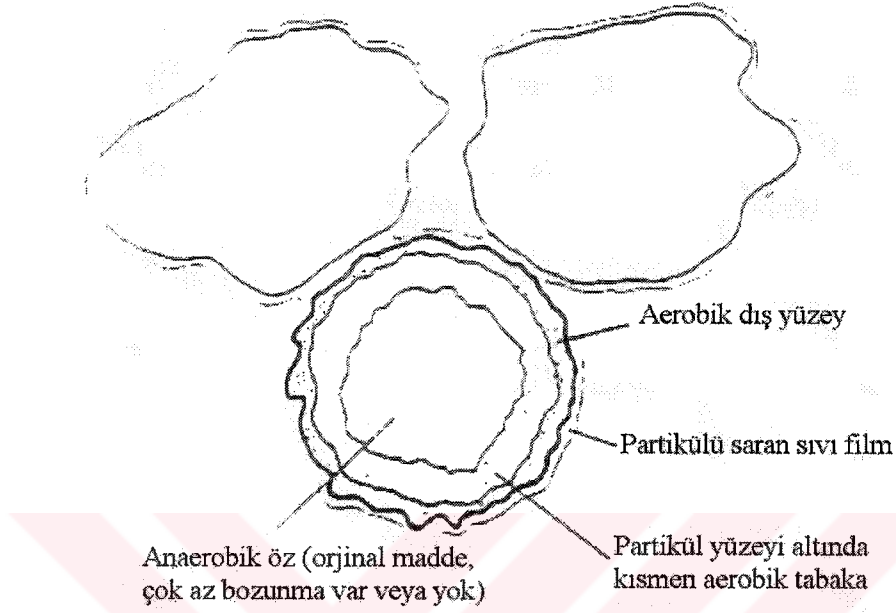


Şekil 2.4 Partikül boyutu dağılımı, şekil ve paketlenme yoğunluğuna bağlı olarak efektif kesit alanı(Richard, 2000)

Yapı, partiküllerin sertliği ve, çökelme ve sıkışmaya karşı mukavemetini belirler. İyi bir yapı kompostun porozite kaybını önler.

Doku, aerobik mikrobiyal aktivite için gerekli yüzey alanını tanımlayan bir karakteristiktir. Kompostlamada aerobik bozunmanın büyük bir kısmı partikül yüzeyinde olur. Bunun nedeni oksijenin partikül boşluklarında bir gaz kadar kolay hareket edebilmesi buna rağmen partiküllerin sıvı veya katı kısımlarında daha yavaş hareket edebilmesindedir. Partikül

yüzeyini çevreleyen sıvı tabakada aerobik mikroorganizmalar bulunur. Mikroorganizmalar partikül yüzeyindeki oksijeni kullanırlar (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Katı partiküllerin bozunması(NRAES-54, 1992)

Küçük partiküllerin yüzey alanı daha fazla olduğundan aerobik bozunma küçük partiküllerde daha fazladır. Bu nedenle partikül boyutunun 0,32-1,27 cm arasında olması istenir.

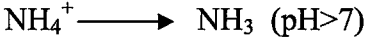
Çoğu ham madde ve kompost uygulamasında uygun porozite ve yapı nem muhtevası %65'den az olduğunda elde edilir. Döndürmesiz kompostlama metotlarında çökmeye karşı dayanıklı olması için daha kuvvetli yapı gerekir, bu yüzden partikül boyutunun daha büyük olması istenir.

2.2.5 pH

Kompostlama prosesi farklı spektrumda organizmalarla gerçekleştiğinden pH'a karşı nispeten duyarsızdır. pH'ın 6,5-8 arasında olması istenir ama prosesin doğal tamponlama yeteneği daha geniş bir aralıkta çalışmayı mümkün kılar. Kompostlama pH 4,5 ile 5 arasında etkin bir şekilde ilerler. Bununla beraber pH 5,5 veya 9'da nötralde olduğundan daha az etkilidir.

pH ortamda yüksek azot muhtevalı maddeler olduğunda önemlidir. pH 8,5'dan büyük olduğunda azot bileşikleri amonyağa dönüşür. pH 8'den küçük olduğunda daha az NH_3 oluşur. Kireç, kül veya diğer katkı maddeleri katılarak pH'ın artırılması NH_3 oluşumuna

neden olmasından dolayı tavsiye edilmez. Eğer böyle katkı maddeleri kullanılırsa az miktarda kullanılmalı ve diğer maddelerle tamamen karıştırılmalıdır.



Çürüme gerçekleşirken kompostlama maddeleri ve bu maddelerin pH'ını değiştirir. Örneğin, organik asitlerin ortama verilmesinin kompostlama prosesinin ilk basamaklarında pH'ı düşürmesi, buna karşılık azotlu bileşiklerden gelen amonyağın pH'ı arttırması örnek olarak verilebilir. Kompostlamaya prosesin başındaki maddenin pH'ına bakılmaksızın nötrale yakın stabil pH'lı son ürün oluşur.

2.2.6 Sıcaklık

Kompostlama mezofilik(10-40°C) ve termofilik(>40°C) sıcaklıklarda gerçekleşir. Kompostlama mezofilik sıcaklıklarda tesirli olmasına rağmen sıcaklığın 43-65 °C arasında muhafaza edilmesini tavsiye edilir. Termofilik sıcaklıklarda daha fazla patojen, yabancı ot kaynakları ve uçan larvalar yok edildiğinden daha makuldür. İnsanlara zararlı patojenler için kritik sıcaklık 55 °C'dir. Bu sıcaklıkta patojenlerin çoğu ölür. Yabancı ot kaynakları için kritik sıcaklık ise 63 °C'dir. Farklı mikroorganizmaların dayandığı maksimum sıcaklıklar Çizelge 2.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 2.3 Kompostlama işleminde görev yapan mikroorganizmalar için optimum sıcaklıklar

Mikroorganizma çeşidi	Optimal sıcaklık
Bakteriler	15-60 °C
Mantarlar	20-30 °C
Aktinomizetler	30-40/50-55 °C
Protozoolar	40 °C

Kompostlama esnasında gerçekleşen mikrobiyal bozunma ile fazla enerji ısı şeklinde açığa çıkar. Aynı zamanda maddeler suyun buharlaşmasından ve, hava akımının su buharı ve diğer sıcak gazları uzağa taşımasından dolayı devamlı ısı kaybeder. Kompost maddelerinin kendi kendini çürütme özelliği sıcaklığın yükselmesine neden olan ısı birikimine yol açar. Isı birikimi sıcaklığın 60 °C'nin üzerine çıkmasına neden olur. Devam eden mikrobiyal

aktiviteyle oluşan ısı ve kompost maddelerinin kendini çürütme özelliğinden dolayı sıcaklık 71 °C'nin üzerine yükselir. Bu sıcaklıkta bir çok mikroorganizma tahrip olur veya canlılığını yitirir. Proses durur ve mikroorganizmaların popülasyonu eski durumuna gelene kadar başlamaz. Bu gibi durumların önüne geçmek için sıcaklık sürekli izlenmelidir. Sıcaklık 60 °C'ye yaklaştığında basınçlı havalandırma veya döndürme ile ısı kaybı artırılarak sıcaklık istenen aralıkta tutulmalıdır. Soğuk hava koşulları ve yığınların küçük olması ısı kaybını artırır. Termal ölüm gerçekleşirse yığın mikrobiyal aktivite bakımından daha aktif maddelerle karıştırılarak iyileşmesi çabuklaştırılabilir.

Kompostlamada ısı kaybının çoğu su buharlaşmasıyla olduğu için maddelerin nem muhtevası %40'ın altına düşmemelidir. Düşük nem muhtevası sıcaklıkları yükselterek kendiliğinden yanmaya yol açar.

2.2.7 Süre

Ham maddenin komposta dönüşmesi için gereken süre kullanılan madde, sıcaklık, nem, havalandırma sıklığı ve nihai kullanıcının talepleri gibi bir çok değişkene bağlıdır. Uygun nem muhtevası, C:N oranı ve sık havalandırma ile kompostlama mümkün olan en kısa zamanda gerçekleşir. Yetersiz nem, yüksek C:N oranı, düşük sıcaklıklar, yetersiz havalandırma, büyük partiküller ve ortamda yüksek miktarda biyolojik bozunmaya dayanıklı maddenin olması kompost prosesini yavaşlatan etkenlerdir.

Kompostlama süresi nihai kompostun kullanım amacına bağlı olarak değişir. Kompostun tamamıyla stabil olması istenmiyorsa bu süre kısadır. Örneğin eğer kompost büyüme sezonundan önce tarlaya tatbik edilirse arazide olgunlaştırılıp bitirilebilir. Eğer kompostun özellikle kuru veya stabil olması isteniyorsa buna bağlı olarak kompostlama süresi uzatılır.

Uygun koşullar altında maddenin çürümesi ve stabilizasyonu için genellikle birkaç hafta yeterli olmasına rağmen en iyisi bu sürenin iki aydan fazla olmasıdır. Çok iyi kontrol edilen bazı sistemlerde kompost üretimi bir haftadan daha kısa sürede gerçekleşmesine rağmen kullanılmadan önce 4-6 hafta olgunlaşması gerekir. Olgunlaşma süreci maddeleri kurutup nemi biyolojik aktivitenin durduğu seviyeye düşürerek hızlıca stabilize olmasını sağlar. Değişik uygulamalar için uygun kompost süreleri Çizelge 2.4'de verilmektedir.

Çizelge 2.4 Seçilen madde-metot kombinasyonlarına uygun kompostlama süreleri(NRAES-54, 1992)

Metot	Kullanılan Madde	Aktif kompostlama süresi		
		Aralık	Tipik	Olgunlaşma süresi
Pasif kompostlama	Yaprak	2-3 yıl	2 yıl	–
	İyi-katmanlaşmış gübre	6 ay ile 2 yıl	1 yıl	–
Sıralı yığın-seyrek döndürme ^a	Yaprak	6 ay ile 2 yıl	9 ay	–
	Gübre + düzenleyici	4-8 ay	6 ay	–
Sıralı yığın-sık döndürme ^b	Gübre + düzenleyici	1-4 ay	2 ay	4 ay
Pasif havalandırmalı yığınlar	Gübre + yatak	10-12 hafta	–	1-2 ay
	Balık atıkları + çürümüş yosun	8-10 hafta	–	–
Havalandırılmış statik yığınlar	Çamur + odun yongaları	3-5 hafta	4 hafta	1-2 ay
Dikdörtgen karıştırmalı yatak	Çamur + bahçe atıkları veya gübre + testere talaşı	2-4 hafta	3 hafta	1-2 ay
Döner tambur	Çamur ve/veya katı atık	3-8 gün	–	2 ay ^c
Dikey silolar	Çamur ve/veya katı atık	1-2 hafta	–	2 ay ^c

^a kepçeli yükleyiciler ile

^b özel yığın-sırası döndürücüleri ile

^c genelde ikinci bir kompostlama basamağı gerektirir(örneğin sıra-yığınları veya havalandırılmış yığınlar)

2.3 Kompostlama esnasında maddelerde oluşan değişimler

Kompostlama esnasında organik maddeler basit yapılu bileşiklere parçalanıp yeni kompleks bileşiklerin oluşması ile ham maddeler kompostta dönüşür. Bu dönüşüm maddelerin yapısını değiştirir. Ham maddeler prosesin başında kolay çözülebilen ve koku potansiyeline sahip partikül ve bileşiklerin farklı karışımları halindeyken kompost prosesi tamamlandığında karışım daha üniform ve biyolojik aktifliği daha azdır. Madde koyu kahve-siyahımsı bir renk

alır, partiküllerin boyutları küçülür, koyulaşır ve toprağa benzer bir hal alır. Bu proseste maddenin humus miktarı artar, C:N oranı azalır, pH'ı nötrale yaklaşır ve nütrient tutma kapasitesi artar.

Zirai kökenli maddelerde hacimce büyük miktarda azalma görülür. Bu hacim azalmasının nedeni atmosferik CO₂ ve su kaybıdır. Su kaybından dolayı maddelerinin ağırlığı %40-80 oranında azalır.

Azot kaybının bir kısmı azotun amonyak şeklinde yığından bırakılmasıyla gerçekleşir. Yine de kompost ham maddelerin nütrientlerini yapısında tutar ve stabil organik bileşiklerde depolar. Bu, bitkiler için gereken acil besi maddesi ihtiyacını azaltır.

Başlangıçtaki madde karışımının CO₂ kaybı yüzünden kompostlama esnasında C:N oranı yavaşça düşer. Kompostlama esnasında karbon tüketimi genellikle azot tüketiminden fazladır.

Kompostlama sırasındaki dönüşümler için enerji gerekir. Kompostlama esnasında kullanılan organik maddeler fazlaca depolanmış enerji içerirler. Bu depo edilmiş enerji fotosentez sırasında güneş enerjisinin kimyasal enerjiye dönüşmesi ile oluşur. Mikroorganizmalar organik maddelerin yapısındaki kimyasal bağları kırarak büyüme için gereken enerjiyi sağlarlar. Bu işlem esnasında enerjinin bir kısmı ısıya dönüşür ve yığının sıcaklığını artırır.

Mikroorganizmalar kompleks yapılı organik maddeleri parçalayarak daha basit yapılı bileşiklere dönüştürürler. Bu bozunma sırasında besi maddeleri humus şeklinde kompostta ki yeni mikroorganizmaların yapısında kalır.

Ham maddelerin yapısındaki organik bileşiklerin bazıları kompostlamada çok az değişirler veya değişmeden kalırlar. Odunsu maddelerin yapısındaki lignin(selüloz) maddesinin bozunması zordur.

2.4 Olgunlaşma

Olgunlaşma kritik ve kompostun erginleşmesi esnasında sıkça ihmal edilen bir prosestir. Olgunlaşma mezofilik sıcaklıklarda gerçekleşir. Buradaki oksijen tüketimi dolayısıyla ısı üretimi ve su buharlaşması aktif kompostlama prosesine oranla daha yavaş gerçekleşir.

Eğer aktif kompostlama kısa tutulur ve yetersiz olursa olgunlaştırma süresi uzatılabilir. Olgunlaşma süresinin uzun tutulması aktif kompostlama prosesinden kaynaklanan sorunları azaltarak olgunlaşmamış kompostun kullanımını engeller. Olgunlaşmamış kompost bitkilerin köklerindeki oksijeni tüketerek bitki büyümesini engeller. Olgunlaşmamış kompostun organik

asit ve C:N oranı yüksektir ve bahçe işlerinde kullanıldığında zararlı olabilir.

Olgunlaşma dirençli bileşiklerin, organik asitlerin, büyük partiküllerin ve aktif kompostlamadan artakalan bitki/çiçek artıklarının aerobik bozunmasını sağlar. Bunun sonucunda maddenin pH'ı nötrale yaklaşır, C:N oranı düşer, nütrient tutma kapasitesi ve humus konsantrasyonu artar. Ayrıca humus oluşumu bu koşullarda daha kolay gerçekleşir.

Olgunlaştırmada aerobik bozunma prosesi hala devam ettiği için yığının yeterli doğal havalandırılması gerekir. Olgunlaşma yığınının nem muhtevası ve boyutu havalandırmaya göre belirlenir.

Olgunlaşmanın başlaması veya bitmesi gereken belirli bir sıcaklık yoktur. Döndürmeden sonra sıralı yığın tekrar ısınmıyorsa olgunlaşma periyodu başlamıştır. Basıncılı havalandırmada sistemlerinde yığınının sıcaklığı sabit bir azalma gösterdiğinde ve mezofilik seviyelere(<40°C) yaklaştığında olgunlaşma başlar. Yığın sıcaklığı atmosfer sıcaklığına düştüğünde olgunlaşma biter.

2.5 Kompostlamanın avantaj ve dezavantajları

2.5.1 Avantajları

Gübre atıklarını kompostlamanın avantajları proses sonunda elde edilen ürün mükemmel bir toprak şartlandırıcısıdır, nihai ürün pazarlanabilir, gübre kullanımını sağlar, toprak uygulamalarını iyileştirir, kirlilik riski düşüktür, patojenler tahrip edilir, hayvanlarda alt malzemesi olarak kullanılabilir, virüslerin toprak yoluyla taşınarak bitkilere zarar vermesini önler ve karlı olmasıdır.

2.5.1.1 Toprak şartlandırıcısıdır

Kompost çok iyi bir toprak şartlandırıcısıdır. Kompost tarlaya uygulandığında toprağa organik madde ekler, toprağın yapısını iyileştirir, gübre ihtiyacını azaltır ve yağmur ile toprak yüzeyine ulaşan suyun yüzey akışına geçmek yerine yeraltına daha kolay süzülmesini sağlayarak toprak erozyonu riskini azaltır.

2.5.1.2 Satılabilir bir üründür

Kompostlamanın en cazip özelliklerinden biri de ürünü satabilecek bir pazarın olmasıdır. Potansiyel alıcılar bahçıvanlar, peyzajcılar, sebze çiftçileri, çimen yetiştiricileri, golf sahaları ve süs bitkisi yetiştiricileridir. Kompost bir atık olarak görüldüğünden fiyatı çok değişkendir.

Fiyat pazarın durumuna, kompostun kalitesine ve kullanılan ham maddeye bağılı olarak değişir.

2.5.1.3 Gübre kullanımını sağlar

Kompostlama gübrenin ağırlığını, nem muhtevasını ve aktivitesini azaltır. Kompostun işlenmesi gübre işlenmeye göre daha basittir, ve koku veya sinek problemi yaratmaksızın depolanabilir. Depolanabilme kalitesinden dolayı kompost yılın uygun zamanlarında toprağa uygulanabilir. Bu sayede arazideki sızıntı suyu ve azot kayıpları azaltılır. Kompostlama gübrenin hacmini azaltmasına rağmen kompost karışımına düzenleyici ilavesi bu hacim kaybını azaltır.

2.5.1.4 Toprak uygulamalarını iyileştirir

Gerek kompost gerekse gübre iyi birer toprak şartlandırıcısıdır. Gübre genellikle araziye direkt uygulanır. Kompost gübresi ile kazanılan faydalar vardır. Bunlar;

- Kompostlama ile gübredeki azot daha stabil olan organik forma dönüştürülür.
- Hayvanlarda altlık olarak kullanılan gübrenin C:N oranı yüksektir. Araziye direkt uygulandığında gübredeki fazla karbon topraktaki azotun geçici olarak kaybolmasına neden olur. Yüksek karbon muhtevalı gübre/yatak karışımlarının kompostlanması C:N oranını arazi uygulamaları için kabul edilebilir seviyeye düşürür.
- Kompostlamayla üretilen ısı gübredeki zararlı ot kaynaklarını azaltır.

2.5.1.5 Düşük kirlilik riski

Besi maddesinin çiftlikte yetişmemesi ve çiftlikteki hayvan sayısının kapasiteyi aşması gübre bertarafını zorlaştırır. Koku şikayetleri genelde insanların yaşadığı bölgelere yakın yerlerde olur. Diğer şikayetler donan arazi üzerine yayılan gübreden kaynaklanan yüzeysel akış suları ve kuyulara azot bulaşmasından kaynaklanır.

Kompostlama bu problemleri azaltır. Kompostun depolama ve işleme kalitesinin yüksek olması gübre ve diğer ham maddelere göre daha uzağa taşınabilmesine olanak tanır. İyi işleyen bir kompost operasyonunun koku ve sinek oluşumu azdır. Kompostlama ayrıca topraktaki nütrientleri yıkanarak yer altı suyuna geçmesini önleyen formuna dönüştürür veya yüzey akışıyla uzaklara taşır.

2.5.1.6 Patojen tahribi

İnsan patojenleri çiftlik orijinli atıklara nadiren karışabilirken, *Giardia* türü ve

Cryptosporidium parvumun salgınlarının çiftlik hayvanlarında bulunduğu tespit edilmiştir. Bunların her ikisi de insanlarda ve hayvanlarda bağışıklık sistemini zayıflatarak ishale neden olan protozoidlerdir. Protozoalar enfeksiyonlu hayvanların dışkılarından kistler halinde bulaşır.

Bu parazitler enfeksiyon taşıyan hayvanların dışkısıyla kirlenmiş yiyecek ve suyla çiftlik hayvanlarına geçebilir. Eğer bu protozoa hayvanlarda ishale neden oluyorsa gübredeki protozoa kistleri de fazla olur. Enfeksiyon belirtisi göstermeyen hayvanlar protozoidleri taşıyabilir ve dışkılarıyla dökebilirler.

Protozoalar 60°C sıcaklığa 30 dakika maruz bırakılarak tahrip edilebilir. Kompost yığın içinin sıcaklığı 60°C'ye ulaşırken yığının yüzeyine yakın maddeler bu sıcaklığa ulaşamayabilir. Bu nedenle yığınlar döndürülerek yığının her noktasında aynı sıcaklığın olması sağlanır.

2.5.1.7 Hayvanlarda altlık olarak kullanılması

Kompost kümesi hayvanlarında ve ahırlarda yatak malzemeleri yerine kullanılır. Araştırmalar kompostun güvenilir ve etkili bir yatak malzemesi olduğunu göstermektedir.

2.5.1.8 Hastalık önleyici

Uygun üretilmiş kompost kimyasal kontrol olmaksızın virüslerin toprak yoluyla taşınmasını önler.

2.5.1.9 Proses veya çöp ücreti

Bugünkü atık bertaraf krizleri atık üreticilerinin alternatif bertaraf metotları aramasına neden olmuştur. Bu sayede, çiftçiler çiftlik dışından gelen maddeleri kompostlamak için proses ücreti alırlar. Atık maddenin maddi karşılığına genellikle çöp ücreti denir.

Bazı evsel ve sanayi atıkları çiftlik kompost karışımlarını iyileştirir. Gübrelerin karbon içeren kuru maddelerle karıştırılması gerekebilir. Yapraklar, gazeteler, kartonlar, testere talaşı, ağaç kabukları ve yongalar bu amaca uygun maddelerdir. Üretim ve yiyecek üretiminde oluşan atıklar gibi nemli maddeler saman gibi çiftlikten gelen kuru maddeler ile kompostlanabilir. Yaprak ve bahçe atıkları gibi çiftlik dışından gelen bazı maddeler tek başına kompostlanabilir.

Çiftlik dışından gelen atıkları kompostlama dikkatlice üzerinde düşünülmesi gereken bir konudur. İlk olarak çöp ücretlerini kontrol altına almak güç olabilir. Çiftlik dışından kaynaklanan atıklar için alternatif kullanımlar daima vardır. İkinci olarak ise atık maddeleri işlemek zor olabilir veya çevreye rahatsızlık verebilirler.

Çiftlik dışından gelen atıklar kompostlama arazisinde fazladan prosese, koku problemlerine ve koku kontrol ölçümlerine, şikayetlere ve daha sınırlayıcı düzenlemelerin yapılmasına neden olabilir. Kompost ürününün kalitesi ve değeri ham maddeye ve ağır metaller gibi bulaşkan konsantrasyonuna bağlı olduğundan bunların kompost kullanımına etkisinin düşünülmesi gerekir.

2.5.2 Dezavantajlar

Çiftlikte kompostlamanın dezavantajları; zaman ve para, koku, hava koşulları, pazarlama, ekin alanlarından gelen mahsul atıkları, azot kaybı ve besi maddelerinin yavaş ayrışması.

2.5.2.1 Zaman ve para

Diğer tüm operasyonlar gibi kompostlama işlemi için de ekipman, emek ve yönetim gerekir. Eğer proses için mevcut çiftlik ekipmanı ve arazisi kullanılıyorsa kompostlama yatırımı çok düşük olur. Bu yaklaşım madde hacminin nispeten küçük olduğu durumlarda iyi olmasına rağmen büyük-orta ölçekli çiftliklerin çoğunda sadece eldeki ekipmanı kullanmak çok fazla emek gerektirir. Çiftlik kompostçularının çoğu özel kompost ekipmanı satın almayı zorunlu görürler. Özel ekipmanla çiftlikte kompostlama operasyonu satın alınan ekipman cinsine bağlı olarak 10.000\$ veya 100.000\$'a mal olabilir.

2.5.2.2 Arazi

Kompostlamada ham madde ve bitmiş kompostun depolanması, ve olgunlaşma alanı ihtiyacından dolayı çok büyük alan gerekir.

2.5.2.3 Koku

Kompostlama işleminin koku oluşturmadığını söylemek yanlış olur. Nihai kompost ürünü koku oluşturmamasına rağmen kompostlanan maddeler bazen çok keskin kokuya neden olabilir. Kompostlamaya başlayana kadar gübre, kanalizasyon çamuru ve yiyecek atıkları gibi aktif maddeler özellikle uzun süre depolanıyorsa kokuya neden olabilir. Ayrıca yanlış proses yönetimi de koku oluşturur. Kompostlama arazisinde kokuya karşı duyarlı olmak gerekir. Konumu yüzünden bazı yerlerde koku kontrolü için ölçümler yapılması gereklidir. Kompostlama işleminde kullanılan çoğu ham maddeden kaynaklanan koku geçicidir.

2.5.2.4 Hava koşulları

Soğuk hava kompostlanan maddelerinin sıcaklığını düşürerek kompostlama işlemini yavaşlatır. Ayrıca maddelerin ve ekipmanların donmasına da neden olabilir. Kompost

prosesine yağmur ve karın etkisi çok büyüktür. Şiddetli yağışlar kompostta su karışmasına neden olurken, kar ve çamur sıralı yığınlara ulaşımı zorlaştırabilir. Şiddetli kar yağışlarının operasyonu bahara erteletmesi de mümkün olabilir. Bu durumda depolama ve atıkların bertarafı için alternatif metotlar geliştirilmelidir.

2.5.2.5 Pazarlama

Kompostun satışı pazarlama ile olur. Nihai kompostu pazarlama için potansiyel alıcılar saptanmalı, reklam, paketlenme, envanter yönetimi yapılmalı, ürünü müşteri talebine göre hazırlanmalı ve ürün kalitesinde tutarlılık sağlanmalıdır.

2.5.2.6 Gübrenin ve ekin atıklarının tarladan diversiyonu

Gübrenin kompostlanması ve kompost olarak satılması bu gübrenin besin maddeleri, organik maddeleri ve toprağı iyileştirme kalitesinin tarladan başka alanlara saptırır.

2.5.2.7 Potansiyel azot kaybı

Kompostlanmış gübredeki azot muhtevası taze gübrenin azot içeriğinin yarısından azdır. Kompostlama azot tüketimine neden olduğundan iyi bir gübre işleme sistemi ile azotun büyük bir kısmı tutulur. Toprak içermeyen ve uygun depolanmayan gübre, yapısındaki azotu atmosfere bırakır ve komposttan daha az azot tutabilir.

2.5.2.8 Komposttaki nütrientlerin yavaş tahliyesi

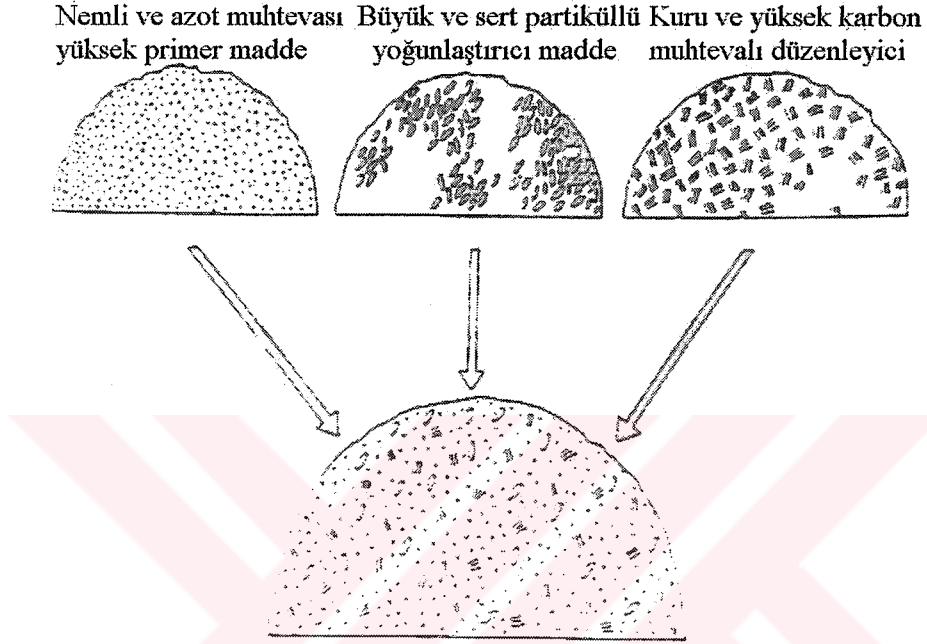
Komposttaki besin maddeleri çoğunlukla kompleks organik formundadır ve bitkilere uygulanmadan önce mineralize olması gerekir. Örneğin kompostta %15'den daha az bulunan toplam azot ilk ürün sezonunda kullanılabilir. Ham maddeyle karşılaştırıldığında kompostun araziye ilk uygulanma oranı aynı azot fertilizasyon seviyesine elde etmek için daha fazla olmalıdır.

2.6 Kompostlama işleminde kullanılan maddeler

Kompostlamada gerekli bileşikler organik yan ürünler veya atık maddelerdir. Çiftliklerde böyle maddelere hayvan gübreleri, yatak malzemeleri, hasat atıkları ve bazı işlemlerin atıkları örnek olarak verilebilir. Çoğu durumda gübre gibi kompostlanabilir primer bir ham madde vardır ve buna organik maddeler eklenir. Bu primer madde çoğunlukla arıtma ve/veya bertaraf edilmesi gereken istenmeyen atıktır.

Eldeki atık maddenin verimli bir kompostlama için gerekli tüm koşulları sağlaması nadir

rastlanan bir durumdur. Bu nedenle istenilen özelliklerde madde elde etmek için bu maddeler uygun oranlarda sekonder maddelerle karıştırılır(Şekil 2.6). Çiftliklerde kompost karışımı gübre ve eski ekin atıkları karıştırılarak yapılır. Bazen kerestecilik işlemlerinden gelen testere talaşı veya ağaç kabukları da kullanılır.



Şekil 2.6 Kompostlamaya uygun karakteristikleri oluşturmak için ham maddelerin karıştırılması(NRAES-54, 1992)

İstenilen karakteristikte kompost elde etmek için primer maddelere ilave edilen maddelere *düzenleyiciler*, *hacimleştiriciler* veya *karbon kaynakları* denir. *Düzenleyiciler* karışımın nem muhtevasını, dokusunu veya C:N oranını iyileştirmek amacıyla katılırlar. *Hacimleştiriciler* primer maddenin yığın içinde çökmeden kalmasını sağlar ve gözenekleri artırarak yığın içinde iyi bir hava akımı sağlar. *Karbon kaynakları* ise C:N oranını ayarlamak için katılırlar. Bu üç terim birbirinin yerine kullanılmasına rağmen düzenleyici daha genel bir terimdir ve bu çalışmada ham maddelerin kalitesini iyileştirmek için katılan herhangi bir maddeyi tanımlamak için bu terim kullanılacaktır.

Kompostta kullanılan düzenleyiciler harici kaynaklardan karşılandığı için bunların maliyeti ve hazır bulunurluğu önemli bir faktör. Gereken düzenleyicinin ucuz olması kompostlamanın maliyetini azaltır. Kompostlamada kullanılan bir çok bedava veya ucuz bulunabilecek madde vardır. Yiyecek imalatçılarına veya belediyeye yakın yerlere atık geri kazanım servisleri

kurularak bu maddeler toplanabilir.

2.6.1 Ham maddelerin karakteristikleri

Kompostlamada kullanılan ham maddelerde olması gereken karakteristikler Çizelge 2.1’de gösteriliyor. Fakat bu aralıkların her zaman sağlanılabilmesi mümkün olmayabilir. Kompostlama ideal koşullardan oldukça farklı çok geniş aralıkta vuku bulan esnek bir prosestir. Bu ideal şartlardan izin verilen sapma miktarı kompostun tamamlanması için gereken süre, koku oluşumu ve kompostun nihai kullanımına bağlı olarak belirlenir. Hızlı kompostlama veya koku riski yüksek maddeler için Çizelge 2.1’deki değerlere yakın değerlerin seçilmesi gerekir.

Ham maddenin nem muhtevası ve C:N oranı en önemli parametrelerdir ve karışım formülü bu parametrelere göre belirlenir. Genellikle primer maddelerin nem muhtevası ve N muhtevası yüksektir. Bu nedenle kuru ve C muhtevası yüksek düzenleyicilerle karıştırılır. Karışımın ham yoğunluğunun genellikle 558-640 kg/m³’ten küçük olması gerekir.

Madde formülleri nem ve C:N oranına göre belirlenmesine rağmen ham maddeler kompostlama için önemli diğer kalitelere haizdir. Bunlar çözünürlük, koku ve saflıktır.

Organik maddelerin hepsi aynı şekilde çözülmez. Örneğin, odunsu maddeler yüksek miktarda lignin içerdiğinden dolayı yavaş çözünürler. Aynı maddenin büyük partikülleri küçük partiküllerinden daha yavaş çözünür.

Ham maddenin formülünün belirlenmesinde en önemli parametre koku oluşturma potansiyelidir. Çok keskin kokulu maddeler dikkatlice kompostlanmalıdır.

Saflık ham maddenin yapısındaki istenmeyen maddeler, kimyasallar ve organizmaların neden olduğu kirliliğin ölçüsüdür. Karton kutular, camların üzerine yapışmış atıklar ve yapraklarla taşınan çöpler, mahsullerdeki pestisit atıkları, ağır metaller veya çamurdaki insan patojenleri ve çamurlar bunlara örnek olarak verilebilir. Kompostun saflığı genellikle nihai kullanımına göre belirlenir.

2.6.2 Kompostlamada yaygın kullanılan maddeler

Çiftlikte kompostlamada kullanılan ham maddeler; ağaç kabuğu, karton, sığır gübresi, mahsul atıkları, gübre ve üre, olgun kompost, balık işlemlerinden kaynaklanan atıklar, yiyecek imalatından kaynaklanan atıklar, sebze ve meyve atıkları, çimen kırpıntıları, at dışkısı, yapraklar, kireç, gazete, çiftlik hayvanlarının dışkıları, kağıt fabrikalarından kaynaklanan

atıklar, çürümüş yosun, kümes hayvanlarının dışkıları, testere ve rende talaşı, yosun ve diğer su bitkileri, septik ve pissu çamurları, mezbahane ve et paketleme atıkları, saman ve kuru ot, saman, domuz dışkısı, tahta tozu ve odun yongaları. Ayrıca Ek 1'de kompostlamada sıkça kullanılan ham maddeler ve bunların karakteristikleri verilmiştir.

2.6.2.1 Sığır dışkısı

Azotça zengindir ve çok nemlidir. Nem muhtevası ve C:N oranı hayvanlarda kullanılan altlığa, operasyon türüne ve mevsime göre değişir. Genellikle kuru ve karbonca zengin düzenleyici karıştırılması gerekir ve bir hacim dışkıya 2-3 hacim düzenleyici katılır. Kolay bozunur. Hayvan altlığı ile karışık dışkının C:N oranı yüksek ve kurudur. Kompost karışımlarında çok miktarda kullanıldığında sıvı dışkı elekten geçirilmeli veya kurutulmalıdır. Sonuç olarak iyi bir kompost maddesidir.

2.6.2.2 Kümes hayvanlarının dışkıları

Azot muhtevası yüksek ve orta derecede nemlidir. Yüksek karbon muhtevalı bir düzenleyici gerektirir. Testere talaşı veya odun kırpıntıları içeren gübre kompostlamaya çok uygundur ve ambardan getirildikten sonra kısmen kompostlanabilir. Yüksek azot muhtevası ve pH yüzünden azot kayıplarının olması ve NH₃ oluşumundan kaynaklanan koku sorun yaratabilir. Alkaliniteyi azaltmak için düşük pH'lı düzenleyiciler gerekebilir. Hızlı çürür. Yüksek azot muhtevasından dolayı gübre sınıfında bir kompost elde edilebilir. İyi-çok iyi kompost maddesidir.

2.6.2.3 At dışkısı

At dışkıları genellikle fazla altlık içerdiğinden dolayı C:N oranı yüksek ve kurudur. Tek başına iyi kompostlanır veya sığır gübresinde düzenleyici olarak kullanılabilir. Koku olasılığı düşüktür. Eğer alt malzemesi olarak saman kullanılmışsa çabuk çürür. At dışkısı ahırlardan, hipodromlardan, at bakıcılarından az bir ücret karşılığı veya ücretsiz bulunabilirler. Bazı ahır atıkları ilaç şişeleri, soda kutuları ve diğer süprüntüler içerebilir. Mükemmel bir kompost maddesidir.

2.6.2.4 Domuz dışkısı

Azotça zengin ve çok nemlidir. Kuru ve yüksek karbonlu düzenleyiciler gerektirir. Çok koku yayar. Nem muhtevasının yüksek olması ve koku kompostlamayı diğerlerine oranla daha zorlaştırır. İyi bir kompost maddesi sayılır.

2.6.2.5 Diğer çiftlik hayvanlarının dışkıları

Koyun, keçi, tavşan gibi diğer çiftlik hayvanlarının dışkıları genellikle iyi bir kompost maddesidir. Bu dışkılar çoğunlukla hayvanların altlarından toplanır ve bu nedenle C:N oranının yüksek olmasından dolayı nispeten kurudur. Alt malzemesiz dışkının azot içeriği yüksek ve nemlidir. Alt malzemeleri düzenleyici olarak çiftlik hayvanlarının dışkılarında kullanılabilir. Koku oluşturma potansiyeli nispeten düşüktür. Çabucak çürür, iyi bir kompostlama maddesidir.

2.6.2.6 Ekin atıkları

Mahsul cinsine göre değişik karakteristikler göstermesine rağmen nem muhtevası orta-yüksek ve C:N oranı makul ölçülerdedir. C:N oranı ve nem muhtevası, olgunluğa ve, meyve ve tohum miktarına bağlıdır. Genelde daha olgun sebzeler daha kuru ve daha az azot içerirler. Çok iyi bir yapıya ve çözülebilirliği sahiptir. Bazı atıklar kuru ve karbon muhtevaları yüksek olabilir. Maddenin türüne bağlı olarak kompost düzenleyicisi olarak mükemmeldir.

2.6.2.7 Kurumuş saman ve hayvan yemi

Koşullara bağlı olarak orta derecede kuru veya nemlidirler. C:N oranı yüksektir. Kompost karışımına eklenilir ve güvenilir bir düzenleyici değildir. İyi bir yapıya ve çözünürlüğe sahiptir. Hayvan yemi ve kuru otlara bağlı olarak koku ve toprak yıkanması* sorunu yaratabilir. Orta kalitede kompost maddesidir.

2.6.2.8 Saman

Kuru ve karbonlu bir yapısı vardır. İyi çözülür. Çok iyi bir yapı ve koku absorpsiyonu sağlar. Eğer alt malzemesi olarak kullanılıyorsa kompostlama için koşullandırıcı gübre olabilir. Hazır bulunabilirliği ve maliyeti dezavantajdır. Mükemmel bir kompost düzenleyicisidir.

2.6.2.9 Testere ve rende talaşı

Kuru ve karbon muhtevası yüksektir. Orta-iyi derecede çözülür. Testere talaşı rende talaşından daha hızlı çözülür. İyi bir nem ve koku absorpsiyonu sağlar. Genellikle orta-düşük fiyatlarda hazır olarak bulunurlar. İyi-orta kaliteli bir kompost düzenleyicisidir.

* Toprak yıkanması: Suyun katı ile teması sonucu katıdan çözülmüş veya asılı maddelerini ayırması. Toprağın su etkisiyle madeni tuzlarını kaybetmesi.

2.6.2.10 Yapraklar

Nispeten kurudur. Karbon muhtevası yüksektir. Eğer parçalanırsa iyi çözünür. Orta derecede nemlidir. Koku olasılığı düşüktür. Tek başına kompostlanır veya düzenleyici olarak kullanılır. Çöp, çakıl, plastik torbalar içerir. İyi bir kompost maddesidir.

2.6.2.11 Tahta yongaları

Kuru ve karbon muhtevası yüksektir. Partikül boyutunun büyük olması mükemmel bir yapı sağlar ama çözünürlüğü kötüdür. Genelde basınçlı havalandırma ile yapılan kompostlamada hacimleştirici olarak kullanılır. Nihai komposttan eleme ile giderilerek tekrar kullanılabilir. Orta-düşük fiyatlıdır. Boyalı tahta yongaları kullanılmamalıdır. Çok iyi bir hacimleştiricidir ama düzenleyici olarak kötüdür.

2.6.2.12 Ağaç kabukları

Daha az azot ve kolay çözülebilir bileşikler içeren ağaç kabukları dışında kalan türleri tahta yongaları ile aynı kalitededir. Saksı malzemesi olarak veya bitkilerin köklerini sıcaktan korumak için tek başına kompostlanabilir. İyi bir hacimleştiricidir ama vasat bir düzenleyicidir.

2.6.2.13 Çimen kırıntıları

Orta derecede nemli veya kurudur. C:N oranı biraz düşüktür. Çabucak ayrışır. Yönetime bağlı olarak koku problemi orta veya yüksek derecededir. Yaprak ve bahçe atıklarından oluşan karışımlar için iyi bir azot kaynağıdır. Kaba maddelerle karıştırılırsa iyi bir kompost maddesidir. Çimen kırıntıları tek başına yoğundur ve anaerobik olabilirler.

2.6.2.14 Gazete

Kuru ve karbon muhtevası yüksektir. Orta derecede çözülür. Çift yönlü yatak malzemesi olarak kullanılabilir. Nem absorpsiyonu iyidir ama yapısı ve porozitesi kötüdür. Siyah mürekkepler genelde toksiktir. Renkli mürekkep ve parlak kağıtların ayrılması gerekir veya ağır metal ve diğer bileşikleri içerip içermediklerini anlamak için analiz yapılmalıdır. Maliyeti azdır. Parçalama ve sınıflandırma gerekebilir. Çiftlik yapıları yakınında depolama, toz ve çöp sorunu yaratabilir. Genelde karışımın yapısına bağlı olarak iyi-orta kalitede bir düzenleyicidir.

2.6.2.15 Karton

Kurudur ve karbon içeriği yüksektir. İyi çözülür. Nem absorpsiyonu ve yapısı iyidir. Maliyeti azdır. Parçalama, depolama ve sınıflandırmak gerekebilir. Karton üzerindeki zımba tellerini

ayırmak gerekebilir. Buruşuk kartonlar üzerindeki yapıştırıcıların bor seviyesi yüksektir. İyi-orta kalitede bir düzenleyicidir.

2.6.2.16 Bitmiş kompost

Kompost nemli atıklarda düzenleyici olarak kullanılmak üzere (tek başına veya diğer düzenleyicilerle kullanılarak) geri kazanılabilir. Orta derecede kurudur. C:N oranı ortadüşüktür. İyi mikroorganizma sağlar. Sıkça geri kazanım tuz konsantrasyonunun artmasına sebep olabilir ama önemli bir dezavantajı yoktur. Geri kazanımdan sonra kompost kaybı çok azdır. İyi bir düzenleyicidir, özellikle karışımın C:N oranını yükseltmeden nemini düşürmede kullanılır.

2.6.2.17 Turba yosunu

Yıllar süren anaerobik bozunma sonucu oluşan lifli asidik bir maddedir. Azot muhtevası düşüktür. Su, nütrientler ve kokuyu absorblama kapasitesi yüksektir. Ağırlığının on katı kadar su tutabilir. Doğal birikintilerinin olduğu bölgeler dışında turba yosunu saksı bitkileri ve diğer bahçecilik uygulamalarında kullanıldığı için pahalıdır. Turba yosunu kompostlamayla hemen hemen değişmeden kalır ve yüksek kaliteli kompost üretir. Koku ve su absorblama kapasitesi yüzünden yüksek kaliteli bir düzenleyicidir ama maliyeti yüksektir.

2.6.2.18 Meyve ve sebze atıkları

Meyve kabukları, kırıntılar, bozulmuş meyveler. Atığın özelliğine bağlı olarak nem içeriği ve C:N oranı orta-yüksektir. Çekirdekler dışında çözülürlüğü iyidir. Yapısı fena değildir. Meyve ve sebzelerle oluşturulan yığınlar bozunma başlar başlamaz çökerler. Az-orta derecede koku problemi yaratır. Paketleme ve pazarlaması sırasında atık oluşturabilir. İyi-orta kalitede kompost maddesidir.

2.6.2.19 Besin imalatından kaynaklanan atıklar

Prosesle ilgili olarak değişik karakteristikler gösterir. Filtre pres kekleri genellikle orta ölçekte kuru ve karbon içeriği yüksek-ortadır. Yiyecek imalatından gelen diğer yan ürünler nemli ve C:N oranı orta veya düşüktür. Koku, haşarat(sıçan, fare, sinek) problemleri; yiyecek imalatında kullanılan mekanizmalar ve temizleyici çözeltilerden gelen kirleticilerin miktarı yüksektir. En büyük avantajı çöp ücretidir. Atığın karakterine bağlı olarak iyi-kötü kaliteli kompost maddeleridir.

2.6.2.20 Kesim hane ve et paketleme atıkları

Gübre, kan, diğer kısımlar. Nemlidir ve C:N oranı düşüktür. İyi çözülür. Koku ve haşarat riski yüksektir. Daha sınırlayıcı düzenlemeler gerektirir. Nemi azaltmak ve kokuyu kontrol etmek için çok fazla düzenleyici gerekir. Eğer araziye direkt uygulanacaksa kompostlama düşünülmelidir.

2.6.2.21 Balık imalatından kaynaklanan atıklar

Kılçıklar, kafalar, kuyruklar, kabuklar. Özellikleri atığın tipine bağlı olarak değişir ama genellikle orta-yüksek derecede nemlidir ve azot muhtevası yüksektir. Istakoz, yengeç, karides ve yumuşakça kabuklarının yapıları iyidir. Özellikle yumuşakça kabukları iyi çözünür. Koku oluşturma riski yüzünden kuru düzenleyici ve/veya özel işletme gerektirir. Nemli maddeler sorun yarattığından kompostlama diğer seçeneklerden sonra düşünülmelidir. Kabuklar orta-iyi kalitede kompost maddesidir.

2.6.2.22 Su yosunu ve diğer deniz bitkileri

Su sümbülü, atık su arıtma bitkileri. Nem muhtevası önceki kurumaya bağlı olarak yüksek-ortadır. C:N oranı düşük(yosunlar) orta(su sümbülü) olabilir. Çözülebilirliği iyidir. Başta su yosunları olmak üzere yapısı kötüdür. İyi bir minör nütrient kaynağıdır ama su yosunu fazla miktarda kullanırsa tuz sorun yaratır. Koku riski düşük-ortadır. İyi bir kompost maddesidir.

2.6.2.23 Kağıt fabrikalarından kaynaklanan atıklar

Preslenirse nemli veya orta derecede nemlidir. C:N oranı orta-yüksektir. Azotlu kuru bir düzenleyici gerektirir. Çözülürlüğü iyidir ama kötü bir yapısı vardır. Yanlış yönetilirse az-orta koku riski yaratabilir. Kağıt bulamaçlarında bazen organik bulaşkanlar olabilir. Güzel bir kompost maddesidir.

2.6.2.24 Tahta tozu

Karbon ve azot muhtevası çok düşüktür ve çok kurudur. Özellikle potasyum gibi diğer besi maddeleri yapısında yeteri kadar vardır. Kompostlamada tahta tozları nemi absorbe eder ve karışımın pH'ını yükseltir. Ayrıca koku absorblayıcı olarak da kullanılabilir. Tozlar çok ince ve uçuşarak toz oluşturduğundan işlenmesi zordur. Partiküller ıslandıktan sonra yapışma eğilimi gösterirler. Nemli asidik karışımlar için iyi bir kompost düzenleyicisidir. Eğer pH yüksekse kullanılmamalıdır.

2.6.2.25 Septik çamurlar ve pissu çamurları

Ham ve çürümüştür. Azotça zengin ve çok nemlidir. Bir hacim çamura 2-4 hacim kuru düzenleyici karıştırmak gerekir. Septik ve pissu çamurları çabucak çözünür. Keskin koku yayarlar. İnsan patojenleri ve ağır metallere kaynaklanan bulaşkan maddeler içerebilirler. Bu maddelerle kompostlama yaparken kullanım ve arazi uygulaması için ruhsat alınması, prosesin izlenmesi ve ürün analizleri yapmak gerekir. Genelde septik çamur ve pissu çamurları beraberinde sınırlamalar ve düzenlemeler getirir. İstisnalar olmasına rağmen çiftlik kompostlama işlemlerinde bu maddelerin kullanılmaması en iyisidir.

2.6.2.26 Gübre ve üre

Gübre, üre veya diğer konsantre azot kaynakları bazen yaprak gibi yüksek karbonlu maddelerin C:N oranlarını düşürmek için kullanılırlar. Böyle maddeler ilk C:N oranını düşürmesine rağmen faydaları kısa sürelidir. Böyle maddelerden gelen azot organik maddelerdeki karbondan daha hızlı elde edilebilir. Karbon ve azot oranları dengededir; ama karbonun kolay elde edilebilir formu tükendikten sonra artakalan azot birikir. Er geç fazla azot NH_3 oluşumuna neden olur.

2.6.2.27 Kireç

Gübre gibi, kireç de pH'ı ayarlamak veya kokuyu kontrol edici bir katkı maddesi olarak düşünülebilir. Genellikle kireç gereksiz bir maddedir ve zararlı olabilir. Kompostlamada pH ayarlaması nadiren gerekir. Eğer kireç koku kontrolünde kullanılırsa pH aşırı NH_3 oluşumuna neden olabilecek kadar artabilir.

2.6.3 Kompost karışımının formülasyonu

Kompostlama için ham maddelerin uygun oranlarda formüle edilmesine karışım yapma denir.

Başarılı bir karışım yapmak için beş temel kural vardır;

- Kompostlamada istenen genel şartları bilmek
- Kullanılacak primer maddeleri belirlemek
- Primer maddenin N ve C muhtevası, nem muhtevası, ham yoğunluk, pH ve koku potansiyeli gibi karakteristiklerini belirlemek
- Primer maddenin karakteristiklerini kompostlamaya uygun aralığa getirmek için kullanılacak sekonder maddeyi belirlemek
- Doğal, aerobik ve yüksek sıcaklıkta kompostlama sağlayacak karışımı oluşturmak

Kompostlamada kullanılacak maddeler belirlendikten ve kompostlama için uygun şartlar

anlaşıldıktan sonra aşağıdaki basamaklar takip edilmelidir.

2.6.3.1 Ham madde karışımının nem muhtevasına göre yapılması

Yığın içindeki nem muhtevasının %40-60 arasında olması gerekir. Eğer nem muhtevası %60'dan fazla olursa su yığın içindeki boşlukları doldurarak hava akımını engeller. Ayrıca yığının nem muhtevasının çok yüksek olması yığını ağırlaştırarak çökme ve sıkışmaya neden olur. Nem muhtevasının çok düşük olması ise kompostlayıcı mikroorganizmaları engelleyerek aktivitelerini durdurur. İlk kompost karışımının nem muhtevasına göre belirlenirken,

- Primer ve sekonder maddelerin nem muhtevası belirlenir
- Karışımın nem muhtevası %60 kabul edilerek bu iki maddenin ıslak bazda uygun oranları belirlenir(Çizelge 2.5).

Karışımın nem muhtevası en hızlı elle sıkarak belirlenir. Bir avuç dolusu madde alınır hiç sıkmadan su damlıyorsa bu karışımın çok nemli olduğunu gösterir. Eğer maddeyi elle sıktıktan sonra çok kuru ve ufalanıyorsa bu çok kuru olduğunu gösterir. Eğer madde sıktıktan sonra su bırakmaksızın küme halinde duruyorsa bu karışımın nem muhtevasının istenen seviyede(yaklaşık %40-60) olduğunu gösterir.

Çizelge 2.5 Nem muhtevasına göre iki maddeden oluşan karışımının formülünün belirlenmesi (NRAES-114, 1999)

		PRİMER MADDENİN NEM MUHTEVASI									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
MUHTEVASI	10							5:1	2,5:1	1,7:1	1,3:1
	20							4:1	2:1	1,3:1	1
	30							3:1	1,5:1	1:1	1:1,2
	40							2:1	1:1	1:1,5	1:2
	50							1:1	1:2	1:3	1:4
	60						1:1				
	70	1:5	1:4	1:3	1:2	1:1					
	80	1:2,5	1:2	1:1,5	1:1	2:1					
	90	1:1,7	1:1,3	1:1	1,5:1	3:1					
	10	1:1,3	1:1	1,3:1	2:1	4:1					

 Nem muhtevası çok düşük(<%60)  Nem muhtevası çok yüksek(>%60)

Not: Tabloda karışımın nem muhtevası %60 kabul edilmiştir. Tablo sadece nemi ayarlama için kullanılır.

Örnek:İki maddeden oluşan kompost karışımının formülünün nem muhtevasına göre belirlenmesi

Primer madde olarak %70 nem muhtevalı sığır gübresi ve sekonder(yardımcı) madde olarak %35 nem muhtevalı testere talaşı kullanılmaktadır. Karışımın nem muhtevasını %60 kabul ederek karışımda kullanılacak her bir maddenin oranını hesaplayınız.

Çözüm: Çizelge 2.5'dan primer maddenin nem muhtevasını gösteren yatay eksende nem muhtevasının %70 olduğundaki izdüşümü ve düşey eksendeki sekonder maddenin nem muhtevasının %35 olduğundaki izdüşümü alınır(%30 ve %40 satırlarının her ikisi) ve bu izdüşümlerin kesiştiği noktaların sırasıyla 3:1 ve 2:1 olduğu görülür. Sonuç olarak bu iki değer aritmetik ortalaması alınır ve madde oranları 2,5:1 bulunur. Yani karışımda her 2,5 kg sığır gübresine 1 kg testere talaşı kullanılacaktır.

2.6.3.2 Ham madde karışımının besi maddelerine göre yapılması

Toplam organik karbonun toplam azota ağırlıkça oranını gösteren C:N oranı aktif kompostlama için önemli bir şarttır. Kompost karışımındaki ham maddelerin C:N oranı 30 olacak şekilde karıştırılması gerekir.

Kompost prosesinde iki tür madde kullanılacaksa bu maddelerin karışım oranları Çizelge 2.6'dan belirlenebilir. Karışımın C:N oranı ıslak bazda hesaplanmalıdır. Ayrıca C:N oranını belirlemek için kullanılan formüller ve kısa yol formülleri 2.13-2.14'te gösterilmiştir.

Karışım formülünü besi maddesine göre belirlerken,

- Karışımdaki maddelerin ağırlıkça toplam karbon miktarları belirlenir(Karbon muhtevası maddenin yüzey alanı ve lignifikasyonuna göre değişir).
- Karışımdaki maddelerin ağırlıkça toplam azot miktarları belirlenir
- Toplam karbon toplam azota bölünerek karışımın C:N oranı belirlenir
- Bu hedeflenen C:N oranıyla kıyaslanır
- Maddelerin ağırlıkları optimum C:N ve nem muhtevasına getirmek için ayarlanır

Kompostçuların çoğu madde karışımlarını deneme yanılma yoluyla belirlerler. Eğer karışım çok kuruyorsa daha fazla su veya gübre ilave edilir, veya yığın içindeki karışım çökmeden kalana kadar kuru düzenleyici ilave edilir. Bunu yapmak için genellikle karışımın nem muhtevası, yapı ve porozitesi hakkında bilgi edinilmesi gerekir. Kompost prosesinin hızlı olması gerekmiyorsa bu yaklaşım kullanılabilir. Ham maddelerin karakteristikleri bilinmiyorsa "bak ve anla" yaklaşımı tek alternatiftir. Bununla beraber kompostlayıcı

maddelere veya prosese yabancıysa, veya optimum kompost koşullarını korumak gerekiyorsa kompost formülünü hesaplama ile saptamak daha doğrudur. Kompost formülünü belirlerken hem C:N oranı hem de nem muhtevasını istenen aralıklarda tutmak gerekir.

Nem muhtevası yüksek olduğunda yığın içinde anaerobik koşullar, koku ve yavaş bozunmaya neden olduğundan nem muhtevasının yüksek olması istenmez. Bun karşılık karşımın C:N oranının istenen aralıkta olmaması yığın içindeki koşulları daha az etkiler. Bu nedenle maddelerin nem muhtevasına göre bir kompost karışımı hazırlanır ve sonra madde oranlarını istenen C:N oranına getirmek için ayarlanır.

Kompostun formülünü hesaplamada kullanılan formüller aşağıda verilmektedir. Hesaplamalar kuru ağırlığa göre yapılır. Her bir madde için nem muhtevası, kuru bazda azot yüzdesi ve karbon yüzdesi veya C:N oranları bilinmelidir. Maddenin C içeriğini bilmek bazen mümkün olmayabilir. Bu nedenle eğer maddenin kül yüzdesi biliniyorsa karbon içeriği kabaca (2.1) eşitliğinden bulunabilir.

$$\% \text{ Karbon} = \frac{(100 - \% \text{ kül})}{1.8} \quad (2.1)$$

Eğer maddenin uçucu katı yüzdesi biliniyorsa karbon içeriği kabaca (2.2) eşitliğinden bulunabilir.

$$\% \text{ Karbon} = \% \text{ Uçucu katı} \times 0,56 \quad (2.2)$$

Bazen nütrient konsantrasyonu ıslak bazda istenir. Kuru bazda nütrient konsantrasyonunu ıslak baza çevirmek için aşağıdaki formüller kullanılır.

$$\% \text{ Nütrient(ıslak baz)} = (\% \text{ Nütrient, kuru baz} \times \% \text{ Toplam katılar}) \div 100 \quad (2.3)$$

$$\% \text{ Nütrient(ıslak baz)} = \% \text{ Nütrient, kuru baz} \times (100 - \% \text{ Nem}) \div 100 \quad (2.4)$$

Örnek: Kuru ağırlık bazı ıslak baza çevirme

Islak ve kısmi katı süthane gübresinin azot konsantrasyonu kuru ağırlık bazında %3 ve nem muhtevası %80'dir. Bu gübrenin ıslak bazda azot muhtevasını bulmak için (2.4) kullanılır.

$$\% \text{ Nütrient(ıslak baz)} = \%3 \text{ N, kuru baz} \times (100 - 80) \div 100$$

$$\% \text{ Nütrient(ıslak baz)} = \%3 \text{ N, kuru baz} \times 20 \div 100$$

$$\% \text{ Nütrient(ıslak baz)} = \%0,6 \text{ N, kuru baz}$$

2.6.3.3 Kompost karışımını hesaplamada kullanılan formüller

$$\text{Nem muhtevası} = \% \text{Nem muhtevası} \div 100 \quad (2.5)$$

$$\text{Su muhtevası} = \text{Toplam ağırlık} \times \text{Nem muhtevası} \quad (2.6)$$

$$\text{Kuru ağırlık} = \text{Toplam ağırlık} - \text{Su muhtevası} = \text{Toplam ağırlık} \times (1 - \text{Nem muhtevası}) \quad (2.7)$$

$$\text{Azot muhtevası} = \text{Kuru ağırlık} \times (\%N \div 100) \quad (2.8)$$

$$\% \text{ Karbon} = \%N \times \text{C:N oranı} \quad (2.9)$$

$$\text{Karbon muhtevası} = \text{Kuru ağırlık} \times (\%C \div 100) = \text{N içeriği} \times \text{C:N oranı} \quad (2.10)$$

Maddelerin karıştırılmasıyla oluşan karışım için genel formüller

$$\begin{aligned} \text{Nem muhtevası} &= \frac{a + b + c + \dots \text{maddelerindeki suyun agr.}}{\text{Toplam agr.}} \\ &= \frac{(a \times n_a) + (b \times n_b) + (c \times n_c) + \dots}{a + b + c + \dots} \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$\text{C:N oranı} = \frac{a + b + c + \dots \text{maddelerinin C muht.}}{a + b + c + \dots \text{maddelerinin N muht.}} \quad (2.12)$$

Semboller;

$a = a$ maddesinin toplam ağırlığı

$b = b$ maddesinin toplam ağırlığı

$c = c$ maddesinin toplam ağırlığı

$n_a, n_b, n_c, \dots =$ sırasıyla a, b, c, \dots maddelerinin nem muhtevası

$\%N_a, N_b, N_c, \dots =$ sırasıyla a, b, c, \dots maddelerinin azot yüzdesi (kuru ağırlık)

$\%C_a, C_b, C_c, \dots =$ sırasıyla a, b, c, \dots maddelerinin karbon yüzdesi (kuru ağırlık)

2.6.3.4 Sadece iki maddeden oluşan kompost karışımları için kısayol formülleri

1. Her bir kg b maddesi başına gereken a maddesinin miktarı nem muhtevası temel alınarak (2.13) ile bulunabilir.

$$a = \frac{n_b - M}{M - m_a} \quad (2.13)$$

Genel formül kullanarak C:N oranı kontrol edilir.

2. Her bir kg b maddesi başına gereken a maddesinin miktarı C:N oranı temel alınarak (2.14)'ten bulunabilir.

$$a = \frac{\%N_b}{\%N_a} \times \frac{(R - R_b)}{(R_a - R)} \times \frac{(1 - n_b)}{(1 - n_a)} \quad (2.14)$$

Genel formül kullanarak nem muhtevası kontrol edilir.

Semboller:

a = kg a maddesi/ kg b maddesi

M = karışımda istenen nem içeriği

n_a = a maddesinin nem içeriği (örneğin düzenleyici)

n_b = b maddesinin nem içeriği (örneğin gübre)

R = karışımın istenen C:N oranı

R_a = a maddesinin C:N oranı

R_b = b maddesinin C:N oranı

Gübre ve düzenleyici gibi sadece iki maddeyle oluşan karışımlarda düzenleyicinin oranı hedeflenen C:N oranı veya nem içeriği esas alınarak hesaplanabilir. Ama eğer karışımda üç veya daha fazla madde kullanılırsa karışımın formülü (2.5)-(2.12) eşitlikleri kullanarak deneme yanılma ile hesaplanabilir. Bu takdirde maddelerin oranları ilk önce tahmin edilir ve sonra karşılık gelen C:N oranı ve nem muhtevası hesaplanır. Eğer C:N oranı veya nem muhtevası istenen aralıkta değilse oranlar ayarlanır ve hesaplamalar C:N oranı ve nem içeriği istenen aralığa gelene kadar tekrar edilir.

Örnek hesaplama: Primer madde ve düzenleyiciden oluşan kompost karışımının formüle edilmesi

Bir çiftlikte nem muhtevası %70 olan sığır gübresi kullanılmaktadır. Nem muhtevası ve azot muhtevası optimum kompostlama için çok yüksektir ve gübrelerin porozitesi azdır. Gübreyi kompostlama için uygun şartlara getirmek amacıyla düzenleyici olarak testere talaşı kullanılacaktır. Testere talaşının nem muhtevası %35'tir. Gübrenin C:N oranı 10, azot muhtevası %6, ve testere talaşının C:N oranı 500 ve azot muhtevası %0,11'dir. Buna göre

gübre ve testere talaşının hangi oranda karıştırılacağını bulunuz.

Madde	Nem muhtevası	N muhtevası	C:N oranı
Gübre(primer madde)	%70	%6	10
Testere talaşı(düzenleyici)	%35	%0,11	500

Çözüm:

1. Maddeleri nem muhtevasına göre karıştırma

1 kg gübrenin:

$$\text{Su muhtevası} = \text{Toplam ağırlık} \times \text{Nem muhtevası} = 1 \text{ kg} \times 0,7 = 0,7 \text{ kg}$$

$$\text{Kuru ağırlık} = \text{Toplam ağırlık} - \text{Su muhtevası} = 1 \text{ kg} - 0,7 = 0,3 \text{ kg}$$

$$\text{N muhtevası} = \text{Kuru ağırlık} \times (\%N \div 100) = 0,3 \times 0,06 = 0,018 \text{ kg}$$

$$\text{C muhtevası} = \text{C:N oranı} \times \text{N muhtevası} = 0,018 \times 10 = 0,18 \text{ kg}$$

1 kg testere talaşının:

$$\text{Su muhtevası} = \text{Toplam ağırlık} \times \text{Nem muhtevası} = 1 \text{ kg} \times 0,35 = 0,35 \text{ kg}$$

$$\text{Kuru ağırlık} = \text{Toplam ağırlık} - \text{Su muhtevası} = 1 \text{ kg} - 0,35 = 0,65 \text{ kg}$$

$$\text{N muhtevası} = \text{Kuru ağırlık} \times (\%N \div 100) = 0,65 \times 0,0011 = 0,00072$$

$$\text{C muhtevası} = \text{C:N oranı} \times \text{N muhtevası} = 0,00072 \times 500 = 0,36 \text{ kg}$$

Karışımın nem muhtevası %50-60 olmalıdır. 1 kg gübre için gerekli saman miktarı **S** ise 1 kg gübrenin nem muhtevası (2.11)'den,

$$\text{NM} = \%60 = 0,6 = \frac{0,7 + (0,35 \times S)}{1 + S}$$

Gerekli testere talaşı miktarını **S** ise,

$$\text{NM} = 0,6 (1 + S) = 0,7 + 0,35 \times S$$

$$0,25 S = 0,1$$

S = 0,4 kg testere talaşı/kg gübre bulunur.

Karışımında sadece iki madde kullanıldığından S'i kısa yol formüllerini kullanarak da hesaplamak mümkündür. Gübre b olarak gösterilir ve (2.13)'ten,

$$S = a = \frac{n_b - M}{M - m_a} = \frac{0.7 - 0.6}{0.6 - 0.35}$$

$S = 0,4$ kg testere talaşı/kg gübre

C:N oranının uygun aralıkta olup olmadığı kontrol edilir.

$$C:N = \frac{C_{\text{gübre}} + C_{\text{testere talaş}}}{N_{\text{gübre}} + N_{\text{testere talaş}}} = \frac{0.18 + (0.4 \times 0.36)}{0.018 + (0.4 \times 0.00072)} = 17.7$$

Bu oran kabul edilebilir aralığın(15-30) alt sınırına yakın olduğundan ve nem muhtevası aralığın(%50-60) üst sınırına yakın olduğundan C:N oranını yükseltmek için testere talaşı miktarı arttırılmalıdır.

2. Maddeleri C:N göre karıştırma

Düzenleyici olarak saman kullanıldığı ve samanının nem muhtevasının %15, C:N oranının 128 ve azot muhtevasının %0,3 olduğu kabul edilir(Sığır gübresiyle samanın karışımın C:N oranı 25 olacak şekilde karıştırılacağı varsayılacak).

Madde	Nem muhtevası	N muhtevası	C:N oranı
Gübre(primer madde)	%70	%6	10
Saman(düzenleyici)	%15	%0,3	128

1 kg samanın:

Su muhtevası = Toplam ağırlık x Nem muhtevası= 1 kg x 0,15 = 0,15 kg

Kuru ağırlık = Toplam ağırlık – Su muhtevası= 1 kg – 0,15 = 0,85 kg

N muhtevası = Kuru ağırlık x (%N ÷ 100) = 0,85 x 0,003 = 0,0026 kg

C muhtevası = C:N oranı x N muhtevası= 0,0026 x 128 = 0,33 kg

İstenen C:N oranı 25:1'dir. 1 kg nemli gübre için gerekli saman miktarını S ise (2.11)'den,

$$25 = \frac{0.18 + S \times (0.33)}{0.018 + S \times (0.0026)}$$

$S = 1$ kg saman/kg gübre bulunur.

Burada sadece iki madde karıştırıldığından S 'i hesaplamak için kısa yol formülleri kullanılabilir ve (2.14)'ten,

$$S = a = \frac{\%N_b}{\%N_a} \times \frac{(R - R_b)}{(R_a - R)} \times \frac{(1 - n_b)}{(1 - n_a)} = \frac{\%6}{\%0.3} \times \frac{(25 - 10)}{(128 - 25)} \times \frac{(1 - 0.70)}{(1 - 0.15)}$$

$$S = 1 \text{ kg}$$

Karışımın nem muhtevası (2.11) ile kontrol edilir,

$$NM = \frac{0.7 + (1 \times 0.15)}{2} = 0.425 = \%42.5$$

Başlangıçta karışım için bu nem muhtevası düşüktür. Bu nedenle nem muhtevasını uygun aralığa getirmek için dört seçenek vardır;

1. Bu oranlar kullanılır ve yağmurla yığının ıslanması beklenir
2. Karışıma direkt su eklenir
3. Saman oranı azaltılır ve daha düşük C:N oranı kabul edilir
4. Karışıma başka bir nemli madde eklenir veya saman yerine daha nemli bir düzenleyici kullanılır.

2.6.4 Kompostlanacak maddelerin analizi

Ham maddelerin bazen analiz edilerek fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre kompostlanması gerekli olabilir. Kompost formülünü oluşturmak için ham maddelerin analiz edilmesi gerekir. Ayrıca bir çok maddenin fiziksel ve kimyasal karakteristikleri literatürlerden bulunabilir.

Kompostlama için maddenin yoğunluk, nem muhtevası, C muhtevası, N muhtevası ve pH'ı analiz edilmelidir. Bu parametreleri elde edildikten sonra kabaca formül oluşturulabilir. Buna alternatif olarak formüller literatürden alınan verilere göre de oluşturulabilir.

Kompostlamada kullanılan bazı maddeler ağır metal ve pestisitler gibi kirleticiler bakımından da analiz edilmelidir. Analiz süresi ve türü incelenen kirletici ve kompostun nihai kullanımına bağlı olarak değişir. Eğer kirletici kompost prosesine zarar veriyor, arazide çevre kirliliği riski oluşturuyor veya nihai kompostun kullanılmasını ve satılmasını engelliyorsa ham maddeler mutlaka analiz edilmelidir.

Maddelerin kompost prosesi başlangıcında ve periyodik kalite kontrolü için proses esnasında analiz edilmesi gereklidir.

2.6.5 Madde analizlerinin çiftlikte yapılması

Ham maddelerin ve kompostun yoğunluk, nem muhtevası, pH ve çözümlü tuzlar gibi bazı karakteristikleri eldeki veya ucuz ekipmanlar kullanarak basit prosedürlerle çiftlikte analiz edilebilir. 0,1 gramı okuyabilen ölçekler tercih edilir. Diğer gerekli teçhizatlar spesifik analizlere bağlıdır.

2.6.5.1 Laboratuvar güvenliği

Kompostlamada yapılan testler tehlikeli olmamasına rağmen laboratuvarında bazı önlemlerin alınması gereklidir. Sıcak konteynırlara dokunurken eldivenler giyilmeli, gözleri korumak için gözlük kullanılmalı ve çalışılan yer iyi havalandırılmalıdır. Kullanılan ekipmanlara uygun tedbirler alınmalıdır.

2.6.5.2 Numuneler

Maddeleri test ederken ilk basamak yığını temsil edici numune almaktır. Numune kompostlanacak maddeyi yansıtıcı nitelikte olmalıdır. En iyi yol yığının farklı noktalarından veya farklı yığınlarından numune almaktır. Bu numunelerin hepsi karıştırılarak alt numuneler oluşturulur. Eğer tek bir numune alınacaksa tüm yığında tipik olduğu bir noktadan alınır. Numuneler yığındaki maddelerin farklı özellikler gösterebileceği merkez, kenar ve dış yüzeyden alınmamalıdır.

Numune alma ve analiz arasında geçen sürenin uzun olması numunelerin nemini kaybetmesi ve diğer değişimlere uğramasına yol açabilir. Bu nedenle numuneler analizden hemen önce alınmalı fazla bekletilmemelidir. Eğer numunelerin daha sonra analiz edilmesi gerekiyorsa kapalı bir konteynır içinde soğutulmalı veya en azından ısı, güneş ışığı ve diğer özelliklerini değiştirebilecek çevresel etkilerden uzak tutulmalıdır.

Numune miktarı yeterli ve analiz ekipmanları ve konteynırlar uygun olmalıdır. Standart numune miktarı belirlenerek analizlerin tutarlı olması sağlanır. Numune miktarı olarak yuvarlak sayıların(örneğin 100 gram, 1 litre) kullanılması hesaplamaları kolaylaştırır. Numune miktarı arttıkça test sonuçlarının doğruluğu artar.

2.6.5.3 Yoğunluk

Yoğunluk maddenin ağırlığını hacmine bölerek hesaplanır. Kompostlamada genellikle

maddelerin ham yoğunluğu * kullanılır. Ham yoğunluk yığın veya kovanın ağırlığını yığın veya kovanın hacmine bölünmesiyle bulunur. Hacme partiküller arasındaki hava boşlukları da dahildir.

Yoğunluk kovanın belirli bir hacim ve ağırlıkta madde ile doldurduktan sonra tartılmasıyla belirlenebilir. Yoğunluk dolu kovanın ağırlığını boş kovanın ağırlığından çıkarıp konteynır hacmine bölünmesiyle bulunur.

$$\text{Yoğunluk} = \frac{\text{Dolu kap agr.} + \text{Boş kap agr.}}{\text{Kap hacmi}} \quad (4.15)$$

Ham yoğunluğu belirlerken önemli bir nokta maddede depolama sırasında oluşan çökmeye yakın derecede çökme sağlayacak miktarda maddeyi konteynıra doldurmaktır. Birkaç numune alıp tartmak ve sonra sonuçların ortalamasını almak en iyi yoldur.

2.6.5.4 Nem muhtevası

Nem muhtevası maddenin yapısındaki suyun ağırlığıdır. Bu genellikle yüzde olarak ifade edilir. Maddenin su içermeyen kısmı kuru madde olarak adlandırılır.

Nem muhtevası numunenin suyunu ayırarak kurutup ve sonra kuru numuneyi tartarak bulunabilir. Nem muhtevasını bulmak için;

1. Kova tartılır
2. Islak numune ve kova tartılır
3. Numune kurutulur
4. Kuru numune ve kova tartılır
5. Kuru ağırlık ıslak ağırlıktan çıkarılır ve nem muhtevası belirlenir

Numunenin kuru ve ıslak ağırlığı arasındaki fark numuneden giderilen suyun ağırlığıdır. Nem muhtevası, giderilen suyun ağırlığının(numunenin ıslak ağırlığı ile kuru ağırlığı arasındaki fark) numunenin ıslak ağırlığı ile kovanın ağırlığı arasındaki farka bölünmesiyle bulunur. Bulunan bu değer ıslak bazda nem muhtevasıdır. Kuru bazda nem muhtevası ıslak ağırlık ile kuru ağırlığın farkının kuru ağırlık ile kova ağırlığına bölünmesiyle bulunur. Nem muhtevasını yüzde olarak hesaplamak için oran 100 ile çarpılır.

$$\text{Nem muhtevası \%} = \frac{\text{Islak agr.} - \text{Kuru agr.}}{\text{Islak agr.} - \text{Kap agr.}} \times 100 \quad (4.16)$$

Numuneyi kurutmanın amacı NH₃ ve organik asitler gibi uçucu kuru madde bileşiklerinin oluşumunu azaltırken suyu gidermektir. Numuneler düşük sıcaklıklarda kurutulurlar çünkü yüksek sıcaklıklar özellikle de numunenin yanması kuru madde kaybını arttırır. Düşük sıcaklıklar ve daha büyük numuneler kullanılması analizlerde doğruluğu sağlarken kuruma süresini arttırır. Numuneler havayla, konvansiyonel ısıtma veya mikrodalga fırında kurutulabilirler.

2.7 Kompostlama metotları

Gübreler ve diğer organik atıklar yapılarında aerobik ve anaerobik koşullarda maddeleri çürütebilen mikroorganizmaları barındırırlar. Kompost prosesi aerobik koşullarda vuku bulduğundan dolayı yığın içinde mutlaka oksijen olması gerekir. Çiftlikte kompostlama metotları yığının havalandırmasına göre dört gruba ayrılırlar. Bu metotlar,

- Pasif kompostlama
- Sıralı yığın oluşturarak kompostlama
- Havalandırılmalı yığınlar kompostlama
- Kapalı reaktörde kompostlama

Pasif kompostlama kompost yığınının seyrek karıştırılarak uzun bir süre boyunca basitçe yığılmasıdır.

Sıralı yığın kompostlamasında ise maddeler uzun ince yığınlar halinde istiflenir. Yığınlar kepçeli bir yükleyici veya özel döndürme makineleri kullanılarak periyodik olarak döndürülür. Döndürme işlemi ile yığınlar karıştırılarak havalandırmayı sağlar.

* Ham yoğunluk: Bir çok farklı partikülden oluşan bir hacim maddenin ağırlığıdır. Örneğin odun kırıntılarından oluşan bir yığının ağırlığının yığının hacmine bölünmesiyle ham yoğunluk bulunur. Bu partikül yoğunluğundan (tek bir odun kırıntısının ağırlığının hacmine bölümü) farklıdır.

Havalandırılmalı yığın metodunda havalandırma havanın borular yardımıyla yığın içine verilmesiyle yapılır. Havalandırılmalı statik yığın metodunda borulara hava vermek için genellikle blovırlar kullanılır.

Kapalı reaktörde kompost metodunda kompostlanacak maddeler kapalı reaktör veya yapı içinde biriktirilir. Havalandırma mekanik karıştırma veya blovırlarla reaktör içine hava verilerek yapılır.

2.7.1 Pasif kompostlama

Pasif kompostlama kompost yığınının seyrek karıştırılarak uzun bir süre boyunca basitçe yığılmasıdır.

Yığındaki gübre aerobik kompostlama için gerekli koşulları tek başına karşılayamaz. Gübrenin N muhtevası yüksek ve C muhtevası düşüktür. Bu nedenle gübrenin C muhtevası yüksek bir düzenleyiciyle karıştırılması gerekir. Çiftliklerde hayvanların altlarını kuru tutmak için kullanılan alt malzemesi bu amaca uygundur. Eğer gübre alt malzemesiyle karışık değilse yığının porozitesi azaldığından yığına hava girişi engellenir. Bu koşullar altında anaerobik mikroorganizmalar çözünmeye hakim olurlar. Anaerobik bozunmanın nedeni düşük sıcaklıklar, yavaş bozunma, H₂S ve diğer kokulu bileşiklerdir.

Yığındaki fazla nem hava veya yüksek sıcaklıklarda buharlaştırma ile uzaklaştırılmadığından nemli ve anaerobik bir ortam oluşur. Bu koşulların kombinasyonu organik madde ihtiva eden sızıntı suyu oluşturur. Eğer yığın karıştırılmazsa yüzeyinde er geç bir kabuk tabaka oluşur. Kabuk kırıldıktan sonra ise yığın içinde biriken koku dışarıya kaçar.

Hayvanlarda altlık kullanılan çiftliklerde gübre alt malzemesi ile karışık olduğundan daha kuru ve daha gözenekli yapı sağlar. Bu sayede yığın yapısı daha iyi olur ve kompost karışımı yığın içinde çökmeden kalır. Ayrıca altlık gübrenin C:N oranını artırır. Eğer gübre ve alt malzemesinden oluşan yığın fazla büyük değilse kompostlama başlayabilir.

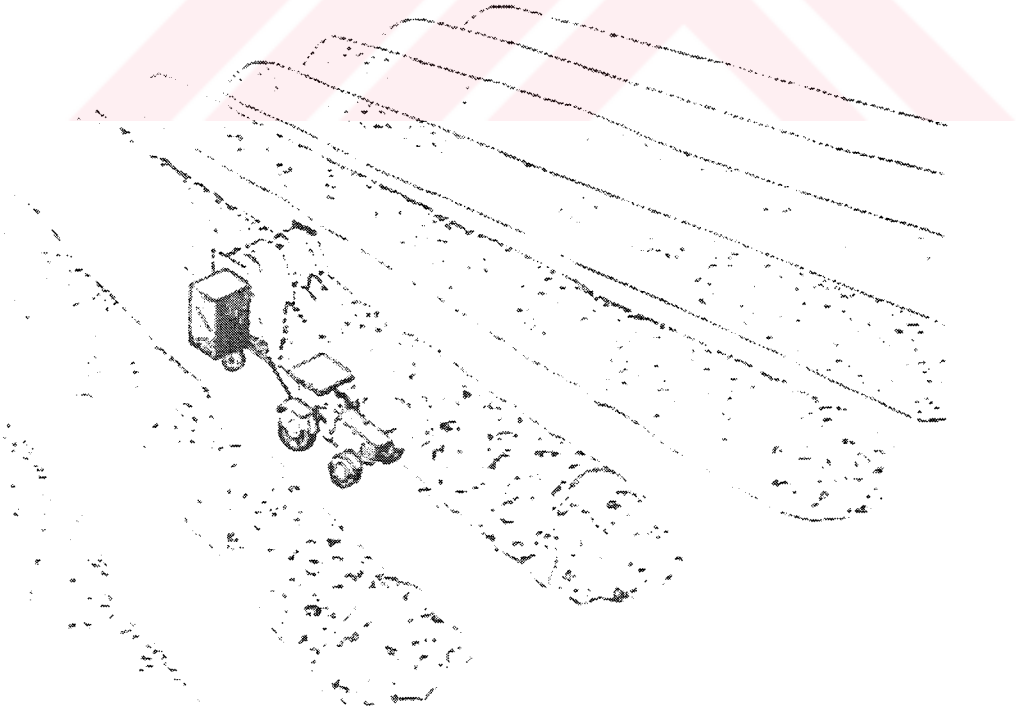
Altılık ve gübrenin en azından eşit hacimlerde karıştırılması gerekir. Karışımdaki alt malzemesi yığında gözenek sağlamaya yetmiyorsa çiftlikte kullanılan alt malzemesi artırılır veya yığınlar oluşturulduğunda düzenleyici ilave edilir. At ahırlarından alınan gübreler veya alt malzemeli gübreler tek başına çürümesine rağmen süthane, domuz ve kümes hayvanlarının ahırlarından alınan alt malzemesiz gübrenin kurutulması veya fazladan düzenleyicilerin eklenmesi gerekir.

Bu karakteristikteki gübre yığınlarının uygun bir şekilde boyutlandırılıp yönetilmesi gerekir. Bu karışımdaki gözeneklerin havalandırma için yeterli olmasını sağlayarak ve yığının belirli aralıklarla karıştırılarak porozitesinin artırılması ile yapılır. Ayrıca yığın boyutu pasif hava akımına uygun olmalıdır. Genellikle yükseklik 1,8m'den, genişlik 3,6m'den az olmalıdır.

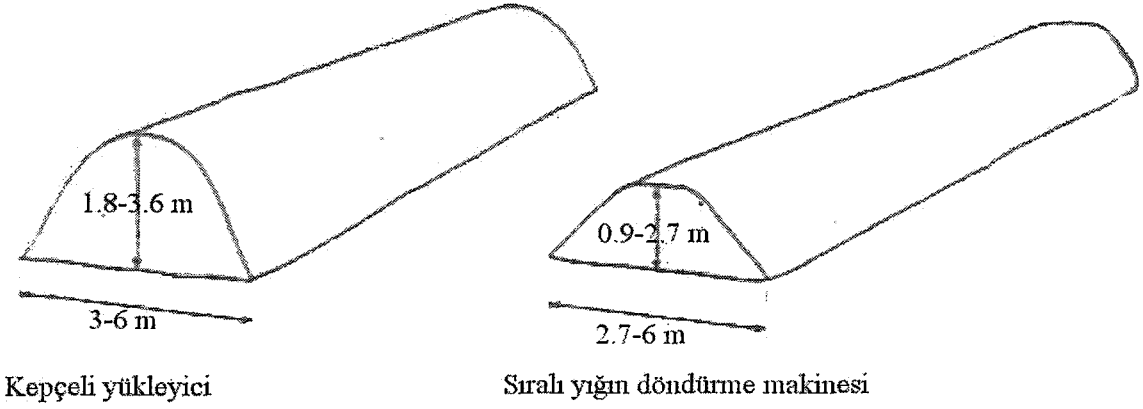
Pasif kompostlama metodu aslında bir sıralı yığın kompostlama metodudur ama döndürme daha seyrek yapılır. Ayrıca çöp kompostlanmasında kullanılan yaygın bir metottur. Emek ve teçhizat ihtiyacı en azdır. Havalandırma oranı düşük olduğundan pasif kompostlama yavaştır ve koku problemi daha fazladır.

2.7.2 Sıralı yığın kompostlama

Sıralı yığın kompostlama metodunda kompostlanacak madde karışımları düzenli aralıklarla döndürülen veya karıştırılan uzun yığınlar veya yığın-sıraları şeklinde istiflenir(Şekil 2.7). Sıralı yığınların yükseklikleri 0,9m ile 3,6m arasında, genişlikleri 3-6m arasında değişir. Döndürmede kullanılacak teçhizat yığın sıralarının boyutları, şekli ve aralarındaki mesafeye göre seçilir(Şekil 2.8). Kepçeli yükleyiciler kolaylıkla yükselebildiğinden yüksek sıralı yığınlar oluşturulabilir. Buna karşılık döndürme makineleri ile alçak ve geniş sıralı yığınlar oluşturulabilir.



Şekil 2.7 Döndürücü kullanarak sıralı yığın kompostlama(NRAES-54, 1992)



Şekil 2.8 Tipik sıralı yığın şekilleri ve boyutları(NRAES-54, 1992)

Yığın sıraları doğal veya pasif hava akımı ile havalandırılır. Hava akımı miktarı sıralı yığınların porozitesine bağlıdır. Bu nedenle sıralı yığının havalanma miktarı porozitesine bağlı olarak belirlenir. Eğer sıralı yığın çok büyükse sıralı yığın döndürüldüğünde merkezine yakın kısımlarda kokuya neden olan anaerobik bölgeler oluşabilir. Diğer taraftan küçük sıralı yığınlar çabuk ısı kaçırdıklarından sıcaklıklar fazla nemin giderilmesi, patojenleri ve zararlı ot kaynaklarını yok etmek için gereken seviyelere yükselemez.

Yığın-sıralarının döndürülmesiyle kompostlanacak maddeler karıştırılır, yığınlar kabartılarak porozitesi artırılır ve yığın içinde tutulan ısı, su buharı ve gazlar serbest bırakılır. Yığın döndürülerek havalandırılmasına rağmen yığın gözeneklerinde bulunan taze oksijen mikroorganizmalar tarafından 30 dakika gibi kısa bir sürede çabucak tüketilir. Döndürmenin en önemli yararı sıralı yığının porozitesini artırarak pasif hava akımını sağlamasıdır.

Döndürme ayrıca sıralı yığının dışındaki madde ile içindeki maddelerin yerini değiştirir. Bu sayede yığının en dış yüzeyi havaya ve iç kısmı ise yüksek sıcaklıklara eşit derecede maruz kalır. Böylece maddeler çürür ve daha fazla kuru ot kaynakları, patojenler ve uçan larvalar yüksek iç sıcaklıkla yok edilir.

2.7.2.1 Döndürme teçhizatı

Küçük ve orta ölçekli operasyonlarda döndürme önden yükleyiciler veya kepçeli bir traktörle yapılabilir. Yükleyici yığın-sıralarını kaldırıp tekrar dökerek maddeleri karıştırır. Yükleyici eski sıralı yığının yanına yenisi oluşturularak yığının üstündeki ve altındaki maddelerin yerini değiştirebilir. Kepçeli yükleyiciler ile döndürülen yığın-sıraları birbirine yakın çiftler şeklinde terkip edilir ve yığın-sıraları hacimce azaldıkça birbirleriyle birleştirilir.

Yükleyici kullanarak yığınları döndürmek için geçen süre yükleyicinin kapasitesine bağlıdır. Tipik olarak bir yükleyici madde yükünü bir dakikada yükleyip boşaltabilir. Traktör ve kızaklı yükleyiciler saatte 15-53 m³ madde döndürürler.

Eğer kompostlanacak maddelerin biraz daha karıştırılması gerekiyorsa yükleyiciye bir gübre yayıcı monte edilerek kullanılabilir. Yayıcı harman dövenleri ve burgular iyi bir karıştırma sağlarlar. Bu durumda sıralı yığında karıştırılacak maddeler yayıcıya doldurulur. Yayıcı tam olarak dolduğunda maddeyi mevcut yığının hemen yanına boşaltarak yeni bir yığın oluşturur. Maddeler yükleyici ile döndürmeye oranla daha iyi karıştırılır. Fakat yayıcıyla döndürmenin teçhizat ve zaman ihtiyacı daha fazladır.

Ayrıca sıralı yığın döndürmek için geliştirilmiş özel makineler vardır. Bu makineler zaman ve emek ihtiyacını azaltır, maddeleri tam anlamıyla karıştırır ve daha üniform kompost oluştururlar. Bu makinelerin bazıları çiftlikte kullanılan traktörlere ve önden doldurmalı yükleyicilere monte edilerek kullanılır.

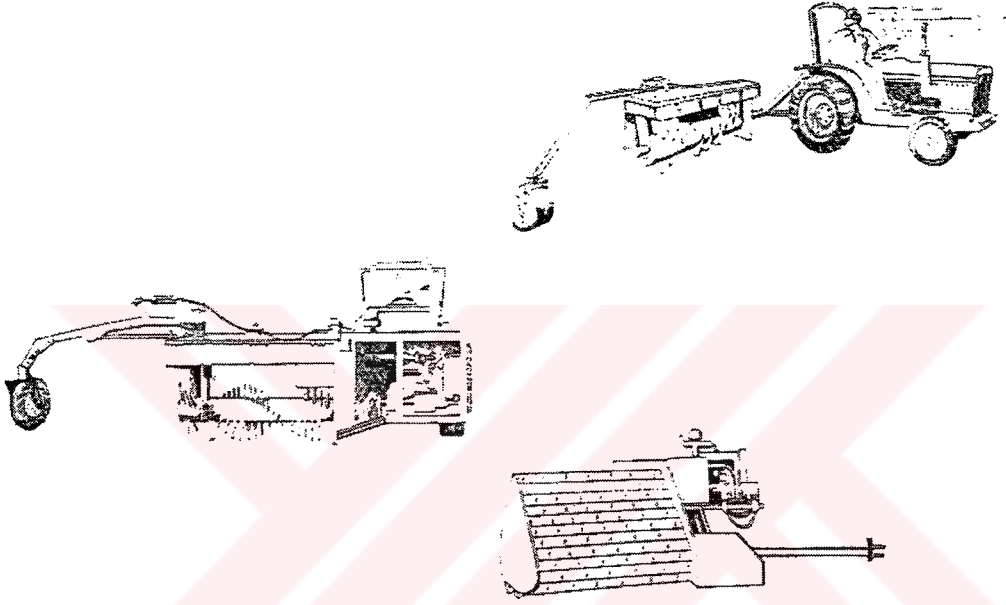
Traktörle çalışan döndürücüler bir traktör veya önden yükleyici ile itilir veya çekilir(Şekil 2.9). Bu teçhizatlar traktörün yan tarafına monte edilir ve traktör yığınlar arasından geçerken yığın-sıralarını döndürür. Makine dönen bir shaft üzerindeki harman dövenleri yardımıyla maddeleri kaldırarak ve karıştırarak yığın-sıralarını sürer. Traktörle çalışan makinelerin çoğu tek bir geçişte sıralı yığının yarısını döndürebilirler. Bu nedenle her sıralı yığının döndürülmesi için iki geçiş yeterlidir(Şekil 2.10). Traktörle çalışan döndürücülerin yalnızca bir kaçı tek-geçişli döndürücülerdir. Bu nedenle yığınlar arasında traktörün hareket edeceği bir yol olmalıdır.

Döndürücü maliyetinin az olması traktörün hareketine ve gücüne bağlıdır. Farklı özellikte değişik döndürücüler vardır. Traktörlerin en azından 80 hp gücünde olması ve döndürücüyü çalıştırırken en azından saatte 1,6 km yol kat etmesi gerekir. Bu da hidrostatik sürücülü bir traktör gerektirir. Buna alternatif traktör/döndürücü kombinasyonu itmek/çekmek için ikinci bir araçta kullanılabilir. Eğer elde uygun bir traktör yoksa veya ekonomik nedenlerle alınamıyorsa traktörle çekilen bir döndürücü almak daha iyidir. Bu döndürücüler yalnızca dizel motorlarla çalışırlar.

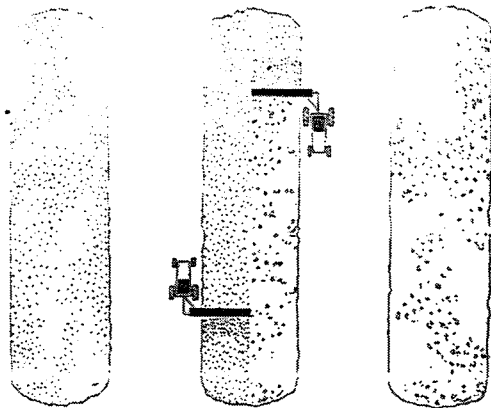
Diğer kompost döndürücüleri tamamıyla kendinden çalıştırıcılıdır(Şekil 2.11). Bu makinelerin bazılarında yığın-sıralarını döndürmek veya maddeyi diğer tarafa iletme için burgular veya kanatlar kullanılır. Diğer kendinden işleyen döndürücüler yığın üzerinde ilerlerken dönen shaftın harman dövenlerine iletildiği hareketle maddeleri karıştırırlar. Ayrıca

elevatörlü konveyörler kendinden çalıştırıcı bir birim olarak bulunur. Bu makineler ikinci bir teçhizata olan ihtiyacı azaltır, yığın-sıraları arasında daha az mesafe bırakırlar ve yığın-sıralarını daha hızlı döndürebilirler.

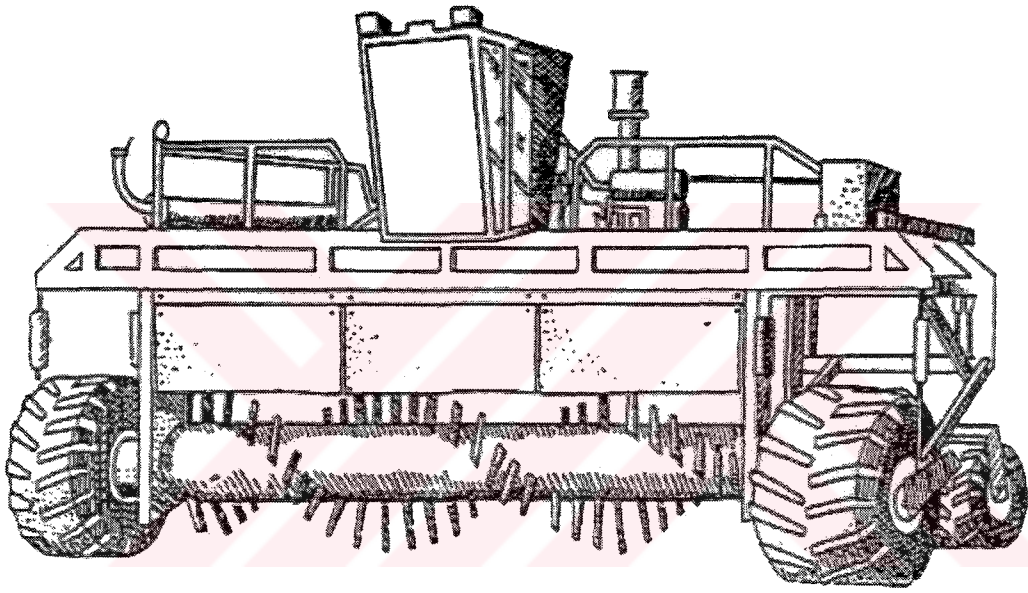
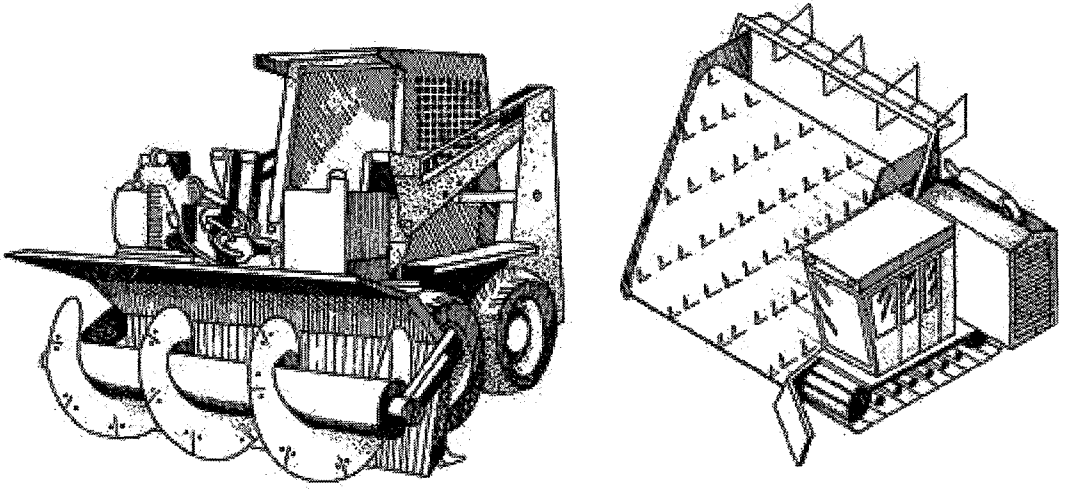
Tüm döndürücülere belirli aralıklarla bakım yapılması gerekir. Makine ve hidrolik sistem için rutin bakım yapılmalıdır. Dövenler, bıçaklar kırılabilir veya aşınabilirler ve periyodik olarak değiştirilmelidir. Kırılmış veya aşınmış parçalar dönen kalın şaftların ve diğer dönen kısımların dengesini bozabilir ve fazla aşınmaya neden olurlar.



Şekil 2.9 Traktörle çalışan sıralı yığın döndürücülere(Scat Engineering and Wildcat Manufacturing)



Şekil 2.10 Traktörle çalışan döndürücüler için iki geçiş yeterlidir(NRAES-54, 1992)



Şekil 2.11 Kendinden güç sağlayabilen ve kendinden sürülen sıralı yığın döndürücüleri, sırasıyla helezonik döndürücü, elevatörlü döndürücü(Brown Bear Corporation) ve döner tekneli harman döveni(Richard, Dickson ve Rowland, 1990)

2.7.2.2 Sıralı yığın yönetimi

Sıralı yığın yönetiminde en önemli nokta havalandırmadır. Bu nedenle bir döndürme programının oluşturulması gerekir. Sıralı yığınları döndürme sıklığı maddelerin bozunma miktarına, nem muhtevasına, porozitesine ve hedeflenen kompostlama süresine bağlıdır. Kompostlama işleminin başında mikrobiyal aktivite daha fazla dolayısıyla bozunma oranı daha fazla olduğundan prosesin başında döndürme daha sık yapılır. Proses ilerledikçe yani kompost olgunlaştıkça mikrobiyal aktivite yavaşladığından döndürme daha seyrek yapılır.

Döndürmenin ne zaman yapılması gerektiği sıralı yığınların sıcaklığı ve kokusuna göre

belirlenir. Düşük sıcaklık ve/veya kokular daha fazla oksijen gerektiğini işaret eder. Yığın-sıralarının ortalama sıcaklığı 50°C'nin altına düştüğünde yığının döndürülmesi gerekir. Ayrıca 4 veya 5 gün boyunca sıcaklıkta ani düşüş olması yığının döndürülmesi gerektiğini gösterir. Yığın içinde soğuk veya sıcak kısımların bulunması ham maddelerin üniform karıştırılmadığını veya yığının döndürülmesi gerektiğini gösterir. Sıralı yığının sıcaklığı 60°C'ye yaklaştığında yığın döndürülerek soğutulmalıdır. Eğer döndürme ile yüksek sıcaklıklar düşürülemiyorsa küçük yığınlar daha az ısı tuttuğundan yığınların boyutları azaltılarak ısı kaybı artırılır.

Yığın sıcaklığını ölçmek için termometre kullanılır. Ayrıca portatif elektronik sıcaklık problemleri de kullanılabilir. Yığının sıcaklığı her 15m'sinde bir içten yapılmalıdır.

Sineklerin etkin olduğu dönemde sinek üremesini önlemek amacıyla yığın-sıralarının sıcaklığına bakılmaksızın haftada en az 1 defa döndürülmelidir. Bazı sinek türleri 5 gün gibi kısa bir sürede ürediğinden sinek kontrolü için sıralı yığınların her 4 günde bir döndürülmesi gerekir.

Kompostlamanın birinci haftasının sonunda yığın sırasının yüksekliği azalır ve ikinci haftanın sonunda 0,6m'ye kadar düşebilir. Bu basamakta iki sıralı yığını birleştirirken dikkat edilmeli ve döndürme programı aksatılmadan aynen devam etmelidir. Sıralı yığınları birleştirme kompost yığınının sıcaklığını muhafaza etmek için yapılan bir uygulamadır. Bu sıralı yığın kompostlamanın avantajlarından biridir.

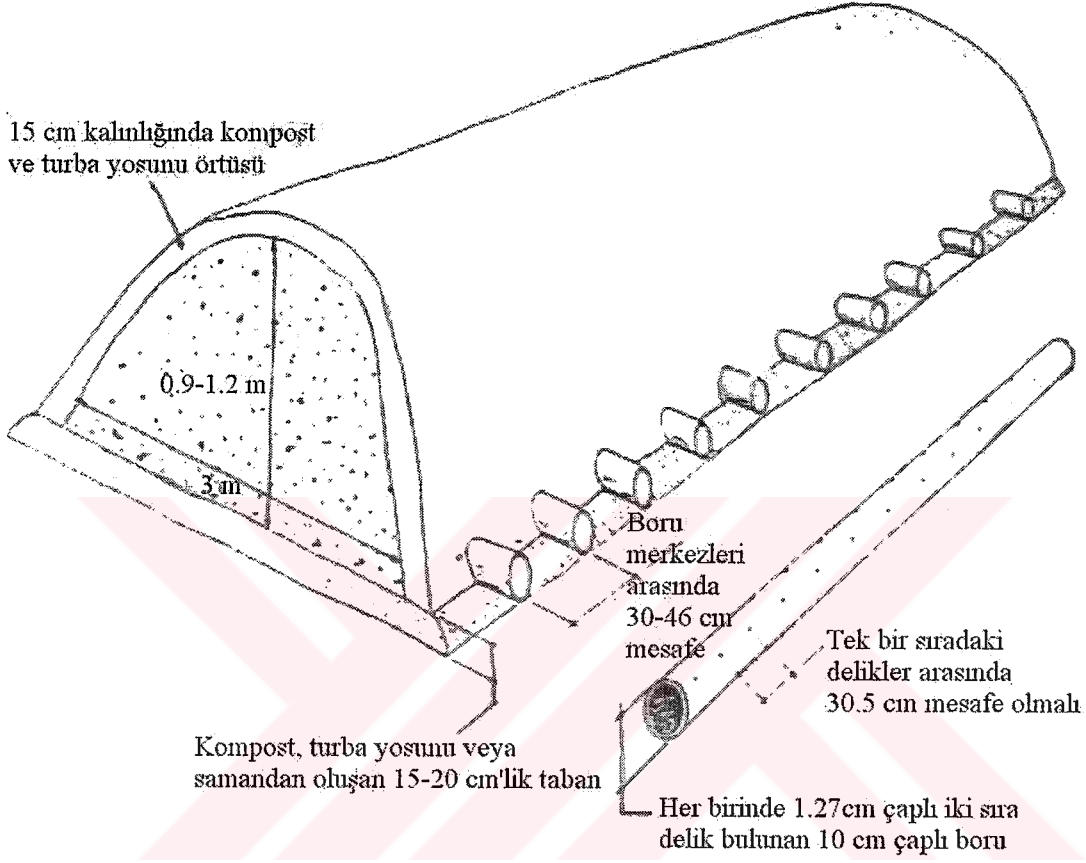
Sıralı yığın metodunda aktif kompostlama maddenin yapısına ve döndürme sıklığına bağlı olarak genellikle 3-9 hafta sürer. Gübre kompostlamada 8 hafta uygun bir süredir. Eğer hedeflenen kompostlama süresi 3 hafta ise ilk hafta kompost 1-3 kez ve sonra da 3-5 günde bir döndürülmelidir.

2.7.3 Pasif havalandırmalı yığınlar

Pasif havalandırmalı sıralı yığın olarak bilinen metot yığın sıraları içine gömülmüş delikli borular ile yığına hava verilerek yapılır. Bu boruların ucu açıktır. Sıcak gazın sıralı yığının dışında yükselmesiyle oluşan baca etkisiyle hava borulara oradan da sıralı yığına doğru hareket eder.

Pasif havalandırmalı sıralı yığınlar ile kompostlama yapan bir sistemin ana hatları Şekil 2.12'de gösteriliyor. Sıralı yığınların yüksekliği 0,9-1,2 m olmalıdır. Nem absorpsiyonu ve sıralı yığını yalıtım için yığın saman, turba yosunu veya nihai komposttan oluşturulmuş bir

taban üzerine serilmelidir. Turba veya kompost örtü tabakası ayrıca sıralı yığını izole eder, sinekleri önler ve nem, koku ve amonyağın tutulmasını sağlar. Çoğu havalandırmalı yığın uygulamalarında tıkanmaları azaltmak ve akışı sağlamak için borunun delikli yüzü aşağıya getirilir.



Şekil 2.12 Gübre kompostlamasında pasif havalandırmalı yığınlar(NRAES-54, 1992)

Sıralı yığınlar oluşturulduktan sonra ham maddeler döndürülmediğinden bu maddelerin yığın oluşturulmadan önce iyice karıştırılması gerekir. Yığın-sıralarını oluştururken karışımın sıkışması önlenmelidir. Havalandırma boruları turba/kompostla örtülmüş tabanın üzerine yerleştirilir. Kompostlama tamamlandığında borular çıkarılır ve tabandaki malzeme kompostla karıştırılır.

Bu metot süthane, et, domuz ve koyun çiftliklerinden gelen gübrelerin kompostlanmasında kullanılmıştır. Yapılan araştırmalar, metodun madde karışımlarını en iyi sıralı yığın sıcaklığının 50°C'nin altında olduğunda kompostladığını göstermiştir. Deniz ürünü/turba yosunu karışımları 6-8 haftada, gübre karışımları 10-12 haftada kompostlanır.

Turba yosunu karışımın hacimce %40-50'si kadar kullanıldığında karışıma iyi bir yapı ve porozite sağlar. Ayrıca turba yosununun asiditesi koku ve NH_3 oluşumunu azaltır. Ayrıca bu amaç için saman ve tahta yongaları da kullanılabilir.

2.7.4 Havalandırmalı statik yığınlar

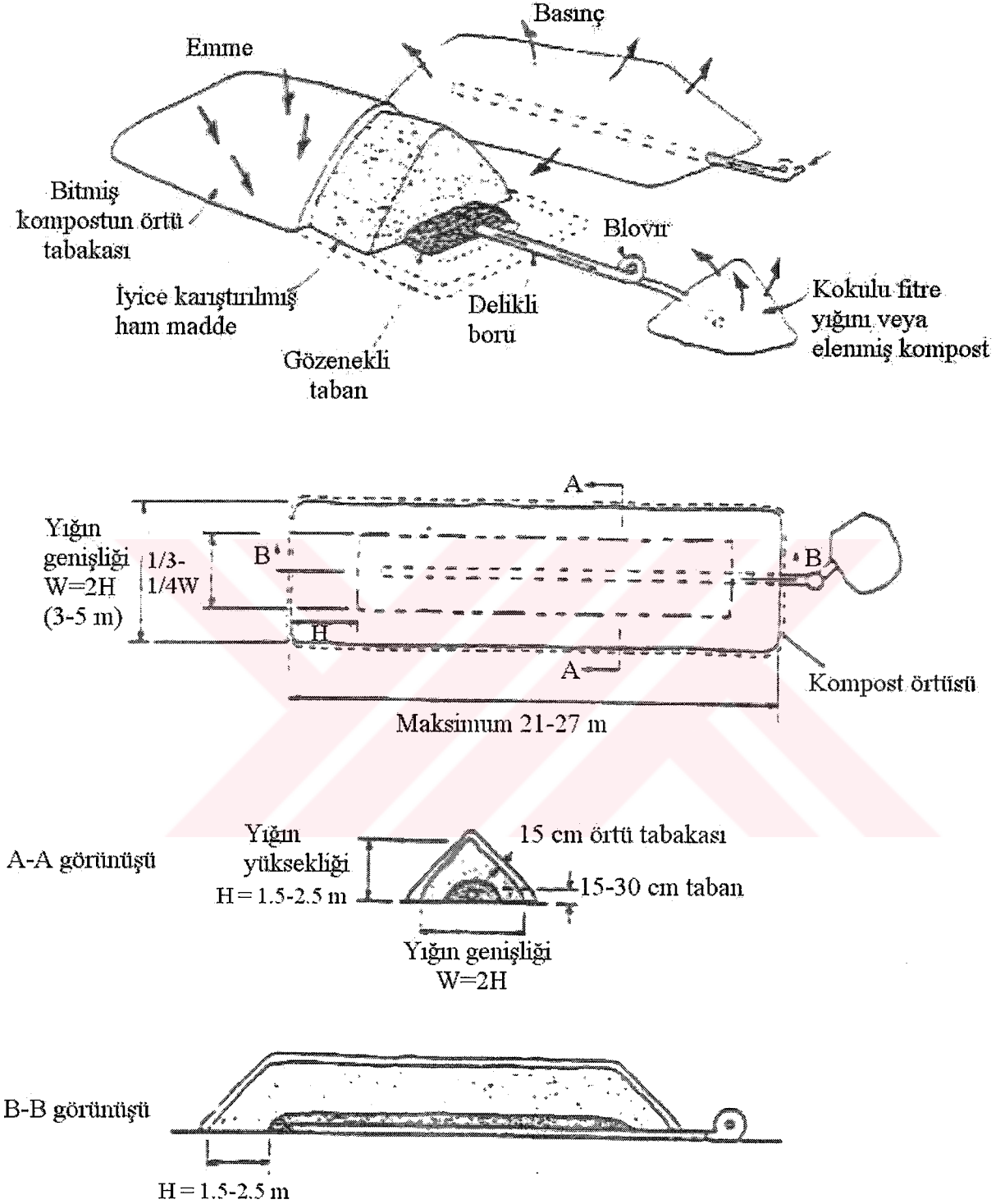
Bu metotta havalandırma yığınlar blovırlarla basınçlı hava verilerek yapılır. Blovir sayesinde proses doğrudan kontrol edilir ve daha büyük yığınlar oluşturulabilir. Yığın oluşturulduktan sonra bir daha döndürülmez veya karıştırılmaz. Yığın gerektiği gibi oluşturulduysa ve hava yığın içinde üniform dağılıyorsa aktif kompostlama yaklaşık 3-5 hafta sürer.

Havalandırılmış statik yığın tekniğinde kompostlanacak madde karışımı tahta yongaları, saman kıymıkları veya çok gözenekli diğer maddelerden oluşturulmuş bir taban üzerine istiflenir(Şekil 2.13). Bu gözenekli taban içine delikli havalandırma borusu yerleştirilir. Bu boru havayı yığına veren ve yığından çeken bir blovırla bağlantılıdır.

Yığının ilk yüksekliği maddenin porozitesine, hava koşullarına ve yığını oluşturmada kullanılan ekipmana bağlı olarak 1,5-2,5 m arasında değişir. Kışın yığın yüksekliğinin fazla olması ısının yığın içinde tutulması açısından gereklidir. Yığın üzeri 15 cm kalınlığında nihai kompost veya hacimleştirici ile örtülür. Nihai kompost yığın yüzeyinin kurummasını, ısı kayıplarını, sinek oluşumunu önler ve yığında oluşan NH_3 ve potansiyel kokuları filtreler.

Yığının altındaki gözenekli taban sayesinde hava yığına ve havalandırma borusuna eşit dağıtılır. Hava yığının içine itildiğinde(pozitif basınç) tabandaki gözenekli madde havayı besleme borusundan yığına verir. Hava çekildiğinde ise(negatif basınç veya emme) gözenekli taban havayı yığından toplayarak havalandırma borusuna iletir. Eğer gözenekli madde yığın tabanına çok geniş yayılırsa hava yığın içinde kısa çevirime maruz kalır. Bu nedenle gözenekli tabanın genişliği yığın genişliğinin 1/4-1/3'ü olmalıdır(Şekil 2.13).

Yığının uzunluğu havalandırma borusundaki havanın dağılımına göre belirlenir. Yığın uzadıkça yığın boyunca hava dağılımı azalır. Bu nedenle yığın uzunluğu havalandırma sistemine bağlı olarak 21-27m'den az olmalıdır.



Şekil 2.13 Havalandırılmış statik yığınlar ve boyutları (Willson vd., 1980)

2.7.4.1 Havalandırılmalı yığın tipleri

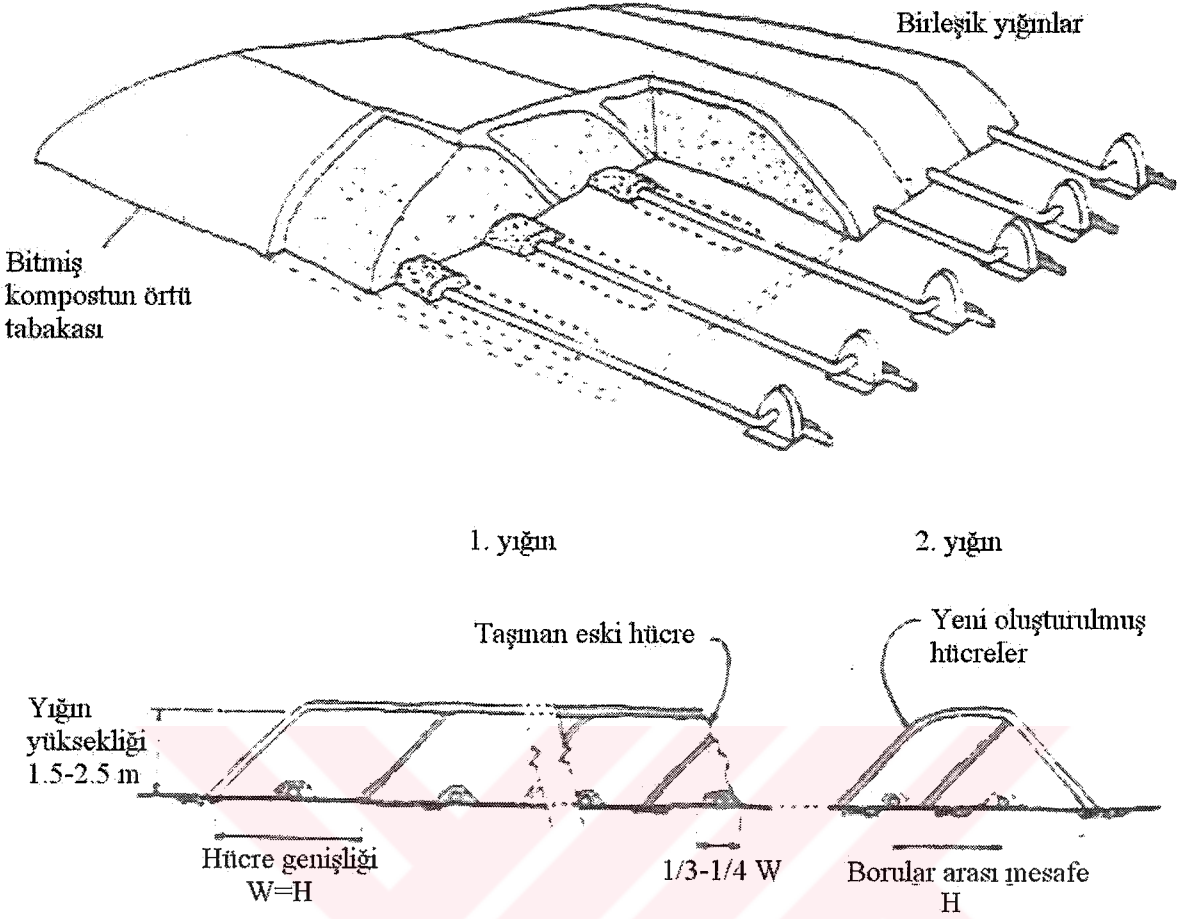
Havalandırılmış statik yığınlar iki şekilde teşkil edilirler:

- Ayrı yığınlar
- Birleşik yığınlar

Ayrı yığınlar genişliği yığın yüksekliğinin yaklaşık iki katı olan üçgen kesitli yığınlardır(Şekil 2.13). Havalandırma borusu yığın altındaki gözenekli taban içine uzunlamasına yerleştirilir. Her bir yığın farklı maddelerden veya aynı karışım ve olgunlukta olan maddelerden oluşur. Tüm yığın sadece bir boru ve blovırla işletilir. Bu metotta yığının her noktasının aynı derece havalandırılması önemlidir. Bu yığınlar kesikli beslemeye elverişlidir.

Birleşik bir yığın en az iki hücreden meydana gelir. Ham maddeler günlük besleniyorsa birleşik statik yığının kullanılması daha uygundur(Şekil 2.14). Her hücre bir günde biriktirilen maddeden oluşur. Hücreler yan yana yığılırlar. Böylece yığına dikdörtgen bir şekil verilerek taban daha verimli kullanılır. Hücre genişliği hücre yüksekliğine eşittir. Hücre uzunluğu ise günlük toplanan madde hacmine göre belirlenir. En az iki birleşik yığın gereklidir. Bir yığın yeni tertip edilmiş bir hücreden oluşurken diğer bir yığın kompostlanmaya veya nakledilmeye yakın olgunlaşmış hücrelerinden meydana gelir. İki yığın arasındaki mesafe ekipmanın yığından olgun hücreyi nakletmesine ve yeni hücre oluşturmaya imkan verir nitelikte olmalıdır.

Gözenekli tabana oturtulmuş her hücreye ayrı havalandırma borusu yerleştirilir. Borular arasındaki boşluk yığın yüksekliğine eşittir(Şekil 2.14). Genellikle her yığın ayrı bir blovırla havalandırılır, ayrı kronometre ve sıcaklık sensörü kullanılır. Aynı günler veya birbirini izleyen günlerde oluşturulmuş hücrelerde aynı blovır kullanılabilir. Bir çok hücre için tek blovır kullanılması blovır gereksinimini azaltmasına rağmen blovır kontrolünü ve seçimini zorlaştırır.



Şekil 2.14 Havalandırılmalı birleşik statik yığınların yapısı ve boyutları (Willson vd., 1980)

2.7.4.2 Yığın karıştırma ve oluşturma

Havalandırılmalı statik yığın metodunda yığın oluşturulduktan sonra tekrar karıştırılmadığından ham maddelerin seçimi ve ilk karışımı önemlidir. Aksi takdirde kompost içinde hava yayılımı iyi olmadığından hava kompostu baypas geçer ve kompostlama düzgün gerçekleşmez. Böyle olduğunda kompostta anaerobik ve kompostlanmamış kısımlar bulunur ve nihai kompost üniform olmaz. Bu problemi önlemek için genellikle fazladan karıştırma yapılır.

Yığının yapısı kompostlama süresince poroziteyi koruyacak kadar iyi olmalıdır. Bu genellikle primer maddenin saman veya tahta kırıntıları gibi oldukça sert hacimleştirici maddeler ile karıştırılmasıyla sağlanır. Eğer tahta kırıntıları karışımda fazla kullanılırsa kompostlamadan sonra bitmiş komposttan elenirler ve geri kazanılarak 2-3 defa daha kullanılırlar. Statik yığın kompostlamada kullanılan diğer hacimleştirici ve düzenleyiciler geri kazanılmış kompost,

turba yosunu, mısır koçanı, mahsul atıkları, ağaç kabuğu, yapraklar, kabuklu deniz canlıları, istiridye kabuğu, atık kağıtlar ve parçalanmış lastiklerdir.

Yığın içinde iyi bir hava yayılımı sağlamak için yığın oluşturulmadan önce primer madde(örn. gübre) hacimleştirici bir madde ile iyice karıştırılmalıdır. Bu işlem ve yığın oluşturma için gübre yayıcılar kullanılabilir. Karıştırma için en yaygın kepçeli yükleyiciler kullanılır. Ayrıca bu yükleyiciler yığının oluşturulmasında ve karıştırılmasında da kullanılırlar.

2.7.4.3 Havalandırmanın süre ve sıcaklığa göre kontrolü

Gerekli hava debisi, blovır ve havalandırma borusu seçimi havalandırmanın nasıl yapılacağına yani blovırın nasıl işletileceğine göre yapılır. Blovır sürekli veya kesikli operasyona göre işletilebilir. Kesikli işletmede blovırı kontrol mekanizması olarak programlanabilir kronometre veya sıcaklık sensörü kullanılabilir.

Blovırın sürekli çalışması yığına sürekli oksijen dolayısıyla soğutma sağladığından daha düşük hava debilerinde çalışılabilir. Bununla beraber blovırın sürekli çalışması yığın sıcaklığının üniformluğunu azaltır. Hava kanallarına yakın kısımlar yığının daha uzak kısımlarına oranla daha soğuktur. Bu soğuk noktalar yüzünden yığın sıcaklığı patojenlerin öldürülmesi için gerekli değere yükselemez. Blovırın kesikli işletilmesinde ise hava akımı durduktan sonra yığının farklı noktalarında sıcaklıklar eşitlenir.

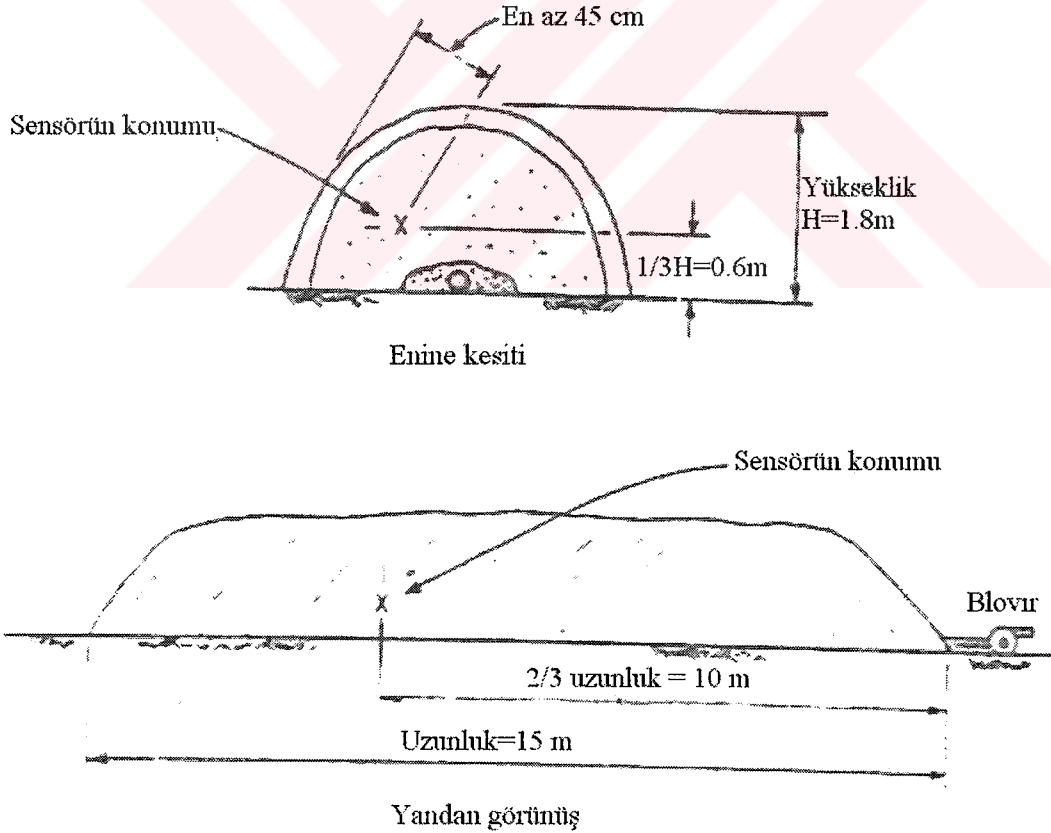
Kronometreyle yani süreyle işletilen havalandırma sisteminde blovırlar sabit zamanlı bir programa göre açılıp kapanırlar. Genellikle blovır bir devir boyunca geçen sürenin 1/2-1/3'ü kadar çalışacak ve devir süresinin 1/2-2/3'ü kadar devre dışı kalacak şekilde programlanır. Blovırın devre dışı kaldığı süre 30 dakikadan fazla olmamalıdır. Havalandırma programı genellikle arazide ki deneyimlerden yararlanılarak ve yığın sıcaklığını izleyerek belirlenir. Sıcaklıklar istenen değeri aşarsa yığını soğutmak için blovırın çalıştığı süre uzatılır. Eğer kompostlama oranı azalıyorsa sıcaklığı arttırmak için blovırın çalıştığı süre azaltılır.

Kronometre blovırları kontrol etmenin basit ve ucuz bir yoludur. Süreyle kontrol yaklaşımı prosesin oksijen gereksinimini azaltmak ve sıcaklığı kontrol etmek için gerekli havayı sağlar. Bununla beraber optimum sıcaklık korunmaz. Böyle zamanlarda sıcaklık istenen seviyeyi aşar ve kompostlama oranı yüksek sıcaklıklardan dolayı düşen mikrobiyal aktivite yüzünden yavaşlar.

Sıcaklıkla kontrol yaklaşımında blovırın çalışması optimum yığın sıcaklığı(54-60°C)

muhafaza edilecek şekilde programlanır. Sıcaklık prosesin durumunu doğrudan gösterdiğinden ısı çift veya termistor gibi elektronik sıcaklık sensörleri sıcaklığı izlemekle birlikte hava akımının kontrolünü de sağlar. Yiğın sıcaklığı belirlenen limite ulaştığında sıcaklık sensörünün verdiği elektronik sinyal kontrol rölesinin blövrü açıp kapamasını sağlar. Sıcaklık 57°C 'yi aştığında yiğını soğutmak için blövr çalışmaya başlar. Yiğın hedeflenen sıcaklığa geldiğinde sistem blövrü kapatır. Sıcaklığın alt sınırı üst sınırının takriben 3°C altındadır(Örn. 54°C). Başlama esnasında ve yiğın sıcaklığı belirlenen alt sınırın altına düşer düşmez blövrün kontrolü kronometreye geçer. Eğer kronometre yüksek sıcaklıkla doğru tetiklenmezse kronometre blövrü sabit süre programına göre çalıştırır.

Blövrün sıcaklık sensörüyle işletiliyorsa sensör kompostlanan tüm kütleinin sıcaklığını ölçecek şekilde yerleştirilmelidir. Aksi takdirde elektronik sıcaklık sensörleri yiğının iyi karışmamış bir noktasına yerleştirildiğinde sıcaklığı yanlış okuyabilirler. Bu nedenle sensör yiğın yüzeyinin 45cm aşağısına ve blövr bitiminden itibaren yiğın uzunluğunun $2/3$ 'üne yerleştirilmelidir(Şekil 2.15).



Şekil 2.15 Havalandırmalı statik yiğına sıcaklık sensörünün yerleşimi(NRAES-54, 1992)

2.7.4.4 Havalandırma sistemi

Havalandırılmalı statik yığınlar için tavsiye edilen blovır ve boruların özellikleri Çizelge 2.6'da gösterilmektedir. Gerekli hava debisi primer maddenin kuru ağırlığına bağlıdır. Uygulamada kronometre devri, yığın boyutu veya blovır mevcut şartlara ve maddelere uyum sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır.

Çizelge 2.6 Havalandırma sisteminin bileşenleri(NRAES-54, 1992)

Bileşen	Ayrıntılar	
	Süre kontrollü sistem	Sıcaklık kontrollü sistem
Blovır gücü, (hp)	1/3-1/2	3-5
Hava debisi ^a , (m ³ /dk)	0,7	2,8
Boru çapı,(cm)	10	15-20
Maksimum boru uzunluğu, (m)	23	15

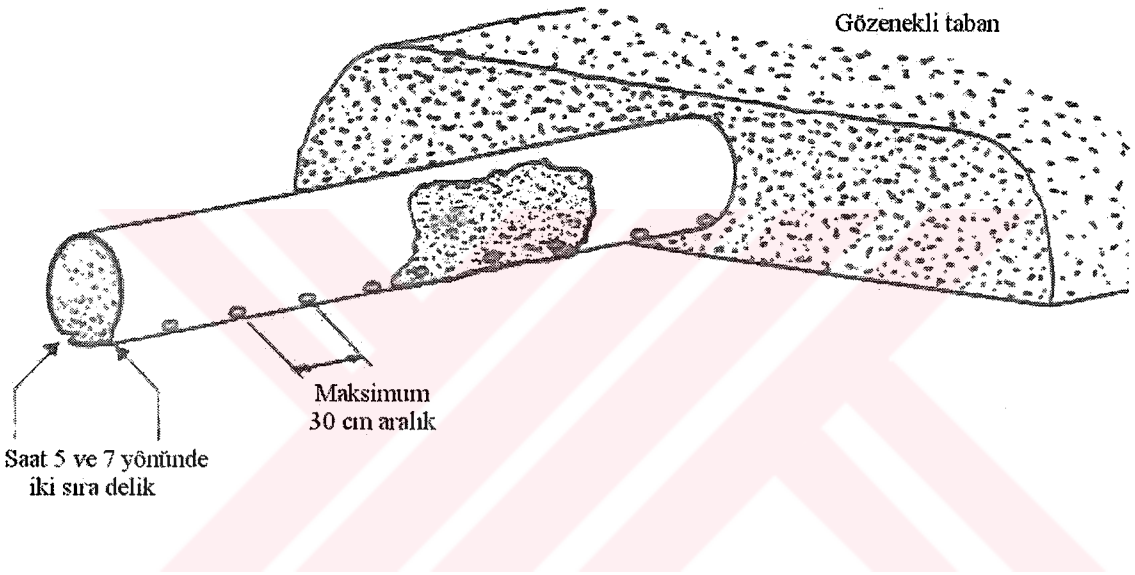
^b Havalandırma borusundaki havanın hızı 10 m/sn kabul edildi

Blovır gücü süre kontrollü operasyonlarda 1/2-1/3hp arasında ve sıcaklık kontrollü operasyonlarda 3-5hp arasında değişir. Uygun blovır boyutu ve verimi yığını oluşturulan maddelerin tipine ve miktarına bağlıdır. Kompostlama sırasında pik hava debileri çok kısa bir zaman diliminde olmasına rağmen blovırın bu pik hava debileri karşılaması gerekir.

Blovır seçerken sistemin hava debisiyle beraber hava basıncı kaybı da bilinmelidir. Çamur ve tahta kırpıntı karışımını kompostlayan bir sistem için hava basıncı kaybı tahmini olarak 5-13cm arasındadır. Eğer uygun boru seçimi yapılmışsa 2,5-5cm'ye kadar basınç kaybına izin verilir. Kompost yığınlarındaki basınç kayıpları 1,3-2,5cm su sütunu arasındadır. Hava basıncı kayıpları havalandırma hızı ve yığın yüksekliği arttıkça artar. Buna karşılık yığın porozitesi, boru çapı veya uzunluğu arttıkça azalır.

Havalandırma borusu için genellikle drenaj veya sızıntı boruları gibi ucuz plastik borular kullanılır. Eğer ekipman kompostlanmış maddenin nakliyesi sırasında bu borulara zarar verdiyse kompostlamadan sonra borular atılır. Ayrıca bu iş için metal borularda kullanılabilir ve kompost nakledilmeden önce yığından çıkarılabilir. Boru çakıl ve/veya metal bir ızgara içinde kompost tabanına gömülebilir. Partiküller boruyu tıkağından dolayı bu pek tavsiye edilmez.

Boru boyutlandırılırken havalandırma borusundaki havanın hızı 10m/sn kabul edilir. Buna göre boru boyutlandırıldığında süre kontrollü operasyonlarda boru çapı 10cm ve sıcaklık kontrollü operasyonlarda boru çapı 15-20cm arasında olduğu bulunur. Boru üzerindeki delikler yaklaşık saat 5 ve 7 yönünde iki sıra halinde aşağı gelecek şekilde yerleştirilmelidir(Şekil 2.16). Borunun üzerindeki deliklerin toplam alanı borunun enine kesit alanının iki katına eşit olmalıdır. Tek bir sırada delikler arasındaki mesafe 30cm'den küçük olmalıdır. Havalandırma statik yığında havalandırma borusu için delik çapları ve aralıkları Çizelge 2.7'de gösterilmektedir.



Şekil 2.16 Havalı statik yığınlarında havalandırma borusunun ayrıntıları(NRAES-54, 1992)

Boru boyunca hava dağılımını boru uzunluğuna bağlıdır. Havalandırma borusunun uzunluğu arttıkça yığın boyunca hava dağılımı azalır(Şekil 2.17). Blovırın sıcaklığa bağlı işletildiği operasyonlarda deliklerin eşit mesafede olması şartıyla borunun delikli kısmının uzunluğu 15m'den, süre kontrollü operasyonda 23m'den daha uzun olmamalıdır. Eğer daha uzun bir yığın oluşturulacaksa delik çaplarını ve aralarındaki mesafeyi belirlemek zorlaşır. Boru ikiye ayrılarak tam ortasına bir blovır yerleştirilebilir(Şekil 2.18).

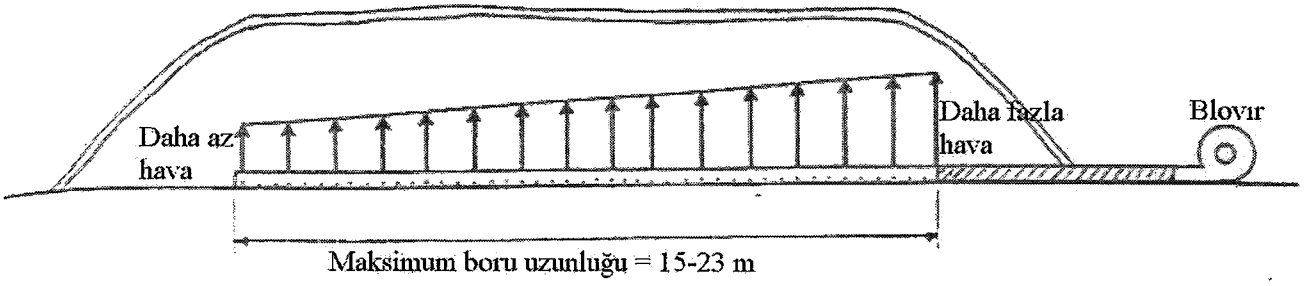
Çizelge 2.7 Havalandırmalı statik yığında havalandırma borusu için delik çapları ve aralıkları (NRAES-54, 1992)

Boru çapı (cm)	Boru alanı (cm ²)	Delik mesafesi ^b (cm)	Delik çapı ^a (cm)						
			Delikli boru uzunluğu ^c (m)						
			6	9	12	15	18	21	27
10	81	15	1,6	1,3	1,1	1	1	0,8	0,8
10	81	23	1,9	1,6	1,4	1,3	1,1	1,1	1
10	81	30	2,2	1,9	1,6	1,4	1,3	1,3	1,1
15	183	15	2,4	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,3
15	183	23	2,1	2,4	2,1	1,9	1,7	1,6	1,4
15	183	30	4,1	1,7	2,4	2,2	1,9	1,7	1,7
20	324	15	7	2,5	2,2	2,1	1,9	1,7	1,6
20	324	23	14	7	3,5	2,5	2,2	2,1	1,9
20	324	30	8,3	2,7	7	3,5	1,7	2,4	2,2

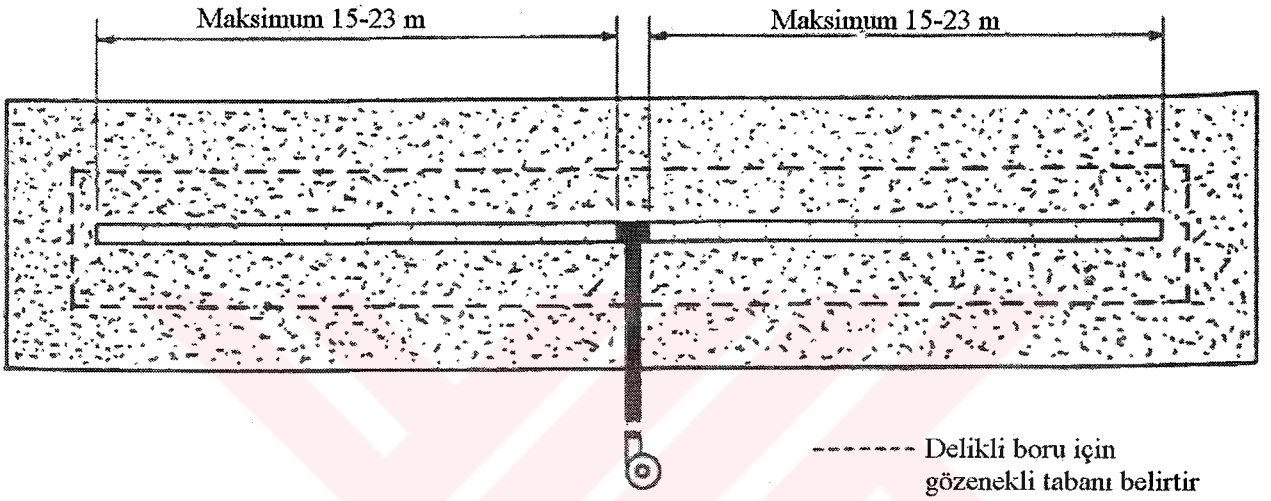
^a Genel formül: $\text{Delik Çapı} = \sqrt{\frac{D^2 \times S}{L \times 12}}$, D: boru çapı(cm), L= boru boyu(m), S= delik mesafesi(cm)

^b İki sıra delik. Aralıklar aynı sıradaki delikler arasındaki mesafedir.

^c Borunun delikli kısmının uzunluğu



Şekil 2.17 Yığın boyunca hava dağıtımını(NRAES-54, 1992)



Şekil 2.18 Havalı statik yığınlar için havalandırma borularının ayrılması(NRAES-54, 1992)

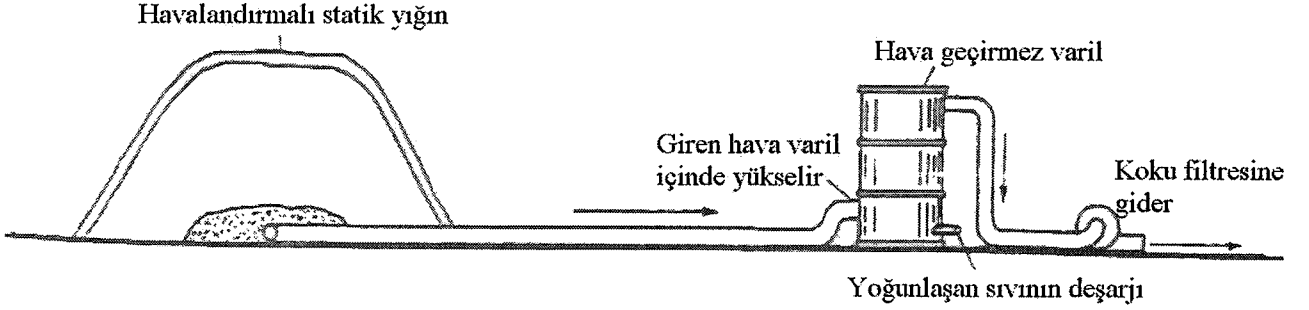
2.7.4.5 Emme ve basınçla havalandırma

Statik yığın kompostlamasında hava yığına iki şekilde verilebilir,

- Havanın yığından çekilmesiyle yapılan *emme*
- Havanın yığın içine blövirlerle verildiği *basınç*

Emme ile yapılan havalandırmada havayı yığının dışından içine doğru çekilerek havalandırma borusunda toplanır. Yığından çekilen hava boruda olduğundan havayla beraber çekilen kokular kolayca hava filtresine yönlendirilebilir. Koku arıtımı için nihai kompost yığını veya koku arıtma sistemi kullanılır. Hava borusunun diğer ucu nihai kompost yığınının içine(Şekil 2.13) veya koku arıtma sistemine yöneltilebilir. Emme sistemiyle yığından çekilen su buharından yoğunlaşan sıvının blövirlerle ulaşmadan önce ayrılması gerekir. Bu amaç için yığınla blövir arasına yoğunlaştırma tankı yerleştirilir(Şekil 2.19). Yığından çekilen buharlı havanın bu tankta yoğunlaşması sağlanarak su tankın altından akıtılır. Hava ise tank içinde

yükselerek yukarıdan alınır ve gerekirse koku filtresine verilir. Havalandırma borularının delikli yüzü aşağıya gelecek şekilde yerleştirilmesi su damlalarının borudan drene olmasını sağlar. Basınç kaybı bu sistemin dezavantajıdır. Gereğinden fazla koku filtresi havalandırma sisteminin basınç kayıplarını ikiye katlar.



Şekil 2.19 Emmeli havalandırma sisteminde kullanılan yoğunlaştırma tankı(NRAES-54, 1992)

Basınçla havalandırmada dışarıya bırakılan hava yığın yüzeyinden kompostu terk eder. Bu nedenle koku kontrolü için havayı tutmak zordur. Basınçla havalandırmada koku kontrolü yığın yüzeyinin nihai kompost veya turba yosunu gibi koku absorbiyonu yüksek maddelerle örtülmesiyle yapılır. Basınçlı havalandırmada koku fitresi olmadığından emme ile havalandırmaya göre daha iyi bir hava akımı vardır. Aynı blövir gücüyle daha düşük basınç kayıpları daha büyük hava akımına neden olur. Bu yüzden basınçlı sistemler yığını soğutmada daha etkili olabilirler ve sıcaklık kontrolünün önemli olduğu sistemlerde tercih edilirler.

Örnek hesaplama: Havalandırılmalı statik yığınlarda havalandırma sistemi tasarımı

600 adet büyükbaş et sığırı olan bir çiftlik her bir hücresi 1,8 m yükseklikte ve 1,8 m genişlikte olan birleşik statik yığın metodunu kullanarak gübre ve samanı kompostluyor. Blövirler sıcaklığa göre işletiliyor. Samanın gübreye hacimce oranı 2/1'dir. Ortalama günlük gübre üretimi 24 ton veya yaklaşık 22,4 m³'dür. Gübrenin nem muhtevası %85'tir.

Gerekli blövir hava debisini bulun ve bir hücre için havalandırma borusunu boyutlandırın.

Çözüm:

1. Hücredeki madde hacmi:

Hacim = gübre + saman

$$= 22,4 \text{ m}^3 + 44,8 \text{ m}^3 = 67,2 \text{ m}^3$$

Birkaç farklı maddenin karıştırılması genellikle toplam hacmi azaltır. Karıştırmadan kaynaklanan hacim azalması her bir maddenin karıştırılan hacminin en az %20'sidir. Bu nedenle yukarıda hesaplanan hücre hacmi uygundur. Sonuç olarak tahmini hücre uzunluğu ve boru uzunluğu gerekenden biraz fazla olabilir.

2. Hücre uzunluğunun hesabı:

Alan = yükseklik x genişlik

$$= 1,8\text{m} \times 1,8\text{m} = 3,24 \text{ m}^2$$

$$\text{Tahmini hücre uzunluğu} = \text{Hacim} / \text{Alan} = 67,2 \text{ m}^3 / 3,24 \text{ m}^2 = 20,7 \text{ m}$$

3. Tahmini hava debisi hesabı:

Gübre nin kuru ağırlığı = 24 ton (ıslak ağırlık) x 0,15 = 3,6 ton kuru gübre

Çizelge 2.9'da sıcaklık kontrollü sistem için hava debisi 2,8 m³/dk olarak verilmişti.

$$\text{Tahmini hava debisi} = 3,6 \text{ ton kuru gübre} \times 2,8 \text{ m}^3/\text{dk} / \text{kuru ton} = 10 \text{ m}^3/\text{dk}$$

4. Boru çapının hesabı:

Havalandırma borusunda havanın hızı 10 m/sn kabul edilir (10 m/sn = 600 m/dk).

$$\text{Boru alanı} = 10 \text{ m}^3/\text{dk} / 600 \text{ m/dk} = 0,016 \text{ m}^2 = 160 \text{ cm}^2$$

$$\text{Havalandırma borusu çapı} = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{160 \text{ cm}^2 \times 4}{\pi}} = 14,27 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$$

Borular arası mesafe birleşik yığınlar da yığın yüksekliğine eşit olduğundan borular arası mesafe 1,8m bulunur.

Delikli boru uzunluğu = yığın uzunluğu – (2 x yığın yüksekliği)

$$= 20,7 \text{ m} - (2 \times 1,8\text{m}) = 17 \text{ m}$$

2.7.5 Kapalı reaktörde kompostlama

Kapalı reaktörde kompostlamada maddeler bir yapı, konteynır veya bir reaktör içinde kompostlanırlar. Kapalı reaktörde kompostlama metotlarında kompost prosesini hızlandırmak için basınçlı havalandırma ve mekanik döndürme teknikleri kullanılır.

Farklı reaktör, havalandırma teçhizatı ve döndürme makinelerinin kombinasyonlarından oluşan çeşitli kapalı reaktör metotları vardır.

2.7.5.1 Depoda kompostlama

Depoda kompostlama kapalı reaktörde kompostlama metotlarının en kolay olanıdır. Maddeler duvarlar ve çatıdan oluşan kapalı bir yapı içinde biriktirilirler. Depo tahtadan oluşturulmuş çatılı veya çatısız duvarlardan oluşturulabilir veya arpa ve mısır depolamak için kullanılan ambarlarda kullanılabilir. Depolar daha fazla madde biriktirilmesine olanak tanıdığından arazi kullanımı daha verimlidir. Ayrıca depolar mevsimsel hava değişikliklerinden etkilenmez, kokuyu tutar ve sıcaklık kontrolü sağlarlar.

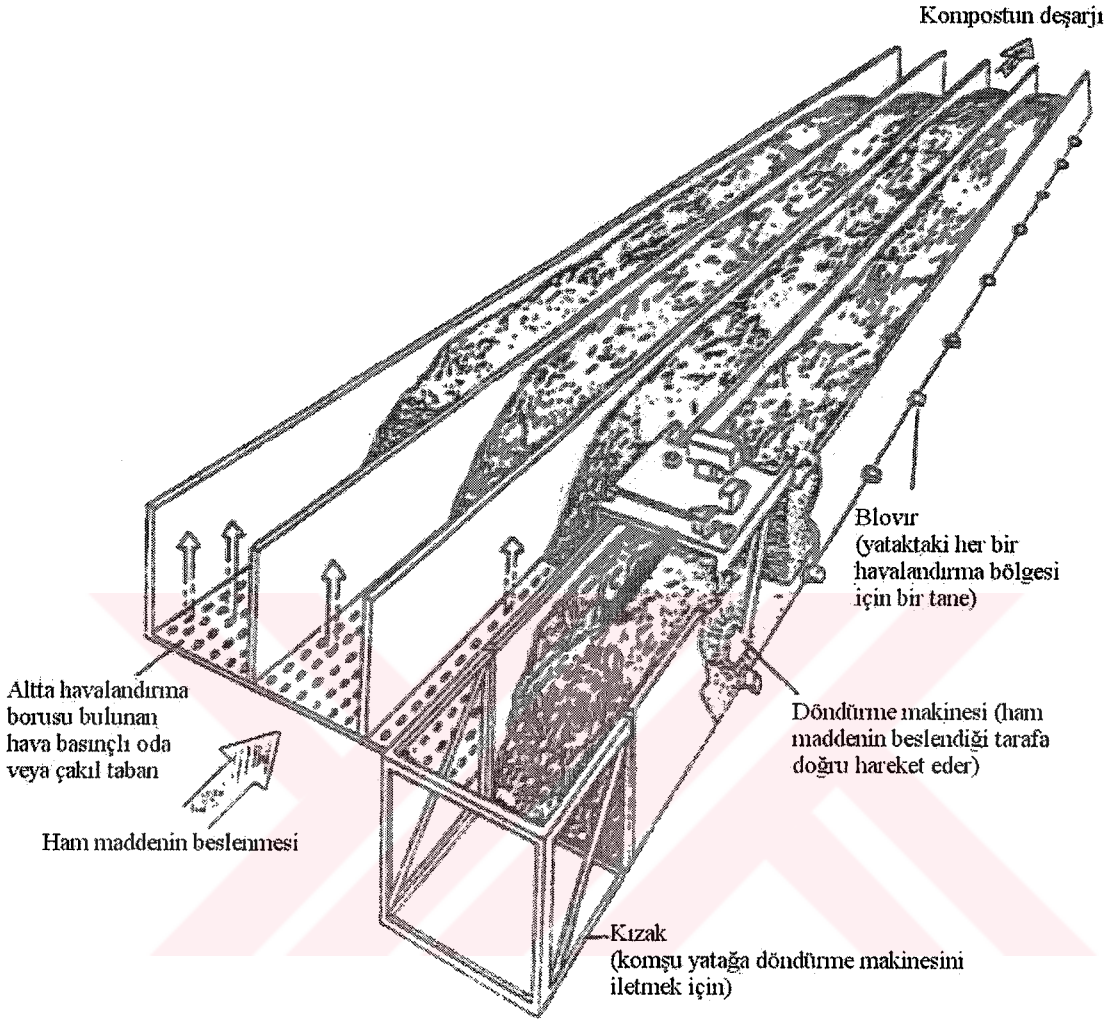
Depoda kompostlama metotları havalandırmalı statik yığınlar gibi işler. Bu metotta havalandırma deponun tabanından hava verilerek yapılır ve maddeler çok az veya hiç döndürülmez. Depodaki maddelerin ara sıra döndürülmesi prosesi hızlandırabilir. Eğer birden fazla depo kullanılırsa kompostlanan maddelerin birinden diğerine aktarılması gerekebilir. Havalandırmalı yığınlarda geçerli olan prensip ve ana hatlar depoda kompostlama içinde geçerlidir. Fakat derin depolar bunun dışındadır. Derin depolarda sıkışma ve yığın yüksekliği daha fazladır. Her iki faktör maddenin hava akımına direncini yani basınç kaybını artırır. Havalandırmalı statik yığın metoduyla kıyaslandığında daha güçlü yapıda ham madde ve/veya yüksek basınçlı bir blovır gerekebilir.

2.7.5.2 Dikdörtgen karıştırma yatakları

Karıştırmalı yatak sisteminde kontrollü havalandırma ve periyodik döndürme bir arada yapılır. Bu sistemde maddeler yatak olarak adlandırılan uzun ince kanallar içinde kompostlanır(Şekil 2.20). Döndürme mekanizması duvarlar üzerine oturtturulur ve bu duvarlar üzerinde hareket eder.

Ham maddeler bir yükleyiciyle yatağın ön kısmından yüklenir. Döndürme makinesi yataklar üzerindeki raylar üzerinde ilerlerken kompostu döndürür ve her döndürmede kompostu yatağın sonuna doğru taşır. Döndürme teçhizatı operatörsüz otomatik çalışır. Bazı makinelerde maddeleri iletmek için konveyör bulunur. Döndürme makinesi maddeleri döner bıçaklar ile karıştırarak tortuları parçalar ve poroziteyi artırır. İki döndürme arasında kompost blovırlarla havalandırılarak soğutulur. Maddeler farklı kompost adımlarında olduğundan yatak farklı havalandırma bölgelerine ayrılmıştır. Her havalandırma bölgesinde ayrı blovır, sıcaklık sensörü ve zamanlayıcı kullanılır. Kompostlanan madde yatağın arkasından deşarj edilir.

Ticari sistemlerin çoğu havalandırma boruları veya yatak tabanına gömülmüş ve üzeri ızgara ve/veya çakılla kapatılmış havalandırma sistemlerinden oluşur.



Şekil 2.20 Dikdörtgen karıştırma yataklı kompost sistemi(Royer Manufacturing)

Sistemin kapasitesi yatak sayısına ve boyutuna bağlı olarak değişir. Piyasadaki sistemlerin yatak genişliği 1,8-6m arasında derinliği 0,9-3m arasında değişir. Yataklar döndürme makinesi ile uyumlu ve özellikle yatak duvarlarının dik olması gerekir. Karıştırma makinesi duvarların üzerinde hareket ettiğinden iki duvar arasındaki mesafe yatağın her noktasında eşit olmalıdır. Kompost tesisinde birden fazla yatak kullanılabilir. Eğer döndürme makinesini ardışık yataklar arasında iletecek edecek bir teçhizat varsa tek bir döndürme makinesi birkaç yatakta birden kullanılır. Ekipmanı korumak ve kompost koşullarını muhafaza etmek için yataklar bir yapı veya sera içine yerleştirilir veya sıcak iklimlerde bir çatıyla kapatılırlar.

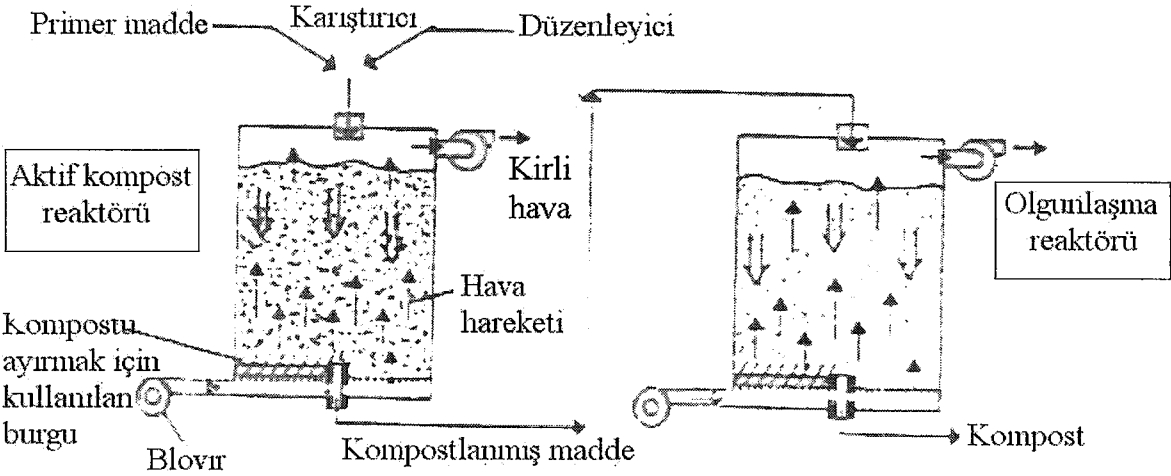
Kompostlama süresi yatak uzunluğu ve döndürme sıklığına göre belirlenirler. Eğer makine

her döndürmede maddeyi 3m ileri taşıyor ve yatağın boyu 30m ise günde 1 defa döndürmeyle kompostlama süresi 10 gündür. Ticari sistemlerin kompostlama süresi 2-4 hafta arasında değişir.

Döndürmeli yatak sistemleri çiftlik kompostlamasına uygundur. Kompost süresinin kısa olması, iyi kompost kalitesi ve az emek gerektirmesinden dolayı çok caziptir. Buna rağmen sistemin toplam maliyeti çok fazladır. Ana maliyeti yataklar ve inşa oluşturur. Genellikle 150 ton/gün veya daha fazla kapasiteli büyük sistemler üretilir. Daha çok çiftçilere hitap eden 20 ton/gün kapasiteli daha küçük sistemler ise az bulunurlar.

2.7.5.3 Silolar

Bu sistemlerin çalışma prensibi alttan boşaltmalı sistemlere benzer(Şekil 2.21). Silonun üzerinden primer madde ve düzenleyicisi karıştırılarak beslenir. Silonun tabanında bulunan havalandırma sistemi basınçla havayı tabandan kompostlanan maddeye doğru verir. Bu hava kompost yukarıya doğru hareket ederken kompost gözeneklerinde bulunan kokulu havayı da beraberinde yukarı taşır. Kokulu bileşikler filtrenmek üzere silo üstünden deşarj edilir. Silo tabanındaki dönen helezon yardımıyla kompost her gün silonun altından boşaltılır ve ham madde karışımı üstten doldurulur. Kompost siloyu terk ettikten sonra çoğunlukla ikinci havalandırma siloya gönderilerek burada olgunlaştırılır.



Şekil 2.21 Siloda kompostlama(NRAES-54, 1992)

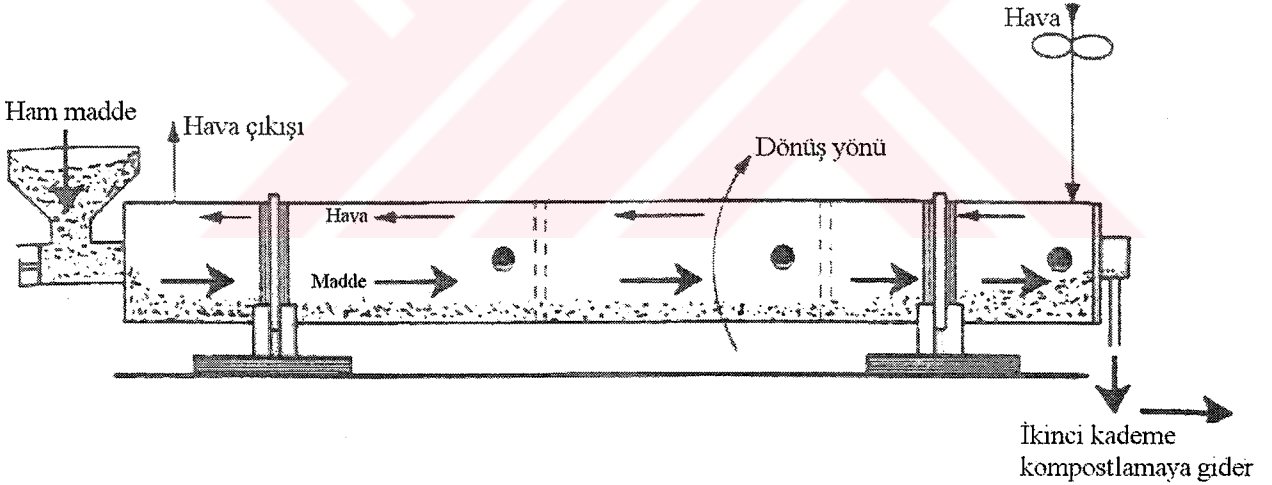
Bu metotta kompostlama süresi yaklaşık 14 gündür. Bu nedenle bir günde silo hacminin 1/14'ü giderilmeli ve tekrar üstten beslenmelidir. Bu sistemde maddeler düşey olarak

yığıldığından kompostlama için gereken alan azdır. Ayrıca sıkışma, sıcaklık ve hava akımının kontrol edilmesi gerekir. Haznede maddeler çok az karıştırıldığından ham maddeler silolara doldurulduktan sonra iyice karıştırılmalıdır.

2.7.5.4 Döner tanklar

Bu sistemde kompostlanacak maddeleri karıştırma, havalandırma ve sistem içinde taşınmak için eğimli silindirik bir döner tank kullanılır(Şekil 2.22). Tank büyük bir rulmana monte edilmiştir ve dişli ile döndürülür. Ticari modelleri takriben 3-5m çapında ve 24-50m boyundadır. Bekletme süreleri birkaç saat ile 24 gün arasında değişir. Kompostun daha fazla çürütülmesi için genellikle yığın sıraları ve havalandırmalı statik yığınlarda ikinci basamak kompostlama yapılması gerekir.

Hava kompost deşarj noktasından tank içine beslenir. Hava akımı maddenin gidiş yönünün tersine doğru verilir. Deşarj noktasında kompost taze havayla soğutulur. Hava tank içinde ilerlerken kompostla temasa geçerek ısınır. Silonun tam ortasında kompost ısınmış havayla temas ederken tankın başında yeni beslenen madde en sıcak havayla temas eder.



Şekil 2.22 Döner tankla kompostlama(Bedminster Bioconversion Inc.)

Açık veya bölmeli tipleri vardır. Açık sistemlerde madde tank boyunca sürekli iletilirken kompostlanır. Bekletme süresi tankın dönme hızı ve dönen eksenin eğimine bağlıdır. Bölmeli sistemlerde proses kontrolü açık tanka göre daha iyidir. Tank iki veya üç kısma ayrılır. Her bölümde maddeyi bir sonraki bölüme aktaran bir transfer kapısı vardır. Her gün operasyon sonunda tankın deşarj noktasındaki transfer kapısı açılarak son bölmeyi boşaltır. Daha sonra diğer kapılar sırasıyla açılarak maddeyi bir sonraki bölmeye iletir. Boşalan birinci bölmeye

tekrar ham madde beslenir.

2.7.5.5 Taşınabilir konteynır

Bu sistem taşınabilir bir konteynır ve merkezi bir kompost tesisinden oluşur. Çiftliklerden gelen gübreler bu tesiste kompostlanırlar. Her çiftlik oluşan gübrelerini taşınabilir konteynır toplar. Konteynırın tabanında blovırla bağlantılı havalandırma boruları bulunur. Çiftlikte her gün oluşan gübre ve kuru düzenleyici konteynıra boşaltılır ve konteynır toplanana ve merkezi tesise götürülene kadar burada birkaç gün havalandırılır. Çiftlikten alınan dolu konteynırın yerine yenisi konulur.

2.7.6 Kompost metotlarını karşılaştırma

Sıralı yığınlar, pasif havalandırılmalı sistemler ve havalandırılmalı statik yığın sistemleri maliyet, emek, işletme ve proses hızı açısından karşılaştırılabilirler. Haznede depolama ve bazı karıştırmalı yatak sistemleri dışında, kapalı reaktörde kompostlama farklı bir metottur. Bu nedenle çiftliklerde kompostlama metodu olarak genellikle sıralı yığınlar, havalandırılmalı yığınlar veya havalandırılmalı hazne metotlarından biri seçilir.

Sıralı yığında kompostlama havalandırılmalı yığınlardan daha fazla emek gerektirir. Havalandırılmalı statik yığınlar ve pasif havalandırılmalı yığın metotlarında da en fazla emek yığınların oluşturulması ve nakledilmesinde gerekir. Yığın oluşturulmuş madde, olgunlaşma yığına nakledilmeye hazır olana kadar tekrar işleminden geçirilmez.

Havalandırılmalı yığın daha yoğun bir kompostlama metodudur. Bu metotta yığınlar daha yüksek ve geniş olduğundan sıralı yığın veya pasif havalandırılmalı sıralı yığın metotlarına göre daha az arazi gerekir. Mekanik havalandırma otomasyonu kolaylaştırır, daha iyi proses kontrolü sağlar ve kompostlama süresini azaltır. Kompostun izole edilmesi veya daha büyük yığınlar sıcaklıktaki değişimleri azaltır. Bu sayede patojenlerin giderilmesi için uygun koşullar sağlanır. İzolasyon malzemesi kullanılması ve döndürmenin az olması azotu tutarak kokunun yayılmasını azaltır. Sıralı yığın havalandırılmalı statik yığınlarda azotun tümü tüketilmesine rağmen sıralı yığın kompostlamasında azotun 1/3'ü kayıptır. Emmeli havalandırma sistemiyle koku tutulabilir ve artırılabilir. Tüm bu nedenlerden havalandırılmalı yığın metodu kanalizasyon çamuru kompostlama tesislerinde yaygın olarak kullanılır. Tek bir dezavantajı kısa devre olma olasılığıdır. Başka bir problem de havalandırma borusunun çıkışında tıkanma olmasıdır.

Çiftlikte kompostlama operasyonlarında genellikle sıralı yığın metodu kullanılır. Çiftlikte

kullanılan maddelerin çoğunun daha az koku problemi vardır ve kırsal alanlardaki çiftliklerde koku kabul edilebilirdir. Arazi genellikle çiftlikleri sınırlamaz. Bazı durumlarda, sıralı yığınlar kompostun uygulanacağı alanlarda oluşturulabilir.

Kompostlama elektrik gerekmediğinden kırsal alanlarda da uygulanabilir. Sıralı yığın kompostlaması nitelik itibariyle diğer çiftlik işlemleri ile aynı olduğundan eldeki teçhizatlar da kullanılabilir. Sıralı yığın kompostlamasında düzenleyici madde seçeneği daha fazladır. Döndürme işlemi komposttaki maddeleri karıştırmaya ve toz haline getirmeye devam eder. Bu sayede daha uniform bir kompost oluşur, ve eleme ve parçalamaya gerek kalmaz. Sıralı yığın kompostlamasının en büyük dezavantajı mevcut hava koşullarına karşı hassas olmasıdır. Yağmur, kar ve çamur yığın-sıralarında havalandırılmalı yığınlara göre daha fazla soruna yol açar. Bunu önlemek için asfalt veya taşla döşenmiş yüzeyler ve açık kenarlı yapılar kullanılır.

Pasif havalandırılmalı yığın-sıraları metodu döndürmeli yığın-sıraları ve havalandırılmalı statik yığınları ile benzerlik gösterir. Sıralı yığın metodu gibi daha fazla alana ihtiyaç duyar ama elektrik gerektirmez. Havalandırılmalı statik yığınlar gibi bünyesinde azot barındırır, sıcaklığı iyileştirir ve koku yayılımını yavaşlatır, fakat düzenleyici seçimi daha kısıtlıdır.

3. KOMPOST OPERASYONLARI

3.1 Ham maddelerin depolanması ve işlenmesi

Kompost işleminin başlaması için ham maddelerin uygun C:N oranı, nem muhtevası ve gözenek boşluklarını sağlayacak oranda karıştırılması gerekir. Primer olarak genellikle hayvan gübresi kullanılır ve bir veya daha fazla düzenleyiciyle karıştırılır.

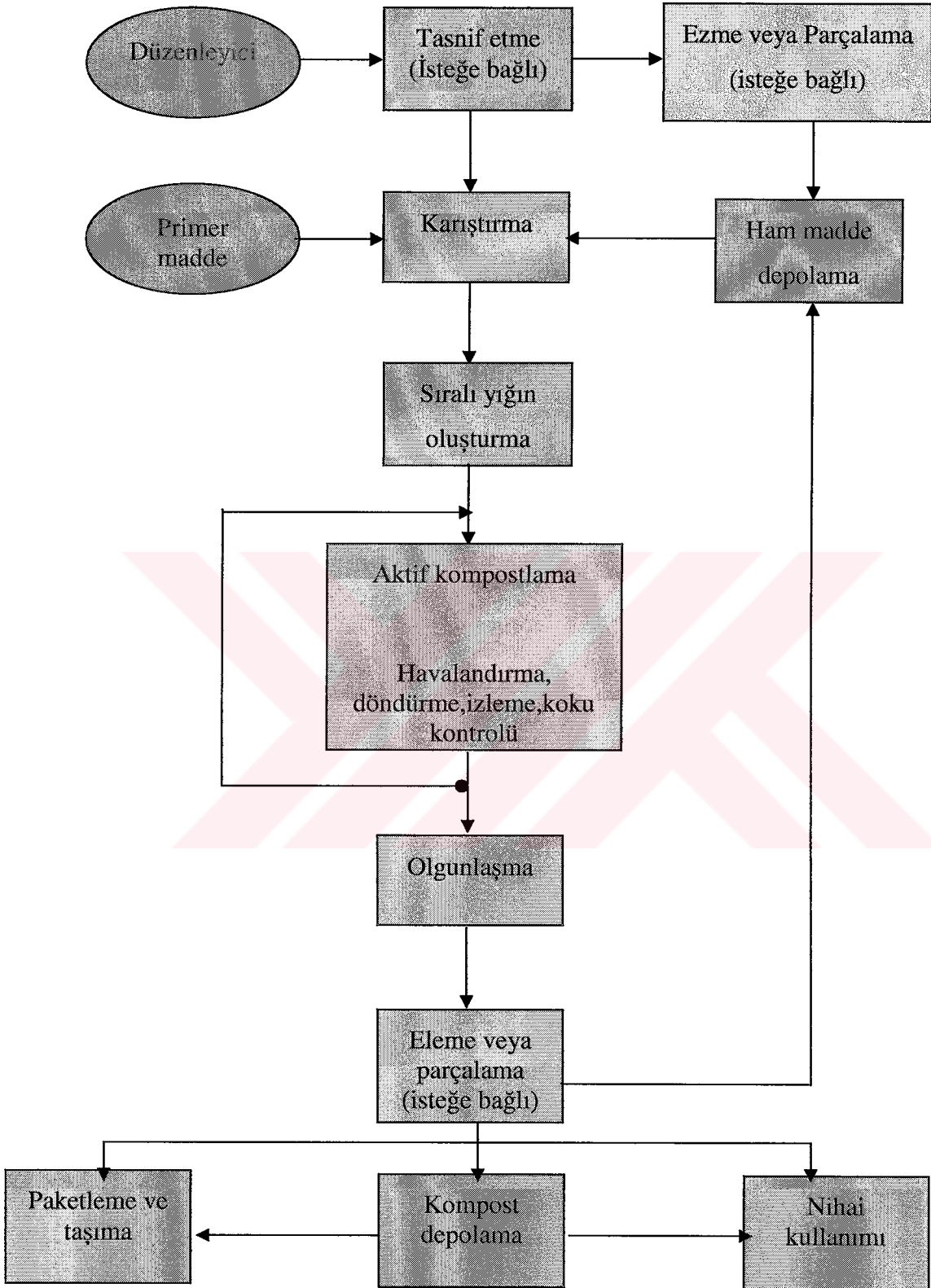
İl önce maddeler toplanarak kompost alanına getirilir. Düzenleyiciler genellikle daha sonra primer maddelere ilave edilmek üzere arazide yığılırlar. Gübre gibi primer maddelerde anaerobik koşullar çabucak oluşabilmesinden ve rahatsız edici kokular yayabilmesinden dolayı dikkatle izlenmesi gerekir. Sığır gübresi gibi maddeler birkaç günlüğüne depolanmalıdır fakat en uygun olanı bu maddelerin derhal işlenmesidir.

Saman, tahta kırıntıları, yaprak ve talaş gibi düzenleyicilerinin C muhtevası yüksek ve genellikle kuru olduklarından mikrobiyal aktiviteleri daha azdır. Bu nedenle bu tür maddeler uzun bir süre depolanabilirler. Eğer bu düzenleyiciler ıslanırsa N eksikliğinden dolayı kompostlama daha yavaş gerçekleşir. Koku yayabilecek maddeler koku oluşumunu önlemek için kompostlamaya başlarken araziye getirilmelidir.

Bir çok düzenleyici örtüsüz depolanabilir. Depolamada çatı kullanılması karışımın baştaki nem muhtevasının minimize edilmesini sağlar ve depolama sırasında nütrientlerin nemli maddelerden yıkanarak ayrılma olasılığını azaltır. Ayrıca çiftlik binaları arasındaki mesafelerin ne kadar olacağı da önemlidir.

Çiftlik dışından gelen çöpler(özellikle kağıt) sorun yaratırlar. Kırpılmış kağıt ve kartonlar eğer hemen kompostlanmayacaksa balyalanmalı ve/veya kapalı bir alanda depolanmalıdır. Ham maddelerin depolanması ve işlenmesinde izlenecek yol civar komşuların ve kamunun kompost işlemini kabullenmesini etkiler.

Kompostlanmadan önce ham maddelerin tasnif edilmesi veya ayrılması gerekebilir. Örneğin at ahırından gelen atıkların içinde çeşitli çöpler veya plastik torbalar olabilir. Genellikle ilk olarak kompost içinde bulunan yabancı cisimler ayıklanır ve kompost prosesi boyunca bu işlem sürekli olarak tekrarlanır. Döndürme ve onu izleyen yığın ve sıralı yığınların çökmesi büyük ve hafif cisimleri yığının üstüne iterek yığından kolayca ayrılmasını sağlar. Eğer kompostlanacak maddede çok fazla istenmeyen madde varsa elekler veya magnetler ile bunların ayrılması gerekir.



Şekil 3.1 Kompostlama sistemi ve operasyonları(NRAES-54, 1992)

3.2 Öğütme ve kırpma

Çiftlik kompostlamasında kullanılan maddelerin çoğu özellikle sıralı yığın döndürücü kullanılıyorsa öğütme veya kırpma gerektirmez. Gazete kağıtları, kartonlar ve diğer bahçe atıkları öğütülerek parçalanır. Ağaç kabukları ve diğer büyük cisimlerin boyutları azaltılmadan kompostlanmamalıdır. Gazete gibi maddeler kırpılarak kompostlamadan önce alt malzemesi olarak kullanılabilir. Öğütme ve kırpma operasyonları gürültü ve toz problemleri yaratır.

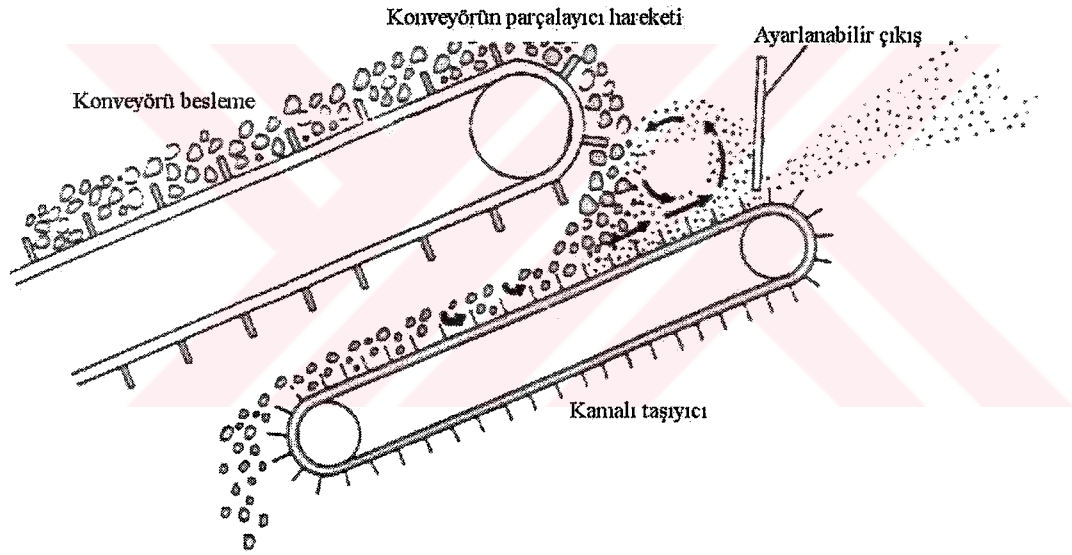
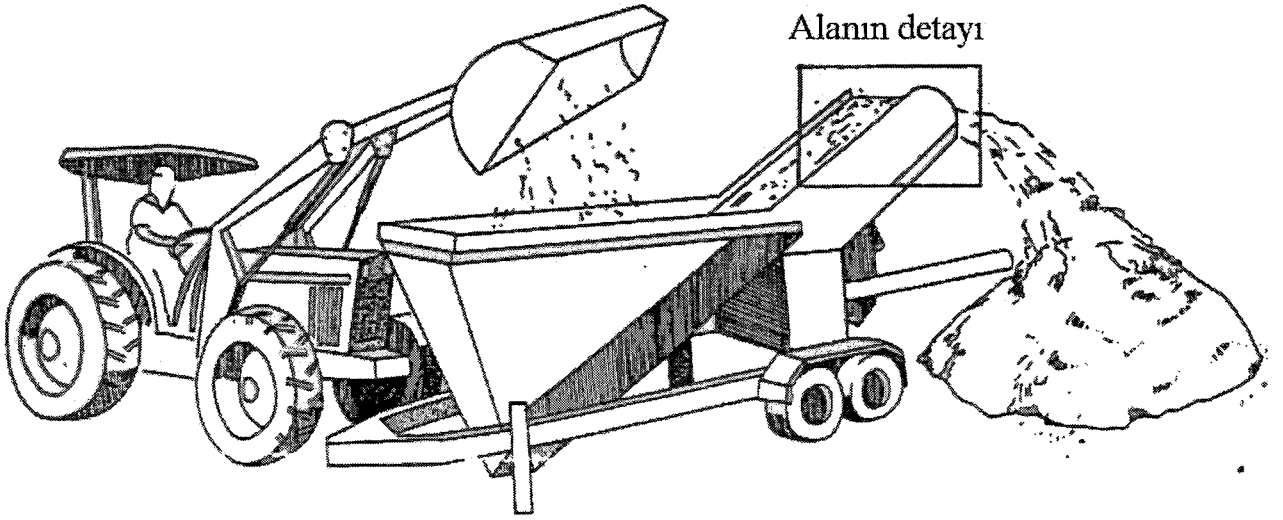
Bu işlemden kullanılacak ekipmanlar kağıt kırpıcıları, daha büyük bahçe kırpıcıları, çim biçiciler ve saman kırpıcılarıdır. Bazı boyut azaltıcı mekanizmalar balyalayıcılar, toz ayırıcıları, konveyörler ve elekler ile beraber kullanılabilirler. Makinelerin kapasitesi kullanılan maddeye, yükleme oranına ve diğer koşullara bağlıdır. Maliyet ise güç ihtiyacına ve kullanılan teçhizata bağlıdır. Eğer yılda yalnızca birkaç haftalığına bir ezici veya parçalayıcı gerekliyse kiralanması daha karlıdır.

Kompostlama sistemlerinde kullanılan primer tip öğütme ve kırpma teçhizatları yüzey parçalayıcılar, değirmenler, tekneli öğütücü ve yontuculardır.

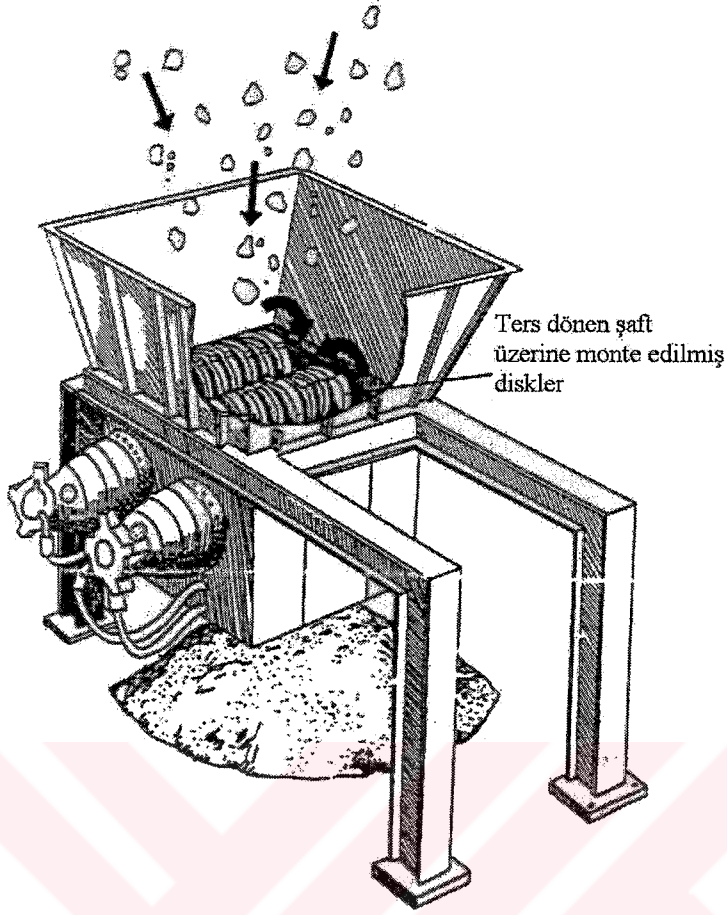
3.2.1 Yüzey kırpıcıları

Yüzey kırpıcı sabit olarak veya römork monte edilmiş şekilde kullanılabilen makinelerdir. Bu makine taşıyıcı bir bandın maddeyi sabit bıçaklara doğru iletilmesiyle boyutunu azaltır. Ham madde konveyörü besleyen bir silo içine boşaltılır. Konveyör beslenen maddeyi parçalamak için tırmıkla toplama hareketi yapan bıçaklı bir taşıyıcı üzerine düşürür(Şekil 3.2). Ayarlanabilir çıkışlar ince dal, taş, metal ve cam gibi maddeleri atar ve kaba parçaları ise daha ileri kırpma için geri döndürür. Bu tip kırpıcılar genellikle boyutları 10-15cm'den daha az olan maddeleri parçalayabildiğinden çok büyük partikülleri elemek için besleme kısmına bir elek konulması gerekir.

İkinci tür yüzey kırpıcılarında parçalama hareketi ters yönde dönen iki şaftla yapılır(Şekil 3.3). Şaftın dönme hareketi kesici disklere aktarılır. Kesiciler maddeyi besleyicinin alt kısmındaki şaftlara doğru taşırlar. Kesiciler partikülleri kesici disklerin arasındaki boşluklardan geçecek kadar küçük parçalara kırparlar. kırpılan partiküllerin boyutu kesici disklerin boyutuna bağlıdır.



Şekil 3.2 Konveyörlü yüzey parçalayıcısı(Royer Manufacturing)

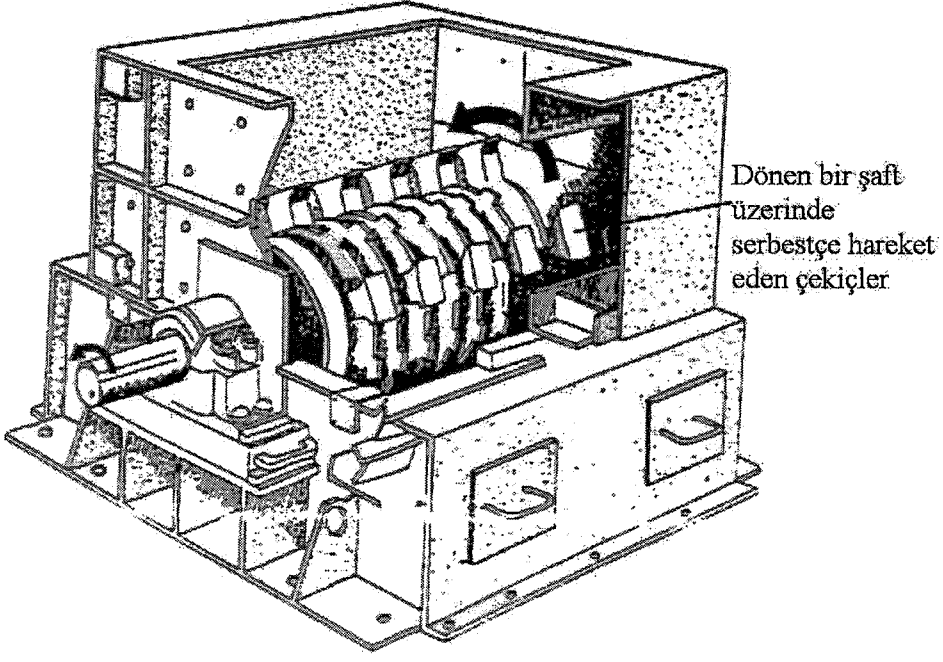


Şekil 3.3 Döner yüzey kırıcıları(Triple/S Dynamics)

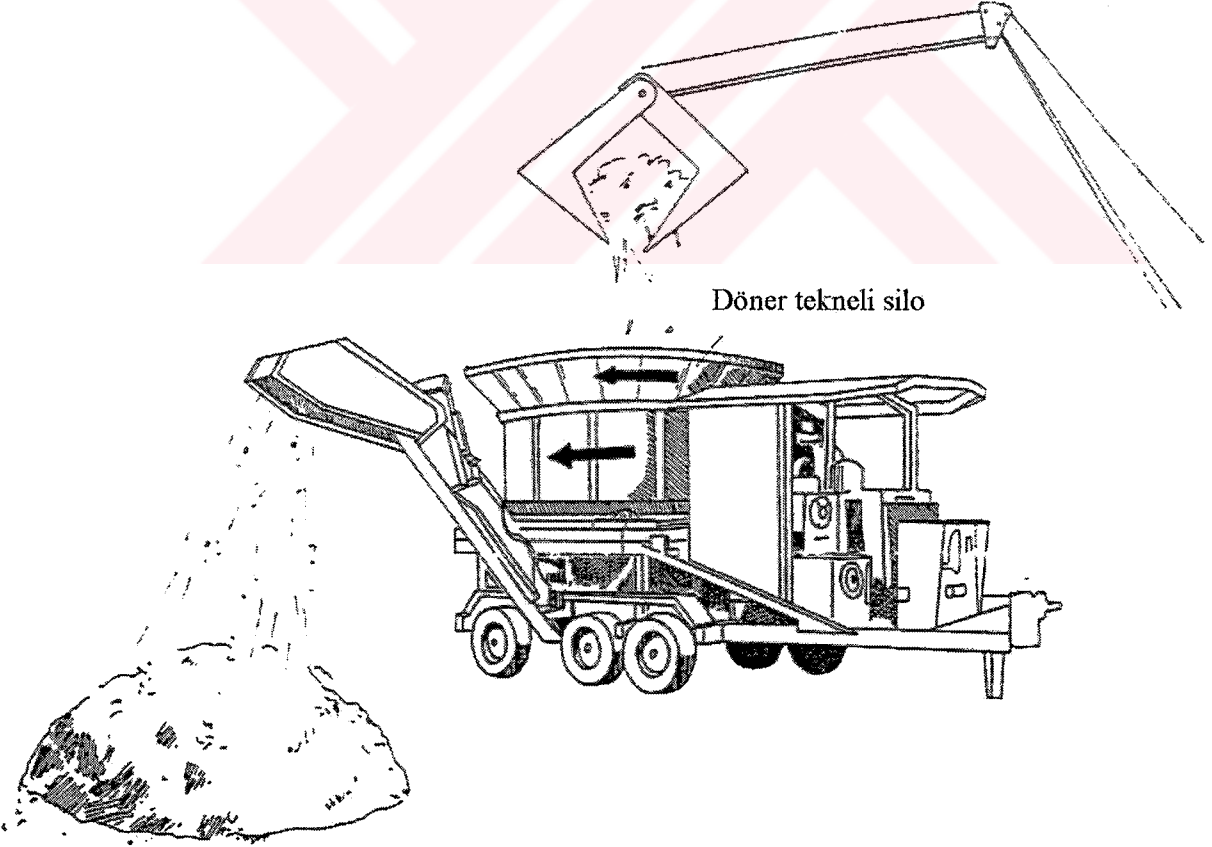
3.2.2 Değirmenler ve tekneli öğütücüler

Değirmenlerde ham maddelerin boyutu döner bir şaftta monte edilmiş birbirinden bağımsız hareket eden metal çekiçlerle azaltılır(Şekil 3.4). Çekiçler maddeyi deşarj ağzından çıkabilecek kadar küçültürler. Değirmenler daha büyük olabilir ve genellikle sabit sistemlerdir. Bu makineler vuruş hareketiyle çalıştıklarından yüzey kırıcılarından daha fazla gürültüye neden olurlar.

Tekneli öğütücü maddeyi parçalamak için döner tekneli bir giriş sistemi kullanan bir tür değirmendir(Şekil 3.5). Dönme hareketi maddeyi çekiçlerden oluşan sabit zemine doğru taşır. Daha sonra buradan bir eleğe veya diğer çıkışlara doğru iletilir ve bir kamyonu yüklenir. Tekneli öğütücü bir kepçeli yükleyici veya konveyörle doldurulur.



Şekil 3.4 Değirmen(Dresser Industries)



Şekil 3.5 Döner tekneli öğütücü(NRAES-54, 1992)

Piyasada farklı kapasite ve modellerde tekneli öğütücü mevcuttur. Büyük, ağır işler için elverişli parçalayıcı mekanizmalar genellikle ıslak tahtaları parçalamada kullanılır. Bunların 300-550hp(224-410kW) kapasiteli dizel ve gazla çalışan taşınabilir modelleri vardır. Sabit birimlerin ise dizel veya elektrikle çalışan tipleri vardır. Tekneli öğütücüler madde boyutu, elek aralığı ve nem muhtevası gibi faktörlere bağlı olarak saatte 10 ton maddeyi parçalayabilirler. Uygun madde kombinasyonları ve farklı elek aralıklarının kullanılması tıkanmayı azaltır ve çıkış verimini artırır. Tekneli öğütücü çalıştırma ve madde yükleme de dahil iki kişiyle işletilebilir.

Çekiçlerin yenilenmesi de dahil öğütücülerin düzenli aralıklarla bakımının yapılması gerekir. Çekiçlerin her 50 saatte bir döndürülmesi ve her 140-240 saatte bir yenilenmesi gerekir. Ama eğer öğütücüde kullanılan çeliğin kalitesi düşük veya kullanılan maddeler içinde aşındırıcı maddeler varsa daha çabuk yıpranırlar ve dolayısıyla daha sık bakım veya yenileme gerektirir.

3.2.3 Yontucular ve diğer öğütücü/kırpıcılar

Diğer kırpma, öğütme ve yontma mekanizmaları döner ve sabit kesicilerin eleklerle kombine edilmesiyle oluşan sistemlerdir. Yontucular sabit bir muhafaza içindeki döner bir silindir veya disk üzerine monte edilmiş bıçaklarla partikülleri doğrarlar.

Kağıt ve kartonları parçalamada ot biçme makineleri kullanılabilir. Fakat kartonlar teçhizat çıkışlarını tıkar.

3.3 Karıştırma ve yığın oluşturma

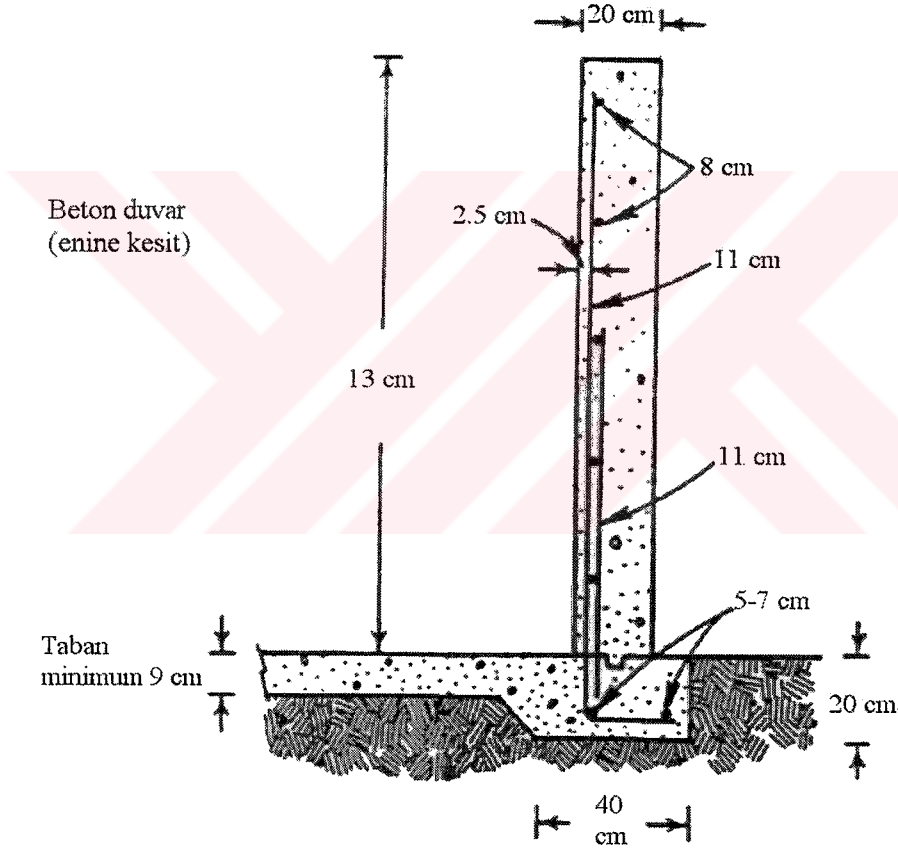
Kompost prosesinde asıl işlem maddelerin uygun oranlarda karıştırılması ve elde edilen bu karışımdan yığın veya sıralı yığın oluşturulması veya kapalı bir reaktöre doldurulmasıdır. Kapalı reaktör metotlarının çoğunda karıştırma sistemin içinde yapılır. Kapalı sistemlerde maddeler silo veya hazneye konveyör, helezonlu ve/veya kepçeli yükleyicilerle yüklenirler. Geri kalanını kompostlama ekipmanı yapar. Sıralı yığın ve havalandırılmalı yığın metotlarında karıştırma ve yığın oluşturma ayrı yapılır. Havalandırılmalı statik yığınlarda maddeler sadece yığın oluşturulurken karıştırıldığından ilk karışımın kalitesi tüm prosesi etkiler. Sıralı yığın metodunda madde karışımları belirlenir ve belirli bir koyuluğa gelene kadar karıştırılır. Bunu takip eden karıştırma ile madde tamamıyla karıştırılır.

Karıştırma ve sıralı yığın oluşturma kompost metoduna, eldeki teçhizat ve çiftlikteki gübre işleme yöntemine bağlı olarak farklı yollarla yapılabilir. Maddelerin karıştırılması ve sıralı yığın oluşturma için genellikle çiftlikteki yükleyiciler, gübre yayıcıları ve diğer teçhizatlar

uygundur. Bu sıralı yığın kompostlaması için doğrudur. Bununla beraber karıştırma ve sıralı yığın oluşturma diğer kompost operasyonlarına göre daha fazla emek gerektirir.

3.3.1 Kepçeli yükleyiciler

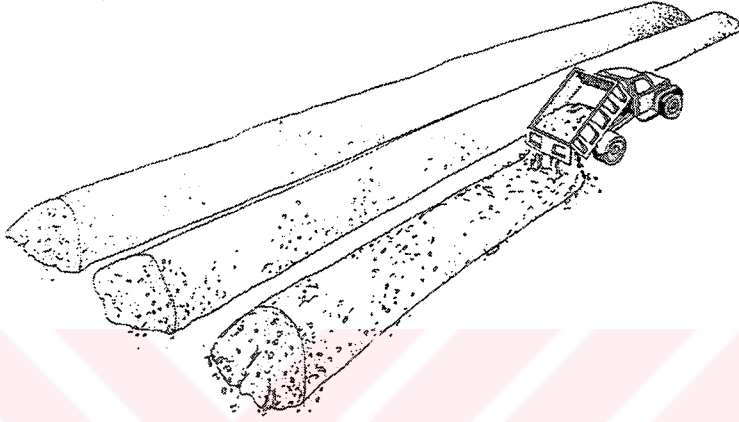
Kepçeli yükleyiciler çiftlik işlerinde ve kompost operasyonlarının çoğunda yaygın kullanılır. Bu yükleyicilerle sıralı yığın karıştırılabilir ve oluşturulabilir. Karıştırma işlemi maddelerin kepçeye tekrar tekrar yüklenip boşaltılmasıyla yapılır. Karıştırma alanında duvarlar(Şekil 3.6) ve beton taban kullanılması bu işlemi kolaylaştırır. Duvar genelde beton veya tahtayla yapılır. Bu duvar gübre gibi gevşek yapılı veya akışkan maddeleri boşaltırken ve doldururken dayanak olarak kullanılır.



Şekil 3.6 Karıştırma alanı için duvar tasarımı(Northeast Dairy Practices Council, 1977)

Operatörün yetenek ve deneyimine bağlı olarak yükleyiciler ile iyi bir kompost karışım hazırlanabilir. Havalandırılmalı yığın kompostlamada iyi bir karışım elde etmek için önden yükleyiciler dikkatle kullanılmalıdır. Aksi takdirde gübrede parçalanması oldukça zor olan yumaklar oluşabilir.

Kepçeli yükleyiciler ile yığın ve sıralı yığınlar da oluşturulabilir. Sıralı yığınlar ve pasif yığınları tek bir işlemle karıştırıp oluşturmak için ham maddeler kompostlama alanına katmanlar halinde yığılırlar. Daha sonra yükleyici ile maddeler iyice karıştırılır. Havalandırmalı yığınlar gözenekli bir taban ve havalandırma borular üzerinde bulunduğundan ayrı bir yerde karıştırılmalı ve oluşturulmalıdır. Kepçeli yükleyicilerle daha büyük yığın veya sıralı yığınlar oluşturulabilir. Sıralı yığınların boyutları yığın içinde hava akışını sağlayacak boyutta olmalıdır.



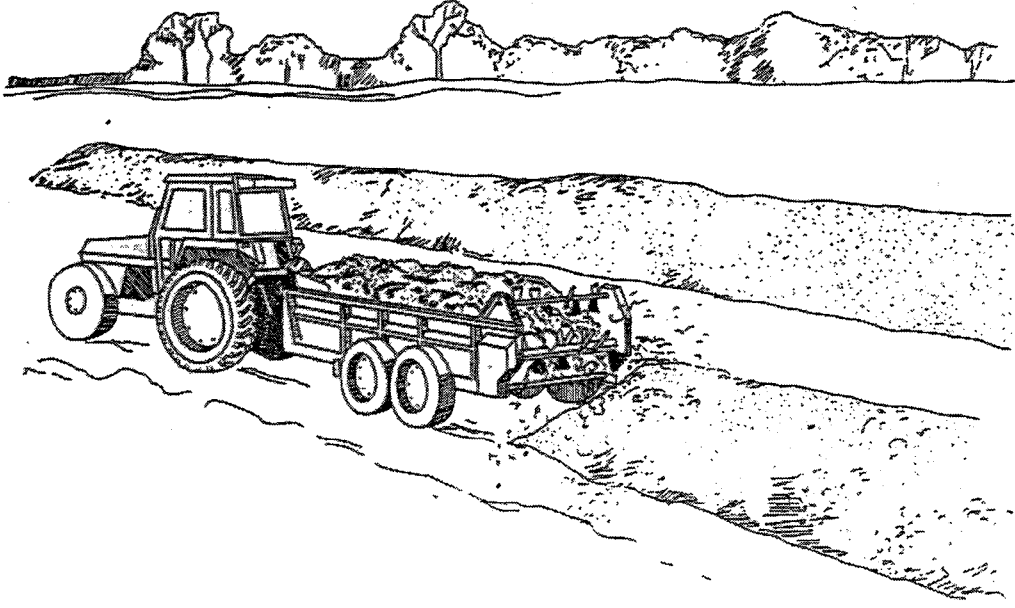
Şekil 3.7 Sıralı yığını oluşturmak için damperli kamyon yavaşça ilerler(NRAES-114, 1999)

Eğer kompost alanı karıştırma alanından uzaksa ilk sıralı yığın kamyonlarla karışım alana taşınarak oluşturulabilirler. Kamyon yavaşça ilerlerken maddeyi damperiyle boşaltır(Şekil 3.7). Sıralı yığının yüksekliği kamyonun hızına ve büyüklüğüne bağlıdır.

3.3.2 Gübre yayıcıları

Çiftlik kompostlamasında sıralı yığın bir gübre yayıcı ile karıştırılabilir ve oluşturulabilir. Yayıcının karıştırma hareketi ile gübre ve düzenleyiciyi kısmen karıştırır. Yayıcı yavaşça ilerlerken yükünü sıralı yığına boşaltır(Şekil 3.8).

İlk karışımı iyileştirmek için gübre ve düzenleyicilerin yayıcıya farklı oranlarda yüklenmesi gerekir(örneğin 2 kepçe gübre, 4 kepçe düzenleyici vs.). Düzenleyici deposunun gübre kaynağına yakın olması yayıcıyı yüklemek için gereken emeği azaltır. Bazı maddeler yayıcı mekanizmasında sorun yaratabilir. Örneğin uzun samanın karıştırılması kırılmış samana göre daha zordur, bu yüzden eğer uygun teçhizat varsa samanın kırılması en iyisidir.



Şekil 3.8 Bir gübre yayıcı ile sıralı yığın oluşturma(NRAES-54, 1992)

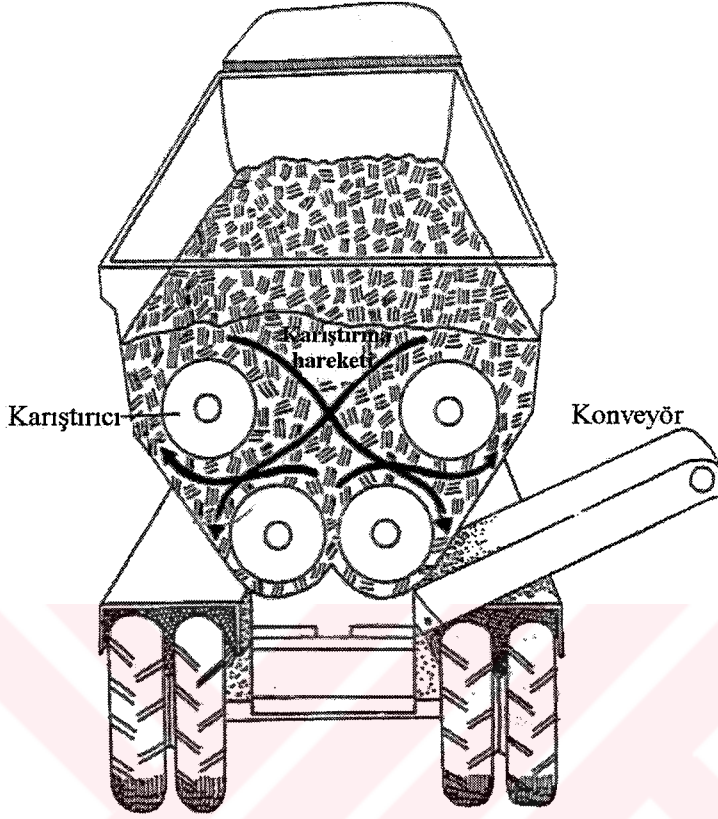
Eldeki gübre yayıcı çeşitleri sınırlı olabilir. Yandan boşalmalı yayıcılar gübreyi sıralı yığına karıştırabilmelerine rağmen maddeleri sıralı yığın formunda boşaltamazlar. Ayrıca bazı arkadan boşaltmalı yayıcılar çok alçak oldukları için verimli kompostlama için gereken büyüklükte yığın-sıraları oluşturamazlar. Bu durumda yükleyici bir yayıcı ile kombine edebilir. Taşıma römorku monte edilmiş yayıcılar sıralı yığın oluşturmaya uygundur. Ayrıca daha büyük yayıcıların kullanılması ve daha kuvvetli karıştırma yapan sistemler avantajlıdır.

3.3.3 Yığın karıştırıcıları

Çiftlik hayvanlarının yemini karıştırmada kullanılan karıştırıcılar en iyi yığın karıştırma mekanizmasıdır(Şekil 3.9). Modifiye edilmiş yem karıştırıcıları özellikle kompost işlemleri için pazarlanır. Kompostlama için çeşitli karıştırıcıların uygunluğu test edilmiştir ve bu karıştırıcıların hepsiyle uygun karışımın sağlandığı görülmüştür. Yığın karıştırıcıları maddenin taşınması ve yığın-sıralarını oluşturulması için kamyonu veya yük vagonuna monte edilebilir. Yem karıştırıcısı kompostlama işleminde kullanılıyorsa bu karıştırıcı yem karıştırmada kullanılmamalıdır.

Yığın karıştırıcısında düzenleyiciler karıştırıcıya eklenir ve en üste gübre ilave edilir. Bu karışım dağıtım silosunun yanından sıralı yığının içine veya araç hava dağıtım borusuna paralel ilerlerken bir havalandırma yığın üzerine boşaltılır. Karıştırma mekanizması sadece birkaç dakikalığına çalıştırılmalıdır. Eğer çok uzun süre çalıştırılırsa(örneğin 10 dk.) gübre düzenleyici boşluklarına sıkışır ve porozite azalır. Bu karıştırma cihazında olan yaygın bir

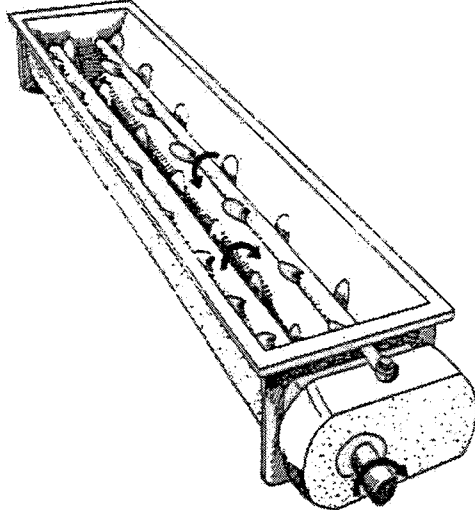
arızadır. Gübre yayıcısıyla uzun saman kolay işlenemediğinden ilk önce kırılması gerekir veya karıştırma yapılmalıdır.



Şekil 3.9 Mobil yığın karıştırıcı sıralı yığın oluşturmada da kullanılabilir(Sludge Systems International Inc.)

3.3.4 Diğer karıştırıcılar

Yığın oluşturma ve karıştırma için farklı teknikler ve mekanizmalar kullanılmıştır. Döner pedallı pug milleri iyi bir karışım sağlar ve sürekli beslemede kullanılabilir. Maddeler sürekli beslenebildiğinden ve kepçeli bir yükleyiciden bağımsız olduğundan yığın karıştırıcılara oranla daha hızlı çalışırlar. Bununla beraber maddeler operasyon sırasında uygun miktarda hazır bulundurulmalıdır. Bu tip karıştırıcılar yığın karıştırıcılar gibi taşınabilir değildir(Şekil 3.10).



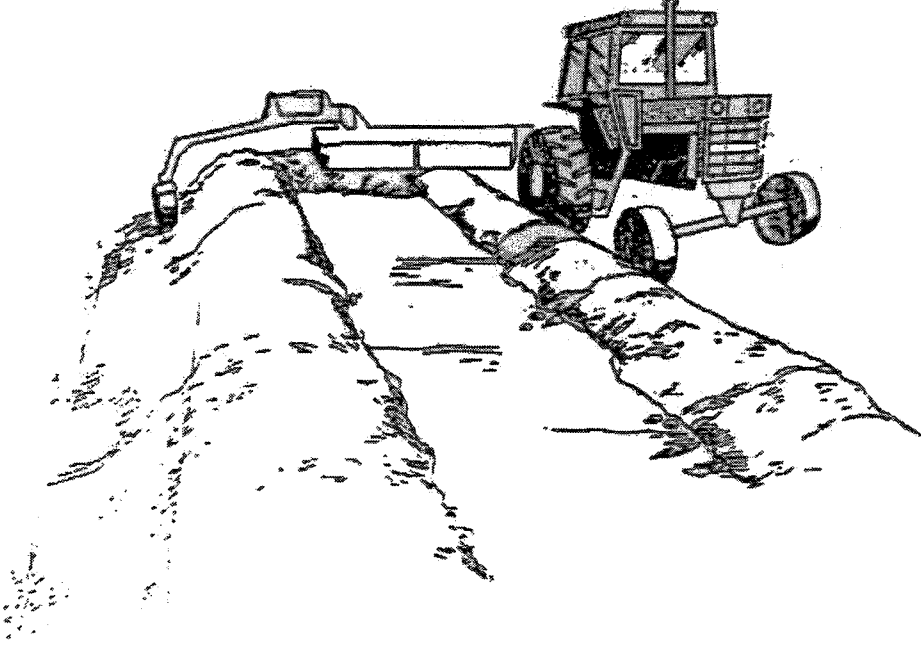
Şekil 3.10 Sürekli karıştırıcı mil(Rapin Machinery Company)

Döner kazanlı karıştırıcılar kanalizasyon çamurlarını ve havalandırılmalı yığın kompostlama için tahta yongalarını karıştırmada kullanılabilir. Karıştırıcının dönme hareketi düşük hızda olduğundan çamur yumakları oluşmasına neden olabilir. Yüksek dönme hızlarında ise çamur kazan çeperlerine yapışır.

3.3.5 Sıvı maddeleri karıştırma

Sıvı maddeler işletme problemlerine yol açtığından kompost karışımını fazla ıslatmayacak miktarda katılmalıdır. Ayrıca bir çok sıvı potansiyel koku kaynağıdır. Sıvı maddelere örnek olarak gübre çamurları, balık üretimi sırasında kaynaklanan atıklar, süthane atıkları ve yıkama suları verilebilir. Uygun nem muhtevasını sağlamak için nadiren yığın-sıralarına sıvı katılır. Bu süthane yıkama suyu veya biriktirme havuzlarında tutulan yüzeysel akış suları gibi bazı seyrelmiş sıvı atıkları bertaraf etmek için iyi bir fırsattır. Ham maddeler ilave edilen sıvıyı porozitesini azaltmadan tutacak kapasitede olmalıdır. Bunu sağlamak için genellikle primer madde içine testere talaşı, turba yosunu, kağıt veya geri kazanılmış kompost katılır.

Sıvı maddeler hacimce azsa ilk karışım esnasında su ilave edilebilir. Eğer kompostlanacak sıvı ham maddelerin ilk karışımını aşırı nemlendirecekse sıvı sıralı yığın, yığın veya reaktöre karışım nemini kaybettikten sonra düzenli olarak ilave edilmelidir. Bu işlem gübre işleme teçhizatı veya yandan boşaltmalı gübre yayıcıları ile veya kamyon tankından su püskürtülerek yapılabilir. Sıvının yanlardan kaçmasını önlemek için yığın-sıralarının tepelerine uzunlamasına oluklar açılabilir(Şekil 3.11).



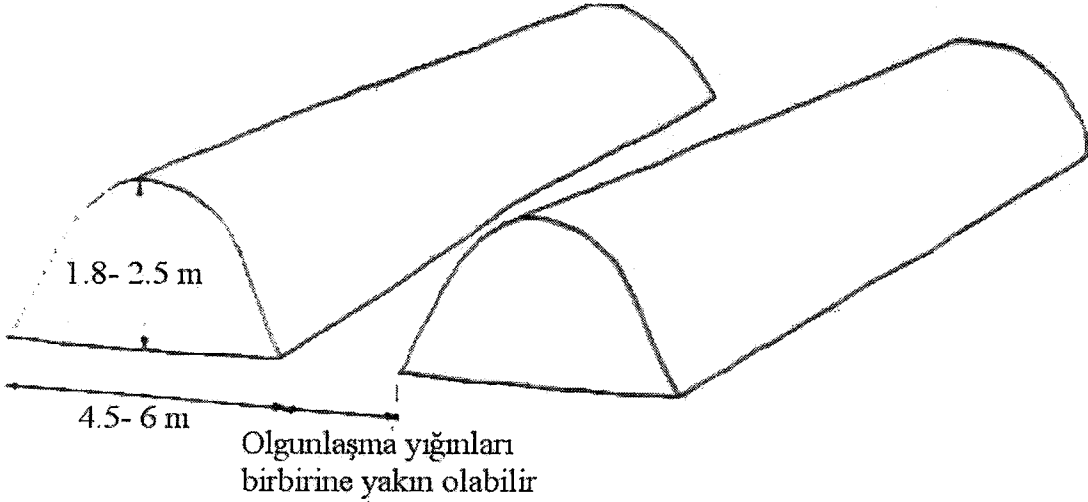
Şekil 3.11 Uzunlamasına oluklar açarak sıvı ilavesi(NRAES-54, 1992)

3.4 Olgunlaşma, depolama ve işleme

Kompost prosesinin tamamlanması ve kompostun nihai kullanıma uygun karakteristiklere ulaşması için aktif kompostlamadan sonra en azından bir ay olgunlaştırılması gerekir. Olgunlaşma genellikle ayrı bir prosestir ve aktif kompostlamanın yapıldığı alandan ayrı bir yerde yapılır.

Olgunlaşma periyodundaki mikrobiyal aktivite aktif kompostlama yığınlarındaki kadar hızlı değildir. Bu nedenle olgunlaşma yığınları daha yavaş bozunur. Olgunlaşmada aerobik koşulların muhafaza edilmesi gereklidir. Anaerobik koşullar yığınlarda bitkiler için zehirli koku ve bileşikler oluşmasına neden olurlar. Olgunlaşmada yığını döndürme ve basınçlı havalandırma gereksiz olmasına rağmen yığınların doğal hava akımını sağlayacak boyutta olması gerekir. Tavsiye edilen maksimum yığın yüksekliği 2,4m'dir. Ama nihai kompostun yüksek kaliteli olması isteniyorsa yığın yüksekliği en fazla 1,8m genişliği 4,5-6m arasında olması gerekir(Şekil 3.12).

Anaerobik koşulların nedeni nem muhtevasının çok yüksek olması veya yığın tabanında biriken sudan kaynaklanabilir. Olgunlaşma yığnında ağır çökeltme veya yüzeysel akıştan dolayı nemi buharlaştırmaya yetecek kadar ısı üretilmez. Yüzeysel akış suyu yığınlardan uzaklara çevrilerek olgunlaşma alanı iyi drene edilmelidir.



Şekil 3.12 Olgunlaşma yığınlarının boyutları(NRAES-54, 1992)

Kompost yığımındaki ıslak veya anaerobik koşulları önlemenin en etkili yolu yığıcıyı karıştırmak ve kompostu açık bir araziye sermektir. Bu yığın içine oksijen girişini sağlayarak anaerobik bileşiklerin aerobik olarak bozunmasına veya buharlaşmasına yardım eder. Bir iki gün havalandırmadan sonra kompost tekrar yığılır, yığın tekrar ısınır ve kısa sürede kompostlanır. pH'nın normal seviyesine dönmesi için birkaç gün ile birkaç haftalık bir süre gerekir. Kompost genellikle mevsimlik kullanılır ve satılır.

Uygun bir şekilde kompostlanan ve olgunlaşan nihai kompostta mikrobiyal aktivite düşük seviyede devam eder. Yığının yüksekliği ve genişliği kepçeli yükleyiciler, konveyörler veya diğer teçhizata bağlı olarak belirlenir. Yine de depolama yığınlarının yüksekliği 3,6m'yi geçmemelidir. Yığının büyüklüğü arttıkça kompostun bozulma riski ve spontane yanma riski de artar. Yüksekliği 2,4m'den fazla olan yığınların nemi azdır ama kötü drenaj koşulları yüzünden depo yığınlarının tabanı ıslanır.

Genellikle kullanmadan veya satmadan birkaç hafta önce büyük depo yığınlarını küçük yığınlar şeklinde istiflemek güvenlidir. Bu depolanmış kompostun doğal havalanmasını ve mevcut fitotoksik bileşiklerin giderilmesini sağlar.

Eğer üretilen kompost bir tarlaya uygulanırsa olgunlaşma ve/veya depolama yığınları arazinin uygun bir yerine yerleştirilir. Anaerobik koşulları ve yüzey akışlarından kaynaklanan nütrient kaybını azaltmak için kötü drenaj önlenilmeli ve dik arazilerden kaçınılmalıdır.

3.5 Eleme

Eleme farklı boyut ve/veya şekildeki maddeleri ayırmak için yapılır. Eleme ile;

- Taş, metal, şişe ve diğer çöpler gibi istenmeyen maddelerin çoğu giderilir
- Kompostlanan maddeler kompostlanmayanlardan ayrılır
- Kompost tortuları ve tamamen kompostlanmamış maddeler ayrılarak satışa veya kullanılmaya uygun kaliteye getirilir
- Kompost içindeki hacimleştirici madde geri kazanılır ve tekrar kullanılır

Elemenin çiftlikte kompostlama sistemlerinde kullanılmasıyla nihai kompost kalitesi artar veya hacimleştirici madde geri kazanılır.

Elek seçiminde göz önüne alınması gereken en önemli karakteristikler eleğin ağız açıklığı, kapasitesi, verimi, maliyeti ve tıkanmaya karşı direncidir. Tıkanma elek açıklıklarının partiküller ile kapanmasıdır. Eleklerin çoğunda bunu önlemek için fırçalar veya küre gibi teçhizatlar kullanılır. Kompostlamada kullanılacak elek açıklığının ayrılacak maddelere ve kompostun nihai kullanımına bağlı olarak 0,63-1,27cm arasında olması gerekir. Küçük açıklıklar daha iyi ayırma sağlamasına rağmen eleğin kapasitesini azaltır ve tıkanmaya neden olur. Eleğin verimliliği partikülleri istenilen dağılımda ayırabilmesine göre belirlenir. Elekten geçen partiküllerin boyutları istenenden büyükse veya elekten geçmesi planlanan partiküller elekte tutuluyorsa verim azalır. Verimlilik ve kapasiteye elek açıklığı kadar beslenen madde de etki eder. Elek kurutucu madde ile daha iyi çalışır. Genellikle maddelerin olgunlaşma ve kurumadan sonra elekten geçirilmesi tercih edilir. Tıkanma ve madde yığılması olmaksızın kompostu elemek için nem muhtevasının %50 veya 45'ten az olması gerekir. Uygulamada maksimum nem muhtevası spesifik elek açıklığına bağlıdır.

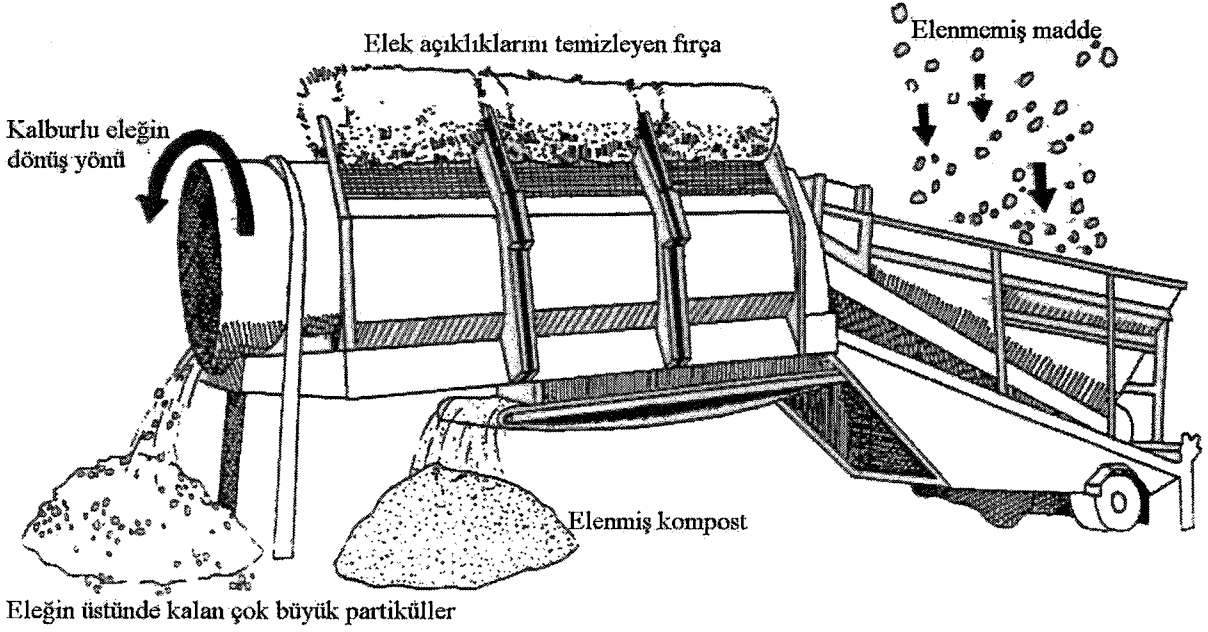
Parçalama ve karıştırma yapabilen eleklerde vardır. Böyle eleklerde elemeden önce madde tortularını parçalamak için aşındırıcı kayış veya çekiçler kullanılır.

Çeşitli tiplerde elekler vardır. Elekler genellikle kompost veya toprağa benzer diğer maddeleri ayırmak için kullanılır. Eleğin kapasitesi esasen kullanılan maddeye ve nem muhtevasına bağlıdır.

3.5.1 Döner kalburlu elekler

Döner kalburlu elek delikli döner bir silindirik haznedan oluşur(Şekil 3.13). Bu elekler genellikle bir besleme girişi ve konveyörden oluşur. Küçük partiküller deliklerden geçip konveyöre düşerken büyük partiküller silindirik hazne içinde kalırlar. Elek açıklıklarını

temizlemek ve tıkanmayı önlemek için kalbur yüzeyine döner fırça monte edilmiştir.



Şekil 3.13 Döner kalburlu elek(NRAES-54, 1992)

3.5.2 Çalkalamalı elekler

Çalkalamalı elekler ileri geri hareket ederek maddeyi elek boyunca sıçratırlar. Bu hareket sayesinde büyük ve küçük partiküller birbirinden ayrılır, tıkanmayı önler ve çok büyük partiküller elekten atılırlar. Çalkalamalı elekler besleme girişi, konveyör ve elekten oluşurlar. Tel örgülü, gözenekli panel tipinde elekler vardır.

3.5.3 Titreşimli elekler

Titreşimli elekler elemeyi salınım hareketiyle yaparlar. Salınım hızı çalkalamalı eleğinkinden daha fazladır. Salınım ve eleğin eğimi sayesinde çok büyük partiküller hareket ettirilirlar. Bu elekler endüstriyel proseslerde ince maddeleri(ıslak ve kuru) ayırmak için kullanılır ama özellikle kompost için yapılmış bazı modelleri vardır.

3.5.4 Esnek kayışlı elekler

Esnek kayışlı elekler dayanıklı malzemeden yapılmış yivli bir kayış kullanır. Diğer esnek kayışlı elekler dalga hareketi şeklinde hareket eden gözenekli kayışla çalışırlar. Bu hareketle maddeyi elek boyunca aşağıya doğru sıçratır.

3.5.5 Diskli elekler

Bu teçhizat üst üste yerleştirilmiş tırtık kenarlı diskler ile kaba maddeleri eleğin bir ucundan diğer ucuna taşır. Daha küçük parçalar ise diskler dönerken bu disklerin arasına düşer. Sıyırıcı diskler büyük parçaları ayıracak şekilde tasarlanmıştır.

3.5.6 Helezon ve oluklu elekler

Bu elekler maddeyi bir uçtan diğer uca taşıyan helezonlu delikli bir oluktan oluşurlar. İnce parçalar deliklerden geçerek aşağı düşerken kaba parçalar ise sona doğru aktarılır. Birden fazla helezonlu elekler çok farklı boyutlardaki maddeleri ayırmak için kullanılırlar. Bu teçhizatlar tahta kırıntılarından toprak ve ince maddeleri ayırmak için tasarlanmıştır.

3.5.7 Döner elekler

Bu tip elekler kullanılan maddeye göre seçilmiş delik boyutlarına sahip levha veya disklerden oluşur. Dönme hareketiyle çok büyük maddeler dışarıya atılır. Bu elekler bıçkışhanelerde talaşları daha büyük maddelerden ayırmak için kullanılır.

3.6 Kurutma

Kurutma ile kompostun nem muhtevası azaltılır. Eğer kompost alt malzemesi olarak veya saksı toprağında kullanılacak veya paketlenilecekse kompostun kurutulması çok önemlidir. Kurutmadaki esas amaç kompostun nem muhtevasını ideal aralık olan %35-45'e getirmektir. Kompostun nem muhtevası %45'den fazla olursa kompostu işlemek ve elemek zorlaşır. Nem muhtevası %35'den az olursa toz oluşumu artar.

Kompostun kuruması için havalandırılması veya bekletilmesi gerekir. Eğer kompostun kuruması isteniyorsa prosesinin son basamağında sıralı yığın en azından günde bir defa çevrilmelidir. Olgun bir kompostta yağmur suyunu kompostlamaya yetecek kadar ısı üretilmez. Bu noktada kuruma solar buharlaşmaya bağlıdır. Sıcak ve kuru havalarda buna alternatif olarak kompost doğal olarak kuruması için ince bir tabaka şeklinde yere serilebilir Yağmur bekleniyorsa kompost tekrar yığılmalıdır. Büyük konik yığınlar su geçirmez ve yağmurla absorbe edilen nemi azaltır.

Kompost karışımının nem muhtevasının yüksek olmasının nedenleri; ilk karışımın nem muhtevasının yüksek olması, ham maddelerin enerji üretmemesi, seyrek döndürme/karıştırma yapılması, kompost arazisinde drenaj problemleri olması, soğuk veya nemli hava koşullarıdır.

3.7 Paketleme

Paketli kompost açıkta satılan komposta göre daha pahalıdır. Paketleme ile ayrıca pazar müşterileri arttırılabilir. Küçük hacimlerde paket satışları için özel ekipman gerekmez. Zahmetli olmasına rağmen kürekle paketlenabilir. Paket tutacakları, bağlayıcı veya kapayıcıları kullanarak daha kolay ve hızlı çalışılabilir.

Yüksek hacimli operasyonlarda paketlemede sayalı valflar, teraziler, paket kapatıcıları ve konveyörler kullanılır. Satıcıların çoğu paketi ambalajladıklarından bir ambalaj makinesi de gerekebilir. Otomatik bir paket hattı toplam 50 000\$'a mal olmaktadır. Buna emek ve ürünü depolama dahil değildir.

Plastik bir pakette paketlenen kompostun nem muhtevası %35 veya daha az olmalıdır. Aksi takdirde hava geçirmez pakette bozunan kompost ekşiyebilir.

Kompost etiketlenmesinde üretici firma/kişi, kompostun özellikleri, saklama koşulları, üretim kodu, tarihi, kullanım amaçları, kullanma talimatları, halk sağlığı konusundaki ayrıntılar paket üzerinde belirtilmelidir.

4. KOMPOST PROSESİ YÖNETİMİ VE ARAZİ SEÇİMİ

4.1 Proses yönetimi

Uygun işletme koşullarında kompost koku, çevre problemi ve prosesle ilgili diğer sorunlar olmaksızın en kısa sürede üretilir. Ayrıca iyi bir yönetim için iyi bir madde seçimi ve teçhizat kullanımı gerekir. Diğer taraftan kötü yönetim kompost kalitesinin düşmesine, koku problemlerine, civar komşuların şikayetlerine neden olur. Komşular ve işletmeler arazide yapılacak uygulamalar hakkında bilgilendirilmeli, danışmalı ve eğitilmelidir. Komşular, halka açık işletmeler ve basınla iyi ilişkiler içinde olunmalıdır.

4.1.1 Güvenlik ve sağlık

Güvenlik ve sağlık önlemleri alınarak kompost tesisinde olası iş kazalarını önlenir. Kompostlama esasen tehlikeli bir operasyon olmamasına rağmen yaralanmalara karşı korunmak için bazı tedbirlerin alınması gerekir.

Kompostlama operasyonunda güvenlik kullanılan teçhizatla yakından ilgilidir. Eğer çiftlikte öğütücüler, önden yükleyiciler veya diğer standart çiftlik teçhizatları kullanılıyorsa göz ve kulaklar korunmalı, ve diğer güvenlik önlemleri alınmalıdır. Özel sıralı yığın döndürücülerini kullanılıyorsa ilave önlemler alınmalıdır. Özel döndürücülerin çoğunda yüksek hızlı harman dövenleri bulunduğu insan ve hayvanların bu teçhizattan korunması gerekir. Dövenler sıralı yığın boyunca dönerken yığın-sıralarında bulunan istenmeyen maddeleri arkadan dışarı atarlar. Bu nedenle bu teçhizatlara insanlar ve hayvanlar yaklaştırılmamalıdır. Arazideki teçhizat operatörleri ve işçilerin işletme makinelerinin çevresinde güvenliği sağlamaları gerekir.

Uygun nem muhtevalı kompost yanmadığından yangınlar açık havada yapılan kompostlama işleminde nadiren sorun çıkarırlar. Ama yığındaki madde kurursa ve sıralı yığın çok büyükse spontane yanma olabilir. Bu olay nem muhtevası %25-45 arasında olduğunda gerçekleşir. Yüksekliği 3,6m'den fazla olan yığınlarda kompost yığınının içinde tutulan ısı daha sonra spontane yanmaya neden olan kimyasal reaksiyonları başlatabilir. Bunu önlemek için nem muhtevası, sıcaklık ve yığın boyutu dikkatlice izlenmelidir.

Kompostun neden olduğu sağlık sorunları kompostlanan maddeye ve bireye bağlıdır. Çiftlikte hayvan gübrelerinde az miktarda patojen organizma insanlara tesir ettiğinden sağlık koruma tedbirleri alınmalıdır. Örneğin eller yiyeceklere, göze vs. dokunmadan önce yıkanmalıdır. İnsan atıkları kompostlanıyorsa bu tedbirler daha önemli olur. Kanalizasyon çamuru veya

septik hastalık yapıcı organizmalar içerir. Bu atıkların patojenlerden arıtılması için aerobik veya anaerobik çürütme, havayla kurutma veya kireçle stabilizasyon yöntemleriyle ön arıtılması gerekir. Yine de çamurla veya septikle temas halindeki kişiler bulaşıcı hastalık riskiyle yüz yüzedir.

Her insanın hastalıklara karşı direnci farklı olduğundan bazıları komposttaki organizmalara duyarlı olabilirler. Aktif kompostlama işleminde küf ve mantarlar duyarlı kişilerde alerjik reaksiyonlara neden olurlar. Tek kullanımlık kartuşlu toz maskeleri kullanılarak bu etkiler mümkün olduğunca azaltılır. Kişiyi enfeksiyon veya alerjik tepkiye yatkınlaştırabilen nedenler zayıf bağışıklık sistemi, alerjiler, astım ve antibiyotikler gibi bazı ilaç tedavileridir. Normalde bu koşullar altındaki işçiler kompostlama işlemine dahil edilmemelidir.

Kompost tesislerindeki spesifik önlemlerin nedeni *aspergillus fumigatus* mantarıdır. Bu mantar çürüten organik maddelerde bulunur ve kompost tesisinde işlenen herhangi bir maddede çoğalır. Bu mantar çoğu çiftlikte özellikle küflü samanda fazlaca bulunurlar. Eğer kompost kurur ve tozu solunursa bu organizmaların sporları çalışanlar için sorun yaratır. Enfeksiyon riskini azaltmak için özellikle kuru ve tozlu koşullarda tek kullanımlık solunum cihazları kullanılmalıdır.

4.1.2 Mevsim ve hava koşulları

Kompostlama soğuk iklimlerde yaklaşık bir yıl sürer. Mevsimlik varyasyonlar ve hava durumu varyasyonlarının neden olduğu koşulların telafi edilmesi veya avantaja dönüştürülmesi için operasyonel ayarlamalar yapılmalıdır. Havalandırılmalı statik yığın ve kapalı reaktör sistemleri hava koşullarından daha az etkilenir.

Soğuk hava koşulları yığınlar ve yığın-sıralarındaki ısı kaybını artırarak kompost işlemini yavaşlatabilir. Düşük sıcaklıklar mikrobiyal aktiviteyi en az sıralı yığının yüzeyine yakın yerlerde azaltır. Bunun sonucunda üretilen ısı miktarı azalır. Olağanüstü durumlarda bu sıcaklık düşüşü kompostlamayı geçici olarak durdurarak tüm sıralı yığının donmasına neden olur. Kış mevsiminde yığın-sıraları ve yığınlar daha fazla ısı tutması için birleştirilmelidir. Donmayı önlemek için yığın-sıralarının boyutu kaybettiği ısıdan daha fazla ısı üretecek büyüklükte(>1m) olmalıdır. Olgunlaşma periyodunda yığında daha az ısı üretildiğinden kompostlama soğuk hava koşullarında devam ediyorsa yığının yüksekliği 1,5 m olmalıdır.

Sıcak hava sıralı yığın yüzeyinde buharlaşmaya neden olarak su kaybını artırır. Sıralı yığın kompostlamasında döndürme sayısının artırılması daha fazla su buharlaşmasını sağlayarak

kompostu kurutur. Bu işlem kompostun daha kuru olması isteniyorsa avantajlı olabilir. Eğer yığın-sıraları aşırı kurursa su katılmalıdır.

Yağışlar kompostlamada nadiren sorun yaratır. Sıralı yığın kompostlama diğer metotlara oranla daha az etkilenir. Yağış veya karla gelen su yığın-sıralarında genellikle maddeleri doyurmadan yapısında tutar. Eğer yığın-sıraları istenilenden daha nemli olursa fazla nemi buharlaştırmak için daha fazla döndürme gerekir. Yağışlar en fazla arazi koşullarını etkiler. Yağmur suyu zeminin çamurlaşmasına ve toprağın yumuşamasına neden olarak teçhizatla çalışmayı zorlaştırır. Sıralı yığın/yığınların tabanındaki su birikintileri anaerobik koşullar oluşturabilir. Bu nedenle arazide drenajın önemi büyüktür.

Hava koşullarıyla beraber mevsimsel değişiklikler ham maddelerin kolay bulunabilirliğini ve kompostun kullanımını etkiler. Kompost mevsimsel kullanılır ve genellikle depolama gerektirir.

4.1.3 Proses takibi ve arıza giderimi

Temelde kompost işlemini izlemek için sıcaklık ve koku parametreleri yeterlidir. Sıcaklık ve koku kompostlamanın durumunu gösteren en önemli indikatörlerdir.

Arazide bir miktar koku olabilmesine rağmen çok keskin kokuların olması prosesin yanlış gittiğine yani anaerobik koşulların varlığına işaret eder. Bu durumda yığın-sıralarını döndürme veya havalandırma gerekebilir. Ham maddelerin yanlış işlenmesi koku oluşumuna neden olur. Her koşulda operatörler kokuyu dikkatlice izlemeli ve kaynağını belirledikten sonra bu sorunu önlemelidir.

Kompostlama sırasında oluşan ısı mikrobiyal aktivite ile doğrudan ilgili olduğundan sıcaklık kompostlama prosesinde en fazla dikkat edilmesi gereken parametredir. Anormal derecede düşük sıcaklıklar aerobik mikrobiyal aktivitenin azaldığını gösterir. Bu durum proseste oksijenin azaldığını veya düşük nem muhtevası veya donma yüzünden prosesin yavaşladığını gösterir. Ama bir çok durumda bunun nedeni oksijenin azalmasıdır. Bu yüzden yığında sıcaklık düştüğünde havalandırma veya döndürme yapılmalıdır. Yüksek sıcaklıklarda(60°C) yığını soğutmak amacıyla döndürme veya havalandırma yapılır.

Sıralı yığının sıcaklığı döndürmeden sonra eski sıcaklığına gelmezse ya proses bitmeye yakındır veya bir problem vardır. Düşük sıcaklıklar ve koku oluşumu maddelerin çok nemli olması veya yetersiz karıştırılmasından kaynaklanan oksijen eksikliğini işaret eder. Yığının bazı bölümlerinde sıcaklık düşükken bazı bölümlerinin iyi ısınmış olması normal değildir.

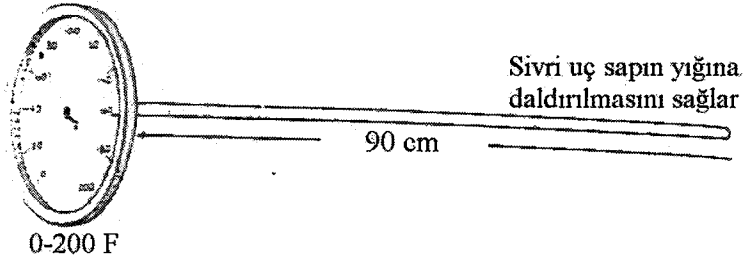
Bunun nedeni yeterli karıştırmanın yapılmaması ve kısa hava devri veya yığının farklı kısımlarının farklı sürelerde kompostlanmasıdır. Düşük sıcaklıklar aynı zamanda ortamda nem muhtevasının düşük olduğunun da bir göstergesidir(Ek 2).

Kompost yığınlarındaki problemlerin yaygın nedenleri,(Seekins, 1997);

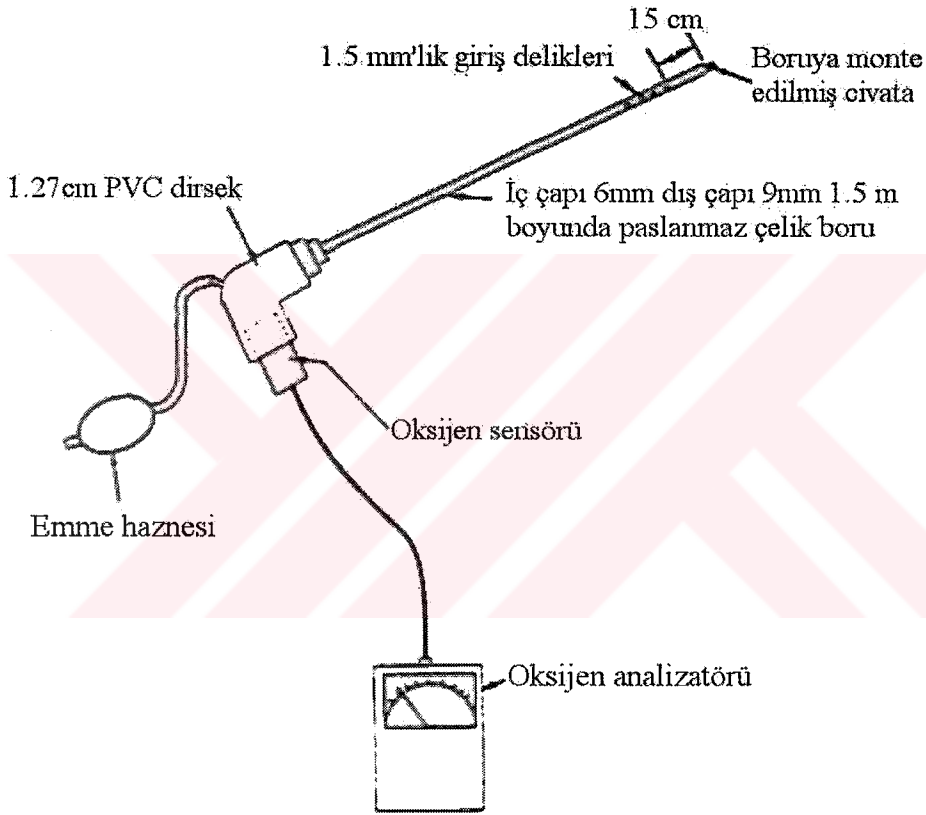
- İlk karışımın ham yoğunluğunun(d_h) yüksek olması;
 $d_h < 593 \text{ kg/m}^3$; uygun
 $593 < d_h < 712 \text{ kg/m}^3$; sık döndürme gerektirir
 $d_h > 712 \text{ kg/m}^3$; karışıma düşük yoğunluklu madde eklenir
- Yığının sıkışması/çökmesi; Yığının büyüklüğüne ve gözle muayeneye göre belirlenir. Yığın çökmüşse yığın döndürülür veya kabartılır.
- C:N oranının çok düşük veya çok yüksek olması; Karışım oranları belirlenirken ayarlanır.
- Uçucu katı/organik madde çok düşük; İlk karışımda %40'dan düşük olması yığın sıcaklığının düşmesine neden olur.
- Nem muhtevası çok yüksek; %60'dan büyük olması anaerobik koşulların oluşmasına neden olur
- Nem muhtevasının(NM) çok düşük olması;
 $NM < \%40$; proses yavaşlar
 $NM < \%20$; proses durur, amonyak oluşur
- pH çok yüksek; $> 8,5$, NH_3 oluşumu, mikroorganizmaları inhibe etme
- pH çok düşük; $< 5,5$, mikroorganizmaları inhibe eder, kompostlama yavaşlar
- Besi maddesinde yağ olması (özellikle balık atıkları); keskin ve kötü kokusu vardır
- Fazla basınçla havalandırma yapılması

Operatör prosesi iyice kavrayana kadar sıcaklığı izlemeli ve en azından her gün kaydetmelidir. Sıcaklık kaydında kullanılan formlar Ek 3'te gösterilmektedir. Günlük sıcaklık ölçümleri sıralı yığın veya yığınların olgunlaşırken sıcaklık eğilimlerini gösterir ve döndürme/havalandırmanın ne kadar sıklıkta yapılması gerektiği hakkında fikir verir. Normal bir sıcaklık şablonu elde etmek için birkaç yığının kompostlanması gerekir. Sıcaklık şablonundan sapmalar düzeltilmesi gerekli problemlerin olduğunu gösterir.

Sıcaklık izlemek için kadranlı termometreler tavsiye edilir. Termometre sıcaklığı $-15-40^\circ\text{C}$ arasında olmalıdır. Sivri uçlu sap sayesinde termometre yoğun madde yığınlarına kolayca itilir(Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Sıralı yığın sıcaklığını izlemek için kullanılan kadranlı termometre(NRAES-54, 1992)



Şekil 4.2 Oksijen analiz teçhizatı(Richard ve Dickson, 1990)

Oksijene duyarlı teçhizat kompost prosesinin izlenmesinde ve arızanın tetkikinde nadiren kullanılır. Oksijen ölçümleri kompost yığınları içindeki oksijen seviyesini doğrudan gösterdiğinden kompostlama prosesinin durumu hakkında bilgi verir. Aerobik kompostlama için oksijen seviyesinin %5 civarında olması istenir. Oksijene duyarlı teçhizat sıcaklık ölçen cihazlara göre daha pahalı ve komplekstir(Şekil 4.2). Sıcaklık uygun proses koşullarının saptanması için yeterlidir.

4.1.4 Koku kontrolü ve arıtımı

Koku problemleri kompost prosesini etkileyen en önemli tehdittir. Koku şikayetlerini önlemek için komşular ile kompost tesisi arasındaki mesafeyi arttırmak gerekir. Bu her zaman mümkün olmadığından kokunun kontrol edilmesi veya en azından kokunun izlenmesi gerekir.

Teoride aerobik kompostlamada kokulu bileşikler oluşmadığı anaerobik proste olduğu kabul edilir. Ama bazı ham maddelerden veya uygun olmayan proses koşullarından dolayı istenmeyen kokular oluşabilir. Kompost tesisinde koku oluşturan kaynaklar kokulu ham maddeler, N muhtevası yüksek maddelerden kaynaklanan NH_3 ve sıralı yığınlardaki anaerobik koşullardır.

Anaerobik koşullar arazide doğru yönetim ile en aza indirilebilir. Bu yönetim ham madde karışımlarının iyice karıştırılması, nem muhtevası çok yüksek maddelerin kullanılmaması, sıcaklıkların izlenmesi ve maddeleri düzenli olarak döndürülmesi veya havalandırılmasıyla yapılır. Teçhizat veya nemli hava koşulları nadiren sorun yaratır. Keskin NH_3 kokularını önlemek için karışıma C eklenmeli ve pH 8,5'un altında muhafaza edilmelidir.

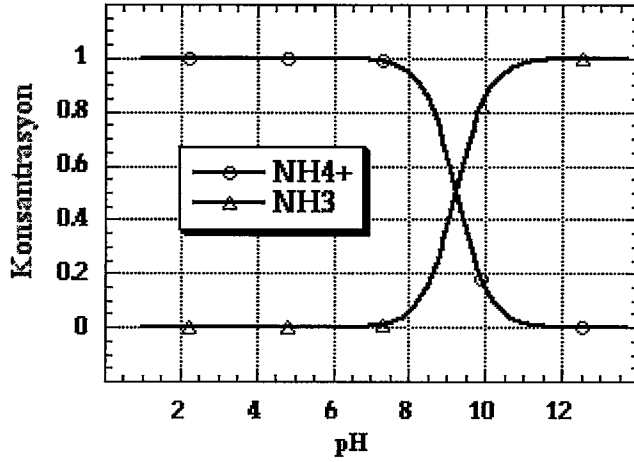
Kompost arazisindeki kokunun en büyük kaynağı keskin kokulu maddelerdir. Koku araziye maddelerle gelir ve maddeler kompostlanana kadar devam eder. Talaş tozu, yapraklar, hasat atıkları ve taze yatak malzemeleri gibi maddeler çok az veya hiç koku oluşturmazlar. Buna karşılık kanalizasyon çamurları, sıvı gübre ve balık atıkları koku problemi oluştururlar.

Kompostlamadan kaynaklanan kokulu bileşikler beş kısma ayrılır(NRAES-114, 1999):

- **Azot:** NH_3 , aminler ve indoller bu gruba girer. NH_3 aerobik ve anaerobik ayrışmadan oluşur. Amonyanın kokusu pH 7,5 dan büyük olduğunda fark edilir. Yüksek pH'da NH_4^+ koku yayan gaz NH_3 'a dönüşür. Bu denge bağıntısı aşağıdaki gibidir.



Ayrıca amonyağın yoğunluğu havanın yoğunluğunun %60'ı olduğundan yani daha hafif olduğundan kolayca dağılır ve alçak arazilerde çökelmez. Aminlerin kokusu balık kokusuna benzer. Eğer C:N oranı 20'den azsa yani azotça zenginse aerobik çözünmeyle NH_3 oluşur. Diğer azot kaynağı bileşen indollerdir. Bunlar insan ve hayvan atıklarının bozunmasıyla oluşur.



Şekil 4.3 NH₃ ve NH₄ konsantrasyonları ile pH arasındaki denge(Sawyer ve McCarty, 1978)

- **Sülfür:** H₂S, organik sülfürler ve merkaptanlar bu gruba dahildir. H₂S'nin kokusu çürük yumurta gibidir. H₂S'nin yoğunluğu havadan fazla olduğundan alçak arazilerde çökelirler. Dimetil sülfür ve dimetil disülfür gibi organik sülfürlerin kokusu sarımsağımsı veya leş kokusu gibidir. Diğer sülfürlü maddeler merkaptanlardır(metil merkaptan ve etil merkaptan). Merkaptanlar pırasa veya çürük lahana gibi kokarlar. pH'ı 6'dan büyük olan yığınlarda H₂S ve merkaptanlar oluşur. Aerobik bozunma ile bu sülfürler kokusuz sülfatlarına indirgenir.
- **Uçucu organik asitler:** Asetik, propiyonik ve bütirik asitler bu gruba girer. UOA'lar yağ asitlerinin aerobik veya anaerobik koşullarda bozunmasıyla oluşur. Aerobik koşullar altında UOA'lar kolaylıkla CO₂ ve suya okside olurlar. Anaerobik koşullarda UOA'lar hızlı bozunmazlar. Kokuları kusmuk gibidir. Yığındaki oksijen konsantrasyonu %3'ten az olduğunda UOA birikimi olur.
- **Terpenler:** Terpenler tahta yongaları veya testere talaşının kompostlama sırasında bozunmasıyla oluşur. Terpenler tahta yongalı olgunlaşma yığınlarda sorun yaratırlar.
- **Diğer organikler:** Aldehitler, ketonlar ve alkoller bu gruba girer. Bu bileşikler biyokatılar ve yemek parçalarının bozunması sırasında oluşur ve diğer maddeler kadar koku oluşturmaz.

Bunlardan en yoğun kokulu olanlar organik sülfürlerdir. Bundan sonra sırasıyla merkaptanlar, indoller, aminler, organik asitler, amonyak ve terpenler gelir (NREAS-114, 1999).

Kokuyu en aza indirmenin anahtarı maddeleri mümkün olan en kısa sürede kompostlamak ve

aerobik koşulları muhafaza etmektir. Bu bazen gözenekli bir karışım ve koku absorblayıcı manto malzemesi kullanılması ve/veya ayrı sıralı yığın/yığınlarının ekstradan havalandırılması gibi özel şartlar gerektirir. Bu şartların prostedeki koku giderilene kadar korunması gerekir. Yığın-sıraları pasif hava değişimiyle havalandırıldığından karışımın porozitesi yığın-sıraları için önemlidir. Keskin kokulu maddeler gözenekli bir karışım elde etmek için düzenleyicilerle karıştırılmalıdır. Koku azaldıktan sonra bu karışım diğer maddelere eklenebilir.

Ayrıca koku oluşumu ham maddenin doğru seçimiyle de önlenir. Örneğin havalandırılmalı kompost yığınlarının üzerine koku absorblaması için nihai kompost veya turba yosunu örtülmesi. Ayrıca büyük miktarlarda testere talaşı, kompost veya turba yosunu içeren karışımlar koku absorpsiyonu sağlar.

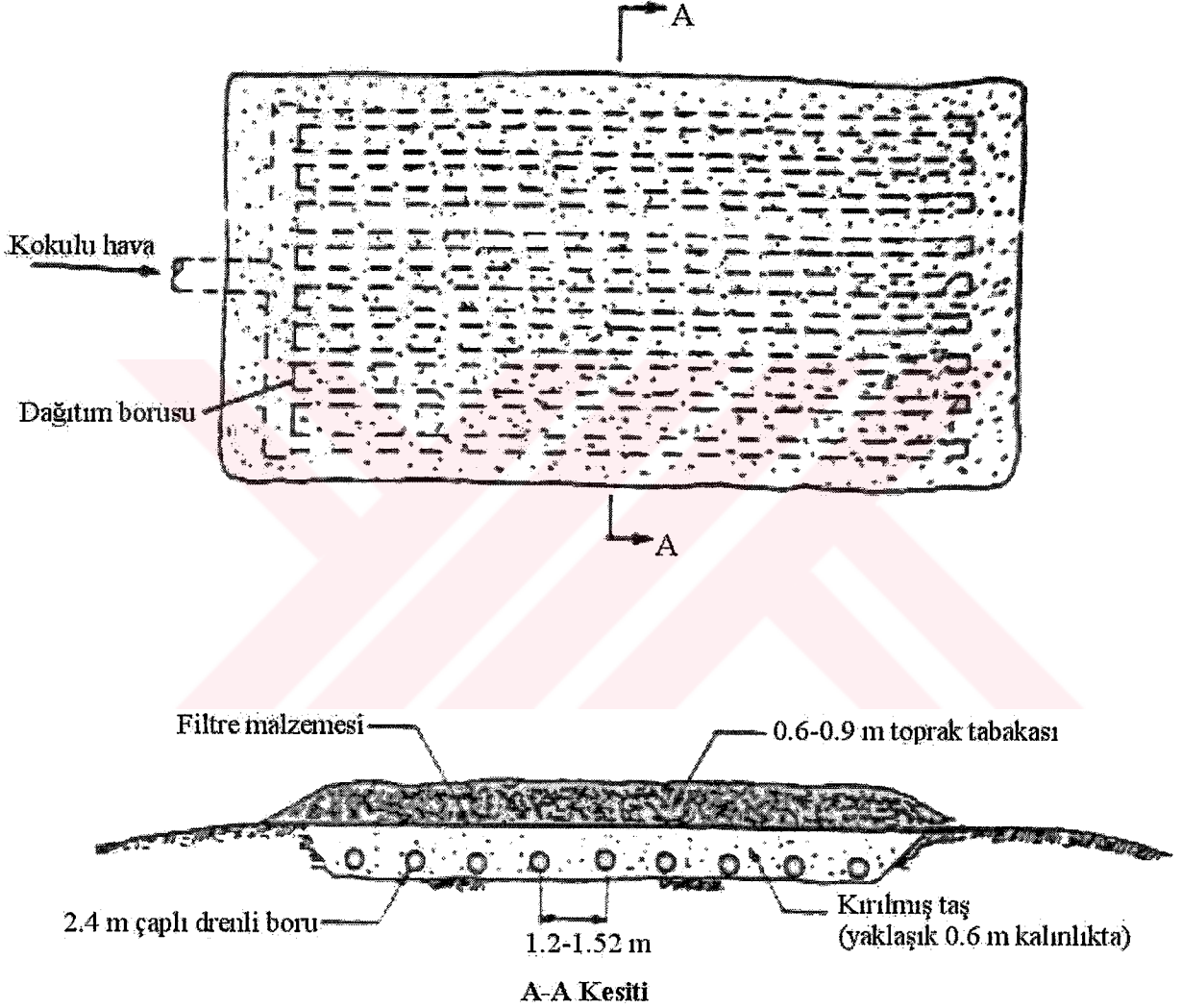
Kompost kokusunu kontrol etmek için koku absorblayıcı çeşitli kimyasallar kullanılır. Bunların verimleri genellikle kısıtlı ve fazla miktarda kullanıldıkları için maliyetleri fazladır. Mikrobiyal aktiviteyi azaltarak kokuyu önlemek için pH'nın 10'dan fazla olması gerekir. pH'ı bu seviyelere çıkarmak için fazla miktarda kireç gerekir. Bu sıklıkla kanalizasyon çamurlarına uygulanır. Bununla beraber etkisi geçicidir ve yüksek pH amonyak oluşumunun artmasına ve kokuya neden olduğundan kireç durumu daha da kötüleştirir.

Sıralı yığın kompostlaması sırasında koku sıralı yığında tutulur. Sıralı yığın döndürüldüğünde koku bırakılır. Döndürme sıklığını azaltarak koku kontrol altına alınmaya çalışılmamalıdır. Bu sorunu daha da şiddetlendirir. Sıralı yığın ne kadar az döndürülürse içinde biriken koku o denli artar ve dolayısıyla yaydığı koku daha ağır ve keskin olur. Bu nedenle prosesin ilk başlarında yığınları daha sık döndürerek en az koku oluşumunu sağlamak en iyisidir. Eğer koku hala rahatsızlık veriyorsa maddelerin karışımdaki oranları değiştirilmeli, kokulu maddeler kullanılmamalı veya kompost metodu değiştirilmelidir.

Basınçla havalandırma yapılan kompost tesislerinde koku kontrolü daha kolaydır. Yığını veya reaktörü terk eden hava koku absorblayıcı filtrelere yönlendirilir. Havalandırılmalı statik yığın kompostlamasında filtre olarak nihai komposttan oluşturulmuş yığın kullanılabilir. Ayrıca bu iş için koku absorblama kapasitesi yüksek olduğundan turba yosunu da kullanılabilir. Kokuyu filtrelemek için kullanılan yığının nemlenmeden, porozitesini kaybetmeden ve koku oluşmaya başlamadan değiştirilmesi gerekir.

Diğer koku filtreleme sistemlerinde kompost yığından çıkan hava toprak altına yerleştirilmiş dren borularına veya turba yosununa verilerek filtrelenir(Şekil 4.4). Toprak

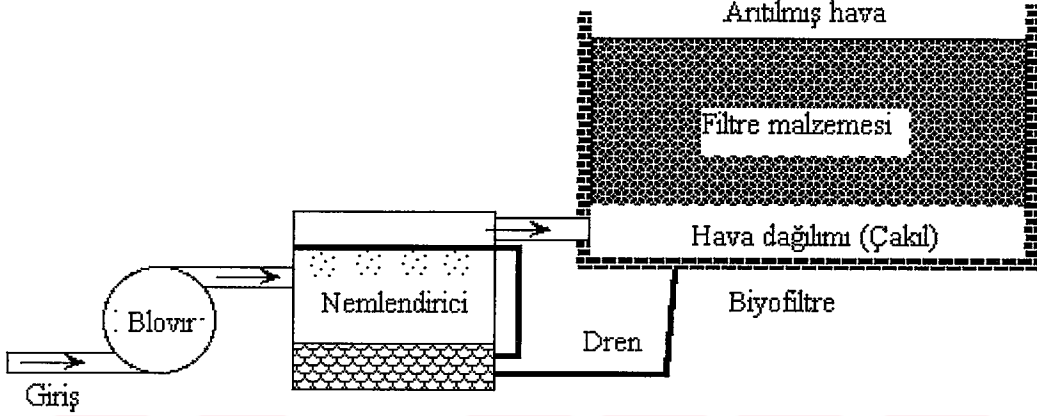
filtresinde 60 cm kalınlığında kırılmış taştan oluşan bir taban içine dren boruları 1,2-1,5m aralıklarla yerleştirilir. Bunun üzerine filtre malzemesi en üste ise 60-90cm kalınlığında toprak örtülür. Borulara verilen kokulu hava bu filtre malzemesi ve topraktan geçerken filtrelenir. Toprak filtresinde lineer gaz hızı 0,5-1m/sn, statik gaz basıncı 250mmHg'den büyük, gaz sıcaklığı 5-40°C, toprağın sıcaklığı 20-37°C, toprağın pH'ı 7 olmalı ve gaz ve toprak nemli(%40-70) olmamalıdır (Shoda, 1991).



Şekil 4.4 Toprak filtresi ile koku giderimi(International Process Systems)

Koku arıtımı için biyofiltrasyon hem en ucuz hem de en etkili arıtma olduğundan kompost endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır(Şekil 4.5). Biyofiltre sisteminde hava blovırlarla bir hazne içine basılır(Şekil 4.5). Bu haznede havaya su ilave edilerek nemlendirilir. Soğumuş ve nemlenmiş proses havası tabanında gözenekli borular bulunan filtrasyon yatağına verilir. Filtrasyon yatağında kompost, toprak ve turba kullanılır. Bazen poroziteyi arttırmak için çakıl

gibi biyolojik olarak inert maddeler ile karıştırılırlar. Biyofiltre yatağının derinliği 1-1,5m arasında olmalıdır. Daha sığ yataklarda gaz kısa çevrime maruz kalırken daha derin yatakları nemli tutmak zorlaşır. Biyofiltre ile amonyak ve uçucu organik bileşikler(sülfür bileşikleri ve aminler) dahil kompostlamadan kaynaklanan tüm kokular arıtılabilir.



Şekil 4.5 Biyofiltre ile koku giderimi(Richard, 2000)

Biyofiltre tasarımında birim yüzey alanı başına düşen hava debisi önemlidir. Biyofiltredeki hava debisinin 0,005-0,0025m/sn arasında ve genellikle 0,015-0,02m/sn arasında olması tavsiye edilir (Williams ve Miller, 1992).

Eğer tesis kapalı bir yapı içindeyse koku kontrolü için iki seçenek vardır. Yapı için havalandırma sistemi havayı toplanıp koku arıtma sistemine gönderilebilir. İkincisinde havalandırma sistemi dışarıdaki temiz havayla yapı içindeki kokulu havayı seyreltir.

Yığın-sıralarının döndürülmesi, karıştırılması ve kokulu ham maddelerin taşınması koku oluşturur. Bu nedenle bu aktivitelerin mümkün olduğunca programlı yapılması gerekir. Yığın-sıraları sıcak günlerde, tatillerde ve hafta sonlarında döndürülmemelidir. Genelde rüzgarlı koşullar ve sabahın erken saatleri daha uygundur. Rüzgar yönü izlenir ve eğer rüzgar yönü civar komşulara doğruysa koku yayabilecek işlemler ertelenir.

Ham maddelerin depolama süreleri mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Depo yığınları kontrol altında ve kuru koşullarda muhafaza edilmelidir. Arazide anaerobik aktiviteli su birikintilerinin oluşması önlenmelidir. Çimle kaplanmış infiltrasyon alanı veya diğer uygun teknikler kullanılarak araziden kaçan suyun bertaraf edilmesi gerekir. Kokunun fazla taşınması önlenir. Uygun havalandırma, pH ve sıcaklık kontrolü ile iyi bir kompostlama

sağlanmalıdır.

Genellikle koku arıtma tedbirlerine son çare olarak başvurulur. Çünkü bunlar pahalı ve kısmen etkili olabilirler. Uygun ham madde seçimi ve yönetimi yaparak kokuyu önlemek daha iyi ve çiftlikte kompostlama işlemleri içinde daha uygundur.

4.1.5 Azotun tutulması

Ham maddelerin komposta dönüşümü sırasında N oldukça fazla tüketilir. Bu nedenle kompost yığınındaki azotu tutmak gerekir. N tutmanın ilk sebebi kompostun değerinin yapısındaki N muhtevasına göre belirlenmesi ikinci sebebi ise NH_3 oluşumunu azaltarak koku oluşumunun önüne geçmektir.

Kompost prosesi sırasında N kaybının hemen hemen hepsi organik azot bileşiklerden oluşan NH_3 salıverilmesi sonucu oluşur. Anaerobik koşullarda azot gazının(N_2) üretilmesiyle yapılan denitrifikasyonla biraz daha N kaybı olabilir. Denitrifikasyonla N kayıpları az olmasına rağmen anaerobik koşulların azalmasını sağlar.

Mikroorganizmalar yeni hücre duvarı için gereken azotu karşılamak amacıyla azotun organik kaynaklarını basit bileşiklere parçalarlar. Azotun bir kısmı amonyağa çevrilir. Eğer azot harcandığından daha hızlı oluşursa NH_3 birikimi olur. Neticede NH_3 havadan daha hafif olduğundan sıralı yığın veya yığından kaçar.

Amonyak kontrolünün en iyi yolu azot muhtevasını uygun seviyede tutmaktır. Mikroorganizmalar azotu karbon ile orantılı kullanırlar. Bu nedenle yüksek C:N oranı amonyak kaybını önler.

Kompostta amonyak iki şekilde bulunur; gaz amonyak(NH_3) ve kompost yığını içinde çözülmüş halde bulunan amonyum iyonu(NH_4^+). Bunların oranları yığındaki koşullara göre belirlenir. Yüksek pH amonyak oluşumuna neden olur. Fazla amonyak oluşumunu önlemek için karışımın ilk pH'ı nötrale yakın olmalı ve 8,5'dan fazla olmamalıdır.

Karıştırma, basınçlı havalandırma ve döndürme yığın-sıraları/yığınlardan amonyağın kaçmasını hızlandırır.

Amonyanın statik veya pasif yığınlardan atmosfere kaçmasını önlemek için yığın üzeri kompost veya turba yosunu ile örtülür. Bu tabaka amonyağı bünyesinde tutarak dışarı kaçmasını önler. Daha sonra dış tabakadaki daha serin ve daha stabil çevrede amonyak, azotun daha az taşınabilir formuna dönüştürülür.

4.1.6 Aktif kompostlamanın ne zaman bittiğini belirleme

Aktif kompostlamanın bittiği nokta kompostun nihai kullanımı ve arazideki boşluğa bağlıdır. Bu faktörler kompostun kullanılmadan ve olgunlaşmadan önce ne kadar stabil olduğu belirler.

Minimum ayrışma miktarı kompostun aşırı ısınmadan veya koku oluşturmadan süresiz depolanmasına izin verecek seviyede olmalıdır. Sıcaklığın düşmesi aktif kompostlamanın bittiğini gösteren en güvenilir parametredir. Sıralı yığın kompostlamada döndürmeden sonra kompostun tekrar ısıtılmaması ayrışmanın kompostun olgunlaşmasını sağlayacak seviyede olduğunu gösterir. Basınçlı havalandırmada sıcaklık nispeten düşük veya yavaşça azalıyorsa bu kompostun olgunlaşmaya hazır olduğunu gösterir. Bu küçük bir kompost numunesini tamamen ıslatıp kapalı plastik bir torbaya koyarak ve torbayı oda sıcaklığında muhafaza ederek anlaşılabilir. Eğer bir haftadan sonra kompost kötü kokular yaymıyorsa bu bize kompostun stabil olduğu gösterir.

Kompostun sadece koyu kahve renginde ve toprak gibi kokması kompostlamanın bittiğini belirlemek için yeterli değildir. Bu kaliteler nispeten prosesin ilk aşamalarında stabiliteye erişilmeden önce oluşur. Ham veya bitmemiş kompostun bitkilere zamanından önce uygulanması ürünlere zararlı hatta fitotoksik etki edebilir. Son sıcaklık düşüşünde aktif kompostlamanın bittiğini kabul etmek ve daha sonra kompostu kullanmadan önce bir ay veya daha fazla olgunlaştırmak tedbirlidir (NRAES-54, 1992).

Kompost olgunlaşma yığınlarında yavaşça ayrışmaya devam eder. Esas dikkat edilmesi gereken konu olgunlaşma yığınlarında sıcaklığın yüksek ve anaerobik koşulların olup olmadığıdır. Eğer kompost arazisinde yeterli alan yoksa aktif kompostlama süresinin mümkün olduğunca kısa tutulması ve sıra yığınlar için bir yapı oluşturulması daha avantajlıdır. Bu durumda kompostlama süresi, kısmen kompostlanmış yığını olgunlaşma yığınlarına naklederek veya kompostlamanın tamamlanması için araziye yığılarak kısaltılabilir. Olgunlaşma yığınlarının boyutu doğal hava akımını sağlayacak büyüklükte olmalı, sıcaklığı ve kokusu izlenmelidir. Kompost tamamıyla olgunlaşmadan satılmamalı veya kullanılmamalıdır.

4.1.7 Kompostun çiftlik hayvanlarında ve kümeslerde altlık olarak kullanılması

Kompost ahırda altlık ve kümes hayvanlarında samanla karışık kullanılabilir. Kompostun işlenmesinin kolay olması, yüksek nem tutma kapasitesi ve kompost prosesi sırasındaki yüksek sıcaklıklardan dolayı patojen seviyesinin az olması nedeniyle iyi bir altlıktır. Altlık, zeminde kuruluk sağlayan kuru absorbant bir maddedir. Kompostun çiftliklerde altlık olarak

veya samanla karışık kullanılması bazı avantajlar sağlar.

Nem absorpsiyonu altlık malzemeleri için anahtar bir işlemdir. Yaygın olarak kullanılan alt malzemelerinin nem absorblama kapasitesi 1,5 ile 4,5 arasında değişir(Çizelge 4.1). Kıyas için %40 nem muhtevalı 1kg kompost 1,5-2,5 kg su absorblar.

Çizelge 4.1 Yaygın kullanılan yatak malzemelerinin su absorblama kapasitesi (NRAES-54, 1992)

Malzeme	kg su/kg altlık
Kompost (%30-50 nem)	1,5-2,5
Sert ağaç-talaş, yonga veya kırıntı	1,5
Yapraklar	1-2
Yer fıstığı	2-2,5
Çam –talaş, kırıntı	2,5-3
Çam –yonga	1,7-2,6
Saman veya nem (kırılmış)	3-4,5
Saman veya nem (kırılmamış)	2,1-3,8

Kompost eğer alt malzemesi olarak kullanılacaksa stabil ve kuru yani nem muhtevasının %50'den az olması gerekir. Kompostun nem muhtevası azaldıkça su tutma kapasitesi arttığından hayvanların altı daha kuru tutulur. Kompostu kurutmak için kompostlama süresi artırılır ve/veya kapalı depo alanı ve kompostlama sırasında daha sık havalandırma gerektirebilir. Bununla beraber çok kuru yani nem muhtevası %35'ten az olan kompost toz problemi yaratır. Hastalık riski ve patojenleri yok etmek için gereken sıcaklık ve süre değerlerine bağlı kalınmalıdır.

4.2 Arazi seçimi ve çevresel güvenirlilik

Bir zirai kompost tesisi çevresel risk, koku ve gürültüyü önlemesi dışında kompostlama için yeterli arazi ve tüm hava şartlarında kompostlamaya olanak sağlayacak şekilde olmalıdır. Arazi planlama uygun arazinin saptanması, kompost metodunun araziye uyarlanması, arazinin

yeterli büyüklükte olması, yüzeysel akışın önlenmesi ve kirlilik kontrol tedbirlerinin alınması uygulamalarını kapsar.

Hükümetlerin uyguladığı arazi düzenleme ile ilgili şartlara ek olarak kompostlama işlemine başlamanın komşuların ve yerel görevlilerinin ilgisini arttıracak unutmamak önemlidir. Bu grupların kompost hakkında eğitilmeleri gerekir.

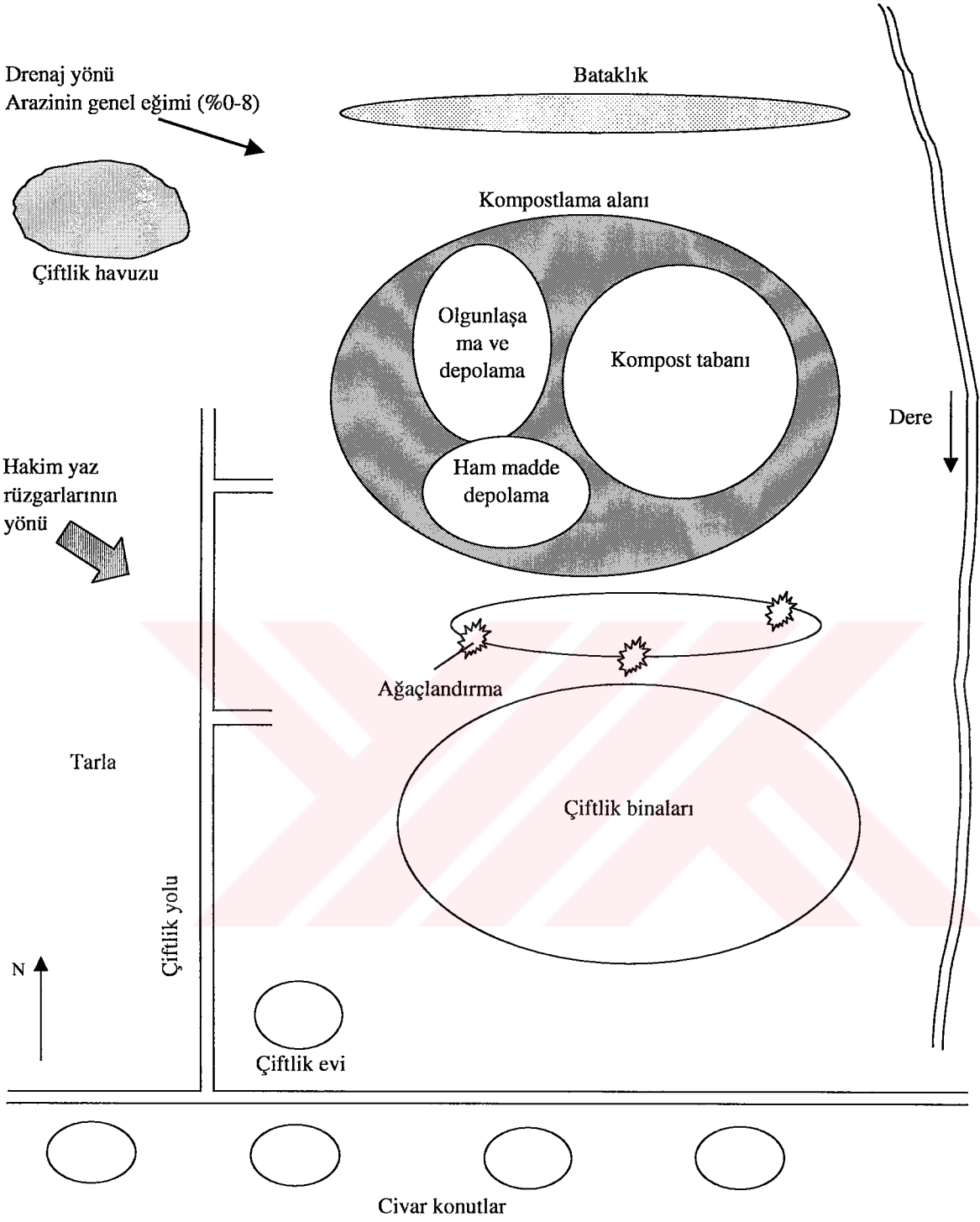
4.2.1 Arazi seçimi

Kompost arazisinin konumu araçların kolay giriş-çıkışını, en az taşıma mesafesinde en verimli madde işlemeyi sağlayacak, değişken hava koşullarında(yağmur, kar, çamur) araçların çalışmasını önlemeyecek kuvvetli bir tabana sahip olmalıdır.

Çiftliklerde kompostlama için en uygun yer genellikle ahır yakını veya gübre deposudur. Arazinin uygunluğunu saptarken arazi büyüklüğü, civar komşulara yakınlık, görünürlük, drenaj ve sızıntı suyu kontrolü gibi özellikler göz önünde bulundurulmalıdır. Her zaman çiftlikteki en iyi alan kompostlama için en uygun alan olmayabilir. Arazinin uygun eğime getirilmesi veya drenaj suyunun toplanması gibi modifikasyonlar gerektirebilir.

Kompost tesisi okullar, hastaneler gibi hassas bölgelere yakın olmamalıdır. Kompost tesisi civar mülklerden uzak olmalı ve görülmemelidir.

Kompost tesisinin arazi kullanımını gösteren bir ön krokisi yapılmalıdır. Hakim rüzgar yönü, trafik akışı, arazi eğimi, sızıntı suları, çevredeki arazi kullanımları, bataklık ve su kaynaklarının yerleri bu krokide belirtilmelidir. Şekil 4.6'de gösterilen diyagram örnek bir kompost arazisini göstermektedir.



Şekil 4.6 Örnek arazi yerleşim planı(NRAES-54, 1992)

4.2.2 Ayırma mesafeleri

Kompost işlemleri ile akarsular, su kaynakları ve civar komşular arasında belirli bir mesafe yani tampon bölge olmalıdır. Tesis civarında tampon bölgeler bırakılması su kalitesi, koku ve ekipman gürültüsü kontrolünü sağlar(Şekil 4.7).

Çizelge 4.2 Tavsiye edilen minimum ayırma mesafeleri

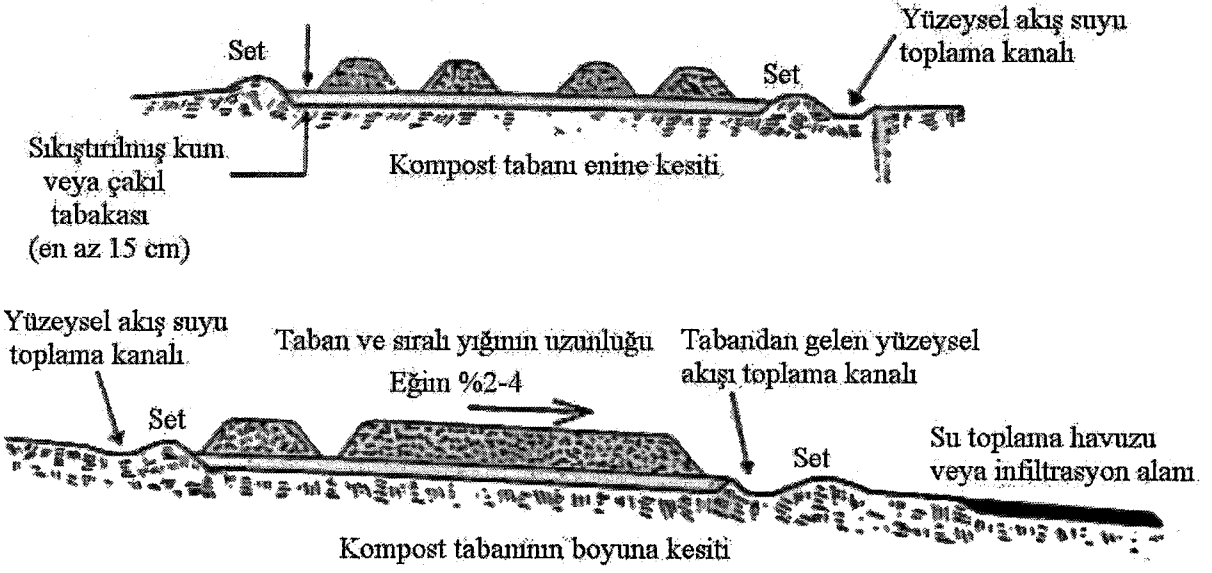
Hassas alan	En az mesafe (m)
Özel mülklere	15 (152 ideal)
Konut veya işyerleri	60 (610 ideal)
Hususi kuyu veya diğer içme suyu kaynakları	30-60
Bataklık veya yüzeysel su kaynakları(dere, göl, gölet)	30-60
Doğal su kaynağına dökülen yer altı drenaj borusu veya drenaj hendeği	8
Su seviyesi(mevsimsel yükseklik)	0,6-1,5
Dip kaya	0,6-1,5

4.2.3 Drenaj kontrolü

Kompostlamanın yapıldığı arazinin drenajı iyi olmalıdır. Kötü drenajlı araziler suyun göllenmesine, kompost maddelerinin doymuşlaşmasına, arazinin çamurlaşmasına, arazide yüzeysel akışın artmasına ve toprağın nütrientlerini kaybetmesine neden olur. Kompost alanının çamurlanması tesis işletmecilerinin şikayet ettiği en büyük sorundur. Arazinin çamurlanması teçhizat hareketini engelleyerek kompost prosesini aksatır.

Kompost alanının orta veya iyi drenli olduğu yerlerde konuşlandırılması gerekir. İdealde arazide az miktarda kay olması istenir. Çünkü kayalar kompostlanan maddelere karışıp ekipmana zarar verebilir. Eğer arazide çamur problemi muhtemelse kompost tabanının üstü, sıkıştırılmış çakıl veya kumla örtülmelidir.

Suyun göllenmesini önlemek için kompost arazisindeki eğim en az %1 olmalıdır. Ama idealde eğimin %2-4 arasında olması istenir. Eğimi %7'den fazla olan araziler yüzey akışı ve toprak erozyonuna neden olabileceğinden tavsiye edilmez. Sıralı yığınlar ve yığınların eğimi taban eğimi ile aynı yani tabana paralel olmalıdır(Şekil 4.8).

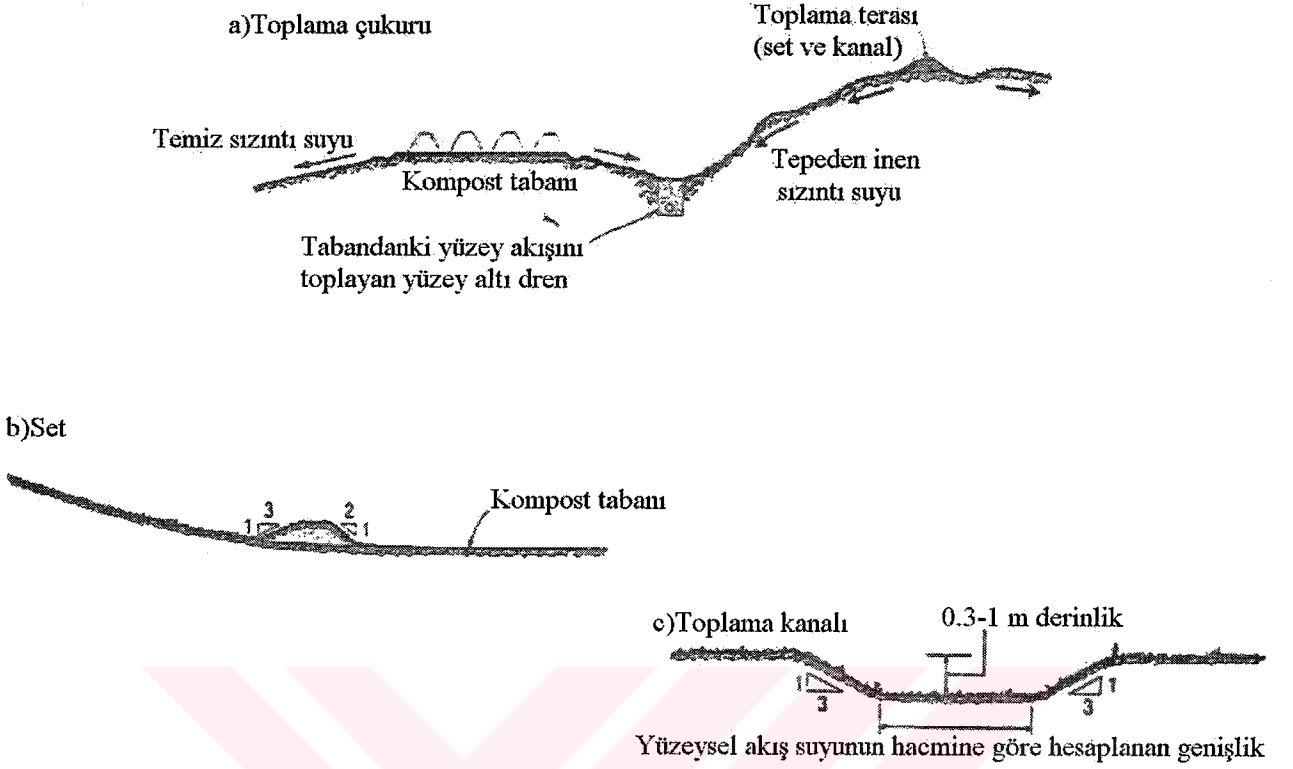


Şekil 4.8 Kompost tabanının yapısı ve drenajı (NRAES-54, 1992)

Arazi eğimi erozyona sebebiyet vermeden sızıntı suyunu toplayacak şekilde olmalıdır. Kompost alanında oluşan sızıntı suyu doğrudan otlığa, tarlaya veya infiltrasyon alanına* yönlendirilmeli veya bir su toplama havuzunda** daha sonra kullanılmak üzere depolanmalıdır. Çevreden kompostlama arazisine gelen sızıntı suyu kompost tabanından ve depo alanından başka bir tarafa yönlendirilmelidir. Bu toprak altına drenler yerleştirilerek veya setlerle yapılabilir(Şekil 4.9).

* Suyun kontrollü olarak verildiği genellikle çimenle örtülü bir arazi veya toprak parçası.

** Bekletme veya alıkoyma havuzu da denir. Yağıştan kaynaklanan yüzey akışı ve son kullanım veya atık suyu toplayan topraktan yapılan bir havuzdur. Toplama havuzları hendekler veya setler oluşturularak yapılabilir.



Şekil 4.9 Yüzeysel akış ve sızıntı suyunu toplama metotları (NRAES-54, 1992)

Kompost arazisindeki kayaç yapısı ve yer altı suyunun durumunu belirlemek amacıyla kuyu kazıları yapılır. 2-4 m derinlikte kontrol kuyular açılarak arazi toprağı tetkik edilmelidir.

4.2.4 Çevresel faktörler

Kompost arazisinde koku, gürültü, toz, toprak yıkanması ve sızıntı riskler olabilir. Ayrıca kompostlanan madde, kompostlama metodu ve sistem yönetimi bu çevresel sorunları pekiştirir.

Eğer kompost sistemi doğru tasarlanmış ve araziye yerleştirilmişse kompostlama prosesinden kaynaklanan kokular iyi bir yönetimle önlenabilir. Tesisi sıcak havalardaki hakim rüzgarların yönü dikkate alarak araziye oturtmak gerekir.

Kompostlama operasyonları ve kompost alanına giren çıkan araçların oluşturduğu gürültü ve toz için de önlem alınmalıdır. Bu önlemler gün boyunca yapılan operasyonlar ve araçların yol kullanımına göre belirlenir. Ses desibel(dB) birimi olarak logaritmik skalada ölçülür. Normal bir sohbetin ses seviyesi 60dbA iken ağır bir makinenin ses seviyesi 90dbA'dır (NRAES-114, 1999). Kompost işlemleri sırasında gürültü üreten kaynaklar vasıtalar(doldurma,

boşaltma, kornalar, hareket), değirmenler, döner tekneli öğütücüler, hidrolik güç birimleri, jeneratörler, motorlar, dişli çarklardır. Operasyonun büyüklüğü arttıkça oluşan gürültüde uzun süre etkili olur. Kompostlanan maddeye ve işletme tipine bağlı olarak gürültü sadece mevsimsel bir faktör olabilir. Eğer sıralı yığınlar açıktaysa ılıman hava koşullarında ve yaz mevsiminde daha da dikkat etmek gerekir.

Kompostlamanın yapıldığı arazinin görülmesi insanı psikolojik olarak etkiler. Bu nedenle kompost arazisi daha az görülebilir olursa civardaki komşulardan gelen şikayetlerde azalır. Kompostlama alanının çevreden görülebilirliği arazi çevresini ağaçlandırarak veya çiçek ekilerek azaltılabilir. Eğer arazi halkın görüş alanı içindeyse temiz tutulması gerekir. Arazi çevresindeki çimler kırılmalı, otlar temizlenmeli ve bitkiler bakımlı olmalıdır. Bunun yanında çamurlu araziler daha büyük sorunların oluşmasına neden olur.

Arazide koku kontrolü çok önemlidir ve yönetmeliklerde verilen değerlere uyulmalıdır. Su kompostlama arazisindeki potansiyel kirlilikleri uzaklaştırır. Yağmur ve kar yağışıyla taşınan sıvılar maddelerden süzülerek toprağa geçer veya kirlilikleri uzaklaştıran yüzeysel akış oluştururlar. Kompostlamada sıralı yığınlar/yığınlar yağmur suyunu tuttuğu için sızıntı toprak yıkanmasından daha fazla dikkat gerektirir. Bu yüzden yağmur suyunu ve araziye giren suyu en aza indirmek ve arazideki yüzeysel sıvı akışını kontrol etmek gerekir.

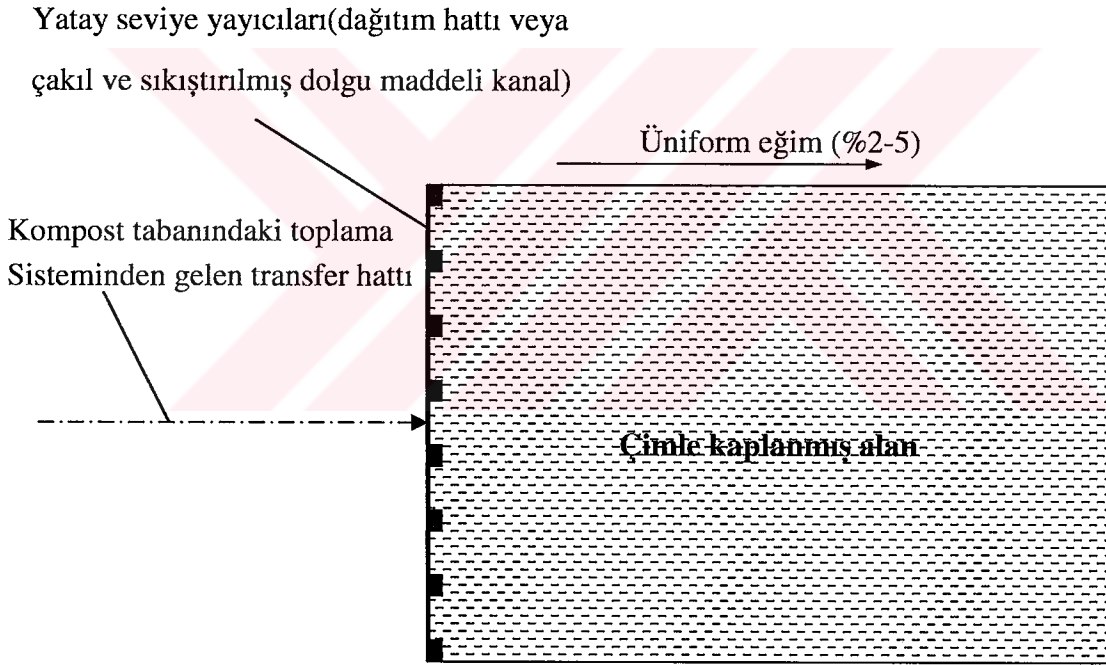
Zirai kompostlamada potansiyel kirlilikler bozunma sırasında oluşan nitrat azotu, amonyak ve organik bileşiklerdir. Azot yer altı suyu için bir tehdit olmasına rağmen nitrat azotu aktif kompost yığınlarında azdır. Bunun nedeni kompost karışımlarının çoğunda karbon muhtevasının yüksek olması ve kompostlama sırasındaki yüksek sıcaklıklardır. Olgunlaşma yığınlarının veya depolanmış kompostun azot muhtevası daha fazla olabilir.

Organik maddeler ve amonyak oksijeni tükettiklerinden(BOİ veya KOİ) yüzeysel sularda sorun oluşturabilirler. Ürün atıklarındaki pestisitler veya çiftlik dışı atıklardan gelen ağır metallerin kompost kalitesine etkileri araziden kaynaklanan kirliliğin kompost kalitesine etkisinden daha fazladır. Bu nedenle çiftlik dışından gelen atıkların özellikleri çok iyi bilinmelidir.

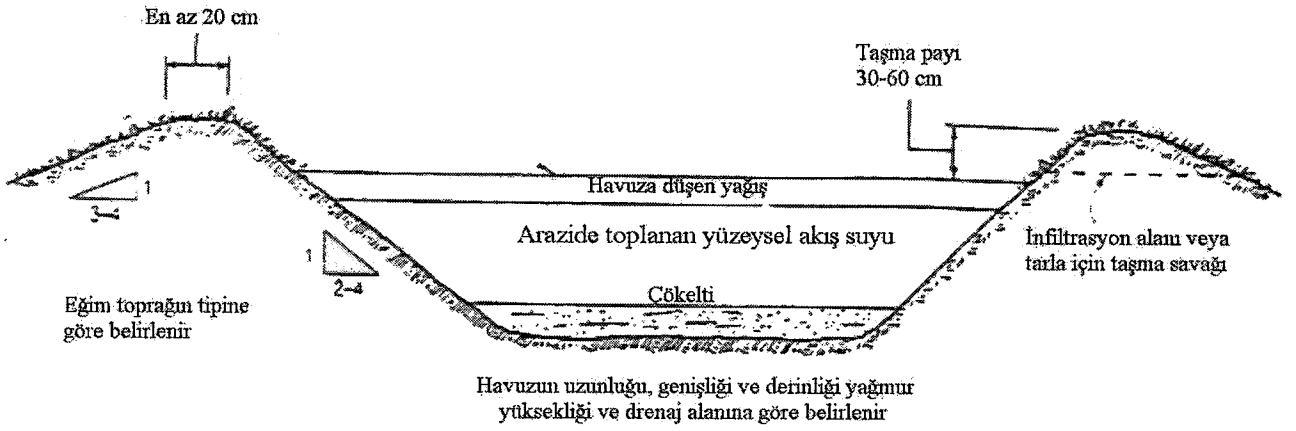
Kirlilik kontrolü yalnızca kompost tabanı ile sınırlandırılmamalıdır. Arazide depolanan ham maddeler ve nihai kompost toprak yıkanması bakımından aktif kompost yığınlarından daha fazla kirlilik riski yaratır.

Bu nedenle aşağıda verilen noktalara dikkat edilmelidir;

- Toprak yıkanmasını kontrol altına almak için sıralı yığınların nem muhtevasını tavsiye edilen maksimum değer olan %65'in altında tutulmalıdır. Azot kaybını önlemek için ham maddeler tavsiye edilen C:N oranında olacak şekilde karıştırılmalıdır.
- Kompost tabanından ve depo alanından gelen yüzeysel sıvı akışın yüzeysel su kaynaklarına doğrudan karışmasına izin verilememelidir. Dere, göl ve göletler için sorun yaratan bulaşkan maddelerin çoğu toprak tarafından etkin bir şekilde arıtılabilir. Arazide oluşan sızıntı suyu tarlaya veya çimle kaplanmış infiltrasyon alanına(Şekil 4.10) yönlendirilmelidir. Yüzeysel akış suyu sulama için sonradan kullanılmak üzere toplama havuzlarında(Şekil 4.11) tutulabilir veya kuru kompostlama maddelerini nemlendirmek için kullanılabilir. İnfiltrasyon işleminden önce katı tortuları tutmak için yüzeysel akış toplama sistemindeki çöktürme kapanı kullanılabilir.

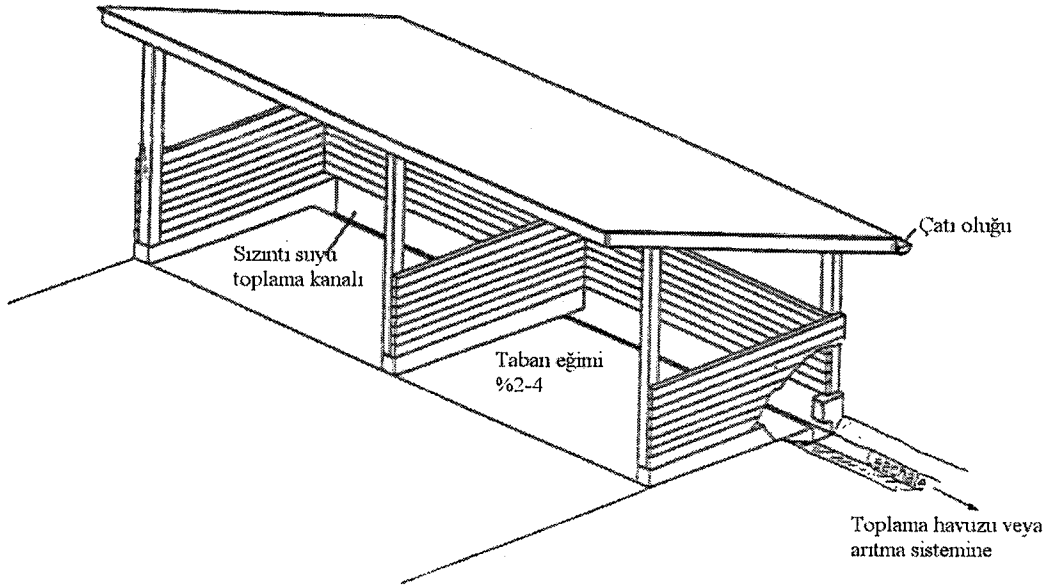


Şekil 4.10 Kompost tabanı yüzeysel akış suyu arıtmak için çimle kaplanmış infiltrasyon alanı(NRAES-114, 1999)



Şekil 4.11 Toplama havuzunun tipik karakteristikleri (NRAES-54, 1992)

- Yokuş yukarıdan araziye gelen suyu kompost tabanından ve depo alanından uzağa yönlendirilmelidir
- Yüzeysel su kaynakları ve yer altı su kaynakları için tavsiye edilen tampon mesafe bırakılmalıdır(Çizelge 4.2, Şekil 4.7)
- Ham maddeler ve nihai kompost yüzeysel su kaynaklarından ve drenaj alanlarından uzakta depolanmalı. Yıkılarak nütrientlerini kaybetmeye elverişli ham maddeler sundurma altında depolanmalı veya geçirgen olmayan bir yüzey üzerinde toplanıp bertaraf edilmelidir(Şekil 4.12).



Şekil 4.12 Nemli maddelerden gelen sızıntı suyunu tutmak için örtülü depolama(NRAES-114, 1999)

4.2.5 Araçlar

Kapalı reaktörde kompostlama dışında kompost alanları için bazı araç-gereçler gereklidir.

4.2.5.1 Kompost tabanı

Kompost tabanının sağlam bir yüzey olması gerekmesine rağmen asfaltlanması her zaman gerekmez. Çiftlik kompostlama sistemleri için orta veya iyi geçirgen topraklar uygundur. Eğer toprağın geçirgenliği iyi değilse taban sıkıştırılmış kum veya çakıldan oluşan 15cm'lik bir tabakayla kaplanabilir. Bunun yerine taban beton veya asfaltla da kaplanabilir. Böylece çamur oluşumu, teçhizatların çalışması, kontrolü ile ilgili problemler ve komposta karışan taş miktarı en aza indirilir. Fakat maliyeti genellikle yüksektir ve idare edilmesi gereken yüzeysel akışı arttırır. Eğer toprak drenajı iyi ve yer altı su seviyesi yüksekse(1,2-1,5m) mutlaka geçirimsiz bir taban gerekir.

4.2.5.2 Diğer çalışma yüzeyleri

Çiftlikteki özel aktivite alanlarında beton veya asfalt kullanılması bazen faydalıdır. Özel aktivite alanları ham maddelerin kepçeli yükleyiciyle karıştırıldığı, toplandığı ve nemli ham maddelerin depolandığı yerlerdir. Bu alanlar kompost tabanından daha az alana ihtiyaç duyduklarından beton veya asfaltın maliyeti daha azdır.

4.2.5.3 Yollar

Kompost arazisine giriş ve çıkışlar işlevsel olmalı ve tüm kompostlama prosesi boyunca araç yüklerini karşılayabilecek kapasitede olmalıdır.

4.2.5.4 Elektrik

Havalandırmalı yığınlarda blovırların çalıştırılması ve helezon ve konveyör gibi ekipmanların çalıştırılması için elektrik gerekir. Eğer güç gerekliyse eldeki enerji ve elektriği kompost alanına getirmek için gereken maliyet hesaplanır.

4.2.5.5 Su

Su ihtiyacı ham maddelere ve mevsime bağlıdır. Çoğu durumda kompost alanında suya ihtiyaç yoktur. Su kuru madde karışımları için proses başında veya kuru, sıcak havalarda gerekli olabilir. Çiftlikte su kaynağı olarak yüzeysel akış suyunun toplandığı havuzlar ve çiftlik havuzları gösterilebilir. Su ihtiyacını karşılamak için nadiren tanklar kullanılır.

4.2.5.6 Yangından korunma

Yangın iyi yönetilen bir sistemde sorun yaratmaz. Ama büyük miktarda yaprak veya kuru maddeler kompostlanıyorsa yeterli su veya yangın söndürme ekipmanlarına ulaşımın sağlanması gibi önlemler alınmalıdır. Bu yangın araçlarının giriş çıkışı için yapılan yol tasarımını ve sıralı yığınları/yığınların yerleşimi ve arasındaki mesafeyi etkileyebilir.

4.2.5.7 Binalar

Çiftlik kompostlama operasyonlarının çoğunda binalar gereksiz olmasına rağmen özellikle teçhizatın, ham maddelerin ve nihai kompostun depolanması gibi bazı durumlarda avantajlı olabilir. Kompostun örtülmesi veya nemli ham maddeleri ve kompostu depolamak için kullanılan yapılar havalandırılmalı ve yüksek neme dayanıklı olmalıdır. Tipik çiftlik yapıları, açık kenarlı yapılar ve seralar kompost koşullarına uygundur. Metal binalar korozyona dayanıklı olmalı veya teçhizat ve kuru madde deposu olarak kullanılmalıdır.

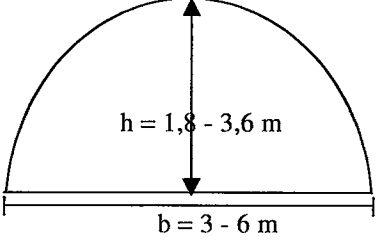
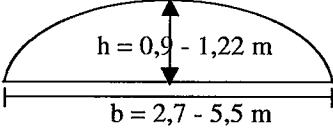
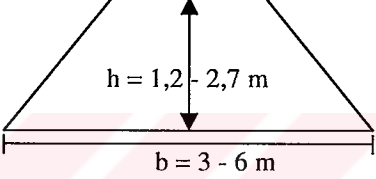
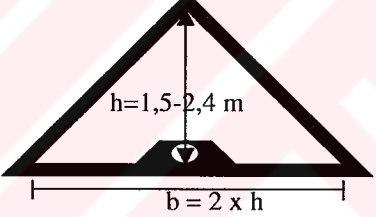
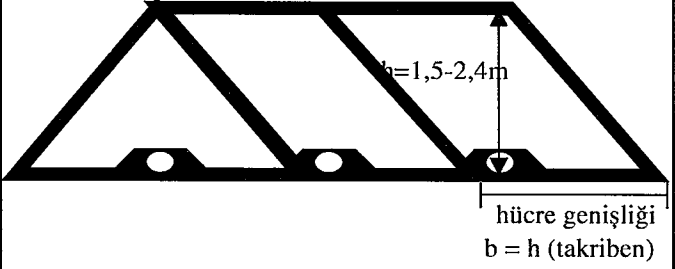
4.2.6 Arazi ihtiyaçları

Arazi büyüklüğü kompost metoduna ve ekipmana, araç güzergahına, ham maddelere, kompostu olgunlaştırma ve depolama için gereken alan ihtiyacına, koku, gürültü ve hava kontrolü için gerekli tampon mesafelere bağlıdır.

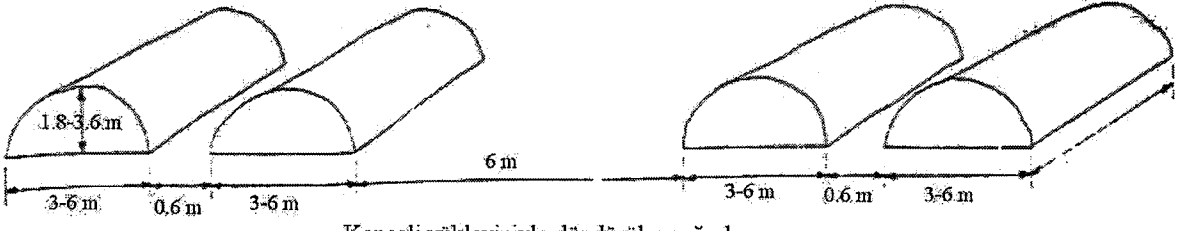
4.2.6.1 Kompost tabanı

Kompostun taban alanı madde hacmine, sıralı yığınların şekline ve uzunluğuna ve ekipman hareketi için gereken arazi ihtiyacına göre belirlenir. Sıralı yığın/yığınların şekli kompostlama metodu ve sıralı yığınlar/yığınları oluşturmak ve döndürmek için kullanılan teçhizata göre belirlenir. Kompostun taban alanını hesaplarken yığın şekilleri ve uzunluğunu saptamak gerekir. Çizelge 4.3 ve Şekil 4.13'te farklı şekilde yığın şekilleri ve enine kesit alanları gösterilmektedir. İlave olarak Çizelge 4.4'te tipik şekil ve büyüklüklerdeki yığınların enine kesit alanları gösterilmektedir.

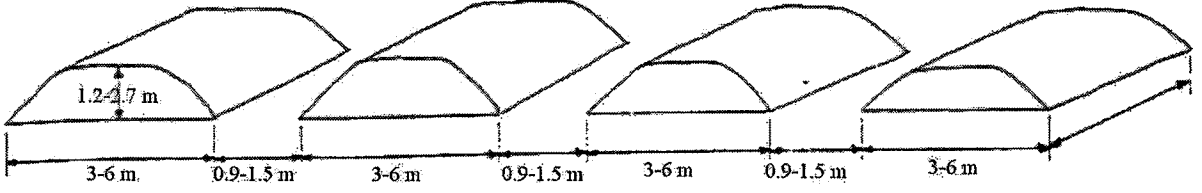
Çizelge 4.3 Tipik sıralı yığın ve yığın şekilleri ve enine kesit alanları (NRAES-54 ,1992)

İlet ve kullanılan teçhizat	Takribi şekil	Enine-kesitin alanı
epçeli yükleyici ile döndürülen sıralı-yığın/yığınlar		$A = 2/3 \times b \times h$
küçük traktör ile çekilen sıralı-yığın döndürücüleri veya lak malzemeli herhangi bir döndürücü		$A = 2/3 \times b \times h$
kendinden itilen ve traktör ile çekilen sıralı-yığın döndürücüleri		$A = h \times (b - h)^a$
z veya hiç döndürülmeyen statik yığınlar diğer yığınlar		$A = 1/2 \times b \times h$
birleşik havalandırılmalı statik yığınlar		Hücre alanı $A = b \times h$

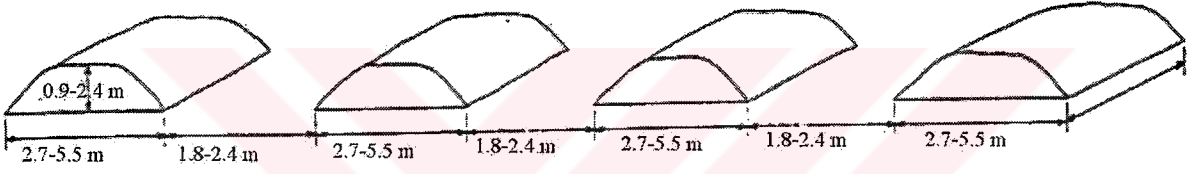
^a Bu formül tahminidir ve sadece genişliğin yüksekliğe eşit veya iki katı olduğu durumlarda kullanılır.



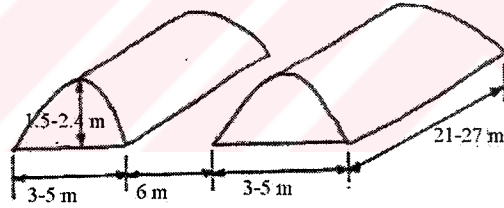
Kepçeli yükleyiciyle döndürülen yığınlar



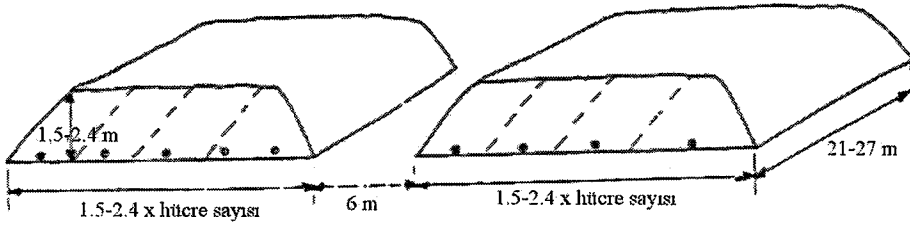
Kendinden sürücülü sıralı yağm döndürücüleri



Traktörle çalışan sıralı yağm döndürücüleriyle döndürülen yığınlar (iki geçişli)



Ayrı havalandırmalı statik yığınlar



Birleşik havalandırmalı statik yığınlar

Şekil 4.13 Sıralı yağınlar ve yağınlar için uygun boyutlar ve mesafeler(NRAES-54, 1992)

Çizelge 4.4 Sıralı yığınlar/yığınların enine kesit alanı hesabı (NRAES-114, 1999)
Kepçeli yükleyicilerle döndürülen parabolik şekilli yüksek sıralı yığınlar/yığınlar ^a

Genişlik (m)	Alan (m ²)						
	Yükseklik (m)						
	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7
3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6	6,8	7,4
3,7	4,4	5,2	6,0	6,6	7,4	8,3	9,1
4,3	5,1	6,0	6,8	7,7	8,6	9,7	10,6
4,9	5,8	6,8	7,8	8,8	9,8	11	12
5,5	6,6	7,7	8,8	9,9	11	12,4	13,5
6,1	7,3	8,5	9,7	11	12,2	13,8	15

^a Alan = 2/3 genişlik x yükseklik

Üçgen şekilli statik yığınlar ^b

Genişlik (m)	Alan (m ²)					
	Yükseklik (m)					
	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0
3,0	2,2	2,7	3,1	3,6	4,0	4,5
3,7	2,7	3,3	3,8	4,4	5,0	5,5
4,3	3,2	3,8	4,5	5,1	5,8	6,4
4,9	3,6	4,4	5,1	5,8	6,6	7,3
5,5	4,1	4,9	5,7	6,6	7,4	8,2

^b Alan = 1/2 genişlik x yükseklik

Hücreler-ayrı statik yığınlar ^c

Genişlik (m)	Alan (m ²)					
	Yükseklik (m)					
	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0
3,0	4,5	5,4	6,3	7,2	8,1	9,0
3,7	5,5	6,6	7,7	8,8	10,0	11,0
4,3	6,4	7,7	9,0	10,3	11,6	13,0
4,9	7,3	8,8	10,3	11,7	13,2	14,7
5,5	8,2	9,9	11,5	13,2	14,8	16,5

^c Alan = genişlik x yükseklik

Yığın döndürücüleriyle döndürülen trapezoidal şekilli yığınlar ^d

Genişlik (m)	Alan (m ²)					
	Yükseklik (m)					
	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
3,0	2,2	2,3	–	–	–	–
3,4	2,6	2,8	–	–	–	–
3,7	3,0	3,3	3,3	–	–	–
4,0	3,3	3,7	3,9	–	–	–
4,3	3,7	4,2	4,5	4,6	–	–
4,6	4,1	4,7	5,0	5,2	–	–
4,9	4,5	5,1	5,6	5,9	6,0	–
5,2	4,8	5,6	6,1	6,5	6,7	–
5,5	5,2	6,0	6,7	7,2	7,4	8,5
5,8	5,6	6,5	7,3	7,8	8,2	8,4
6,1	6,0	7,0	7,8	8,5	8,9	9,2

^d Formül : Alan = yükseklik x (genişlik –yükseklik). Bu formül tahminidir ve genişlik yalnızca yüksekliğe eşit veya büyük olduğunda kullanılabilir.

Alçak parabolik şekilli sıralı yığınlar – pasif havalandırmalı sıralı yığınlar, küçük sıralı yığın döndürücüleri veya ıslak maddeler ^e

Alan (m ²)					
Yükseklik (m)					
Genişlik (m)	0,9	1	1,2	1,4	1,5
2,7	1,6	1,8	2,1	2,5	2,7
3	1,8	2	2,4	2,8	3,0
3,4	2,0	2,2	2,7	3,1	3,4
3,7	2,2	2,4	2,9	3,4	3,7
4	2,4	2,6	3,2	3,7	4,0
4,3	2,5	2,8	3,4	4,0	4,3

^e Formül: Alan = 2/3 genişlik x yükseklik

Not: Yığın şekilleri Çizelge 4.3'de gösteriliyor. Bu çizelgedeki enine kesit alanları bir sıralı yığın veya yığın içindeki ham maddelerin hacmini hesaplamada kullanılır. Üst örtü tabakası ve taban hesaplamalarda ihmal edilir. Eğer taban veya yalıtkan bir örtü kullanılıyorsa sıralı yığın için gereken alanı değerlendirirken düşünülür.

Kompost alanını hesaplamak için;

- 1) Kompostlanan madde hacmi tahmin edilir. Genelde kompost maddeleri beraber karıştırılır, karışımın toplam hacmi maddelerin teker teker hacimleri toplamından yaklaşık %20 daha azdır. Bu nedenle yeni oluşturulan sıralı yığınlar/yığınlardaki maddelerin hacmini bulmak için toplam hacim toplamı 0,8(%80) ile çarpılır. Gübreyi kompostlamak için gereken düzenleyici hacmi genelde gübrenin hacminin 2 veya 3 katıdır. Eğer birim hayvan başına üretilen günlük gübre hacmi bilinmiyorsa Çizelge 4.5'ten yararlanılarak tahmin edilebilir.

Çizelge 4.5 Hayvan başına gübre üretim miktarları ve karakteristikleri (altlıksız ve su ilave edilmeden) (NRAES-54, 1992)

Hayvan Cinsi	Hayvan ağırlığı (kg)	Bir günde üretilen toplam gübre miktarı			Su %	Yoğunluk (kg/m ³)
		kg	m ³	L		
Et sığırı	230	13,6	0,0141	14,4	88.4	961
Et sığırı	340	20,4	0,021	21,2	88.4	961
Et sığırı	455	27,2	0,028	28,4	88.4	961
Et sığırı	570	34,0	0,034	35,6	88.4	961
İnek	–	28,6	0,03	29,9	88.4	961
Süt sığırı	70	5,4	0,0053	5,7	87.3	993
Süt sığırı	115	9,1	0,009	9,1	87.3	993
Süt sığırı	230	18,6	0,018	18,9	87.3	993
Süt sığırı	455	37,2	0,037	37,5	87.3	993
Süt sığırı	635	52,2	0,0523	52,6	87.3	993
Buzağı	109 ^a	6,8	0,0068	6,8	97.5	993
At	454	20,4	0,0212	21,3	79.5	961
Kümes hayvanları						
Et pilici	1	0,1	0,000068	0,1	74.8	961
Yumurta pilici	2	0,1	0,000099	0,1	74.8	961
Koyun	45	1,8	0,0017	1,7	75	1041
Domuz						
Yavru(6-10hft)	16	1,0	0,00107	1,0	90.8	961
Yetişkin	29	1,9	0,00198	1,8	90.8	961
12-26 hft.	68	4,4	0,0045	4,3	90.8	961
12-26 hft.	91	5,9	0,0062	5,7	90.8	961
Gebe domuz	125	4,0	0,0042	4,2	90.8	961
Dişi domuz ve altlık	170	15,0	0,0153	15,1	90.8	961
Yaban domuzu	159	5,0	0,0054	5,3	90.8	961

^a Ortalama hayvan ağırlığı

- 2) Eldeki maddelerin günlük hacmi kompostlama süresi ile(maddenin sıralı yığında veya yığında kaldığı süre ile) çarpılır. Bu kompost tabanının kaldırabileceği madde hacmidir.

Maddeler kompostlama sırasında hacim kaybına uğradıklarından sıralı yığınlar birkaç hafta sonra birleştirilir. Bu nedenle sıralı yığınların kompostlanması için bu işlemde elde edilen hacim istenirse çekme/büzüşme faktörü ile çarpılabilir. Çekme faktörü genellikle 0,75 olarak alınır. Gerçek çekme payı kullanılan ham maddeye bağlıdır. Eğer biliniyorsa daha spesifik bir değer kullanılır.

- 3) Eldeki ekipman ve kompost metodu temel alınarak yığın şekli ve boyutu belirlenir. Sıralı yığınlar veya yığınların uzunluğu belirlenir. Araç giriş çıkışları için yığın aralarında 6m mesafe bırakılır ve özel mülk sınırları, bataklıklar, derelere uzaklıkları hesaplanır.
- 4) Tek bir sıralı yığın veya yığının hacmi hesaplanır. Sıralı yığın/yığının enine kesit alanının hesabı için Çizelge 4.3 veya Çizelge 4.4'teki formüller kullanılır. Sıralı yığınlar/yığınların hacmini bulmak için yığının enine kesit alanı sıralı yığın/yığının uzunluğuyla çarpılır.
- 5) Gerekli sıralı yığın/yığın veya hücre sayısı toplam hacmin her bir sıralı yığın/yığın veya hücrenin hacmine bölünmesiyle bulunur.
- 6) Sıralı yığınlar/yığınlar arasında bırakılması gerekli mesafeler için Şekil 4.13'ten yararlanılır.

4.2.6.2 Olgunlaşma ve depolama

Kompostu olgunlaştırma ve depolama için gereken alan kompostlanan madde miktarı, yığın yüksekliği, yığınlar arası mesafe, olgunlaşma ve depolama süresine bağlıdır. Nihai kompostun hacmi genellikle baştaki madde hacminin yarısıdır. Kompostu depolama süresi nihai kullanımına bağlıdır. Kompost genellikle bahar ve yaz aylarında kullanılır.

Kompostun olgunlaşması ve depolanması için gereken alan kompost hacmini(m^3) ortalama yığın yüksekliğine(m) bölerek bulunur. Yığın yüksekliği aerobik koşulları sağlayacak şekilde ve yükleyiciler, konveyörler veya diğer ekipmanların ulaşımına göre belirlenir. Arazide araçların hareketi ve yüklemesi için yeterli boşluk bırakılmalıdır. Olgunlaşma ve depolama için gerekli alan kompost taban alanının %25 veya iki katı arasında değişir.

Örnek: Kompost taban alanı ve düzeninin hesabı

60000 yumurta tavuğundan gelen gübre testere talaşı ile beraber kompostlanacaktır. Çiftçi

gübreyi sıralı yığın metodu ile kompostlamakta ve yığınları kepçeli yükleyici ile döndürmektedir. Tahmini kompostlama süresi 60 gündür. Kompost 1ay olgunlaştırıldıktan sonra araziye uygulamadan önce 3ay(90gün) depolanacaktır. Buna göre kompostun taban alanını hesaplayıp yerleşim planını çiziniz.

Çözüm:

Kompost taban alanı hesabı:

1. Bir günde kompostlanan maddenin hacmi:

a. Çizelge 4.5'ten yumurta tavuklarının bir günde ürettiği gübre miktarına bakılırsa yaklaşık 0,000099 m³ olduğu okunur. Bir günde 60000 tavuktan oluşan toplam gübre miktarı,

$$60000 \text{ tavuk} \times \frac{0,0000991 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}}{\text{tavuk}} = 6 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}$$

b. Testere talaşı ile gübrenin üçe bir oranında karıştırıldığı kabul edilirse testere talaşının miktarı,

$$\frac{3 \text{ m}^3 \text{ testere talaş}}{\text{m}^3 \text{ gübre}} \times \frac{6 \text{ m}^3 \text{ gübre}}{\text{gün}} = 18 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \text{ olarak bulunur.}$$

$$\text{Maddelerin toplam günlük hacmi} = 6\text{m}^3/\text{gün} + 18\text{m}^3/\text{gün} = 24 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Maddelerin karıştırılmasıyla oluşan hacim azalmasının %20 olduğu kabul edilir ve karışımın toplam günlük hacmi 0,80 ile çarpılır.

$$\text{Karışımın günlük hacmi} = 24\text{m}^3/\text{gün} \times 0,8 = 19 \text{ m}^3/\text{gün} \text{ bulunur.}$$

2. Toplam madde hacminin hesabı

$$\text{Toplam madde hacmi} = 60 \text{ gün(aktif kompostlama süresi)} \times 19 \text{ m}^3/\text{gün} = 1140 \text{ m}^3$$

Sıralı yığınların çekme faktörü 0,75 olarak kabul edilir,

$$\text{Toplam madde hacmi} = 1140 \text{ m}^3 \times 0,75 = 855 \text{ m}^3$$

3. Sıralı yığın boyutunun belirlenmesi

Araziye 46m uzunluğunda sıralı yığınlar serildiği ve kepçeli yükleyici ile 2,4m yüksekliğinde ve 4,3m genişliğinde sıralı yığın oluşturulabildiği kabulü yapılır. Bu ebatlar ile yığın içinde

yeterli hava akımının sağlandığı kabul edilir.

4. Sıralı yığın hacminin hesabı; Çizelge 4.3'ten sıralı yığının enine kesit alanı

$$A = \frac{2}{3} \times b \times h = \frac{2}{3} \times 2.4 \times 4.3 = 6.8 \text{ m}^2 \cong 7 \text{ m}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Veya Çizelge 4.4'ten 2,4m yüksekliğinde ve 4,3m genişliğindeki sıralı yığının alanı 7 m^2 olarak okunur.

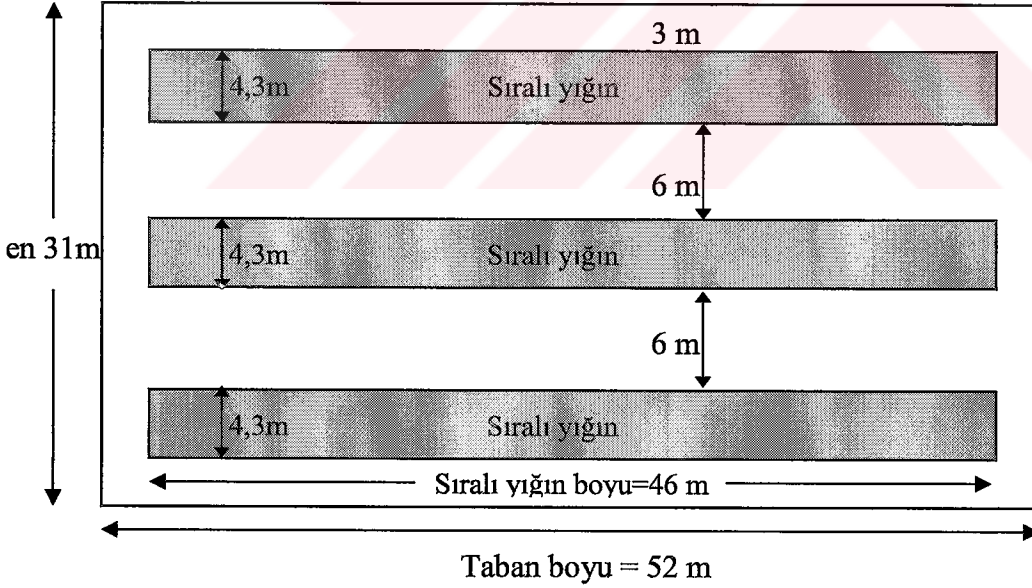
$$\text{Tek bir sıralı yığının hacmi} = \text{Alan} \times \text{uzunluk} = 7 \text{ m}^2 \times 46 \text{ m} = 322 \text{ m}^3$$

5. Sıralı yığın sayısının hesabı:

$$\text{Sıralı yığın} = \frac{\text{Toplam madde hacmi}}{\text{Tek bir sıralı yığının hacmi}} = \frac{855 \text{ m}^3}{322 \text{ m}^3} = 2,65 \cong 3 \text{ yığın}$$

6. Sıralı yığınlar arasındaki mesafelerin ve toplam taban alanının hesabı

Sıralı yığınlar birleştirilmeden önce birkaç defa döndürülmesi gerekir bu yüzden mesafeler döndürücü teçhizatların her iki taraftan kolayca erişebileceği büyüklükte seçilir.



$$\text{Toplam taban alanı} = 31 \text{ m en} \times 52 \text{ m boy} = 1612 \text{ m}^2$$

Olgunlaşma alanının hesabı: Olgunlaşma yığınlarının 1,2m yüksekliğinde, 5,5m eninde ve ucuca yığıldığı yani yığınlar arası boşluk bırakılmadığı kabul edilir.

1. Olgunlaşma alanındaki kompost hacminin hesabı

$$19 \text{ m}^3/\text{gün} \times 30 \text{ gün} \times 0,5 \text{ çekme faktörü} = 285 \text{ m}^3$$

2. Yiğın sıralarının kapladığı alanın hesabı:

$$\text{Olgunlaşma alanı} = \frac{\text{olgunlaşma hacmi}}{\text{ortalama yığınyüksekliği}} = \frac{285\text{m}^3}{1,2\text{m}} = 237,5\text{m}^2$$

3. Aşağıda yiğınlar arası mesafe ve teçhizat giriş çıkışı gösterilmiştir

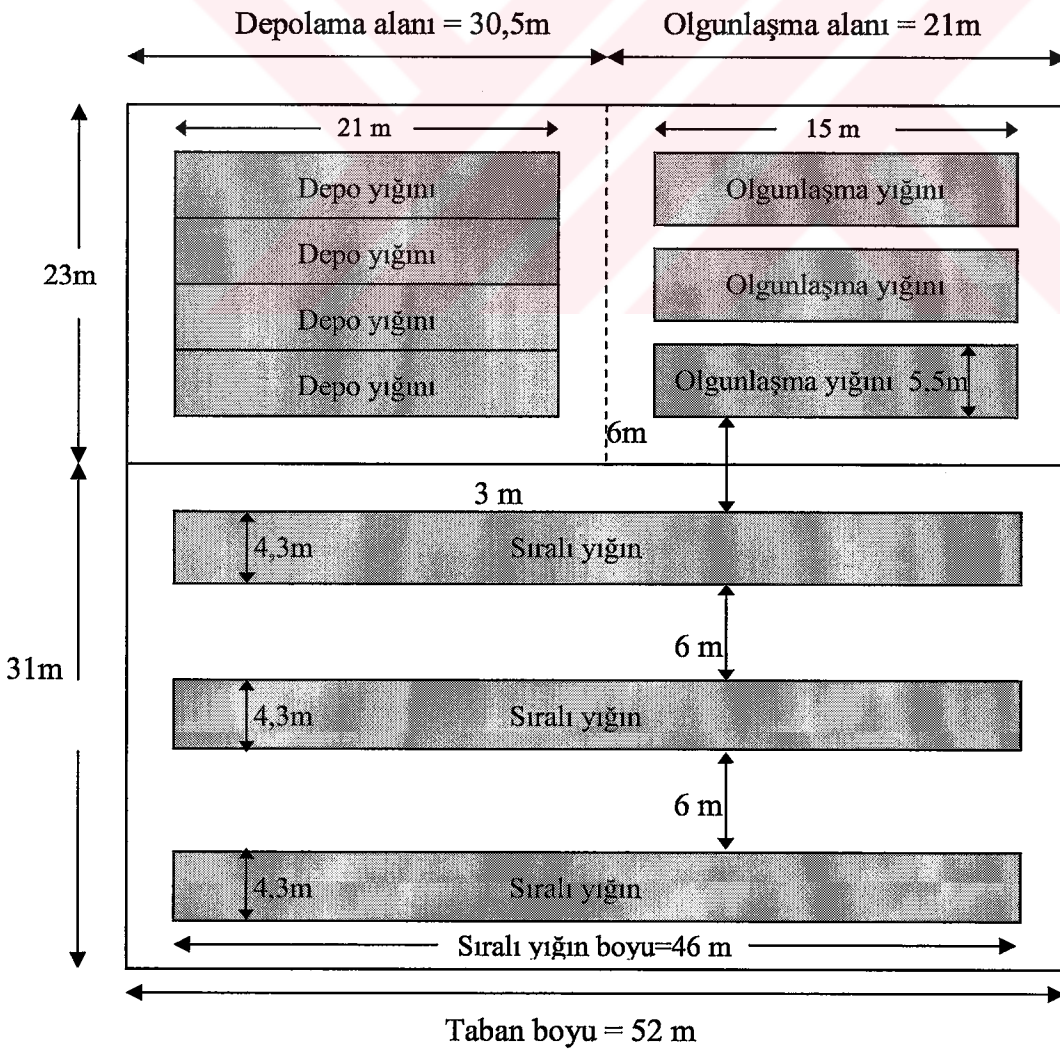
Kompostu depolama alanı hesabı: Kompostun ortalama 2,4m yüksekliğindeki birleşik yiğınlarda depolandığı kabulü yapılır.

1. Depolama alanında, $19\text{m}^3/\text{gün} \times 90 \text{ gün} \times 0,5 \text{ çekme faktörü} = 855 \text{ m}^3$

2. Depo yiğınlarını oturduğu alanın hesabı

$$\text{Depo alanı} = \frac{\text{Depo hacmi}}{\text{Ortalama yığınyüksekliği}} = \frac{855\text{m}^3}{2,4\text{m}} = 356\text{m}^2$$

3. Yiğınlar arası mesafe ve teçhizat giriş çıkışı:



5. KOMPOSTUN KULLANIMI, PAZARLANMASI VE ÇİFTLİKTE KOMPOSTLAMANIN EKONOMİSİ

5.1 Kompostun kullanımı

Kompostun ziraat, çiçekçilik ve ormancılıkta sayısız kullanım alanı vardır. Zirai ve bahçe ürünlerinin yetiştirilmesinde, orman ve vahşi fidelerde, sera bitkilerinde, tarla veya saksı bitkilerinde, şifalı otlarda kullanılabilir. Aynı zamanda zirai toprakların organik maddelerini, verimliliğini muhafaza etmek, peyzaj oluşturmak, terk edilmiş maden ocaklarını tarıma elverişli hale getirmek ve depo alanlarını kapatmak için kullanılabilir. Kompostun zirai ürünlerde, bahçe bitkilerinde ve ağaçlandırmada kullanılmasının üç ana sebebi vardır. Bunlar (NRAES-114, 1999);

- Toprak iyileştirme: infiltrasyon oranı, su tutma kapasitesi gibi toprağın fiziksel karakteristiklerini iyileştirme ve toprağın mikrobiyal popülasyonu ve çeşitliliğini arttırmak
- Gübre olarak: N, P, K gibi besin maddeleri veya iz elementlerini sağlamak için
- Humus eklemek için: toprağın organik madde muhtevasını arttırmak için. Kompostun toprağın humus muhtevasına etkisi kompostlanan madde türüne bağlıdır. Örneğin ağaç kabuğundan hazırlanmış kompost toprağın humus muhtevasını arttırmak için tavsiye edilir.

Kompost üreticisinin mevcut kompostu nasıl dağıtacağı üretilen miktara, çiftlik ihtiyacına ve çiftlik dışındaki pazara bağlıdır. Kompost kullanımını planlamada ilk basamak üretildiği yerde hangi kompostun kullanılabileceğini saptamaktır.

5.1.1 Kompostun faydaları

Kompost ilavesi toprağın ve saksı karışımlarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirir. Kompost organik maddelerin kısmen stabil olan bir formudur. Kompostun toprağa ilave edilmesi toprağın ham yoğunluğunu azaltır. Kompost kesif toprakların havalanmasını ve drenajını sağlar ve kumlu toprakların su tutma kapasitesini artırır. Kompost ayrıca toprağın nütrient tutma kapasitesini artırır. Kompost saksı karışımlarında bitki köklerinin kolay büyümesi için gerekli maddeleri sağlar. Kompost diğer maddeler ile beraber kullanıldığında su ve nütrient tutma kapasitesini artırır, ayrıca kök büyümesi için gereken hava boşluğu miktarını artırır. Kompostun pH'ı genellikle nötrale yakındır. Bu zirai ürünlerin çoğunda istenen bir pH'tır.

Komposttaki bitkisel besin maddelerinin çoğu organik formdadır. Bunlar mikrobiyal uzun süren mikrobiyal aktivite sonunda yavaşça atmosfere bırakılırlar. Sonbaharın son ayları, kış

ve ilkbaharın başlarında toprak serin olduğundan toprağın mikrobiyal aktivitesi azalır. Bu yıkanabilir besi maddelerinin miktarını azaltır.

Bitki ve hayvan kalıntılarında yapılan kompost iz elementler dahil bitki büyümesi için zorunlu olan nütrientlerin tümünü barındırır. Ayrıca kompost bazı bitki nütrientlerini kullanılabilir hale getiren hümik asit içerir. Fakat kompost araziye fazla miktarda uygulanmadıkça N, P ve K gibi ana besi maddelerinin bazıları bitki büyümesini hızlandırıcı miktarda olmayabilir.

Yıllık N minerilizasyon oranı veya kullanılabilirliği, toprak sıcaklığı, havalandırma ve nem muhtevasına bağlı olarak kompostun toplam N muhtevasının %8 ile %12'si arasındadır. Komposttaki kullanılabilir P miktarı ticari gübredekinin %25-40'ı olabilir. Bu yüzden kompost ürün için ilk yıl kullanılabilir olduğundan N, P ve K'un az bir kısmı kullanılır. Ama kompost toprağa uygun oranlarda karıştırılırsa bitkilerin çoğunu birkaç yıl boyunca sağlıklı tutabilecek yeterli besi maddesi sağlar.

Kompostun mantar öldürücü ilaçları ve hastalığa sebep olan mikroorganizmaları yok edici yararlı organizmaları içerdiği bilinmektedir. Bazı bahçe bitkilerinin yetiştirilmesinde kompostun saksı karışımlarında ve fidelerde kullanımı toprak mantarlarının kullanımını azaltır.

Kompostun bahçivancılıkta, saksı karışımlarında ve fide yataklarında kullanımı ile mantar öldürücü ilaçların kullanımı azalmıştır. Kompost ağaç ve funda yetiştiriciliğinde mantara yardımcı *mycorrhizae*'nin büyümesini destekler. Bu mantar bazı bitki türlerinin büyümesi için zorunludur. Bunlar özellikle terk edilmiş madenler ve depo alanları veya hastalık yapıcı organizmaları, böcekleri, zararlı ot kontrolü için sterilize edilmiş toprakların tahrip olmuş vejetatif örtüsü için önemlidir.

5.1.2 Kompost kalitesi

Kompostun kalitesi iki yaklaşımla belirlenir. Birincisi yaklaşımda kompostun kalitesine göre nihai kullanım belirlenir. İkinci yaklaşımda nihai kullanıma göre kompost kalitesi belirlenir. Kullanılacak yaklaşım kompost operasyonunun amaç ve önceliklerine ve ham maddelerin kullanılabilirliğine bağlıdır. Her iki yaklaşım kompostun kalitesi ve kullanımı ile yakından ilişkilidir.

Yüksek kaliteli kompost üretimi kompostun sadece çiftlikte kullanılmadığı pazarlandığı durumlarda özellikle önemlidir. Çiftlikte kompostunun karakteristikleri Çizelge 5.1'de

gösterilmektedir. Eğer kompost saksı bitkiler gibi yüksek değerli ürünlerde, besi bitkilerinde, fide gibi hassas bitkilere tatbik edilecek veya toprak ve diğer katkı maddeleriyle beraber kullanılacaksa kompost kalitesinin önemi daha da artar. Diğer taraftan kompost sadece tarlada toprak düzenleyicisi olarak ve fide dikmeden önce kullanılacaksa üretilen kompostun kalitesi daha az önemlidir. Partikül boyutu gibi kriterler bazı çiftlik uygulamalarında önemli olmayabilir.

Çizelge 5.1 Çiftlik kompostunun karakteristikleri (NRAES-114, 1999)

Karakteristik	Aralık	Tercih edilen
Organik madde	%35-70	%50-60
Patojen ve zararlı ot kaynakları	Nihai kompost patojen ve zararlı ot kaynağı içermemeli	–
Partikül çapı ve yapısı	<2,54 cm(genel uygulamalar için)	1,27-0,9cm (bahçecilik uygulamaları için)
pH	5,5-8	–
Su tutma kapasitesi	%75-200	>%100
Nem muhtevası	%35-60	%40-45
Ham yoğunluk	415-830 kg/m ³	475-593 kg/m ³
Çözülebilir tuz seviyesi	1-30 dS/m	<5 dS/m
İnert maddeler	Kompostta plastik, taş ve metal objeler bulunmamalı	

Kompost kalitesi genellikle partikül boyutu, pH, çözümlü tuzlar, stabilite, zararlı ot kaynakları, ağır metaller, fitotoksik bileşikler ve yabancı maddeler gibi toprakta istenmeyen bileşenlerin varlığına bağlıdır. Kalite ayrıca ürünün üniformluğu ile de belirlenir.

Partikül çapı 1,27cm'den daha küçük, pH'ı 6 ile 7,8 arasında, çözümlü tuz seviyesi 2,5 mmho*/cm'den daha az, solunum oranı düşük ve zararlı ot olmayan kompostun kullanım alanı geniştir. Solunum oranı oksijen tüketimine göre belirlenir ve stabilite ile ilgilidir. Eğer kompost karakteristikleri bu standartları sağlamıyorsa kullanım alanı daralır. Örneğin çözümlü tuz seviyesi 2,5mmhos/cm'den fazla olan kompost bazı bitkilerde kullanılmadan önce diğer maddelerle seyreltilmelidir. pH'ı 7,8'den büyük olan kompost yüksek pH'a ihtiyacı olan asidik topraklar veya ürünlerde kullanılabilir. Çizelge 5.2'de nihai kullanımına bağlı olarak kompost kalite ilkeleri gösterilmektedir.

Kompostun fiziksel ve kimyasal özellikleri kullanılan ham maddelere bağlıdır. Örneğin bahçe atıklarından yapılan kompostun nütrient seviyesi kanalizasyon çamuru veya hayvan gübrelerinden yapılan komposta göre daha düşüktür. Farklı hayvan gübrelerinden yapılan kompostun nütrient içeriği değişiktir. Ham maddelerin kompostlamadan önce işlenmesi pH, çözümlü tuz konsantrasyonu ve kompostun diğer karakteristiklerini etkiler.

Ayrıca olgunlaşmada kompost kalitesini etkiler. Üç veya dört aylık bir kompostun pH'ı düşük, daha ince yapılı ve nitrat-azot konsantrasyonu daha yüksektir.



* mmho: milimho. Bir mho'nun binde biri. mho çözülebilir tuz konsantrasyonunu ölçerken elektrik iletkenliğini ifade etmede kullanılan bir birimdir.

Çizelge 5.2 Nihai kullanımına bağlı olarak kompost kalite ilkeleri (NRAES-114, 1999)

Kalite ilkeleri				
Kompostun nihai kullanımı				
Karakteristik	Saksı sınıfı	Saksı malzemesi iyileştirme sınıfı	Toprak örtü sınıfı	Toprağı iyileştirme sınıfı
Tavsiye edilen kullanımı	İlave karıştırmasız büyüme ortamı olarak	Saksı ürünleri için pH<7,2'de büyüme ortamını formüle etmede	Esasen üst giydirme	Tarım topraklarını düzeltme,bozulmuş toprağın onarımı, pH'ı 7,2'den az olan peyzaj bitkilerinin bakımı ve
Renk	Koyu kahve veya siyah	Koyu kahve veya siyah	Koyu kahve veya siyah	Koyu kahve veya siyah
Koku	İyi, toprak kokusunda olmalı	İstenmeyen koku olmamalı	İstenmeyen koku olmamalı	İstenmeyen koku olmamalı
pH	5,0-7,6	-	-	-
Partikül çapı	<13 mm	<13 mm	<7 mm	<13 mm

Karakteristik	Saksı sınıfı	Saksı malzemesi iyileştirme sınıfı	Toprak örtü sınıfı	Toprağı iyileştirme sınıfı
Çözülür tuz konsantrasyonu (mmho/cm)	<2,5	<6	<5	<20
Yabancı maddeler	3-13cm çaplı cam, plastik ve yabancı partiküllerden oluşan karışımların ıslak bazda ağırlığının %1'inden fazlasını içermemeli	3-13cm çaplı cam, plastik ve yabancı partiküllerden oluşan karışımların ıslak bazda ağırlığının %1'inden fazlasını içermemeli	3-13cm çaplı cam, plastik ve yabancı partiküllerden oluşan karışımların ıslak bazda ağırlığının %1'inden fazlasını içermemeli	3-13cm çaplı cam, plastik ve yabancı partiküllerden oluşan karışımların ıslak bazda ağırlığının %1'inden fazlasını içermemeli
Ağır metaller	Kapsamlı kullanım için EPA standartlarında verilen değerleri aşmamalı	Kapsamlı kullanım için EPA standartlarında verilen değerleri aşmamalı	Kapsamlı kullanım için EPA standartlarında verilen değerleri aşmamalı	Kapsamlı kullanım için EPA standartlarında verilen değerleri aşmamalı
Solunum oranı (mg/kg.saat)	<200	<200	<200	<400

Nihai kompostun kalitesi depolama koşulları ile yakından ilgilidir. Mikroorganizmaların ilk aktivitesinin yavaşlaması ve sıcaklığın düşmesine rağmen kompostlama tamamlanmaz. Kompostlama tüm C kaynakları tüketilene kadar yavaşça devam eder. Bunun anlamı ilk kompostlama periyodundan sonra bile kompost kuru tutulmalı veya aerobik solunuma sağlayacak şekilde depolanmalıdır. Anaerobik veya bozulmuş kompost koku oluşturur ve alkol ve organik asitler içerir. Bu anaerobik yan ara ürünler bitkilere zarar verir. Anaerobik kompostun bitkilere veya sığ köklere uygulanması bunların anında tahrip olmasına neden olur. Eğer kompost çok uzun süre anaerobik koşullarda depolanırsa pH 3'e kadar düşer. Bu pH düşüklüğü geçici olmasına rağmen kompostun bozulduğunun göstergesidir.

5.1.3 Kompost kalitesini saptama

Kompost yüksek kalite gerektiren bir kullanım için pazarlanacaksa kalite kontrol laboratuvarı kurulması ve/veya bağımsız laboratuvarlarda kompostun test edilmesi gerekir.

Kompost nütrient analizine göre satılacaksa veya çevresel düzenlemeler kompostun araziye uygulaması için spesifik analizleri şart koşuyorsa kompost düzenli aralıklarla test edilmelidir. Kompostun araziye uygulama oranını belirlemek için ara sıra nütrient analizlerinin yapılması gerekir. Ayrıca kompostta olası zararlı bulaşkan maddelerin tespit edilmesi içinde test edilmesi gerekir. Test edilecek bulaşkan cinsi madde kaynağına ve çevresel düzenlemelere bağlıdır. Evsel ve sanayi çamurları ve bazı proses atıkları ile karışık maddeler de en fazla ağır metaller analiz edilir. Eğer kompost hassas arazilerde kullanılacaksa fitotoksik bileşik, herbisit veya pestisit analizleri yapılmalıdır. Örneğin çok miktarda karton içeren bir kompost karışımında karton yapıştırıcılarından kaynaklanan bor maddesi olabileceğinden bor analizi yapılmalıdır.

Eğer yüksek kaliteli bir kompost üretilecekse analizlerin sıkça yapılması özellikle önemlidir. Laboratuar analizlerinde numune maddenin tümünü temsil edici nitelikte olmalıdır. Her yığından 15 veya 30dk aralıklarla 0,5 litrelik numuneler alınır. Her yığından alınan numune karıştırılarak kompozit numune oluşturulur. Bu bilgi yığın numarası ve tarihiyle raporlanır.

5.1.4 Kompostun kullanılabilirliğini belirleme

Kompost kütlelerinin ısısı atmosfer seviyesine inmesi ve kütlelerin merkezindeki oksijen konsantrasyonunun birkaç gün %5'den yüksek seviyelerde kalması kompostun kullanılmaya hazır olduğunu gösterir. Analizler kompostun nem muhtevası %50'den büyük olduğunda ve ısınması için yeterli hacimde olduğunda yapılmalıdır. Kompostun olgunlaşma derecesini

anlamak için analitik metotlar geliştirilmesine rağmen tek bir metot güvenilir değildir.

Kompost ürüne büyüme sezonunda uygulandığında yeterince bozunmuş olmalıdır. Yüksek C:N oranlı organik madde topraktaki kullanılabilir azot için bitki kökleriyle rekabete girer. Organik maddedeki karbonu sindiren mikroorganizmaların azotla birleşme eğilimi bitki köklerine oranla daha fazladır. Bu yeni filizlenmeye başlayan bitkilerde kullanıldığında daha zararlı olabilir. Tam kompostlanmamış madde ile karışık toprak veya saksı karışımlarında yetiştirilen bitkilerin büyümesi durur, dip yapraklar sararıp dökülür. Bu problem kompostun araziye uygulanması sırasında fazladan azotlu gübre ilavesiyle önlenbilmesine rağmen belirtiler genellikle bitkiler bodurlaşınca kadar gözden kaçır.

Aktif kompostlama periyodundan sonra kompostta bulunan kullanılabilir azotun çoğu amonyum formundadır. Bahçe bitkilerinin çoğu amonyum azotunu absorblamasına rağmen bir çoğu konsantre miktarıyla zarar görebilir. Amonyumun nitrat azotuna dönüşmesi yaklaşık üç ay sürer. Genç bitki kökleri amonyumu genellikle olgun bitkilerden daha verimli absorblayabilir. Bu nedenle seçici olmak gerekir. Farklı olgunluk seviyelerindeki kompost sadece bazı bitki türleri için ve bazı büyüme basamaklarında kullanılabilir. Yaban mersini, açalya, yaprak dökmeyen büyük çiçekli kuru ağaçlar, defne ağaçları, andromeda gibi türler azotlarını amonyum formunda absorbe ederler. Bunun yanında çoğu çayır otları, çiçek açan mevsimlik bitkiler, daimi otsu bitkiler ve nebati bitkiler azotun çoğunu nitrat olarak absorblarlar. Amonyum toprağın serin olduğu ilkbahar mevsiminde daha kolay absorblanır, ama sonbaharda bu bitkiler olgunlaştığından nitrat azotu tercih edilir. Kompostta yüksek konsantrasyonlarda amonyum ilavesi büyümeyi geçici olarak durdurur ve hassas türlerin yapraklarını yakar.

5.1.4.1 Kompostun konteynır ürünlerinde ve saksı karışımlarında kullanımı

Konteynırda yetiştirilen bitkiler ve peyzaj bitkileri yüksek değerli bitkilerdir. Kompost kalitesinin her noktada farklılık göstermesi yani nihai kompostun üniform olmaması sorun yaratabilir. Bu sorun tüm kompostun pH, çözülebilir tuz, solunum oranı ve partikül boyutu analiziyle önlenir.

Saksı karışımının belirlenmesinde kullanılacak kompost miktarı bitki türüne ve kullanılan diğer maddelere bağlı olarak %20 ile %33 arasında değişir. Kompost saksı karışımında nadiren kullanılır. Bunun nedeni kompostun aşırı gözenekli olması ve genellikle çözülebilir tuz seviyesinin aşırı yüksek olmasıdır. Bitkisel transplantasyonların büyümesi için genellikle eşit miktarda turba yosunu ve perlitten oluşan karışım kullanılır. Tarlada yetiştirilecek bitkiler

için genellikle %25 kompost, %50 turba yosunu ve %25 perlitten oluşan karışım kullanılır. Konteynırda yetiştirilen otsu ve odunsu dekoratif bitkiler için eşit hacimde kompost, kuvars kum ve turba yosunu veya öğütülmüş çam ağacı kabuğundan oluşan bir karışım kullanılır. Öğütülmüş çam ağacı kabuğu içeren karışımın su tutma kapasitesini arttırmak için genellikle hacminin %10'u kadar turba yosunu eklenir.

Saksı karışımlarında kompost kullanılıyorsa karışıma iz element katmaya gerek yoktur. Bitkilerin büyümesi için gereken iz elementler zaten kompostun bünyesinde vardır.

Kompostlu saksı karışımlarında yetiştirilen bitkilere büyümenin ilk 2. veya 3. haftasında sıvı gübre karıştırılmamalıdır. Bu süre zarfında bitkiler için yeterli N, P ve K kompostta vardır. Bitki bu esnada sadece suya ihtiyaç duyar. Saksıya diktikten 2 ve 3 hafta sonra sürekli veya kesikli sıvı gübre programına başlanmalıdır.

Toprak analizi konteynırda yetiştirilen bitkilerde sıkça yapılan bir uygulamadır. Bununla beraber kompostlu saksı karışımının gerçek pH ve çözülebilir tuz ölçümlerini elde etmek için analiz karıştırmadan en az iki hafta sonra yapılır. Bu süre maddelerin kimyasal özelliklerinin dengelenmesi için gereklidir. Karıştırıldıktan sonra malzeme saksı kapasitesine kadar nemlendirilir ve kapalı polietilen(PE) bir torba içinde oda sıcaklığında depolanır. pH ve çözülebilir tuzların yaklaşık değerleri depolamanın birinci haftasından sonra ölçülebilmesine rağmen gerçek değeri elde etmek için fazladan bir hafta daha beklenir. Kompostun pH ve çözülebilir tuzlarının ölçülmesinde tavsiye edilen test prosedürleri saksı karışımındaki pH ve çözülebilir tuzlarının ölçülmesinde kullanılır. pH'ı istenen seviyeye getirmek için gereken kireç ve sülfür miktarı kompost ve diğer düzenleyicilere bağlıdır.

5.1.4.2 Kompostun bahçelerde ve tarlalarda toprak düzenleyicisi olarak kullanımı

Kompost kullanımı test sonuçlarına ve yetiştirilecek ürüne bağlıdır. Hangi kompost sisteminin en avantajlı olduğu ve kompostun ne kadar kullanılması gerektiği toprak analizleri ile belirlenir. Ayrıca bu analizler nürient dengesizliğini önlemek ve kompostun verimli kullanılması için yapılır.

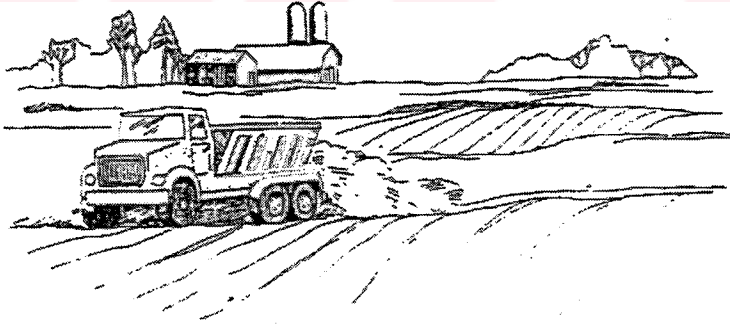
Toprağın nürient seviyesi, pH'ı ve yetiştirilecek ürün ihtiyaçlarını bilmek önemlidir. Bazı kompostlanmış maddeler fosforca zenginken bazıları kompostlanmış ürünler fosforca fakir ve potasyumca zengin olabilirler. Kompostun N muhtevası fosfor ve potasyum kadar değişken değildir. Kompostun pH'ı nötrale yakın olduğundan asidik toprakların pH'ını artırır. Buna karşılık alkali toprakların pH'ını düşürmeye etkisi azdır. Kireçle takviye edilmiş kompost

asitli topraklar için yararlıdır ama pH'ı 6'dan fazla olan topraklarda sorun yaratabilir. Bu durumda kompostun kireç içermemesi istenir.

Kompostun uygulama oranını ürün ihtiyacına göre belirlerken ilk yıl bitki büyümesi için komposttaki azotun sadece %8-12'sinin kullanılabilir olduğunu unutmamak gerekir. Yüksek N muhtevası gerektiren bir ürün için fazladan mineral gübre katılması gerekebilir. Kompostun uygulama oranı 1 hektar arazi başına 123,5 kuru ton veya 33 m³/m²'yi geçmemelidir.

Kompost maksimum izin verilen oranda kullanıldığında ilk büyüme mevsimi boyunca bitkinin ihtiyaç duyduğu nütrientlerin çoğunu karşılar. Zamanla ortamdaki N miktarı azaldığından genellikle ilk uygulamayı takip eden 2-3 yıl boyunca potasyum ve azotlu gübre ilavesi gerekebilir. Bununla beraber bu oran toprak tipine ve yetiştirilen mahsule bağlı olarak değişir. Uygulamadan sonra 2. ve 3. yıllarda ürünlerde genellikle azot noksanlığı görülmemesine rağmen ürün/bitki optimum oranda büyüyemeyebilir.

Kompost araziye arkadan veya yandan dökmeli gübre yayıcısı ile uygulanabilir(Şekil 5.1). Üst giydirme kompostunun maksimum üniformlukta olması için nem muhtevası %40'tan az olmalıdır. Kompost ayrıca arazi yüzeyine önden yükleyiciler ve arazi düzelticileri veya yol greyderleri ile de serilebilirler. Kompost küçük arazilere kürekler ve tırmıkla uniform olarak serilebilirler. Genelde %50 su içeren 2,54 cm kalınlığında kompost tabakasının uygulama oranı 123 kuru ton/ha'a eşittir.



Şekil 5.1 Kompostun araziye uygulanması(NREAS-54, 1992)

5.1.5 Kompostun özel kullanımları

5.1.5.1 Ev bahçelerinde kullanımı

Ev bahçelerinde sadece çözülebilir tuz konsantrasyonu düşük, yüksek kaliteli kompost kullanılmalıdır. Kompost toprak renginde ve kokusunda olmalı ve+ topaklanma olmamalıdır.

Kompostun bahçelerde toprak düzenleyicisi olarak kullanım oranı toprak testleri neticelerine göre belirlenir ama bu oran $33 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 'yi geçmemelidir. Maksimum yararı sağlamak için kompost araziye ekin zamanından hemen önce uygulanmalıdır.

5.1.5.2 Zirai ürünler, bahçe bitkilerinde ve peyzaj amaçlı kullanımı

Toprak düzenleyicisi ile aynı kalitede kompost zirai ürünler, bahçe bitkileri ve peyzaj için üst toprağın imalinde kullanılabilir. Bu kompost çoğunlukla toprakla karıştırıldığından yoğunluk, pH ve çözülebilir tuz seviyesi tehlikeli seviyelerde değildir. Kompostun uygulama oranı toprak tahlillerinin sonuçlarına göre belirlenmeli ve uygulamanın oranı 1 hektarda 50 kuru tonu aşmamalıdır. Üst örtü toprağı üretilirken kompostun toprağa hacimce oranı $1/3$ 'ü geçmemelidir. İstenilen pH'ı sağlamak için kireç ilave edilebilir.

5.1.5.3 Besi amaçlı yetiştirilmeyen ürünlerde kullanımı

Besi amaçlı yetiştirilmeyen ürünler için gerekli minimum çevresel standartları karşılayamayan kompost fidanlar ve ağaç fidelerinde, arazi ve bahçede dekoratif bitkilerin yetiştirilmesinde, anayol ve golf pisti inşası, umumi bahçelerde ve peyzaj oluşturulmasında ve muhafazasında, bozulmuş arazilerin tarıma elverişli hale getirilmesinde kullanılabilirler. Çim biçme ürün başına 50-60 ton toprak giderir. Ürünler arasındaki her bir hektara 123,5 ton kuru kompostlu toprağın serilmesiyle ıslah edilmesi toprak üretkenliğini belirgin bir şekilde arttıran bir uygulamadır.

5.1.5.4 Tahsis edilmiş arazilerde kullanımı

Aşırı derecede ağır metal ihtiva eden kompost sadece arazi depolamada örtü malzemesi olarak veya atık maddelerin bertarafı için tahsis edilmiş arazilerde kullanılabilirler. Uygulama oranı toprak tahlillerinin neticelerine, yükleme sınırına ve ilgili düzenlemelere bağlıdır. Yüksek oranda kirlilik ihtiva eden kompostun veya orta derecede kirli kompostun tekrar tekrar kullanılması arazinin ömrünü azaltır.

5.1.5.5 Kompostun bitki hastalıklarının kontrolünde kullanılması

Kompost yüzlerce yıldır topraktaki bitki patojenlerinin neden olduğu hastalıkları kontrol etmek için kullanılmıştır.

Kompostun hastalık kontrol etme kalitesi yapısındaki zararlı bitki patojenlerini yok eden mikroorganizmaların varlığından kaynaklanır. Bununla beraber, kompostlama esnasında bitki patojenlerindeki azalmanın da rolü büyüktür. Ayrıca kompostun bazı fiziksel ve kimyasal

faktörleri hastalık kontrolünü sağlar.

Kompostlama proresteki aktif mikroorganizmaların ısı üretimi ile meydana gelir. Kompostlama sırasında sıcaklık 45-65°C arasındadır. Bu yüksek sıcaklıklar sayesinde patojenler ve zararlı ot kaynakları yok edilir. Sıralı yığınların sıkça döndürülmesi ve statik yığınların üzerindeki izolasyon tabakası yüksek sıcaklıklara üniform maruz kalmayı sağlayarak patojenlerin ölmesini sağlar.

Organik madde stabilize olduktan ve sıcaklık 40°C'nin altına düştükten sonra normal toprak mikroorganizmaları kompostta tekrar koloni kurarlar. Bu mikroorganizmalar topraktaki patojenleri yok eden bir çok yararlı organizmaları içerir.

Komposttaki enerji rezervleri yararlı mikroflora ve mikrofaunanın aktivitesini destekler. Kompostun bu özelliği işlenmiş toprağın mikrobiyal taşıma kapasitesine etkisini tayin eder.

Üreticiler kompostla ıslah edilmiş substuratin mikrobiyal aktivitesini ölçmek ve *Pythium kök çürüme*(çoğu bitkide tohum, fide ve kök çürümesine neden olan mantarimsı bir bitki patojenidir. Bu mantar nem muhtevası yüksek olduklarında en aktiftir) potansiyelini belirlemek için çeşitli prosedürler geliştirmişlerdir. Bu prosedürler toprağın besisi durumu veya mikroflora sağlığı hakkında bilgi sağlar. Örneğin organik maddelerin fazlaca bozunduğu ve mineralize olduğu toprak aynı zamanda mikrobiyal aktivitesi düşük toprak olduğundan toprakta zararlı hastalıklar oluşabilir. Faydalı mikroflora için gereken enerjiyi karşılamak için bozulmuş topraklarda uygun formda organik madde kullanılmalıdır. Sonbaharda uygulanan gübre veya fidan dikmeden haftalarca önce uygulanan kompostun böyle etkileri vardır. Komposttaki biyokontrol ajanları,

- *Bacillus spp.*,
- *Enterobacter spp.*,
- *Flavobacterium balustinum*,
- *Pseudomonas spp.*,
- *Streptomyces spp.*,
- *Trichoderma spp.*, ve
- *Gliocladium virens*

Bitki için zararlı patojenlerin oluşmaması bakımından komposttaki organik maddelerin iyice stabilize olması gerekir. Taze mahsul atıkları yararlı mikroorganizmaların varlığında bile bir çok patojenin aktivitesini artırır. Bu yüzden hastalık önleyici olması için kompostun uygun

derecede kompostlanmış olması ve olgunlaşması şarttır.

Kompostun kimyasal ve fiziksel özellikleri kompostun faydalı etkilerini arttırabilir veya azaltabilir. Örneğin tuzluluğu fazla olan kompost fidan dikmeden hemen önce uygulanırsa soya fasulyesinin *Phytophthora kök* çürümesini arttırır. Özellikle ağaç kabuklarından hazırlanan kompost bazı bitki patojenlerini önleyen kimyasalları sağlar. Partikül boyutu, pH ve azot muhtevası gibi diğer faktörler ayrıca hastalık oluşumunu etkiler.

5.1.6 Kompostun araziye uygulanması

Bir sıra üründe kompostun besi maddesi ihtivasına bağlı olarak bir hektar araziye 50 ton(ıslak baz)'dan fazla uygulanması tavsiye edilir. Ortalama uygulama oranı 12-24 ton/ha'dır. Eğer kompost toprağın fiziksel özelliklerini düzeltmek için kullanılıyorsa daha fazla oranda uygulanabilir. Otlak ve saman/kuru otlar için kompostun uygulama oranı 17 ton/ha'dan fazladır.

Ağaç kabukları gibi iri maddelerden yapılan kompost erozyon kontrolü için kullanılabilir. Fakat bu amaç için kullanılacak kompostun çözülebilir tuz seviyesinin analiz edilmesi gerekir. Böylelikle kompost 248 ton/ha gibi büyük miktarlarda kullanılabilir. Kompost uygulama oranı özellikle ağır topraklarda ıslak bazda 248 ton/ha'ı aşmamalıdır(NRAES-114, 1999). Kompostun toprağa yüksek oranlarda uygulanması toprak kontrolünü güçleştirir. Kompostun nem muhtevası genellikle %50 olduğundan ıslak bazda 100 ton kompost kuru bazda 50 ton'a eşittir.

Toprak analizi sonuçlarına göre ilk uygulamada kompost ıslak bazda 124-371 ton/ha oranında ve artarda dikimlerde ilk uygulama oranının dörtte biri veya üçte biri kadar uygulanır. Çay üzümü yetiştiriciliğinde toprağı serin tutmak ve yavaş bırakılan besi maddelerini sağlamak için genellikle elenmemiş kompost veya kompostlanmış saman örtüsü yıllık uygulanırlar. Saman örtüsü genellikle 124-185 ton/ha oranında uygulanır.

Kompost araziye uygulanırken (NRAES-114, 1999),

- Kompostu uygulanmanın ana gayesi
- Örtülecek arazinin büyüklüğüne bağlı olarak gerekli kompost miktarı
- Kompostun toprağın tuzluluğuna etkisi ve
- Fayda- uygulama maliyeti ilişkisi göz önüne alınmalıdır.

Kompost tavsiye edilen maksimum uygulama oranında veya bu orana yakın kullanıldığında ilk büyüme sezonunda besi maddesi gereksinimini sağlayabilir. Kompostun uygulama miktarı

ve sıklığı ürün ihtiyacına, arazi geçmişine ve yerel iklime bağlıdır. Eğer yakın zamanlarda araziye kompost uygulanmışsa bu arazinin komposta olan gereksinimini azaltır.

Çiftlikte kompost arkadan serpicili veya yandan serpicili gübre yayıcıları kullanılarak uygulanabilir. Nem muhtevası %45'den fazla olan kompost topaklaşmaya neden olur buna karşılık nem muhtevası %40'dan az olan kompost ise çok toz oluşturur. Bu nedenle araziye uygulanacak kompostun nem muhtevası %40-45 arasında olmalıdır.

Örnek: Kompostun araziye besi maddeleri için uygulanması

Çiftlikte yapılan kompost analizi sonuçlarına göre toprağın nem muhtevası %50, ham yoğunluğu 593 kg/m³, toplam azotu (kuru baz)%1,5, fosfor (kuru baz) %0,5, potasyum (kuru baz) %1'dir. Buna göre kompostun araziye hangi oranda uygulanması gerektiğini bulunuz.

Çözüm: Eğer kompost mısır hektar arazi başına 100 kg azot sağlayacaksa (ilk yıl azot minerilizasyon oranı %12 kabulüyle) bir hektar arazi için ıslak bazda 148,5 ton kompost gerekir:

$$148,5 \text{ ton/ha} \times \%50\text{katı} \times 906 \text{ kg/ton} \times \%1,5 \text{ N(azot)} \times \%12 = 121 \text{ kg azot/ha}$$

Kompostun ham yoğunluğu 593kg/m³ olduğundan yetiştirilecek mısırın ihtiyacını karşılamak için bir hektar araziye 227 kg kompost uygulanmalıdır. Bir hektar araziye 336 kg P ve 672 kg K uygulanır. Bu uygulama oranlarının tekrarlanması toprakta P ve K birikmesine neden olur.

Eğer mısırın P ihtiyacı göz önüne alınırsa ve P'nin ilk minerilizasyon oranı ilk yıl için %30 kabul edilir ve mısır üretimi için bir hektar araziye 49 kg P gerekliyse her bir hektar araziye ıslak bazda 74 ton kompost gerekir:

$$74 \text{ ton/ha} \times \%50\text{katı} \times 906 \text{ kg/ton} \times \%0,5 \text{ P} \times \%30 = 50 \text{ kgP/ha}$$

Kompostun uygulama oranı mısırın P ihtiyacına göre belirlenirse N ihtiyacı mineral N ilavesiyle sağlanabilir.

Kompost araziye ayrıca önden yükleyiciler, toprak düzelticileri veya greyderler ile serilebilir. Uygun partikül çapı, nem muhtevası, deneyim ve dikkatle kompost doğru oranda araziye serilebilir. Kompost küçük arazilere kürek ve tırmıkla uygulanabilir.

Kompostun gözenekli ve yoğun yapısı yüzünden arazi için gereken kompost miktarını önceden tahmin etmek yararlıdır. Çizelge 5.3 kompostun ham yoğunluğu temel alınarak oluşturulmuş olup uygulama oranlarını ıslak bazda ton/ha'dan m³/ha'a çevirmekte ve

Çizelge 5.4 Farklı uygulama derinliğine karşılık gelen m³/ha değerleri(NRAES-114, 1999)

Kompost uygulama kalınlığı(cm)	m ³ /ha
0,6	64,3
1,0	94,5
1,3	128,5
1,9	190,9
2,5	255,2
3,8	381,8
5,1	510,3
6,4	635,0
7,6	765,5

Örnek: Kompostun araziye uygulama oranının hesabı

Nütrient analizleri ve ürün ihtiyacına göre kompostun uygulama oranı 30kuru ton kompost/ha'dır. Kompostun nem muhtevası %40 ve ham yoğunluğu 533kg/m³'tür. Buna göre bir hektar arazi için kaç m³ kompost gereklidir ve bu uygulama oranında kaç cm serilmelidir.

Çözüm:

1. Kompostun nem muhtevası %40 ve gereken uygulama oranı 30 ton/ha ise her bir hektar arazi için gereken kompost miktarı;

$$\frac{30 \text{ kuru ton}}{\text{ha}} = 50 \frac{\text{ıslak ton}}{\text{ha}} \quad (1-0,4)$$

Çizelge 5.3'den 533 bu iki değer için tam ortasına tekabül ettiği için 474 kg/m³ ve 593 kg/m³ sütunlarının her ikisi de alınır 50 ton/ha için uygulama oranları çizelgeden sırasıyla 94,5 ve 75,6 ton/ha bulunur. Bu her iki değer için aritmetik ortalaması ise 85 m³/ha'dır ve bu gerekli kompost hacmidir.

2. Çizelge 5.4 kullanılarak kompost hacmi 85 m³/ha'a karşılık gelen uygulama derinliğinin 1cm civarında olduğu görülür.

5.2 Zirai kompostu pazarlama

Zirai kompostu satmadan önce ilk olarak bu kompostun nerede satılacağını belirlemek gerekir. Kompost pazarı yumurta veya diğer zirai ürün pazarlarından biraz farklıdır. Hedeflenen pazardaki müşterilerin ne kadar kompostta ihtiyacı olduğu, bunun karşılığında ne kadar bedel ödeyecekleri ve istedikleri kompost kalitesi önceden saptanmalıdır.

5.2.1 Çiftlik kompostunun pazardaki durumu

Bir çok toplum kanalizasyon çamurları, bahçe atıkları ve katı atıkları arıtmak için kompostlamayı tercih ettiğinden kompost stokunda artış olması beklenmektedir.

Çiftlik kompostu pazarlamanın en önemli kısmı zirai kompostu atıktan oluşturulan komposttan ayırmaktır. Eğer atıktan yapılan kompostun kalitesi yüksekse sorun olmaz. Tüketiciler bunları düşük kaliteli ve saf bulmazlar. Diğer taraftan yiyecek, bitki ve hayvan yan ürünlerinden elde edilen kompost iyi bir üründür. Buna ilave olarak yapılan bazı düzenlemelerden dolayı çamur ve katı atıklardan yapılan kompostun kullanımını sınırlıdır. Pazarda ki bu boşluğu zirai kompost doldurur.

5.2.2 Nihai kullanıcı pazarını değerlendirme ve genişletme

Muhtemel kompost alıcıları bahçe düzenleyiciler, ticari fidanlıklar, ev ve bahçe merkezleri, seralar, meyve ve sebze çiftçileri, golf sahaları, bayındırlık işleri, yol ve anayollar, çim yetiştiricileridir(Çizelge 5.5). Tüm bu gruplar kompost veya turba yosunu, üst toprak ve kimyasal gübre gibi kompostun yerini doldurabileceği ürünler kullanır. Bayındırlık işleri, okullar, depo alanları ve diğer şehir kullanıcıları kompostu kendi çamur veya bahçe atığı kompostlama tesislerinde üretebilirler. Bu nedenle bahçe düzenleyicileri, sera ve fidanlık gibi yüksek kaliteli ticari kompost kullanıcıları birincil alıcılardır.

Muhtemel kullanıcıları belirledikten sonra kompostun pazar hacmini belirlemek gerekir. Çoğu durumda kompostun taşıma maliyeti üretim maliyetlerine oranla yüksektir. Bu pazarlama alanını kısıtlar. Taşıma maliyetinin yüksek olması pazarlama alanıyla beraber rekabeti de kısıtlar. Kompost satın alıp almayacaklarını, nasıl kullanacakları ve kompostta istedikleri kaliteyi saptamak için potansiyel kompost alıcıları ile telefon, posta veya anket yapılarak temasa geçilmeli ve kompost pazarı belirlenmelidir.

Muhtemel kullanıcıların nerede ve kimler olduğunu ve neyi istediklerini belirledikten sonra, hedef pazar genişletilebilir. Üretilen kompost hedeflenen pazarın taleplerini karşılamalıdır. Örneğin bir çok ticari fidanlık kompostu nütrienleri için değil toprağı ıslah etme özelliğinden

dolayı kullanırlar. Diğer taraftan organik çiftçiler kompostun nütrience zengin olmasını isterler. Ev bahçelerinde kullanılacak kompostun üniform, temiz ve bulaşkan madde içermemesi gerekir. Üretim sistemi hedeflenen pazara göre değişir. Eğer hedef pazarın gerektirdiği şartlarda kompost üretilmezse farklı bir pazar oluşturulması gerekebilir.

Farklı çeşitte kompost ürünleri arz etmek hedeflenen pazarı genişletebilir. Toprak düzenleyici sınıfında veya zengin gübre sınıfında farklı kalitede kompost pazara arz edilebilir.



Çizelge 5.5 Kompostun potansiyel kullanıcıları (NRAES-54, 1992)

Kullanıcı grup	Kompostun primer kullanımı	Kompost ürünü	Paketleme
<i>Zirai alanlar ve ikametgah alanlarında</i>			
Saman ve mahsul yetiştiricileri	Toprak düzenleyicisi, gübre takviyesi, otlak ve kuru ot bakımında üst yüzey örtüsü olarak	Elenmemiş ve elenmiş kompost	Açıkta
Meyve ve sebze çiftçileri	Toprak düzenleyicisi, gübre takviyesi, meyve ağaçlarının köklerini serin tutmada	Elenmemiş ve elenmiş kompost	Açıkta
Evlər	Toprak düzenleyicisi, bitkilerin köklerini serin tutma, gübre takviyesi, ve ev bahçeleri ve çayırılarda gübrenin takviyesi olarak	Elenmiş kompost, yüksek nütrientli kompost, saman örtüsü	Torba, küçük hacimli açıkta
Organik çiftçiler	Gübre takviyesi, toprak düzenleyicisi olarak	Elenmemiş ve elenmiş kompost, yüksek nütrientli kompost	Torba
Çim yetiştiricileri	Çim için toprak düzenleyicisi, üst yüzey örtüsü olarak	Elenmiş kompost, üst toprak karışımı	Açıkta
<i>Ticari</i>			
Mezarlıklar	Çim için üst yüzey giydirme, çim ve peyzaj bitkileri için toprak düzenleyicisi	Elenmiş kompost	Açıkta

Kullanıcı grup	Kompostun primer kullanımını	Kompost ürünü	Paketleme
Mağazaları, süpermarketler	Evlere tekrar satış	Genel elenmiş kompost ürünü	Torbalar
Bahçe merkezleri, hırdavat/kereste satış yeri	Evlere ve küçük kullanıcılara tekrar satış	Elenmiş kompost gübre ürünü	Torba, küçük hacimli açıkta
Golf sahaları	Çim için üst örtüsü, çimenlik ve golf sahası inşasında toprak düzenleyici, peyzaj bitkilerinde	Elenmiş kompost, üst toprak karışımı	Açıkta
Seralar	Saksı karışımında, turba yerine, altlıklar için toprak düzenleyicisi	Yüksek kalite, kuru, elenmiş kompost	Açıkta ve torbalı
Araziyi tarıma elverişli hale getirme	Zarar görmüş alanlarda(madenler) üst toprak ve toprak düzenleyici olarak	Elenmemiş kompost, üst toprak karışımı	Açıkta
Peyzajcılar	Üst toprak yerine, bitki köklerini serin tutmada, toprak düzenleyicisi, gübre takviyesi olarak	Elenmiş kompost, üst toprak karışımı, saman örtüsü	Açıkta
Fidanlıklar	Toprak düzenleyicisi ve toprak yenileme, saksı karışımı, perakende için yeniden satış ve peyzaj müşterileri	Elenmemiş ve elenmiş kompost, kompostlanmış ağaç kabuğu, saman örtüsü	Açıkta, torba

Kullanıcı grup	Kompostun primer kullanımı	Kompost ürünü	Paketlenme
<i>Eysel</i>			
Depolama alanları	Depo örtüsü, son örtü olarak	Elenmemiş düşük kaliteli kompost	Açıkta
Kamu işleri departmanı	Yollara üst örtüsü ve inşaat işleri, toprak düzenleyicisi ve peyzaj bitkilerinin köklerini serin tutmada	Elenmemiş ve elenmiş kompost, üst toprak karışımı	Açıkta
Okullar, parklar ve rekreasyon alanları	Üst toprak, çim için üst giydirmede, peyzaj bitkilerinde toprak düzenleyicisi ve saman örtüsü	Elenmiş kompost, üst toprak karışımı, saman örtüsü	Açıkta

Kullanıcıların komposttan istedikleri karakteristikler spesifik kullanıma bağlı olarak değişmesine rağmen kompost kullanıcılarının beklentileri aşağıda önem sırasına göre sıralanmıştır.;

- **Kalite;** kaliteli bir kompost kullanıcıların ilk şartıdır. Fakat kalite kompost için tek başına yeterli bir karakteristik değildir. Alıcıların istediği kalitede kompost üretilmelidir. Kullanıcıların istediği kalite nihai kullanıma bağlıdır. Ama kalitenin belirlenmesinde yaygın kriterler nem, koku, partikül boyutu, stabilite, nütrient konsantrasyonu, zararlı ot kaynakları, fitotoksik bileşikler ve diğer bulaşkanların olmamasıdır. Ürün ayrıca yoğun olmalıdır. Ürünün her noktasında aynı nem muhtevası, partikül boyutu ve/veya nütrient konsantrasyonu olmalıdır.
- **Fiyat:** Yüksek fiyat yüksek kalite ve performansla dengelenebilmesine rağmen fiyat genellikle kompost ve kompost yerine kullanılabilir maddelerle(üst toprak, turba yosunu vs.) rekabet edebilir nitelikte olmalıdır.
- **Renk, yapı, koku:** Kompostun yapısal olarak üniform ve nispeten kuru(nem muhtevası<%50), toprak renginde ve kokusunda olması gerekir.
- **Danışma:** Muhtemel kullanıcıların çoğu kompost karakteristiklerine yabancısıdır. Bu nedenle kompostun yararları ve nasıl kullanılacağı ile ilgili bilgi verilmelidir. Kullanıcıların bazıları için en önemli parametreler azot, fosfor, potasyum konsantrasyonu ve pH'tır.

5.2.3 Ambalajlı ve açıkta pazarlama

Pazarlamada düşünülmesi gerekli ilk soru kompostun nasıl satılacağıdır(açıkta veya ambalajlı). Kompostun ambalajda satılması küçük ölçekli kompost müşterileri ve perakende satışları için uygundur. Ambalajlı kompost açıkta satılana göre daha pahalıdır. Taşıma maliyetlerinin dolayısıyla pazar alanının artması fiyatları arttırır. Kısaca kompostu paketleme potansiyel pazarı genişletir. Bununla beraber aynı nedenden dolayı büyük ölçekli ticari kompostçular ambalajlı kompost pazarını tercih ederler. Ambalajlı ürün satan çiftlik kompostçuları büyük üreticilerle rekabet etmelidir. Ayrıca ambalajlamadaki ekipman maliyeti, emek ve sezon dışında ambalajlı ürünü depolama maliyetini karşılaması gerekir.

Küçük hacimli paketlenmiş kompost bahçıvanlara toprak düzenleyicisi olarak arz edilebilir. Ayrıca kompost alıcıları kompost alanına gelip kendi istedikleri miktarda kompost paketleyebilirler veya paketlenmiş ürünler yerel dükkanlara götürülebilir. Eğer paketlenmiş ürünlerin satışı azsa çiftlikte elle paketlenir. Bunun yerine paket yapan bir şirketle

kompostun paketlenmesi için işbirliği yapılabilir.

Çiftlikte kompost yapanların çoğu yığın pazarını daha uygun bulurlar. Taşıma giderleri paket pazarını sınırlandırdığından küçük üreticiler rekabet ederler. Bu tip satış için en iyi pazar, bahçıvanlar, yerel fidanlık veya çevre düzenlemesi yapanlardır.

5.2.4 Kompostun satışı

Kompostun pazarlanması miktarı, kalitesi, görünüşü ve ürünün mevsimlik kullanılabilirliğine bağlı olarak birinci veya ikinci derecede önemli olabilir. Kompost en fazla bahar ve yazın ilk aylarında kullanılır. Dağıtım için ürün stabil ve kuru olmalıdır. Ürünü kullanan müşteri bir problemle karşı karşıya kalırsa soruna derhal bir çare bulunmalıdır.

Ürünü pazara arz ederken aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir:

- Kompostun pH'ı genellikle nötrdür.
- Kompost bir toprak düzenleyicisidir. Kompost toprak için gereken besin maddelerini yeteri kadar içermesine rağmen kimyasal gübrelerle karşılaştırılmamalıdır.
- Kompost en iyi organik madde kaynaklarından biridir. Organik madde toprağa katıldığında su ve besin maddesi tutma kapasitesi büyümeye daha elverişli koşullar oluşturarak bitkileri güçlendirir.
- Komposttaki organik madde ayrışırken komposttaki besin maddeleri yavaşça toprağa geçer. Bu kimyasal gübrelerin yaptığı gibi bitkileri yakmaz. Kompostun besin maddeleri ve yararlı etkileri birkaç yıl sürer.
- Kompostun yapısındaki organik madde bir sünger gibi çalışır. Nemi ve gübrelerden gelen besin maddelerini bitkilerin kök bölgesinde tutarak besin kaybını azaltır.
- Uygun koşullarda üretilmiş bir kompost hemen hemen hiç zararlı ot kaynağı içermez.
- Çiftlik kompostu kanalizasyon çamurları veya katı atıklardan değil ahır hayvanlarının gübrelerinden ve bitkisel artıklarından yapılır.
- Kompostlama çevresel olarak yararlı bir süreçtir ve ekolojik bir üründür.

5.3 Çiftlikte kompostlamanın ekonomisi

Kompostlayıcılar maddeleri daha az değerli formlarından değerli ürünlere dönüştürürler. Genellikle kompost doğrudan kompostçu tarafından kullanılmakta veya m³'ü 13\$'dan daha az fiyata satılmaktadır (NRAES-54, 1992).

Kompostun fiyatı tutarlılığına, toplam kalitesine, tanıtıma, paketlemeye bağlı olarak belirlenir.

Kompostu pakette pazarlamayı genellikle büyük üreticiler tercih etmektedir. Çiftlik kompostçularının çoğu kompostu ürettikten sonra açık olarak küçük veya orta miktarda dağıtmayı tercih ederler. Bazı çiftçiler bitmiş kompostun tümünü veya büyük bir kısmını çiftlikte kullanırlar. Bir çok çiftçi kompost yığınlarını yönetmek amacıyla çiftlikteki teknolojiyi kullanırken bazıları kompostlama için özel ekipmanlar edinirler.

5.3.1 Gübre üretim maliyetleri

Kompostlama operasyonuna başlamadan önce birkaç sorunun çiftçi tarafından cevaplanması gerekir. İlk soru hangi miktarda organik madde hangi fiyatta kullanılabilir. Bir çok çiftçinin her yıl ilave harcama olmaksızın yüzlerce metreküp maddeyi kompostlama potansiyeli vardır. Kompostlanacak maddenin hacmi arttıkça arazi, emek ve/veya yatırım konularında daha fazla taahhüt ister.

İkincisi çiftlikte ve çiftlik dışında hangi maddeler kullanılabilir. Çiftlikte tercih edilen maddeler kompostlansın veya kompostlanmasın işleme veya bertaraf maliyeti çok fazla olan kirlenmemiş organik atıklardır. Çiftlik dışından gelen maddeler çöp ücreti ile gelirler ve çiftlikte kompostlanabilen maddelerin C:N, nem muhtevası, partikül boyutu gibi önemli fiziksel karakteristiklerini pekiştirirler. Çiftlik dışından gelen maddelerde evsel atıklar veya karton gibi makine aksamına zarar verebilecek veya metal, beton ve kimyasal gibi nihai kompostun kalitesini düşürebilecek bulaşkan maddelerin bulunmadığından emin olunması gerekir.

Üçüncüsü soru ise çiftçinin kompostlama için ne kadar alan ayrabileceğidir. Kompostlama için fazla arazi gerekir. Kompostlamayı ciddi olarak düşünen bir çiftçinin uygun eğimi, drenajı ve giriş çıkış sağlayan en azından 0,5 hektarlık bir araziye ihtiyacı vardır. Kullanılacak kompost teknolojisi mevcut araziye göre belirlenir. Kullanılan teknolojiye bağlı olarak 0,5 hektarlık bir arazide yılda 1500-2300 m³ 'ten 7646 m³'e kadar madde kompostlanabilir. Eğer arazi maliyeti yüksekse çiftlik kompostçularının arazi gereksinimini azaltan ekipmanlara yatırım yapmaları gerekir.

Dördüncüsü kompostun hangi pazarda satılacağı ve hangi amaçla kullanılacağıdır. Kompost ürünü yüksek kaliteli pazar taleplerine uygun olmalıdır. Nihai ürünün kalitesini arttırmak için parçalama veya eleme gerekli olabilir.

Kompost işleminin maliyeti emek, yakıt maliyeti, arazi değeri ve ekipmanı satın alma ve bakım maliyeti gibi bir çok değişkene bağlıdır. Arazinin konumu da masrafları etkileyebilir.

Konum faktörleri civar komşulara yakınlık, çiftlik dışından gelen ham maddelerin çiftliğe uzaklığı, çiftlikte taşınması gereken maddelerin mesafeleri, kompost alanının nihai kullanım noktasına uzaklığıdır.

Kompost farklı arazi, emek ve teçhizat kombinasyonları kullanılarak üretilebilir. Daha pahalı sistemler nihai kompost üretmek için gerekli süreyi azaltarak daha küçük arazide daha fazla maddeyi işlemeye olanak tanır. Kompostlanan maddenin hacmi arttıkça emek artar ve buda çiftiyi daha ileri kompost ekipmanları satın almaya iter.

Operasyonun boyutuna ve kullanılan teknolojiye bağlı olarak arazi hazırlama, planlama, izinler ve ekipman için yatırım harcamaları birkaç yüz dolarla yüz bin dolar arasında değişir.

5.3.2 Kompostlama metotlarının karşılaştırmalı maliyetleri

Kompostlamaya beş temel yaklaşım vardır. Bunlar;

- Pasif yığın yaklaşımı
- Yükleyici veya döndürücü kullanarak sıralı yığın kompostlama
- Özel sıralı yığın döndürücüleri kullanarak sıralı yığın kompostlama
- Havalandırılmalı statik yığın sistemleri
- Kapalı reaktör sistemleridir.

5.3.2.1 Çok küçük veya orta ölçekli operasyonlara pasif yığın yaklaşımı

Bu yaklaşımda çiftçiler yığınları organik maddelerden oluştururlar ve maddeler stabil ürünlere parçalanana kadar bekletirler. Kompostlamanın toplam maliyeti en aza indirilir. Toplam maliyet arasında en büyük paya arazi kullanım maliyetleri haizdir. İlk yığınların oluşturulması ve karıştırılması için gereken emek ve ekipman maliyeti en büyük işletme maliyetlerdir. Zirai yükleyiciler ve gübre yayıcıları genellikle bu maksatla kullanılırlar. Yığın oluşturma maliyeti gelen maddenin bir tonu için 1-6\$ arasındadır. Bu maliyet kompostlanan maddeye ve kullanılan ekipmana bağlı olarak değişir.

5.3.2.2 Sıralı yığınların yükleyiciyle döndürüldüğü küçük-orta ölçekli operasyonlar

Yükleyiciyle döndürülen sıralı yığın yaklaşımı ilave ekipman veya yatırım gerektirmemesi bakımından pasif yığın yaklaşımına benzedir. Esas farklılık yığın yönetiminin aktif olarak yapılmasıdır. Yığınlar traktör ve kepeçli yükleyiciyle veya gübre yayıcı ve traktör-yükleyici kombinasyonu ile döndürülür.

Bu yaklaşımda kompostlamanın maliyeti çiftlikteki diğer işlerde de yükleyici kullanarak en

aza indirilir. Döndürme ve yığın oluşturma maliyeti ilk yığın oluşturma ve karıştırma maliyetlerine eklenebilir. Ek maliyetlere rağmen yılda birkaç kere yığınların döndürülmesi ve karıştırılması bozunmayı hızlandırarak nihai kompost kalitesini artırır. Yedi yüz metreküplük orta büyüklükteki bir yığını döndürme birkaç gün sürebilir. Sıkça döndürme kokuyu kontrolünü veya prosesin hızlanmasını sağlayabilir.

Evsel atıkların kompostlamasında ham maddeleri yılda dört defa önden yükleyicilerle döndürme yaklaşık 5 \$'a mal olmaktadır. Bu maliyete ekipman, arazi maliyeti ve emek dahildir. Yığını döndürme ve oluşturma maliyeti genellikle bir tonun maliyetinin en azından %80'idir.

Standart çiftlik ekipmanları ile yığını döndürme ve karıştırmanın ne kadara mal olduğu döndürülen maddenin karakteri ve ham yoğunluğu, döndürme sıklığı ve operatörün becerisine bağlıdır.

Yükleyicilerin bir saatte işledikleri miktar kepçelerinin büyüklüğü ile orantılıdır. Böylece bir çiftçi 1/2m³'lük yükleyici yerine 2m³ kapasiteli bir yükleyici kullanarak döndürme oranını dokuz misli arttırabilir. Kullanılmış ekipman alınarak ana giderler azaltılabilir.

Yükleyiciyle döndürme ve karıştırmanın maliyeti Çizelge 5.6'da listelenmiştir. Sıralı yığının bir kere döndürülmesi 1-4 \$/ton'a mal olur.

Unutulmaması gereken bir nokta gelen maddelerin çoğu kompostlandıkça özellikle de ilk karıştırmadan sonra ilk ay içinde ağırlığı azalır. Hacimdeki azalmalar kullanılan maddeye bağlı olmasına rağmen %50-80'lik azalmalar normaldir. Bu ikinci ve sonraki döndürmelerin ilk döndürmeye oranla daha az masraflı ve daha az süre gerektirdiği anlamına gelir. İlk döndürmeden sonra yığını sıkça döndürmenin iyi nedenleri olmasına rağmen sadece sinen yığınları döndürülerek harcamalar azaltılabilir.

Yığınları yükleyiciyle döndürme küçük ölçekli kompost operasyonuna yüzlerce dolar ve yılda 500 ton madde işleyen büyük ölçekli operasyonlara ise binlerce dolar yük getirir.

Çizelge 5.6 Kepçeli veya önden yükleyicilerle döndürülen sıralı yığınların maliyeti(Dreyfus, Gresham vd. ve Richard, 1990)

Döndürme ekipmanı/teknîği	Maddeler	Kapasite (m ³ /saat)	Ton başına döndürme maliyeti
0,7 m ³ kepçe kapasiteli 100 hp traktör	Çöp	54	1,50 – 2,00 \$ ^a
0,7 m ³ kepçe kapasiteli 100 hp traktör + gübre yayıcı ve ikinci 100 hp traktör	Çöp	54	3,00 – 4,00 \$ ^a
Önden yükleyici(0,6m ³) + gübre yayıcı ve traktör	Kümes hayvanlarının atıkları	32	1,12 \$ ^a
Önden yükleyici(0,6m ³) + gübre yayıcı ve traktör	Kümes hayvanlarının atıkları ve çöpleri(1:1)	28	1,25 \$ ^a
Önden yükleyici(0,6m ³) + gübre yayıcı ve traktör	Kümes hayvanlarının atıkları ve gazeteler(1:4)	11	3,75 \$ ^a
1/2 m ³ kepçe kapasiteli 40hp traktör	Boğa gübresi ve testere talaşı	15	2,25 \$ ^b

^a Ekipman ve işletme maliyetinin 30 \$/saat olduğu kabul edildi; ^b Ekipman ve işletme maliyetinin 15 \$/saat olduğu kabul edildi

5.3.2.3 Orta ve büyük sıralı yığın operasyonlarda özel ekipman yaklaşımı

Madde miktarı arttıkça kompostlama çiftlikte yan operasyondan çok merkezi bir operasyon haline gelir. Arazi, emek ve ekipman ihtiyacı diğer çiftlik aktivitelerini engellediğinden çiftçilerin çoğu kompost operasyonlarına uygun ilave teçhizat satın almayı tercih ederler.

Bu seçenekle yüz yüze gelen bir çok çiftçi özel sıralı yığın döndürücülerine yatırım yapar. Büyük hacimli bahçe atıkları için sıralı yığın döndürücülerini kullanan belediyeler kompost üretiminin toplam maliyetinin 15-30 \$/ton olduğunu kaydetmişlerdir. Yıllık 10000 ton kümes atığı ve testere talaşını kompostlamanın maliyet hesabı daha düşük masrafların olabileceğini göstermiştir.

Sıralı yığın döndürücülerini kullanılarak yığınları döndürme için gerekli süre azaltılabilir. Bununla beraber yığın oluşturulması, bakımı ve kompostu eleğe veya parçalayıcıya besleme için bir yükleyici gerekebilir. PTO'lu küçük bir sıralı yığın döndürücüsü saatte 200 ton maddeyi döndürmesi yaklaşık 10,000\$'a mal olur. Daha büyük sıralı yığın döndürücülerini saatte 2,000 tondan fazla maddeyi döndürmesi 75,000-200,000\$'a mal olur.

Çizelge 5.7'de döndürme süreleri ve toplam maliyetler gelen maddenin hacmi temel alınarak

kıyaslanmıştır. Bu varsayımlar örnekler sıralı yığın döndürme için yapılmıştır. Gelen maddenin hacmi yılda $764-11,467\text{m}^3$ arasında değişir. Buradaki örneklerde yılda maddeyi dört defa döndürmek için geçen süre madde miktarına ve döndürme ekipmanının kapasitesine bağlı olarak 1500 saat (yaklaşık 2,5 ay) ile bir saat arasında değişir. Sıralı yığın döndürücülerini gelen madenin $11,467\text{m}^3$ 'ünü yaklaşık 100 saat veya daha az sürede döndürebilir. En büyük döndürücüler $11,467\text{m}^3$ 'lük maddeyi döndürmeden önce hazırlanmalıdır. Tersine en küçük yükleyicilerde ise aynı hacimdeki maddeyi işlemesi için neredeyse full time çalıştırılması gerekir. Hatta büyük önden yükleyiciler bile $11,467\text{m}^3$ hacimli maddeyi dört defa döndürmesi dört haftadan fazla sürer. Gerçekte sıralı yığınlara yatırım yapan herkes yığınları dört defadan daha fazla döndürmek isterler. Aynı şekilde küçük traktör veya kızaklı yükleyici operatörleri $3,800$ veya $11,467\text{m}^3$ lük yığınları dört defadan fazla döndürmezler.

Madde hacmi artarsa ve ekipman daha verimli kullanılırsa döndürme daha hesaplı olur. Eğer çok küçük hacimli maddeler döndürülüyorsa özel sıralı yığın döndürücüler verimli olmaz. Döndürülen maddenin miktarı arttıkça sıralı yığın döndürücüsü daha verimli olur. Yılda $11,467\text{m}^3$ maddeyi döndüren PTO'lu döndürücülerin masrafları en azdır. Küçük ölçekli operasyonlarda kızaklı yükleyiciler ve traktör yükleyicileri en ucuz seçenektir ve döndürülen maddenin hacmi artsa bile masrafı azdır. Bunun nedeni değişken işletme maliyetlerinin düşük olmasıdır.

5.3.2.4 Statik yığın veya kapalı reaktörde çiftlik kompostu

Zirai atıkların havalandırmalı statik yığınlarda kompostlanması nadir uygulanan bir yöntemdir. Belediyelerin havalandırmalı statik yığın sistemleriyle yaptığı tecrübeler maliyetin $20-50\$/\text{ton}$ arasında olduğunu göstermiştir. Bu yöntem genellikle evsel kanalizasyon çamurlarının işlenmesinde kullanılır. Sistemin yatırım maliyeti birkaç bin nüfuslu bir köy için $100,000\$$ ile, büyük bir şehirden gelen atığı işleyebilen bir sistem için milyon dolar arasında değişmektedir.

Daha pahalı kapalı reaktördeki sistemlerin maliyeti $150\$/\text{ton}$ iken maliyeti tipik olarak ton başına $50-100\$$ arasında değişir. Maliyetlerin böyle yüksek olmasının nedeni arazinin az olması ve/veya proses kontrolünün maksimum olması gerektiğindedir.

Hesaplamalar varsayımsal olarak kümes hayvan atıklarının kompost operasyonları temel alınarak yapılır. Kabul edilebilir toplam yatırım maliyeti 40000 ton/yıl kapasiteli havalandırmalı yığın sistemi için $1,1$ milyon dolar ve aynı kapasiteli dikdörtgen karıştırma yataklı sistem için $1,4$ milyondur. Yıllık maliyet $79000\$$ olan havalandırmalı yığın

sistemlerinde 1 ton ham madde başına toplam maliyet 7,64\$, yıllık maliyeti 67000\$ olan dikdörtgen karıştırma yataklı sistemlerde ton başına toplam maliyet 8,40\$'dır. Ham maddenin bir tonunun toplam maliyeti havalandırılmalı yığın için 7,64\$ ve dikdörtgen karıştırma yataklı sistem için 8,40\$'dır. Arazi, yapı, emek ve ekipman(kompostlama, eleme ve paketleme) harcamaları da bu rakamlara dahildir. Ham maddelerin tahmini yıllık maliyeti olan 410000\$ buna dahil değildir.

Başka bir projede küçük havalandırılmalı statik yığın sistemi için satın alma ve işletme maliyetlerinin yılda 2,661\$ olduğu varsayımı ile sistem balık atıkları, testere talaşı ve diğer düzenleyicilerden oluşan 200 tonluk atığı işleyebilecek şekilde ölçeklendirilmiştir. Bu fiyata maddeleri karıştıran makine, yığınları oluşturmak için yükleyici, blovır(9,5 m³/dk) ve 10 cm gözenekli boru maliyeti de dahildir. Taşıma masrafları, hacimleştirici maddenin alımı, arazi ve arazinin hazırlanması masrafları hariçtir.



Çizelge 5.7 Sıralı yığınları yılda dört defa döndürmenin maliyetleri

Kullanılan ekipman	Gelen madde											
	764 m ³	3823 m ³	11467 m ³	Kabuller	Saatlik operasyon kapasitesi (m ³ /saat)	İşleme						
	Toplam maliyet	Toplam maliyet	Toplam maliyet	Kapital maliyetleri	Saatlik operasyon maliyeti	İşleme						
	Saat maliyet/m ³	Saat maliyet/m ³	Saat fiyat/m ³	Saat fiyat/m ³	Saat fiyat/m ³	(m ³ /saat)						
Küçük yükleyici(30kW);1/5m ³ 'lük keçe	1,423\$	100	1,85\$	6,308\$	500	0,98\$	17,276\$	1,500	0,87\$	15,000\$	10\$	19
Traktör(63kW) ve 600'lık yükleyici;0,7m ³ 'lük keçe	1,116\$	33	1,46\$	4,800\$	167	0,73\$	11,669\$	500	0,59\$	45,000\$	13\$	57
Önden yükleyici(100kW);2,3m ³ 'lük keçe	3,062\$	11	4,0\$	11,365\$	56	1,73\$	21,135\$	167	1,0\$	130,000\$	22\$	172
30kW'lık sıralı yığın döndürücüsü(küçük,PTO'lu)	2,326\$	6	3,0\$	2,885\$	31	0,44\$	4,205\$	94	0,21\$	28,000\$	13\$	306
74kW'lık sıralı yığın döndürücüsü(büyük,PTO'lu)	4,383\$	2	5,73\$	4,551\$	10	0,69\$	4,996\$	31	0,25\$	65,000\$	19\$	917
60kW'lık sıralı yığın döndürücüsü(orta,)	17,360\$	1	23\$	17,491\$	3	2,67\$	17,797\$	9	0,9\$	115,000\$	32\$	3,058

5.4 Dünya’da ve Türkiye’de kompostlama standartları ve uygulamalar

5.4.1 Türkiye’de kompostlamayla ilgili düzenlemeler

Türkiye’de katı atıkların kompostlanmasına ilişkin ilk yasal sınırlandırma 14.03.1991 tarihli 20814 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’nde belirlenmişti. Bundan sonra 10.12.2001 tarihli 24609 sayılı Resmi Gazetede Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği yayınlanmış ve daha sonra 25.04.2002 tarihli 24736 sayılı Resmi Gazetede Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik yayınlanarak KAKY’ye ilavelerle bu yönetmelikteki bazı hükümler TKKY’ndeki hükümlere tabi tutulmuştur.

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’nde tarımda kullanılmak istenen kompostun kalite kriterlerini belirleyen Madde 36 ile kompostun ağır metal muhtevası ve sınır değerlerini belirleyen Madde 37 Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde birleştirilerek Madde 10 altında düzenlenmiştir.

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’ndeki Madde 37’de topraktaki ağır metal analizi 1 hektardan büyük arazilerde yapılması şartına bağlanmışken bu ifade Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’ndeki Madde 10’da ağır metal analizleri böyle bir şarta bağlanmamış her boyuttaki arazide bu analizlerin yapılması gerektiği belirlenmiştir.

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’nde toprağın ağır metal yükü hakkındaki sınırlama kompostun araziye tekrarlanan bir şekilde uygulanması halinde geçerli iken, bu ifade Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde toprağın ağır metal yükü kompostun araziye 10 yıllık dönemde her yıl uygulanması şeklinde düzeltilerek uygulama süresi belirli bir periyoda bağlanmıştır.

Katı Atıklar Kontrolü Yönetmeliği’ndeki ağır metal sınır değerleri Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde yeniden düzenlenmiştir. Topraktaki ağır metal sınır değerleri KAKY’de tek bir değer olarak belirtilirken daha sonra yayımlanan TKKY’de bu değerler toprağın pH’ının 6’dan büyük ve 6’dan küçük olmasına göre iki farklı duruma göre düzenlenmiştir. Çizelge 5.8 ve 5.9’de TKKY ve KAKY’ndeki ağır metal sınır değerleri karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.

Ülkemizde kompost kalitesi için özellikle geliştirilmiş bir standart henüz bulunmamaktadır. KAKY ve TKKY’de ise yüksek kaliteli kompost için yetersizdir ve bazı açıklar bulunmaktadır.

Çizelge 5.8 TKKY(10.12.2001) ve KAKY(14.03.1991) topraktaki ağır metal sınır değerlerinin karşılaştırılması

Ağır Metal	Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Ek-I/A		Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Ek-IV/A
	PH<6 mg/kg Fırın Kuru Toprak	PH>6 mg/kg Fırın Kuru Toprak	
Kurşun	50 **	300 **	100
Kadmiyum	1 **	3 **	3
Krom	100 **	100 **	100
Bakır *	50 **	140 **	100
Nikel *	30 **	75 **	50
Çinko *	150 **	300 **	300
Civa	1 **	1,5 **	2

* pH değeri 7'den büyük ise Bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar artırılabilir.

** Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir

Çizelge 5.9 TKKY(10.12.2001) ve KAKY(14.03.1991) toprakta on yıllık dönem esas alınarak bir yılda verilmesine müsaade edilecek ağır metal yüklerinin karşılaştırılması

Ağır Metal	Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Ek-III	Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Ek-IV/B
	Sınır Yük Değeri (gr/da/yıl) **	Sınır Yük Değeri (gr/da/yıl) **
Kurşun *	1500	2000
Kadmiyum	15	33
Krom *	1500	2000
Bakır *	1200	2000
Nikel *	300	330
Çinko *	3000	5000
Civa	10	42

* İşlenmiş arıtma çamurunun topraklarda kullanılması ile hasatın alınması arasında en az üç ay süre varsa ilgili kuruluşların görüşü alınarak Bakanlıkça civa ve kadmiyum hariç olmak üzere bu değerler % 5'e kadar artırılabilir.

** Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

5.4.2 Avrupa ve Amerika'da kompostlamayla ilgili düzenlemeler

Avrupa organik atık aktivitelerine göre dört grupta incelenir:


İlk grupta Avusturya, Belçika(Flamanya), Almanya, İsviçre, Lüksembourg, İtalya, İspanya(Katalonya), İsveç ve Hollanda bulunmaktadır. Bu ülkeler atık yönetim politikalarını tüm ülke geneline yaymış yerleşik bir düzen kurmuşlardır. İlk gruptaki bu ülkelerde organik atıklar kaynağında ayrı toplanmakta ve bu atıkların çoğu kompostlamayla işlenerek %80'i geri kazanılmaktadır. Çürütme şimdilik az kullanılmaktadır (ECN, 2004).






İkinci grupta Danimarka, İngiltere ve Norveç bulunmaktadır. Bu ülkeler atıkları kaynağında ayrı toplama ve kompostlama için gerekli kalite ve örgütlenme politikalarını oluşturmuşlardır. Üçüncü grupta Finlandiya ve Fransa bulunmaktadır. Bu gruptaki ülkeler kompostlama konusunda stratejilerini belirlemişler ve uygulamanın başlangıç noktasında bulunmaktadırlar (ECN, 2004).

Dördüncü grupta İspanya, Yunanistan, İrlanda ve Portekiz bulunmaktadır. Bu ülkelerde organik atıkların kaynağında ayrı toplanıp kompostlanması konusunda hiçbir gayret gösterilmemektedir. Bu ülkelerde atıklar halen karışık toplanıp kompostlanmaktadır (ECN, 2004).

Kompostlamada nihai ürünün kalite güvencesi önemlidir. Kompostlamayı planlarken elde edilecek nihai ürünün kalitesi, kompost prosesi ve kompost teknikleri etraflıca tasarlanmalıdır. Avusturya, Almanya, Danimarka, Hollanda ve Belçika gibi yerleşik kompost sistemi olan ülkelerde kalite güvencesi çok önemlidir. Bu ülkelerde nihai ürün için kalite sistemi oluşturulmuştur. İsveç, Norveç, İtalya ve Fransa gibi bir çok ülkede tasarım aşamasındadır. Kalite güvence organizasyonları sırasıyla Almanya'da Kompost Kalite Güvence Organizasyonu(CQAO), Avusturya'da KGVÖ, Belçika'da VLACO ve Hollanda'da VVAV'dır. Çizelge 5.10'da Avrupa ve Amerika'da bulunan kompost organizasyonları gösterilmektedir.

Çizelge 5.10 Avrupa ve Amerika'daki kompost organizasyonları [1]

Ülke	Organizasyon Adı	Etiket
<i>Kalite etiketli kuruluşlar</i>		
Avusturya	KGVÖ- Avusturya Kompost Kalite Birliği	

Ülke	Organizasyon Adı	Etiket
Belçika	VLACO- Flaman Kompost Organizasyonu	
Almanya	BGK- Bundesgütegemeinschaft Kompost	
İsveç	RVF- İsveç Atık Yönetim Birliği	
Hollanda	VVAV- Hollanda Atık İşleme Birliği	
İngiltere	CA- Kompost Birliği	
Yeni Zelanda	NGIA- Fidan ve Bahçe Sanayi Birliği	
<i>Kalite etiketi olmayan kuruluşlar</i>		
Avusturya	ARGE- Kompost ve Biyogaz	
Çek Cumhuriyeti	CZ Biom	
İrlanda	Cré- İrlanda Kompost Birliği	
İtalya	CIC- İtalya Kompost Birliği	
Japonya	JORA- Japon Organik Atıkları Geri Kazanım Birliği	
İsviçre	VKS- Verband Kompostwerke Schweiz	
Avrupa	ECN- Avrupa Kompost Ağı	
Kanada	CCC- Kanada Kompost Konseyi	
Kaliforniya	Kaliforniya Kompost Kalite Konseyi	
Amerika	Birleşik Devletler Kompost Konseyi	

Bir kalite güvence sistemi aşağıdaki unsurlardan oluşmaktadır;

- Ham madde
- Girdi kontrolü
- Zararlı madde limitleri
- Komposttaki değerli maddelerin kalite kriteri
- Kompost ürünü, dış kontrol(ürün ve/veya üretimi)
- Ürün kalite etiketi
- Tesis ve/veya ürün sertifikası
- Kompost özelliklerinin deklarasyonu
- Kullanım ve uygulama tavsiyeleri
- Operatör eğitimi ve yeteneği
- Tesislerin işletme ve yıllık sertifikalar

Avrupa’da kompost kalitesinin ve Avrupa’daki kompostlama ve çürütme tesislerinin kalite güvence durumu sırasıyla Çizelge 5.11 ve 5.12’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.11 Avrupa ülkelerinde kompost kalitesinin mevcut durumu (ECN, 2004)

Ülke	Kompost kalite güvencesi/sertifikası durumu
Avusturya	Bütünüyle yerleşik bir kalite güvence sistemi var
Belçika	Flamanya bölgesinde bütünüyle yerleşik bir kalite güvence sistemi var
Danimarka	Kompost kalite güvence sistemine henüz başlandı
Fransa	Kalite kriteri önergesi, kalite yönetim sistemi araştırma programı
Almanya	Kompost ve çürütme atıkları için bütünüyle yerleşik bir kalite kontrol sistemi var
İtalya	Başarılı bir kaynakta ayırma sistemi var
Lüksembourg	Bazı tesisler Alman Kalite Güvence Sistemine(German Quality Assurance System) tabidir
Hollanda	Bütünüyle yerleşmiş kalite güvence ve sertifika sistemi
İsveç	Kompost ve çürütücü atıkları için kalite kontrol sistemine henüz başlanıldı
İngiltere	Kompostlama Birliği(Composting Association TCA) tarafından kalite standardı teklifi
Finlandiya	–
Yunanistan	–

Ülke	Kompost kalite güvencesi/sertifika durumu
İrlanda	–
Portekiz	–
Kanada	Organik atıkları kaynağında ayırma için düşünülen kalite güvence sistemi görüşmeleri başlangıç aşamasındadır
Avustralya	Kalite kriteri ve analiz metotları için öneri yapıldı

Çizelge 5.12 Avrupa'daki kompostlama ve çürütücü tesislerinin kalite güvence durumları (ECN, 2004)

Ülke	Kalite güvencesi olan tesisler	Kalite işareti veya sertifikası olan tesisler
Avusturya	10	2
Belçika(Flandra)	22	10
Lüksembourg	3	
Hollanda	22	
Almanya	429 kompost, 16 çürütme	–
İsveç	2 kompost, 8 çürütücü	–
Danimarka	Kalite güvence sistemi tasarım aşamasında	–
Norveç	Kalite güvence sistemi var	–
İngiltere	Kalite güvence sistemi başlangıç aşamasında	–

Avusturya, Belçika(Flamanya), Almanya, Lüksembourg, Hollanda ve İsveç'te 520 büyük kompost ve çürütme tesisi kalite izleme sistemi ile kontrol edilmektedir.

Almanya'da nihai kompost kalitesi RAL işareti ile belirlenir. Hollanda ve Belçika'da nihai ürün kontrolü üretim kontrolü ile beraber yapılır. Belçika'da yeni bir kompost tesisinin kalite etiketi için müracaat süresi iki yıldır. İlk yıl boyunca kompost üretimi sürekli izlenir. Başvurunun ikinci yılında ise yalnızca üretilen kompost kontrol edilir. Avrupa'daki kompost tesislerinin kontrolünü üstlenen kurumlar ve kontrol şekilleri Çizelge 5.13'te gösterilmektedir.

Çizelge 5.13 Avrupa’da ki kompost tesislerinin kontrolünü üstlenen kurumlar ve kontrol şekli (ECN, 2004)

Ülke	Üretim izleme	Ürün kontrolü
Avusturya	Kompost yönetmeliği	Kompost yönetmeliği ve KGVÖ
Belçika(Flamanya)	VLACO (işletmenin ilk yılında)	VLACO (ikinci yılın başlangıcında)
Danimarka	–	Tesis yönetmeliği
Fransa	ISO 9000	ISO 9000
Almanya	BGK (yalnızca hijyen konusunda)	BGK
Hollanda	KIWA	KIWA
İsveç	RVF Sertifikasyonu	RVF Sertifikasyonu
İngiltere	TCA (prosedürler ve raporlar her değerlendirme süresinde kontrol edilir)	TCA (analizler, sonuçlar, ürün depolama ve etiketleme her değerlendirme süresinde kontrol edilir)

Avrupa’da kompostlamayla ilgili düzenlemelerde özellikle kompostun ağır metal muhtevası üzerinde durulduğu görülmektedir. Özellikle Avusturya’da kompost kalite sınıfları ağır metal muhteviyatına göre belirlenmiştir. Almanya’da kompost sınıfları kompostun özellikleri veya kullanımına göre belirlenmektedir. Belçika(Flamanya)’da ise kompost kalitesi kullanılan ham maddeye göre belirlenmektedir. Esasen nihai kompostun kalitesi kullanılan ham maddeye, ağır metal muhtevasına ve kullanım amacına bağlıdır.

Amerika’da arıtma çamuru kompostu için özel limitler geçerlidir. Bu limitler oldukça esnektir. Amerika’daki EPA Part 503’de arıtma çamuru kompostuna ilişkin ağır metal sınırlandırmaları Çizelge 5.14’te gösterilmektedir. Bu yönetmelik TKKY’deki Ek-II ile karşılaştırıldığında nikel dışındaki değerlerin EPA 503’de daha düşük olduğu görülmektedir. Avrupa ülkelerinde ağır metal limitleri ise Çizelge 5.15’te gösterilmektedir.

Çizelge 5.14 Amerika EPA standardının arıtma çamuru kaynaklı komposttaki ağır metal limitleri

Ağır metal	ABD EPA 503, mg/kg
Kurşun	300
Kadmiyum	39
Krom	-
Bakır	1500
Nikel	420
Çinko	2800
Civa	17

Çizelge 5.15 Avrupa ülkelerinde komposttaki ağır metal limitleri, mg/kg

Ülke	Kalite standardı	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Avusturya	Biyoatik Yönetmeliği Sınıfı A	1	70	150	0,7	60	120	500
Belçika(FL)	Tarım Bakanlığı	1,5	70	90	1	20	120	300
Danimarka	Tarım Bakanlığı	0,4	-	1000	0,8	30	120	4000
Almanya	Biyoatik Yönetmeliği Tip II	1,5	100	100	1	50	150	400
İrlanda	Taslak	1,5	100	100	1	50	150	350
Lüksembourg	Çevre Bakanlığı	1,5	100	100	1	50	150	400
Hollanda	İkinci Sınıf Kompost	1	50	60	0,3	20	100	200
İspanya	Sınıfı A(Taslak)	2	100	100	1	60	150	400
İsveç	Kalite Güvence Organizasyonu	1	100	100	1	50	100	300
İngiltere	TCA Kalite Etiketi	1,5	100	200	1	50	150	400

Avrupa ülkelerinde kompost limitleri arıtma çamuru için de geçerlidir. Kompostun ağır metal limitleri her ülkede farklıdır. Amerika'da limitler oldukça yüksektir buna karşılık Avrupa'da ise limitler oldukça düşük olduğundan bunların sağlanması oldukça güçtür. Amerika standartlarındaki limitler sağlık riskine göre belirlenirken Avrupa standartlarındaki limitler bu

ağır metallerin topraktaki doğal sınırlarına yakın belirlenmektedir ve esnek değildir. Böylece kompost hem toprak kirliliğini önlemekte hem de halk sağlığı açısından daha güvenli olmaktadır. Avrupa’da kompost üretimi sırasında biyolojik süreç sırasındaki gerekli sıcaklıklar ve bu sıcaklıkta hijyen koşullar sağlanması için öngörülen bekletme süreleri Çizelge 5.16’da gösterilmektedir (Baban vd., 2001). Ayrıca kompostun kullanım alanları farklı olduğundan kompostun sağlanması gereken limitlerde farklı olmaktadır.

Avrupa birliğinde 31 Aralık 1994’te kompostun etiketlenmesi ile ilgili standart hazırlanmıştır. Bu bağlamda toprak iyileştiriciler için standart geliştirmiştir. Bu standarda göre üretilen kompostun etiketinin üzerinde üretici firma, kişi, kompostun özellikleri, saklama koşulları, üretim kodu, tarihi, kullanma amaçları, kullanma talimatları ve halk sağlığı konusundaki ayrıntıları belirtmek zorundadır (Baban vd., 2001). Ayrıca kompost uygulandıktan sonra hiçbir kokuya neden olmamalı, insan sağlığı açısından kompost cam, tel, metal ve sert plastik içermemelidir. Standarttaki limitler Çizelge 5.17’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.16 Bazı Avrupa ülkelerinde ve Amerika’da nihai kompostun biyolojik işlem sırasında hijyenleşmesi için gerekli bekletme süreleri(Baban vd., 2001)

Ülkeler	Hijyenleşme sıcaklığı, °C	Bu sıcaklıkta bekletme süresi, gün
Belçika	60	4
Danimarka	55	14
İtalya	55	3
Hollanda	55	4
Avusturya	65	6
Küba	55	3
Kore	55	3
İngiltere	55	3
İspanya	55	3
Amerika	55	3

Çizelge 5.17 AB standardı kompost bileşenlerinin sınır değerleri(Baban vd., 2001)

Parametre	AB standardı limitleri
KM	>%25
Azot	8 g/m ²
K ₂ O	12 g/m ²
Salmonella	<25 g
E.coli	<1000 MPN(olası ortalama değer)
Ağır metal, mg/kg	
Çinko	300
Bakır	75
Nikel	50
Kadmiyum	1,5
Kurşun	140
Civa	1
Krom	140
Molibden	2
Selenyum	1,5
Arsenik	7
Flor	200

Avusturya'da ise kompost kalitesi için Ö-NORM S 2200 standardı geliştirilmiştir. Bu standart Avusturya, Almanya, Hollanda ve İsviçre araştırma enstitüleri ve üniversiteleri tarafından geliştirilmiştir. Uzmanlar kompost içindeki organik maddeler için limit değer belirlememiş ve bunun nedeni olarak kompost prosesini durdukları için bu maddelerin kendi kendilerini limitleme özelliği olduğunu kabul etmektedir. Avusturya'da kompost kalitesinin korunması için uygulanması gereken bir prosedür vardır ve bu prosedüre göre kompost kalitesinin iki ayda bir devlet kuruluşları veya devlet tarafından yetki verilen kurumlar tarafından kontrol edilir. Kompostun gübre olarak kullanımı 7 ton/ha/yıl ile, toprak iyileştiricisi olarak Ö-NORM S tarafından 10 ton/ha/yıl ile kısıtlanmıştır (Baban vd., 2001). Avusturya'nın Ö-NORM standardı Çizelge 5.18'de gösterilmektedir. Avusturya'da tüm atıklar belediyeler tarafından toplanmaktadır. Organik atıkların toplanması için merkezler kurulmuş organik

atıklar bu merkezlerde biriktirilmektedir. Bu merkezler yaşam merkezlerine yakındır. Mesafesi 30km'den fazla olan kompost tesisleri için ise aktarma istasyonları kurulmuştur. Atıklar öncelikle bu aktarma istasyonlarında toplanıp buradan katı atık kompost tesislerine taşınır(Baban vd., 2001).

Çizelge 5.18 Avusturya Ö-NORM standardı kompost limitleri (Baban vd., 2001)

Parametre	Ö-NORM S 2200 limitleri
Organik içerikler (%KM)	
Uçucu katı maddeler	> 20
Toplam karbon	> 12
Makronütrientler	
Toplam azot (%KM)	< 0,2
Toplam nitrat (N-NO ₃) (%KM)	< 0,1
Toplam amonyak (N-NH ₄) (%KM)	Üretici tarafından tayin edilir
Fosfor (toplam P ₂ O ₅)	Üretici tarafından tayin edilir
Fosfor (mümkün olan)	Üretici tarafından tayin edilir
Kalsiyum (toplam CaO)	Üretici tarafından tayin edilir
Potasyum (toplam K ₂ O)(%KM)	Üretici tarafından tayin edilir
Potasyum (mümkün olan)(%KM)	Üretici tarafından tayin edilir
Manganez (toplam MgO)(%KM)	Üretici tarafından tayin edilir
Bor (mg/kg KM)	< 10
Karbon/azot (C:N)	Üretici tarafından tayin edilir
Ağır metallere, mg/kg	
Krom	70
Nikel	42
Bakır	70
Çinko	210
Kadmiyum	0,7
Civa	0,7
Kurşun	70

Parametre	Ö-NORM S 2200 limitleri
Lindan	0,1
<i>Fiziksel özellikler</i>	
Nem muhtevası (%ham ağırlık)	25-50
Nem kapasitesi (%KM)	> 100
Ham yoğunluk (kg 1 ham ağırlık)	< 0,85
PH (H ₂ O) (-)	Kompost üreticisi tayin eder
EC (µS/cm)	< 2,0
Tanecik boyutu > 25 mm (%KM)	< 3
Toplam fiziksel kontaminasyon (%KM)	< 0,5
Plastikleri de içerecek > 200 (%KM)	0,2
Plastikleri de içerecek > 20 mm (%KM)	0
Bitki tolerans payı, %15 kompost	
Bitki biyokütle (% referans kütleinin)	100
Germinasyon gecikmesi (gün)	0
Germinasyon sayısı (%)	100
Bitki toleransı, %30 kompost	
Bitki biyokütle (% referans kütleinin)	100
Germinasyon gecikmesi (gün)	0
Germinasyon sayısı (%)	100
Bitki toleransı, %30 kompost	
Bitki biyokütle (% referans kütleinin)	90
Germinasyon gecikmesi (gün)	1
Germinasyon sayısı (%)	100

6. ATIK YÖNETİMİ VE KOMPOSTLAMA İÇİN DİĞER SEÇENEKLER

Sığır atıklarının kontrollü bertarafında kompostlamaya alternatif farklı sistemler mevcuttur. Bu sistemler ;

- Araziye doğrudan uygulama
- Biyogaz
- Vermikompostlama
- Altılık olarak kullanımı için geri kazanımı
- Ev ve bahçede kompostlama

6.1 Araziye doğrudan uygulama ve diğer arazi temelli metotlar

Doğrudan araziye uygulama gübre ve zirai kaynaklı atıkları geri kazanmanın geleneksel bir yoludur. Bu metot uzun süre çiftlik dışındaki atıkların işlenmesinde kullanılmıştır. Doğrudan araziye uygulama metotlarında madde işleme daha az olduğundan kompostlamaya nazaran maliyeti daha azdır.

Gübre ve sulu çamur gibi katı ve çamurumsu maddeler bir gübre yayıcı veya bir araçla tek başına veya toprakla karışık tarlaya uygulanır. Seyreltilmiş sıvılar ile toprak sulanır veya infiltrasyon havuzlarına verilir veya arazi yüzeyinden akıtılır. Sıvılar çiftlikte lagün ve bataklık gibi sistemler kullanarak da arıtılabilir.

Kanalizasyon çamurları, yiyecek atıkları, kağıt ve bahçe atıkları gibi maddeler dahil atık maddeler araziye uygulanabilir. Örneğin ön işlemden geçirilmiş balık atıkları bataklık bitkilerine yağmurlama metoduyla uygulanabilir. Çok az çiftlikte çöpler veya çimen kırpıntıları önce kompostlama yapmaksızın doğrudan toprağa verilir.

Atık maddeleri tarlaya uygularken uygulamanın zamanlamasına, ürünler için gerekli besi maddeleri, atığın nütrient muhtevası, atığın C:N oranı, depolamaya uygunluğu, hava koşulları ve kirlilik kontrolüne dikkat edilmelidir. Kullanılan maddeye bağlı olarak kirlilik kontrolü ana sorun olabilir. Çevre koruma önlemleri ve proses takibi gerekebilir.

6.2 Anerobik çürütme veya biyogaz üretimi

Anaerobik çürümeye oksijenin yokluğunda gerçekleşen bir prosestir. Gübre ve diğer maddelerin mikroorganizmalar aracılığıyla çürümesi sonucu atık madde ve biyogaz üretilir. Biyogaz metan(CH₄), karbondioksit(CO₂) ve diğer gazlardan oluşur. Atık madde ile çürütücüye giren maddenin yoğunluk, ağırlık, hacim ve besi maddesi hemen hemen aynıdır fakat çıkan

maddenin kokusu daha azdır.

Biyogaz ile doğal gaz benzerdir. Biyogaz ısıtma veya elektrik üretiminde yakıt olarak kullanılabilir. Isıtma ihtiyacı mevsime bağlıdır ve gübre ve biyogaz üretimi ile karşılaştırılmaz. Bu nedenle biyogaz elektrik üretiminde sıkça kullanılır. Üretilen elektrik çiftlikte kullanılır ve üretim fazlası elektrik için satılır.

Anaerobik çürütücüler beton veya korozyona karşı dayanıklı çelikten inşa edilen kapalı reaktörlerdir. Karıştırmalı çürütücüler genellikle mekanik karıştırmalı düşey silindirik tanklardır. Ters akımlı çürütücüler çoğunlukla yeraltına inşa edilen esnek plastik membran ile örtülen uzun beton reaktörlerdir. Her iki tip çürütücü içinde istenen sıcaklıkları muhafaza etmek için ısıtma gerekir. Gübre çürütücü içine ve dışına pompayla verilebilir veya cazibeyle akıtılır. Gübre çürütücüde ortalama 3-5 hafta kalır.

Anaerobik çürütücüyü işletme için gereken emek kompostlamadan daha azdır. Bununla beraber proses kolaylıkla bozulabilmesinden dolayı çürütücünün sıcaklık, pH ve yükleme oranı gibi parametrelerinin takip edilmesi gerekir. Toplam maliyetler elektrik üretme teçhizatının bakımı ve çürütücünün ilk yatırım ve ısıtma masraflarında oluşur.

Anaerobik çürüme ile gübrenin kokusu giderilir. Çürütücüden çıkan atık madde karbon muhtevası ve enerji değeri azalmasına rağmen istenirse kompostlanabilir.

6.3 Vermikompostlama

Vermikompostlamada veya vermikültürde organik maddeler toprak solucanları ile çürütülür. Solucanlar genellikle iyi bir toprak düzenleyicisidir. Solucanlar bitki atıkları, yemek atıkları, kanalizasyon çamurları ve gübreler gibi değişik organik maddeleri bozabilir. Atık yönetimi ve kompost üretimine ek olarak solucanlar olta yemi olarak ve hayvan yemi için protein kaynağı olarak da değerlidir.

Vermikompostlama istenen tipte solucanın organik madde yığınının katılmasıyla başlar. Yığını döndürmek gerekmez. Solucanlar yığın içinde ilerlerken yığının sonuna veya yığının üstündeki ince tabakanın içine yeni madde eklenir. Solucanlar stabil kompostu oluşturacak artıkları geri de bırakarak yığının içinden yeni ilave olunan maddeye doğru hareket ederler. Solucanlar çürüyen bölgeyi terk ederken kompostlanmış madde ayrılabilir.

Solucanlar için nispeten nemli ve düşük amonyak konsantrasyonlu aerobik bir çevre gerekir. Nem muhtevasının %60-90 ve sıcaklıkların ise 15-30°C arasında olması gerekir. Aerobik

koşulları muhafaza etmek ve sıcaklığı kontrol etmek için yığın yüksekliğinin 1m'den küçük olması gerekir.

6.4 Atıkların altlık olarak kullanılmak üzere geri kazanımı

Büyükbaş ve kümes hayvanlarında altlık olarak bir çok madde kullanılır. Bunlara örnek olarak yapraklar, gazeteler, kartonlar, kompost atıkları ve karışık kağıtlardır. Gübre/altlık karışımı ahırdan alındıktan sonra tarlada kullanılabilir, satılabilir veya kompostlanabilir. Nadir bulunan veya pahalı maddeler yerine bu maddeler altlık olarak kullanılabilir.

Çoğu durumda kağıt, karton gibi atıklar altlık olarak kullanılmadan önce boyutları azaltılmalıdır. Kağıt parçalayıcıları, öğütücüleri ve kıyıcılar kullanılır. Ayrıca yabancı maddeleri sınıflandırma ve işleme gerekebilir(örneğin kağıt zımba telleri). Eğer gübre/altlık karışımı doğrudan araziye uygulanacaksa altlık maddesinin toprak düzenleyicisi gibi uygun olması gerekir.

6.5 Ev ve bahçe kompostlaması

Ev veya bahçe kompostlaması küçük ölçekte bir kompostlamadır. Genellikle kompostlama küçük yığınlarda veya küçük bir siloda gerçekleşir.

Evde kompostlama, arazide kompostlama işlemi ile neredeyse aynıdır. İlk istisna evde kompostlamanın düşük sıcaklıklarda gerçekleşmesidir. Çoğu durumda termofilik sıcaklıklar sürekli değildir. Evde kompostlama yığınları uzun süre sıcak kalabilmesine rağmen ayrışmanın çoğu mezofilik sıcaklıklarda gerçekleşir. Bunun sonucunda böcekler, solucanlar ve diğer büyük organizmalar evde kompostlama yığınlarının içinde daha aktif olurlar.

7. TÜRKİYE'DE SIĞIRCILIK VE İZMİR BÖLGESİNDEKİ MEVCUT DURUM

Hemen her ülkenin ekonomisinde ülkelerin kalkınmasında temel unsur ödevini yüklenmiş olan öz kaynak tarımdır. Günümüzde kalkınmış ülkelerin hemen tamamı tarımda temel devrimlerini gerçekleştirmişlerdir. Ve tarım içinde hayvancılığın özellikle sığircılığın payını yükseltmişlerdir. Hayvancılık sektörünün tarım gelirleri içindeki payı gelişmekte olan ülkelerde %40'ın altında iken gelişmiş ülkelerde bu oran %50-85 arasında değişmektedir(Evrım ve Güneş, 2000). Bunun nedeni gelişmiş ülkelerde insan beslenmesi bitkisel kaynaklı besin maddelerine dayalı olmasından çok bitkisel ürünleri hayvansal ürünlere dönüştürerek insan beslenmesinde hayvansal ürünlere daha çok pay ayrılmasıdır.

Hayvancılık gelirleri içinde en büyük katkı sığır yetiştirme kolundan sağlanmaktadır. Dünyadaki toplam et üretiminin yaklaşık %40'ı ve toplam süt üretiminin yaklaşık %90'ı bu sektörden sağlanmaktadır (Evrım ve Güneş, 2000).

Sığır eti, inek sütü ve bunların işlenmiş ürünleri bazı ülkelerin en önemli dışsattım maddeleridir. Örneğin Avustralya, Danimarka, Hollanda gibi ülkelerin dışsattım gelirlerinin en büyük bölümü et, süt ve bunların ürünlerinden elde edilmektedir. Türkiye'de canlı sığır, sığır eti ve sığır dışsattımından sağlanan gelirler bazı yıllarda önemli boyutlara ulaşmıştır. Ancak devamlı bir artıştan çok değişik dönemlerde önemli dalgalanmalar söz konusudur. Özellikle 1985'i izleyen yıllarda uygulanan tarım politikaları ve dış ticarete gümrük duvarlarının indirilmesi sonucu Türkiye artık ithalatçı ülke konumuna gelmiştir.

Hayvan gübresi toprağın fiziki özelliklerini iyileştirmesinin yanında toprağa çeşitli besi maddeleri sağlayarak bitkisel tarıma önemli katkılar bulunmaktadır.

7.1 Sığır yetiştirme şekilleri

7.1.1 Ekstantif sığır yetiştiriciliği

Sığırların otlak ve meralardan daha çok yararlandırıldığı buna karşılık insan eliyle bakım ve beslemenin daha az yapıldığı bir beslenme şeklidir. Genellikle ekonomik koşulları zayıf, mera ve orta kalitede veya zayıf yörelerde uygulanmaktadır. Sığırlar bir çobanla meralara sürüler halinde dolaştırılarak beslenme sağlanmaktadır. Bununla birlikte ekstansif olarak et sığırı yetiştiriciliğinde durum değişebilmektedir. Özellikle merası kaliteli olan yerlerde baharda oluşturulan sürüler bahar ve yaz ayları boyunca beslenmekte ve akşamları ve akşamları konsantre yemlerle takviye edilerek kasaplık hale getirilmektedirler(Evrım ve Güneş, 2000).

7.1.2 Entansif sığır yetiştiriciliği

Daha çok mera koşullarının iyi olduğu işletmelerde uygulanan bir sistemdir. Bu tip işletmelerde genellikle üstün verimli kültür ırkı hayvanlar yetiştirilmektedir. Hayvanlar günün büyük bir bölümünü barınakta geçirmekte ve yemleri önüne getirilmektedir. Besi sığır yetiştiriciliğinde üretim materyali olan hayvanlar kullanılan ahırlama sistemine göre, tek tek bağlanmış vaziyette veya küçük gruplar halinde padoklanmış olarak bulundurulmakta ve ihtiyaçları ayaklarına temin edilmektedir. Etçi damızlık materyalin yetiştirilmesi süt sığır yetiştiriciliğindeki gibidir.

İşletmelerin çoğunda meralar padoklanmıştır ve hayvanlar değişimli olarak otlatılmaktadır. Egzersiz gereksinimi genellikle meralama sırasında karşılanmaktadır. Merası olmayan işletmelerde kapalı ahır alanının 1,5-2 katı büyüklüğünde gezinme yerleri yapılarak gezinme ve egzersiz için olanak sağlanır (Evrin ve Güneş, 2000).

7.1.3 Yarı entansif sığır yetiştiriciliği

Mevsim koşulları ve meraların uygun olduğu dönemlerde günün sınırlı bir süresinde hayvanların otlaklardan yararlandırılması, diğer zamanlarda konsantre yem ağırlıklı rasyonlarda barınak içinde besleme ve diğer gereksinimlerin karşılandığı bir sistemdir. Besi sığırıcılığında yapılan bazı uygulamalarda besi amacıyla toplanmış sığırların 3-4 ay gibi bir süre merada beslendikten sonra ahıra alınarak 3-4 ay gibi bir sürede entansif bir şekilde beslenerek pazarlanmaları söz konusudur (Evrin ve Güneş, 2000)..

7.1.4 Serbest entansif sığır yetiştiriciliği

Üretimde olmayan süt hayvanları veya besi sığırlarının yetiştirildiği bir sistemdir. Herhangi bir ahırlama söz konusu değildir. Hayvanlar kenarında yemliklerin ve sulukların olduğu çitlerle çevrilmiş büyük padok veya arazi parçalarında bulunurlar. Beslenme ihtiyaçları yetiştirici tarafından karşılanır (Evrin ve Güneş, 2000).

7.2 Sığırılık işletmelerinin sınıflandırılması

Sığırılık işletmeleri iki kısımda toplanır:

1. Damızlık işletmeleri
2. Ticari işletmeler

7.3 Sığır barınakları

Sığırların dış etkenlerden korunması için veya yetiştirme programına göre onlara ulaştırılacak hizmetlerin gerçekleşmesine yarayan padok, gölgelik, sundurma ve ahır gibi oluşumların tümü barınak olarak adlandırılır.

Gölgelik: sığırların güneş ışınları ve yağmur gibi mevsim olgularından korunmasını sağlayan sadece üstü örtülü oluşumlardır.

Sundurma: çatısı ve bir yada üç kapılı yemlik ve suluklara haiz yapılardır.

Ahır: sığırların içinde serbestçe dolaştığı veya bağlanarak bulundurulduğu, genellikle yanları ve üstü kapalı yapılardır. Yılın her mevsiminde sığırların barınmasına elverişlidirler.

Sığır barınakları çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilir. Bunlar:

Yapılışına göre:

- Kapalı sistemde yapılmış barınaklar
- Açık sistemde yapılmış barınaklar

Yetiştirme yönüne göre:

- Süt ineği barınakları
- Besi sığır barınakları
- Genç sığır barınakları

Kapalı sistemde yapılmış barınaklar üstü ve yanları kapalı yapılardır. Açık veya yarı açık sistemde yapılmış barınaklar ise sundurma, gölgelik ve yan duvarları olmayan barınakları kapsamaktadırlar. Bu tip ahırlarda zemin düzenlenmesi kapalı ahırlardakinin aynısıdır. Taşıyıcı sütunlara dayalı bir çatı söz konusudur.

7.3.1 Süt sığır barınakları

Süt sığır barınakları iki kısımda incelenir:

- Sabit bağlamalı ahırlar
- Serbest gezinmeli sistemde yapılmış ahırlar

7.3.2 Besi sığır barınakları

Besi sığırcılığı işletmeleri, materyalin dışarıdan alınıp belirli işletme döneminden sonra satıldığı ticari işletmeler olduğu için besi sığır barınaklarının yapımında işletmenin ömrü de göz önünde bulundurulmalıdır. Eğer işletme devamlı işletme niteliğinde değilse, yani birkaç

dönem veya birkaç yıl için besicilik yapılması söz konusuysa, bu durum barınakların en ucuz malzemelerden yapılmış ahırlar veya en iyisi açık besi yerleri olarak düzenlenmesi, besiyi daha karlı kılabilir. Devamlı işletmelerde ise yapı maliyetleri çok sayıda işletme dönemine dağıtılacağından daha özenli yapılar oluşturulabilir. Her ne durumda olursa olsun barınaklarda iyi havalandırma, besleme ve temizlik için işçilik kolaylıklarının sağlanmasına özen gösterilmelidir.

7.3.2.1 Sabit bağlama sistemli besi ahırları

Sabit bağlamalı sistemde yapılmış süt ineği ahırları gibidir. Nacak işletme kolaylıkları göz önüne alınarak hayvanların yetiştirilmeleri, başları iki durak sırasının ortasında bulunan yem yoluna bakacak şekilde, yani karşılıklı iki sıra birbirine bakacak şekilde ayarlanmalıdır. Durak yerleri için 100 cm genişlik yeterlidir. durak yeri boyunca ise kullanılan besi materyalinin büyüklüğüne göre 150 cm ile 170 cm arasında değişmektedir.

7.3.2.2 Padoklanmış besi ahırları

Ahır zemini genç sığır yetiştirme barınaklarındaki gibi hayvanların gruplar halinde içinde bulunduğu padoklara ayrılmıştır. Padokların ön duvarı, bir yemleme çiti ve yemlikle sınırlandırılmıştır. Daha genç dana besisi için kullanılan bu tip ahırlar, özellikle gübre sorunları ve temizlik kolaylıkları bakımından bazı sakıncalar taşımakta, dolayısıyla fazla iş gücüne gereksinim göstermektedirler.

Başka bir besi ahır tipi de padokların üzeri kafes tarzında örtülmüş ahırlardır. Bu ahırlarda hayvanlar belirli sayıdaki gruplar halinde padoklarda bulundurulurlar. Diğer padoklu ahırlardan farkı padok üzerinin demir bir çitle kafes tarzında örtülmüş olmasıdır.

7.3.2.3 Açık besi yerleri

İçinde barındırılan her besi sığıru başına 10-12 m²'lik bir alan içeren besi yerleridir. Padoklara bölünmüş besi yerlerinin karşılıklı iki kenarından iki sundurma bulunmaktadır. Bunlardan dış kenarda olanı hayvanların yağıştan korunmalarını ve gölgelenmelerini sağlayan bir sundurma, yemlik üzerinde bulunan diğeri ise yemlik ve yem yolunu örten şemsiye şeklindedir.

7.4 Dünya sığır varlığı ve ülkelere dağılımı

Dünya "Gıda ve Tarım Organizasyonu"(FAO) istatistiklerine göre 1992 yılı itibariyle dünyada 1.284 milyar baş sığır vardır. Dünyanın en çok sığır yetiştiren ülkeleri arasında Hindistan, Brezilya, Birleşik Devletler Topluluğu, ABD, Çin ve Arjantin bulunmaktadır.

Türkiye bu sıralamada 21. sıradadır. ABD, Birleşik Devletler Topluluğu, Fransa, Almanya, İngiltere, Polonya, Avustralya ve Kanada sığır sayısının çokluğu yanında yüksek düzeyde üretim yapan ülkelerdir. Bu ülkelerde kişi başına yıllık sığır eti üretimi 16 kg ile 102 kg arasında ve inek sütü üretimi de 235 kg ile 442 kg arasında değişmektedir.

Yetiştirilen sığır sayısı fazla olmamakla birlikte birey başına yüksek üretim düzeyine ulaşmış diğer ülkeler Danimarka, Hollanda, İsviçre, Belçika ve İsveç'tir. Öte yandan büyük sığır popülasyonuna sahip olan Hindistan, Pakistan, Bangladeş ve Türkiye gibi ülkelerde kişi başına sığır eti üretimi 0,3-5,1 kg ve inek sütü üretimi 6,5-150 kg arasında değişmektedir. Sığır eti ve inek sütü üretimindeki bu yetersizlik nedeniyle belirtilen ülkelerde beslenme düzeyi çok düşüktür ve bitkisel kaynaklı besin maddelerine dayandırılmıştır.

FAO istatistikleri ile DİE rakamları farklılık göstermektedir. DİE verilerine göre kişi başına yıllık sığır eti üretimi 5,1 kg ve inek sütü üretimi de 148,4 kg'dir.

Dünyada halen yetiştirilmekte olan 300 dolayında sığır ırkı vardır. Bunların bir bölümü sütçü, bir bölümü etçi, bir bölümü kombine olarak sınıflandırılmaktadır.

Çizelge 7.1 Çeşitli ülkelerde sığır sayıları, sığır eti ve inek sütü üretimi (Evrım ve Güneş, 2000)

Ülke	Sığır sayısı (milyon)	Sığır eti üretimi		İnek sütü üretimi	
		Toplam (bin ton)	Kişi başına (kg)	Toplam (bin ton)	Kişi başına (kg)
Hindistan	192,7	1216	1,4	29400	33,4
Brezilya	153	3000	19,5	15500	100,5
BDT	111,9	7454	25,4	88882	303,4
ABD	99,6	10607	41,6	68966	270,6
Arjantin	50	2647	79,8	6700	202,4
Avustralya	23,6	1791	101,8	6940	394,3
Bangladeş	23,7	143	1,2	7700	6,5
Fransa	20,9	1780	31,1	25341	442,3
Pakistan	17,7	338	2,7	3788	30,4
Almanya	17,1	1815	22,6	28191	351,1
Kanada	13	926	33,8	7380	269,3
Türkiye	12	295	5,1	6106	104,6
İngiltere	11,6	962	16,6	14612	253,3
Polonya	8,2	617	16,1	12800	333,3
Yunanistan	0,6	80	7,8	715	70,1

7.5 Türkiye’de sığır yetiştiriciliği

Türkiye’de yetiştirilen ırklar düşük verimli olmakla birlikte sığırcılık sektöründen elde edilen ürünler gerek halkın beslenmesinde gerekse ülke ekonomisinde önemli yer tutmaktadır. Türkiye’deki sığır popülasyonunun yıllara göre dağılımı Çizelge 7.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 7.2 Türkiye’de sığır ve et sığırının yıllara göre dağılımı (DİE, 2004)

Hayvan cinsi	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Sığır (x1000)	11.789	11.886	11.185	11.031	11.054	10.761	10.548	9.803
Kesilen sığır (x1000)	1.820	1.816	2.382.	2.200	2.006	2.101	1.843	1.774

7.5.1 Türkiye’de üretim çiftlikleri ve hayvan sayıları

Türkiye’deki sığır sayılarının illere göre dağılımı, Ek 6’da bölgeler bazında dağılımı Ek 7’de ise Türkiye’de sığırlardan oluşan gübre miktarları gösterilmektedir. Ek 5’te görüldüğü üzere sığır sayılarının en fazla Doğu Anadolu Bölgesi’nde olduğu görülmektedir. İller bazında en fazla sığır sayısının Ağrı’da olduğu okunmaktadır.

7.6 İzmir bölgesi üretim çiftlikleri ve hayvan kapasiteleri

İzmir bölgesi sığır sayılarının yıllara göre dağılımı Çizelge 7.3’te gösterilmektedir(İzmir’de ki üretim çiftlikleri ve sığır sayıları Ek 8’de gösterilmektedir).

Çizelge 7.3 İzmir bölgesi sığır sayılarının yıllara dağılımı (DİE, 2004)

Hayvan cinsi	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Sığır	259.260	261.820	258.540	257.740	252.600	240.380	230.570	228.534
Kesilen Sığır	108.570	137.190	165.710	129.460	115.646	111.720	92.347	113.387

8. BÜYÜKBAŞ HAYVAN ÇİFTLİKLERİNDEN KAYNAKLANAN GÜBRE ATIKLARI İÇİN KOMPOST TESİSİ TASARIMI ÖRNEĞİ

Bu çalışmada gerek Türkiye’de hayvan kapasitesi bakımından Ağrı’dan sonra ikinci sırada olması gerekse ulaşım kolaylığı bakımından İzmir bölgesi seçilmiştir.

8.1 Pilot çiftliğe ait veriler ve farklı kompost sistemleri tasarımı

Kompost sistemi tasarımı amacıyla pilot olarak İzmir bölgesinde en fazla hayvan kapasiteli çiftlik olan McDonald’s çiftliği seçilmiştir. Bu çiftliğe gidilerek anket yapılmış ve çiftlikle ilgili gerekli datalar toplanmıştır.

Çiftlik İzmir’in Torbalı ilçesinin Atalan köyünde bulunmaktadır. Çiftliğin arazisi özel mülke ait fakat McDonald’s tarafından kiralanarak Mart 2001’den beri et sığırı yetiştiriciliği yapılmaktadır. Çiftlikte 4213 büyükbaş hayvan bulunmaktadır. Sığırlar gerekli erginliğe geldikten sonra buradan kesim hanelere nakledilmektedir. Çiftlik İzmir şehir merkezine 55 km uzaklıktadır. Çiftlikte gübre temizlemede dört kişi olmak üzere toplam 30 kişi çalışmaktadır. Çiftliğin toplam yerleşim alanı 388 dönümdür. Bu arazinin 300 dönümü hayvanlar için mısır yetiştiriciliğinde kullanılmaktadır. Çiftlikte hayvanlar yarı açık ve kapalı olmak üzere iki çeşit barındırılmaktadırlar. Açıkta barındırılan hayvanlar 2000 adettir. Hayvan barınaklarının tabanları betondan ve gübrenin rahatça toplanması için eğimlidir. Hayvanlar için gereken su çiftlikte artezyenden sağlanmaktadır. Çiftlikte tüketilen su miktarı yazın hayvan başına 70-100 lt, kışın ise 40-50 lt arasında değişmektedir.

8.2 Kompost sistemleri tasarımı

4213 sığırdan gelen gübre testere talaşı ile beraber kompostlanacaktır. Yapılan anket sonucunda çiftlikteki ortalama hayvan ağırlığı 550 kg olduğu ve 35 kg hayvan/gün gübre oluştuğu anlaşılmaktadır. Tahmini kompostlama süresi 30 gündür. Kompost 1ay(30 gün) olgunlaştırıldıktan sonra araziye uygulamadan önce 30gün depolanacaktır.

Çizelge 8.1 Sığır gübresi ve testere talaşının kimyasal analizi

	N (%)	C/N	Nem(%)
Sığır gübresi	4	10	70
Testere talaşı	0,11	500	35

Çiftlikte bir günde oluşan toplam atık miktarını hesaplama:

1 kg ıslak gübrede:

$$\text{Su muhtevası} = 1 \text{ kg} \times 0,7 (\text{gübrenin nem muhtevası}) = 0,7 \text{ kg}$$

$$\text{Katı Madde} = 1 - 0,7 = 0,3 \text{ kg}$$

$$\text{N} = 0,3 \times 0,04 = 0,012 \text{ kg}$$

$$\text{C} = 0,012 \times 10 = 0,12 \text{ kg}$$

1 kg ıslak testere talaşında:

$$\text{Su muhtevası} = 1 \text{ kg} \times 0,35 (\text{testere talaşının nem muhtevası}) = 0,35 \text{ kg}$$

$$\text{Katı Madde} = 1 - 0,35 = 0,65 \text{ kg}$$

$$\text{N} = 0,65 \times 0,0011 = 0,00071 \text{ kg}$$

$$\text{C} = 0,00071 \times 500 = 0,35 \text{ kg}$$

Karışımın nem muhtevası %50-60 arasında olmalıdır. Karışımın nem muhtevasının %60 olduğu kabulüyle:

$$\text{NM} = \frac{\text{Gübredeki suyun agr.} + \text{Testere talaş suyun agr.}}{\text{Toplam agr.}}$$

$$NM = 0,6 = \frac{0,7 + (0,35 \times S)}{1 + S}$$

$S = 0,4$ kg testere talaşı/gübre

Karışımın C:N oranı kontrol edilir.

$$C:N = \frac{\text{Gübredeki C agr.} + \text{Testere talaş C agr.}}{\text{Gübredeki N agr.} + \text{Testere talaş N agr.}}$$

$$C : N = \frac{0,12 + (0,4 \times 0,35)}{0,012 + (0,4 \times 0,00071)} = 21$$

Bu oran uygun aralıkta(25-30) arasında olmadığından uygun değildir. Karışımın C:N oranını arttırmak için karbonca zengin olan talaşın oranı artırılabilir. Testere talaşının gübreye oranı 0,65 kabul edilirse:

$$C : N = \frac{0,12 + (0,6 \times 0,35)}{0,012 + (0,6 \times 0,00071)} = 28$$

Bu C:N oranında karışımın nem muhtevası kontrol edilir.

$$NM = \frac{0,7 + (0,6 \times 0,35)}{1 + 0,6} = 0,56 = \%56$$

Bu nem muhtevası ideal aralık olan %50-60 arasında olduğundan uygundur. Yani her 0,65 kg testere talaşına 1 kg gübre katılacaktır.

Çiftlikte toplam 4213 et sığıru bulunmaktadır. Her sığır günde 35 kg atık oluşturuyorsa 4213 sığırdan:

$$4213 \times 35 \text{ kg/gün} = 147455 \text{ kg/gün} = 147,5 \text{ ton/gün}$$

Her 1 ton gübreye 1,2 ton testere talaşı katıldığından testere talaşının miktarı:

$$147,5 \text{ ton/gün} \times 0,6 = 88,5 \text{ ton/gün}$$

Çizelge 4.5(syf 113)'den gübrenin yoğunluğu 961 kg/m^3 okunur ve,

$$\frac{147,5 \text{ ton/gün}}{0,961 \text{ ton/m}^3} = 153,4 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Ek-1'den testere talaşının yoğunluğu 243 kg/m^3 olarak okunur.

$$\frac{88,5 \text{ ton/gün}}{0,243 \text{ ton/m}^3} = 364 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Testere talaşı ve gübreden oluşan karışımın toplam günlük hacmi,

$$\text{Testere talaşı} + \text{Gübre} = 364 \text{ m}^3/\text{gün} + 153,4 \text{ m}^3/\text{gün} = 517,4 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Maddeler karıştırıldığında yaklaşık %20 hacim azalması olduğu varsayımıyla,

$$\text{Karışımın günlük hacmi} = 517,4 \text{ m}^3/\text{gün} \times 0,8 = 414 \text{ m}^3/\text{gün}$$

8.2.1 Sıralı yığın metoduyla kompostlama

Kompost alanı hesabı:

Madde karışımı 30 gün kompostlanıyorsa,

$$\text{Toplam madde hacmi} = 30 \text{ gün} \times 414 \text{ m}^3/\text{gün} = 12420 \text{ m}^3$$

$$\text{Ayarlı toplam madde hacmi} = 12420 \text{ m}^3 \times 0,75 = 9315 \text{ m}^3$$

Sıralı yığınların yüksekliği 1,8-3,6 m genişliği 3-6 m arasında olmalıdır. Buna göre yığın yüksekliği 3,4 m genişliği ise 6,1 m seçilir. Yığın uzunluğu ise 57 m seçilirse yığının enine kesit alanının Çizelge 4.4'ten 13,8 olduğu bulunur.

Buna göre tek bir sıralı yığının hacmi:

$$V = A \times L$$

$$V = 13,8 \text{ m}^2 \times 57 \text{ m} = 786,6 \text{ m}^3$$

$$\text{Sıralı yığın sayısı} = \frac{9315 \text{ m}^3}{786,6 \text{ m}^3} = 12 \text{ yığın}$$

$$\text{Toplam taban alanı} = 126 \text{ m} \times 72,6 \text{ m} = 9147,6 \text{ m}^2$$

Olgunlaşma alanı hesabı:

Yığınlar 30 gün kompostlamadan sonra kepçeli yükleyicilerle olgunlaşma alanına taşınıp burada 30 gün alıkonurlar.

Olgunlaşma alanına 1 gün süreyle 414 m³ gübre + talaş karışımı gelir. Toplam hacim,

$$\text{Toplam hacim} = 414 \text{ m}^3 / \text{gün} \times 30 \text{ gün} \times 0,5 \text{ çökme payı} = 6210 \text{ m}^3$$

Olgunlaşma alanı:

Olgunlaşma yığınlarının yüksekliğinin 1,8-2,4 m arasında genişliğinin ise 4,5-6 m arasında olması gerekir. Ama yüksek kaliteli bir kompost ürünü için yüksekliğin 1,8 m olması gerekir.

Buna göre yığınlar 2,4 m yüksekliğinde, 6 m genişliğinde ve 55 m boyunda seçilir.

Yığının enine kesit alanı:

$$A = \frac{2}{3} \times \text{en} \times \text{yükseklik}$$

$$A = \frac{2}{3} \times 6 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} = 9,6 \text{ m}^2$$

Tek bir yığın hacmi :

$$V = A \times L = 9,6 \text{ m}^2 \times 55 \text{ m} = 528 \text{ m}^3$$

$$\text{Olgunlaşma yığınlarının sayısı} = \frac{6210 \text{ m}^3}{528 \text{ m}^3} = 12 \text{ yığın}$$

$$\text{Toplam taban alanı} = 144 \text{ m} \times 61 \text{ m} = 8784 \text{ m}^2$$

Depo alanı hesabı:

Yığınlar olgunlaştıktan sonra 30.gün sonunda kepçeli yükleyicilerle satışa hazır hale getirilmek üzere depo alanına transfer edilirler.

$$\text{Depo hacmi} = 414 \text{ m}^3 / \text{gün} \times 30 \text{ gün} = 12420 \text{ m}^3$$

Depo alanı hesabı:

Depolama yığınları arasında boşluk bırakılmamaktadır. Yığın yüksekliği 2,4 m seçilir. Buna göre toplam depo alanı:

$$\text{Depo alanı} = \frac{\text{depo hacmi}}{\text{ort. yığının yüksek.}} = \frac{12420 \text{ m}^3}{2,4 \text{ m}} = 5175 \text{ m}^2$$

Yığınların kompost alanına getirilmesi, oluşturulması, olgunlaşma ve daha sonra depolama alanına taşınması için döndürücü seçiminin yapılması gerekir. Yığınları uygun boyutlarda

oluşturabilecek bir döndürücü seçilmesi gerekir.

Kompost tabanının sağlam bir yüzey olması istenir. Bu nedenle taban için aynı işlevi görebilecek iyice sıkıştırılmış 20 cm kalınlığında kum-çakıl tabakası seçildi.

Kompostun depolanması için hava koşullarına daha iyi adapte olabilmemesinden ve haşere önleme özelliğinden dolayı sundurmalı depo kullanılır.

Kompostlama alanının çevresine daha az görülebilir olması için ağaç veya diğer peyzaj bitkileri dikilir. Böylelikle tesisteki koku, toz gürültü vs. tutulur. Tesisin ayrıntılı arazi diyagramları Ek 9'da gösterilmektedir.

Çizelge 8.2 Çiftlikteki gübreyi sıralı yığın metoduyla kompostlamada tasarım kriterleri ve kabuller

Parametre	Kriter
Kompostlama türü	Açıkta (sıralı yığınlar)
Kompostlama süresi	30 gün
Kompostlama için gereken alan	9147,6 m ²
Kompostlama yığınlarını boyutları	3,4m x6,1m x57m
Aktif kompostlama yığın sayısı	12
Yığınlar arası mesafe	3 m
Kompostun olgunlaşma süresi	30 gün
Olgunlaşma alanı	8784 m ²
Olgunlaşma yığını boyutları	2,4mx6mx55m
Olgunlaşma yığını sayısı	12
Kompostu depolama süresi	30 gün
Depolama alanı	5175 m ²
Depolama yüksekliği (yığınlar birbirine bitişik depolanacaklardır)	2,4 m

8.2.2 Havalandırılmalı statik yığınlarda kompostlama

Birleşik yığınlarda hücreler günlük hazırlanır ve sürekli beslenir. Günlük madde hacmi çok fazla olduğundan gerekli hücre boyutu da tasarım kriterleri dışında kalır. Bu nedenle günde yedi hücre oluştuğu kabul edilerek boyutlandırma yapılır.

Çiftlikte bir günde oluşan toplam madde hacmi

$$\text{Gübrenin ağırlığı} = 153,4 \text{ m}^3 / \text{gün} \times 0,8 = 122,8 \text{ m}^3 / \text{gün} \text{ (%20 hacim azalması olduğu varsayılır)}$$

Hücre boyu hesabı:

Birleşik havalandırılmalı yığınlarda hücre genişliği hücre yüksekliğine eşittir. Buna göre hücre yüksekliği 2,4 seçilirse genişliği de 2,4 m olarak seçilir.

$$\text{Hücresinin enine kesit alanı} = 2,4 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} = 5,76 \text{ m}^2$$

Birleşik statik yığınların 4 hücreden oluştuğu kabul edilir ve her bir hücreye yığılacak maddenin hacmi:

$$\frac{414 \text{ m}^3 / \text{gün}}{4 \text{ yığı}} = 103,5 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

$$\text{Tek bir hücrenin uzunluğu} = \frac{103,5 \text{ m}^3 / \text{gün}}{5,76 \text{ m}^2} = 18 \text{ yığın}$$

Hava debisi hesabı:

Sığır gübresinin yoğunluğu 0,961 ton/m³ buna göre

$$\text{Gübre hacmi} = 122,8 \text{ m}^3 / \text{gün} \times 0,961 \text{ ton} / \text{m}^3 = 118 \text{ ton} / \text{gün}$$

$$\text{Tek bir hücredeki gübre hacmi} = \frac{118 \text{ ton} / \text{gün}}{4 \text{ hücre}} = 29,5 \text{ ton} / \text{gün}$$

Sığır gübresinin kuru madde muhtevası %30 verilmişti. Buna göre gübrenin kuru ağırlığı:

$$29,5 \text{ ton} / \text{gün} \times 0,3 = 8,85 \text{ ton} / \text{gün}$$

Hava debisi hesabı

Çizelge 2.6'da sıcaklık kontrollü sistem için hava debisi 2,8 m³/dk verilmişti.

$$\text{Hava debisi} = 8,85 \text{ kuru ton} \times 2,8 \text{ m}^3 / \text{dk} = 25 \text{ m}^3 / \text{dk}$$

Boru çapı hesabı:

Havalandırma borusunda hava hızı 10 m/sn(600 m/dk) kabul edilirse,

$$\text{Boru alanı} = A = \frac{\text{Hava debisi}}{\text{Hava hızı}} = \frac{25 \text{ m}^3/\text{dk}}{600 \text{ m/dk}} = 0,041 \text{ m}^2 = 416,6 \text{ cm}^2$$

$$\text{Boru çapı} = r = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 416,6}{\pi}} = 23 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

25 cm çaplı boru kullanılır.

Borular arası mesafe= yığın yüksekliği =2,4 m

Delikli boru uzunluğu =yığın uzunluğu – (2 x yığın yüksekliği)=18 m – (2 x2,4 m) =13,2 m

Çizelge 2,7'den delikli boru çapı 2,2 cm, delikler arası mesafe 23 cm olarak seçilir. Aktif kompostlama süresi 42 gün kabul edilir. Blovır gücü 3 kW seçilir.

Çizelge 8.3 Çiftlikteki gübreyi havalandırmalı statik yığın metoduyla kompostlamada tasarım kriterleri ve kabuller

Parametre	Kriter
Kompostlama sistemi	Havalandırmalı statik yığın
Aktif kompostlama süresi	30 gün
Kompostlama yığınlarının yüksekliği x genişliği x uzunluğu	2,4m x2,4m x18m
Sistem tipi	Sıcaklık kontrollü
Sıcaklık kontrollü proseslerde havalandırma borularındaki hava debisi	2,8 m ³ /dk
Sıcaklık kontrollü proseslerde hava borusundaki havanın hızı	10 m ³ /sn = 608 m/dk
Seçilen boru çapı	25 cm
Borular arası mesafe	yığın yüksekliği= 2,4 m
Borunun delikli kısmının uzunluğu	13,2 m
Delikler arası mesafe	23 cm
Blovır gücü	3 kW

8.2.3 Döner tambur tipinde reaktörde kompostlama

İzmir'de seçilen pilot çiftliğe ait tasarım kriterler ve yapılan kabuller Çizelge 8.4'de gösterilmektedir.

Çizelge 8.4 Çiftlikteki gübreyi kapalı reaktörde kompostlamada tasarım kriterleri ve kabuller

Parametre	Kriter
Kompostlama sıcaklığı	55 °C
Bu sıcaklıkta gübreyi bekletme süresi	min. 3 gün (4,8 gün seçildi)
Kompostun olgunlaşma süresi	30 gün
Kompostlama türü	Kapalı reaktör (Döner tambur tipte)
Reaktörde katı madde giderimi	%1-1,5/gün (ağırlıkça)
Reaktörde giderilen(buharlaşan) su miktarı	(giderilen KM) x 4500kcal/900kcal
Olgunlaşmada giderilen(buharlaşan) su miktarı	2,5 kg/m ² -gün
Kompostlama prosesi sonunda oluşan gözenekler sonucu hacim artışı	%50

Birimlerinin kapasite hesabı:

1- Ham sığır gübresi:

Miktar: 153,4 t/gün

Hacim: ~153,4 m³

KM: %30 (46 t/gün)

Su: %70 (107,4 t/gün)

C:N= 10

2- Testere talaşı:

Miktar: 364 t/gün

Hacim: ~ 364 m³

KM: %65 (236,6 t/gün)

Su: %35 (127,4 t/gün)

C:N= 500

3- Gübre toplama ve karıştırma tankı:

Miktar: 414 t/gün (gübre ve testere talaşı karıştırıldığında %20 hacim azalması olduğu kabul edildi)

Hacim: ~ 414 m³

KM: %49 (203 t/gün)

Su: %51 (211 t/gün)

4- Kompost reaktörleri:

10 adet Φ 4,5x22,5m, 10x235 m³ kapasiteli

Bekletme süresi: 4,8 gün

İşletme sıcaklığı: 55°C

$$\text{Katı madde giderimi} = 203 \text{ ton/gün} \times \frac{0,015}{\text{gün}} \times 4,8 \text{ gün} = 14,6 \text{ ton/gün}$$

$$\text{Su giderimi} = 14,6 \text{ ton/gün} \times \frac{4500 \text{ kcal}}{900 \text{ kcal}} = 73 \text{ m}^3$$

$$\text{Hacim artışı} = 0,5 \times 203 \text{ m}^3 = 101,5 \text{ m}^3$$

5- Kompostlanmış gübre:

$$\text{KM} = 203 \text{ ton} - 25 \text{ ton} = 320,6 \text{ ton}$$

$$\text{Su} = 359,8 \text{ m}^3 - 125 \text{ ton} = 235 \text{ ton}$$

$$\text{Hacim} = 705,4 \text{ ton} + 173 \text{ ton} = 878,4 \text{ ton}$$

$$\text{C:N} = 26$$

6- Olgunlaşma, bekletme:

Olgunlaşma süresi = 30 gün

Hacim = $878,4 \text{ m}^3 \times 30 = 26352 \text{ m}^3$

Yığın yüksekliği = 2,4 m

$$\text{Alan} = \frac{1546,5 \text{ m}^3}{2,4 \text{ m}} = 6444 \text{ m}^2$$

Buharlaşan su = $1,01 \times 10^{-3} \times 10980 \text{ m}^2 = 11 \text{ m}^3$

7- Eleme, paketlenme:

KM = 320,6 ton

Su = $235 \text{ m}^3 - 11 \text{ m}^3 = 224 \text{ m}^3$

Hacim = 878,4 ton

$$\text{Yoğunluk} = \frac{188,4 \text{ ton} + 138 \text{ ton}}{515,5 \text{ m}^3} = \frac{326,4 \text{ ton}}{515,5 \text{ m}^3} = 0,63 \text{ ton/m}^3$$

Gübre kompostlama tesisi birimlerinin tasarımı:

Ham gübre kabul bunkerleri: Gübrenin boşaltılarak gübre hazırlama ünitesine taşınmasının sağlanması.

Adet: 2

Malzeme: Çelik

Kapasite: 10 m^3

Ekipman: gübre taşıma konveyörü, 50 t/saat, 2 adet, 3 kW

Ham gübre toplama karıştırma tankı: Ham gübre kabul bunkerinden gelen gübre ile düzenleyiciyi (talaşı) uygun oranda karıştırılması (Testere talaşı/gübre = 0,65).

Adet: 2

Malzeme: Betonarme

Hacim: $2 \times 300 \text{ m}^3$

Boyutlar: 11 m x 11 m x 2,5 m , 40 cm hava payı

Ekipman: Her tankta bir adet düşey milli mekanik karıştırıcı (2 adet,10 kW) ve her tanka bir adet gübre besleme konveyörü, (2 adet, 25 t/saat, 7,5 kW).

Kompostlama reaktörü (döner tambur tipte): Gübre içindeki zararlı patojenlerin giderilmesini ve stabilizasyonu sağlamak için 55°C'de bekletilmesi.

Adet: 10

Malzeme: Çelik, ısı izolasyonlu

Hacim: 10x235 m³

Bekletme süresi: 4,8 saat

Boyutlar:10 x (Φ4,5x22,5m)

Dönme hızı: 1 devir/15dk

Ekipman: Her reaktör için bir motor (10 adet, 12 kW), her reaktör için bir besleme konveyörü (10 adet, 4 t/saat, 3 kW), her reaktör için boşaltma konveyörü (10 adet, 5 t/saat, 3 kW) ve biri yedek olmak üzere toplam iki adet fan (160 000 m³/saat, 80 kW, ΔP =1 bar).

Kompost olgunlaştırma kısmı: Oluşan kompostu soğutma, kurutma ve olgunlaştırma.

Adet: 10 adet(kompost reaktörü çıkışına)

Malzeme: Sundurmalı

Ekipman: Gübreyi belirli aralıklarla karıştırarak içindeki hava dolaşımının iyileştirilmesi ve taşınması için iki adet yükleyici, her kısmın çıkışına bir adet taşıyıcı konveyör (10adet, 4t/saat, 3kW), ana gübre taşıma konveyörleri (2 adet, 25 t/saat, 7,5 kW).

Döner tambur reaktörü için maliyet analizi(işletme giderlerine göre):

İşletme giderleri: Kompost tesisini işletme giderleri personel maliyeti, gübre taşıma maliyeti, enerji kullanımı, su kullanım maliyeti, yedek parça maliyeti ve yıllık onarım giderleri sayılabilir. Kompostun satış bedeli 0,01Euro/kg olarak kabul edilmiştir. Elde edilen kompostun %75'i satıldığı varsayılmıştır (Baban vd., 2001).

Çizelge 8.5 Döner tamburlu kompost sistemi için öngörülen işletme giderleri ve gelirler

İşletme giderleri, Euro/yıl	Gelirler, Euro/yıl
<p>Personel:</p> <p>4 kişi x 200Euro/ay x 12 ay = 9600 Euro/yıl</p>	<p>Gübre:</p> <p>320 ton/gün üretim için 0,01 Euro/kg satış bedeli ve yıllık üretimin %75'inin satılması varsayımı ile (Baban vd., 2001);</p> <p>0,01 Euro/kg x 320000 kg/gün x360x0,75 = 864 000 Euro/yıl</p>
<p>Gübre taşıma maliyeti: Bir kamyonun 200 km/gün yol kat ettiği, 10 ton taşıdığı ortalama taşıma mesafesinin 20 km olduğu varsayılarak (Baban v., 2001):</p> <p>490 Euro/gün x 360 =176400 Euro/yıl</p>	
<p>Enerji kullanımı: Tesisin gücü 346 kW's'dir. Yedek ekipmanlar dahil kurulu güç 426 kWsaattir. Gücün ortalama %75'inin kullanıldığı varsayımı ve çevre koruma tesisi için enerji bedeli 0,03Euro/kWs kabulü ile:</p> <p>0,03 Euro/kWs x 260 kW's x 24 saat x 360 = 67 392 Euro/yıl</p>	
<p>Su ve yedek parça maliyetleri:</p> <p>50 x 0,2Euro/m³= 10 Euro/gün su + 40 Euro/gün= 50 Euro/gün</p> <p>50 Euro/gün x 360 =18 000 Euro/yıl</p>	
<p>Sigorta: 25 000 Euro/yıl</p>	
<p>Çevre kirliliği ölçümleri: 10 000 Euro/yıl</p>	
<p>Yıllık onarım giderleri: 40 000 Euro/yıl</p>	
<p>Toplam gider: 346392 Euro/yıl</p>	<p>Toplam gelir: 864 000 Euro/yıl</p>

9. SONUÇLAR

Bu çalışma ülkemizdeki et sığırı çiftliklerinden kaynaklanan hayvan atıklarının neden olduğu çevre kirliliğine çözüm üretmek amacıyla yapılmıştır. Enerjinin çok değerli olduğu günümüzde uygulanan teknolojilerle hayvan atıklarının çevreye etkileri önlenmekle beraber miktarı da azaltılmaktadır. Bu çalışmada gübre bertaraf yöntemi olarak kompostlama tercih edilmiştir. Bunun nedeni bu sistemlerin işletilmesinin kolay olması, ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin özellikle biyogaz gibi anaerobik sistemlerle karşılaştırıldığında daha az olmasındandır.

Bu amaçla literatür araştırması yapılarak kompostlama teknolojileri ve maliyetleri etraflıca araştırılmıştır. Daha sonra Türkiye’de mevcut sığır sayıları ve atık potansiyeli belirlenmiş ve kompostlamayla sığır atıklarının bertarafı için pilot bir bölge seçilmiştir. Bu pilot bölgede seçilen çiftliğe ait dataalar anket yöntemiyle toplanarak elde edilen veriler sıralı yığın kompostlama, havalandırmalı statik yığın kompostlaması ve döner tambur tipte kompostlama teknolojilerine ayrı ayrı uygulanmıştır.

Yapılan literatür araştırmaları sonucu arazi ihtiyacının en fazla sıralı yığın ve havalandırmalı kompostlama metodlarında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu sistemlerin ilk yatırım ve işletme maliyetleri de düşüktür. Bu sistemlerde ilk yatırım maliyetleri arazi maliyeti ve kompostu döndürme ve işleme için gerekli makine maliyetleridir. Ama çoğu çiftlikte kompostlama için gerekli büyüklükte arazi ve karıştırıcı ekipman bulunmaktadır. Bu nedenle çiftlikler çoğunlukla bu tip sistemler tercih edilmektedir. Dolayısıyla bu sistemlerin ilk yatırım maliyetleri düşük olmaktadır. Pilot bölgeye kapalı reaktörde kompostlama sistemlerinden döner tambur tipte kompostlama sistemi da uygulanmış ve yapılan hesaplamalar bu sistemin maliyetinin daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bunun nedeni sistemin daha yüksek yapı, ve betonarme, döndürme, havalandırma sistemleri(fan, blovır) ve izleme ekipmanları gerektirmesinden kaynaklandığı saptanmıştır. Bu sistemin maliyet analizi yapılarak tesiste elde edilen gübrenin satışından bir yılda elde edilen gelirin tesisin işletme maliyetinden büyük olduğu sonucu çıkarılmıştır. Bu konu hakkında yapılan diğer çalışmalardan da kompostlama tesisinin ilk yatırım maliyetinin 3-8 yıl arasında geri döndüğü belirlenmiştir. Maliyet gübrenin tipi ve muhteviyatıyla yakından ilgilidir. Gübrenin kuru madde muhtevası arttıkça gereken düzenleyici madde ihtiyacı da azalır, buna bağlı olarak ilk yatırım ve işletme maliyetinin de azaldığı saptanmıştır.

Kompostlama prosesinden elde edilen nihai kompost bahçelerde, tarımda, peyzaj alanında ve

bitki hastalıklarını önlemede kullanılabilir. Kompostun hangi amaçla kullanılacağı kalitesine göre belirlenir. Kompostun kalitesini belirleyen parametreler, partikül çapı(<1,27 cm), pH(6-7,8), çözümlü tuz seviyesi(<2,5mmhos/cm), nem(<%50), organik madde içeriği ve patojen ihtiva edip etmemesidir. Kompostu araziye uygulama oranı ise ham yoğunluğa göre belirlenir.

Ülkemizde kompost kalitesi için özellikle geliştirilmiş bir standart henüz bulunmamaktadır. KAKY ve TKKY'de ise yüksek kaliteli kompost için yetersizdir ve bu yönetmeliklerde bazı açıklar bulunmaktadır. TKKY'nde ki Madde 10'da ifade edilen kompostun hijyenik yönden kusursuz olması, insan ve tüm canlı sağlığını tehdit etmemesi ibaresi yetersiz kalmaktadır. Bunun nedeni ise kompostun hijyenik yönden kusursuz olmasının bir ölçütünün verilmemesi ve kusursuzluğun hangi parametre ile belirleneceğinin standartta kesin olarak belirtilmemesinden kaynaklanmaktadır. Özellikle işleminden geçmiş kompost çeşitli amaçlar için kullanılacaksa nihai kompostun pH'ı, mineral muhtevası, ve partikül dağılımı gibi parametrelerin limit değerleri belirlenerek çeşitli amaçlara uygun kompost kalite sınıfları geliştirilmeli ve standartta kompost kalite sınıfına göre ifade edilmelidir.

TKKY'inde ve KAKY'inde ayrıca kompostun arazide kullanımı için herhangi bir sınırlama getirilmemiştir. Kompostun taşınma mesafesine su muhtevası önemli derecede etki etmesine rağmen standartta bunun içinde bir sınırlama getirilmemiştir.

KAYNAKLAR

Baban, A., Timur, H., Cılız, N., Olgun, H. ve Akgün, F., 2001 "Kümes ve Ahır Gübrelерinin Geri Kazanılması ve Bertarafı Projesi Başlangıç Raporu", TÜBİTAK-MAM.

Dougherty, Mark, 1999 "Field Guide to On-Farm Composting", Naturel Resource, Agriculture and Engineering Service (NRAES) Cooperative Extension, Ithaca, New York.

Dreyfus, Daniel, 1990 "Feasibility of On-Farm Composting" RRC/RU-90/2, Rodale Institute, Rural Urban Office.

Evrin, Prof. Dr. Mehmet ve Güneş, Doç. Dr. Halil, 2000 "Sığır Yetiştiriciliği Ders Notları", İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayını, İstanbul.

Gresham, Cyane W., Rhonda R. Janke ve Jeffrey Moyer, 1990 "Composting of Pollutary Litter, Leaves ve Newspaper" RRC/RU/-90/1, Rodale Institute, Rural Urban Office.

Northeast Dairy Practices Council, 1977 "Handling Milk Center Wastes", NDPC-27.8, In Guidelines for Dairy Manure Management, Ithca, New York.

Northeast Dairy Practices Council, 1977 "Solid Manure Handling", NDPC-27.5, In Guidelines for Dairy Manure Management, Ithaca, New York.

Richard, Thomas L., ve Nancy M. Dickson, 1989 "Municipal Yard Waste Composting:An Operator's Guide", Ithaca, New York: Cornell Cooperative Extension.

Richard, T., 1990 "Livestock Bedding: A New Market for Old News", The Sixth Annual Conference on Solid Waste Management and Materials Policy, New York.

Richard, T., N. Dickson, and S. J. Rowland (1990), Yard Waste Management:A Planning Guide for New York State, Cornell Cooperaive Extension, Ithaca, New York.

Rynk, Robert vd., 1992 "On-Farm Composting Handbook", Naturel Resource, Agriculture and Engineering Service (NRAES) Cooperative Extension, Ithaca, New York.

Sawyer, C.N ve P.L. McCarty, 1978 "Chemistry for Environmental Engineering", 3rd Edition. McGraw-Hill Book Company, NY.

Seekins, Bill, 1997 University of Maine Cooperative Extension Compost School, Orono, Maine: University of Maine Cooperative Extension.

Shoda, M., 1991 "Methods for the biological treatment of exhaust gases. In:Biological Degradation of Wastes" A.M. Martin (ed.) Elsevier Applied Science, London.

Williams, T.O. ve Miller, F.C., 1992 "Odor control using biofilters" BioCycle 33(10):72-77.

Willson, G.B. vd., 1977 "Manual for Compostind Sewage Sludge by The Aerated Pile Method", Environmental Protection Agency(EPA), Cincinnati, Ohio, US.

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] <http://www.biowaste.at/>

[2] <http://compost.css.cornell.edu/>

[3] <http://www.compostnetwork.info/index.htm>

[4] <http://www.nraes.org>

EKLER

- Ek 1 Kompostlamada kullanılan maddelerin karakteristikleri
- Ek 2 Arıza tespiti ve giderimi kılavuzu
- Ek 3 Kompostlama yığınları ve arazi sıcaklığı izleme formları
- Ek 4 Kompost taban alanı hesap cetveli
- Ek 5 Türkiye’de sığır sayılarının illere göre dağılımı
- Ek 6 Türkiye’de sığır sayılarının bölgelere göre dağılımı
- Ek 7 Türkiye’de sığırlardan oluşan gübre miktarları
- Ek 8 İzmir ili üretim çiftlikleri ve sığır kapasiteleri
- Ek 9 İzmir ilinde seçilen pilot tesis sıralı yığınla kompostlama için arazi planı



EK 1 Kompostlamada kullanılan maddelerin karakteristikleri (NRAES-54, 1992)

Madde	Veri Tipi	%N	C:N oranı	Nem Muhtevası%	Yoğunluk
		(kuru ağırlık)	(ağırlık/ağırlık)	(ıslak ağırlık)	kg/m ³
Mahsul Atıkları ve Meyva/Sebze İşleme Atıkları					
Kakao kabukları	Tipik	2,3	22	8	473
Kahve telvesi	Tipik	–	20	–	–
Mısır koçanı	Aralık	0,4–0,8	56–123	9–18	–
	Ortalama	0,6	98	15	330
Mısır sapsarı	Tipik	0,6–0,8	60–73	12	19
Çiğit unu	Tipik	7,7	7	–	–
Kızılıcık filresi keki(pirinç kabuklu)	Tipik	2,8	31	50	0,6
	Tipik	1,2	42	71	0,76
Kızılıcık (saplı, yapraklı)	Tipik	0,9	61	61	–
Patates	Tipik	–	18	78	0,91
Meyva atıkları	Aralık	0,9–2,6	20–49	62–88	–
	Ortalama	1,4	40	80	–
Zeytin kabukları	Tipik	1,2–1,5	30–35	8–10	–
Patates işleme bulamacı	Tipik	–	28	75	0,93
Patates kabukları	Tipik	1,5	25	–	–
Pirinç kabukları	Aralık	0–0,4	113–1120	7–12	110-130
	Ortalama	0,3	121	14	120
Soya unu	Tipik	7,2–7,6	4–6	–	–
Domates işleme atıkları	Tipik	4,5	11	62	–
Sebze ürünleri	Tipik	2,7	19	87	0,94
Sebze atıkları	Tipik	2,5–4	11–13	–	–
Balık ve Et İşleme Atıkları					
Kan atıkları (kesimhane atıkları ve kuru kan)	Tipik	13–14	3–3,5	10–78	–
Yengeç ve ıstakoz atıkları	Aralık	4,6–8,2	4,0–5,4	35–61	142
	Ortalama	6,1	4,9	47	–
balık-breeding parçaları	Tipik	2	28	10	–
Balık işleme bulamacı	Tipik	6,8	5,2	94	–
Balık atıkları	Aralık	6,5–14,2	2,6–5,0	5081	–
	Ortalama	10,6	3,6	76	–
Karışık kesimhane atıkları	Tipik	7–10	2–4	–	–
Midye atıkları	Tipik	3,6	2,2	63	–
Kümes hayvanlarının leşleri	Tipik	2,4	5	65	–
İşkembe gübresi	Tipik	1,8	20–30	80–85	0,86
Karides atıkları	Tipik	9,5	3,4	78	–
Gübre					
Et pilici altlığı	Aralık	1,6–3,9	12–15	22–46	448-608
	Ortalama	2,7	14	37	512
Sığır –süthane	Aralık	1,5–4,2	11–30	67–87	0,78-1
	Ortalama	2,4	19	81	0,86
Bağlı ahır bölmesinden	Tipik	2,7	18	79	–
Serbest ahır bölmesinden	Tipik	3,7	13	83	–
At –genel	Aralık	1,4–2,3	22–50	59–79	0,7-0,9
	Ortalama	1,6	30	72	0,8
At –yarış pisti	Aralık	0,8–1,7	29–56	52–67	–
	Ortalama	1,2	41	63	–
Yumurta tavuğu	Aralık	4–10	3–10	62–75	0,8–1

EK 1 Kompostlamada kullanılan maddelerin karakteristikleri (devam)

Madde	Veri Tipi	%N	C:N oranı	Nem Muhtevası%	Yoğunluk
		(kuru ağırlık)	(ağırlık/ağırlık)	(ıslak ağırlık)	kg/m ³
Koyun	Aralık	1,3–3,9	13–20	60–75	–
	Ortalama	2,7	16	69	–
Domuz	Aralık	1,9–4,3	9–19	65–91	–
	Ortalama	3,1	14	80	–
Hindi altlığı	Aralık	2,6	16	26	464
Belediye Atıkları					
Çöp (yiyecek atıkları)	Tipik	1,9–2,9	14–16	69	–
Kanalizasyon atıkları	Tipik	5,5–6,5	6–10	–	–
Evlerden gelen kağıt atıkları	Tipik	0,2–0,25	127–178	18–20	–
İlaç atıkları	Tipik	2,6	19	–	–
İstenmeyen (karışık yiyecek, kağıt vs.)	Tipik	0,6–1,3	34–80	–	–
Kanalizasyon çamurları	Aralık	2–6,9	5–16	72–84	0,63–,1
Aktif çamur	Tipik	5,6	6	–	–
Çürütülmüş çamur	Tipik	1,9	10	–	–
Saman, Kuru Ot ve Yeşillik					
Buğday yemi	Tipik	1,2–1,4	38–43	65–68	–
Kuru ot –genel	Aralık	0,7–3,6	15–32	8–10	–
	Ortalama	2,1	–	–	–
Kuru ot –tohum	Aralık	1,8–3,6	15–19	–	–
	Ortalama	2,5	16	–	–
Kuru ot –tohumsuz	Aralık	0,7–2,5	–	–	–
	Ortalama	1,3	32	–	–
Saman –genel	Aralık	0,3–1,1	48–150	4–27	34–224
	Ortalama	0,7	80	12	134,6
Saman –yulaf	Aralık	0,6–1,1	48–98	–	–
	Ortalama	0,9	60	–	–
Saman –buğday	Aralık	0,3–0,5	100–150	–	–
	Ortalama	0,4	127	–	–
Odun ve Kağıt					
Sert ağaç kabuğu	Aralık	0,1–0,41	116–436	–	–
	Ortalama	0,241	223	–	–
Yumuşak ağaç kabuğu	Aralık	0,04–0,39	131–1,285	–	–
	Ortalama	0,14	496	–	–
Buruşuk karton	Tipik	0,1	563	8	153,6
Kereste fabrikası atıkları	Tipik	0,13	170	–	–
Gazate kağıdı	Tipik	0,06–0,14	398–852	3–8	115,6–143,5
Kağıt lifi bulamacı	Tipik	–	250	66	676
Kağıt fabrikası atığı	Tipik	0,56	54	81	–
Kağıt hamuru	Tipik	0,59	90	82	832
Testere talaşı	Aralık	0,06–0,8	200–750	19–65	207,5–267
	Ortalama	0,24	442	39	243
Odun yongaları	Tipik	–	–	–	264–367,6
Odun –sert ağaç (yongalar, talaşlar vs.)	Aralık	0,06–0,11	451–819	–	–
	Ortalama	0,09	560	–	–
Odun –sert ağaç (yongalar, talaşlar vs.)	Aralık	0,04	212–1,313	–	–
	Ortalama	0,09	641	–	–

EK 1 Kompostlamada kullanılan maddelerin karakteristikleri (devam)

Madde	Veri Tipi	%N	C:N oranı	Nem Muhtevası%	Yoğunluk
		(kuru ağırlık)	(ağırlık/ağırlık)	(ıslak ağırlık)	kg/m ³
Bahçe atıkları ve diğer bitkiler					
Çim kırıntıları	Aralık	2,0-6,0	9-25	-	-
	Ortalama	3,4	17	82	-
Gevşek	Tipik	-	-	-	178-237
	Sıkı	Tipik	-	-	296,5-474,4
Yaprak	Aralık	0,5-1,3	40-80	-	-
	Ortalama	0,9	54	38	-
Gevşek ve kuru	Tipik	-	-	-	59-178
	Sıkışık ve nemli	Tipik	-	-	237-296,5
Yosun	Aralık	1,2-3,0	5-27	-	-
	Ortalama	1,9	17	53	-
Çalı kırıntıları	Tipik	1	53	15	254
Ağaç kırıntıları	Tipik	3,1	16	70	0,76
Su sümbülü -taze	Tipik	-	20-30	93	240

EK 2 Arıza tespiti ve giderimi kılavuzu (NRAES-114, 1999)

Arızanın tanımı	Nedeni	Diğer belirtiler	Çözüm
Yığın ısınmıyor	Maddelerin çok kuru olması	Suyun maddeden ayrılamaması	Su veya nem muhtevası yüksek madde ilave et
	Maddelerin fazla nemli olması	Maddeler ıslanmış görünüyor; yığın çöküyor; nem muhtevası %60'dan büyük	Kuru düzenleyiciler ilave et ve karıştır
	Yeterince azotun olmaması, veya yavaş bozunma veya stabil maddelerin olması	C:N oranı 50'den büyük; odunsu maddeler fazla	Azot muhtevası yüksek maddeler ilave et; maddelerin karışım oranını değiştir
	Kompost yapısının kötü olması	Yığın hemen çöküyor; az miktarda büyük partikül; aşırı nemli değil	Hacimleştirici madde ilave et
	Soğuk hava koşulları ve yığının küçük olması	Yığın yüksekliği 1m'den az	Yığınları büyüt veya birleştir; yüksek çözünürlüklü madde ilave et
	pH'nın aşırı düşük olması	pH 5,5'dan az; çöp kokusuna benzer bir koku var	Kireç veya tahta tozu ilave et ve tekrar karıştır
Sıcaklık birkaç gündür sürekli düşüyor	Az oksijen; havalandırma ihtiyacı	Sıcaklık yavaş yavaş azalıyor	Yığını döndür veya havalandır
	Düşük nem	Suyun maddeden ayrılamaması	Su ilave et
Yığında sıcaklık dalgalanmaları olması veya farklı kokuların yükselmesi	Maddelerin yeterli karıştırılmaması	Yığının neminde ve maddelerde görülebilir farklılıklar	Yığını döndür veya tekrar karıştır
	Havalandırmanın düzgün olmayışı veya kısa hava çevrimi	Yığının neminde ve maddelerde görülebilir farklılıklar	Havalandırma borusunu kısalt; yığını tekrar karıştır
	Farklı olgunluğa sahip maddeler	Yığın boyunca sıcaklığın farklılık göstermesi	Hiçbirşey gerekmez
Sıcaklık giderek düşüyor; yığın döndürme veya havalandırmadan sonra tekrar ısınmıyor	Kompostlamanın bitmeye yakın olması	Beklenen kompostlama süresine yaklaşma; yeterli nem mevcut; C:N oranı 20'den az	Hiçbirşey gerekmez
	Düşük nem	Suyun maddeden ayrılamaması	Su ilave et ve karıştır
Yığın aşırı ısınıyor (sıcaklık 65 °C'den büyük)	Isı giderimi için havalandırmanın yetersiz olması	Yığının nemli olması	Yığını döndür veya hava debisini arttır
	Orta-düşük nem	Yığının nemli olması ama aşırı nemli veya kuru olmaması	Su ilavesi; sıcaklık kontrolü için döndürme veya havalandırmaya devam et
	Yığın çok büyük	Yükseklik 2,4m'den fazla	Yığın boyutunu azalt
Yığın sıcaklığının aşırı yüksek olması (>76,6°C): kompostlama veya olgunlaşma/depolama	Piroliz veya spantone yanma	Düşük nem muhtevası; yığın içi yanmış gibi görünüyor veya kokuyor	Yığın boyutunu azalt; uygun nem seviyesini muhafaza et; yanan veya alevlenen yere su ilave et; yığını diğer yığınlarla birleştirilir

EK 2 Arıza tespiti ve giderim kılavuzu (devam)

Arızanın tanımı	Nedeni	Diğer belirtiler	Çözüm
Kompost yığınlarından amonyak kokusu geliyor	Azot seviyesinin fazla olması	C:N oranı 20'den az	Yüksek karbonlu düzenleyici ilave et
	Yüksek pH	pH 8'den büyük	Asidik maddeler kullanarak pH'ı azalt ve/veya alkali maddeleri azalt
	Karbon kaynağının yavaş kullanması	Büyük odunsu parçalar; C:N oranı 30'dan az	Başka bir karbon düzenleyicisi ilave et veya karbon oranını arttır
Kompost yığınının sürekli olarak çürük yumurta kokusu veya kötü kokular geliyor	Anaerobik koşullar Maddeler çok nemli Zayıf yapı Yığın çok kesif Yetersiz havalandırma	Düşük sıcaklıklar	Kuru düzenleyicileri ilave et Hacimleştirici maddeler ilave Yığını tekrar karıştır ve gerekliyse hacimleştirici madde ilave et Yığını döndür veya hava debisini arttır
	Anaerobik koşullar Yığın aşırı büyük Hava akımının dalgalanmalar göstermesi veya kısa hava çevrimi	Yüksek sıcaklıklar	Yığın boyutunu azalt Yığını tekrar karıştır; yığın formülünü değiştir
Döndürmeden sonra koku oluyor	Kokulu ham maddeler	Yüksek sıcaklıklar	Sıkça döndür; poroziteyi arttır; koku absorblayıcı düzenleyiciler ilave et
	Yetersiz havalandırma; iç kısmının anaerobik olması	Sıcaklığın düşmesi	Döndürme periyodunu azalt; poroziteyi arttır
Arazi kaynaklı kokular (yığınlar kokulu değil)	Ham maddeler	Kokunun ham maddelerin yapısında olması	Ham maddelerin depolama süresini azalt
	Kötü drenaj yüzünden nütrientce zengin su birikintileri	Su birikintilerinin olması	Yüzeysel akış suyunu uzaklaştır; kompost tabanını iyileştir
	Su tutma havuzları veya lagünlerinde nütrient veya tortunun fazla olması	Yosun ve yabancı otların fazla olması; havuz yüzeyinde hava kabarcıkları olması	Tortu tutucu yerleştir; havuzun yüzey alanını arttır; tarlada yüzeysel akış suyu ve havuz suyu kullan
Sinek ve sivrisinek sorunu	Kompost yığınlarında sineklerin üremesi	Yığın yüzeyinde taze gübre veya gıda maddeleri; yığın çevresinde sineklerin uçuşması	Her 4-7 günde bir yığınları çevir; statik yığınlar 15cm'lik kompost tabakası ile ört
	Ham maddelerde sineklerin üremesi	Araziideki nemli ham maddelerin dört günden fazla	Ham maddeleri hızlı işle
	Durgun suda sivri sineklerin üremesi	Su birikintilerinin olması; nütrientce zengin havuz veya lagünler	Araziyi uygun şekilde tasnif et; taban yüzeyinin bakımını yap; aerobik koşullardaki su tutma havuzları veya lagünlerinin bakımını yap

EK 2 Arıza tespiti ve giderim kılavuzu (devam)

Arızanın tanımı	Nedeni	Diğer belirtiler	Çözüm
Kompostta madde tortuları ve büyük partiküller olması; yapının üniform olmaması	Maddelerin yetersiz karıştırılması	Orijinal ham maddelerin kompostta farkedilmesi	Kompostu ele; ilk karıştırmayı iyileştir
	Hava akımının dalgalanmalar göstermesi veya kısa devre	Kompostun nemli kümeleri	Kompostu ele veya ez; hava dağılımını sağla
	Ham maddelerin büyük partiküller ve ayrışmayan veya yavaş çözülebilir maddeler içermesi	Kompostta büyük genellikle de odunsu partiküller görülmesi	Kompostu ele; ham maddeleri parçala ve/veya tasnifle
	Aktif kompostlamanın tamamlanmaması	Olgunlaşma yığınları ısınması veya koku olması	Kompostlama süresini uzat veya kompost koşullarını iyileştir.

EK 3 Kompost yığnları ve arazi sıcaklığı izleme formları (NRAES-114, 1999)



EK 4 Kompost taban alanı hesap cetveli (NRAES-54, 1992)

1. Ham maddeler ve günlük hacimleri

Madde	Günlük hacmi	$m^3/gün$
_____	_____	$m^3/gün$
_____	_____	$m^3/gün$
_____	_____	$m^3/gün$
_____	_____	$m^3/gün$

Toplam günlük hacim = _____ $m^3/gün$

1A. Ham maddelerin birleştirilmesinden dolayı oluşan hacim azalmasının ayarı (isteğe bağlı)

$$\begin{aligned} \text{Hacim azalması} &= \text{günlük hacim (1. basamaktan)} \times 0,80 \\ &= \text{_____} \text{ } m^3/gün \times 0,80 \\ &= \text{_____} \text{ } m^3/gün \times 0,80 \end{aligned}$$

2. Taban hacminin hesabı. Taban hacmi tabandaki maddelerin toplam hacmidir.

$$\begin{aligned} \text{Taban hacmi} &= \text{kompostlama süresi} \times \text{günlük hacim} \\ &= \text{_____} \text{ gün} \times \text{_____} \text{ } m^3/gün \\ &= \text{_____} \text{ } m^3 \end{aligned}$$

2A. Azalma için hacim ayarlama (isteğe bağlı)

$$\begin{aligned} \text{Hacim ayarı} &= \text{azalma faktörü} \times \text{hacim} \\ &= \text{_____} \times \text{_____} \\ &= \text{_____} \text{ } m^3 \end{aligned}$$

3. Yığın-sırası/yığın boyutları

$$\begin{aligned} \text{Uzunluk} &= \text{_____} \text{ m (arazi sınırlamalarına göre belirlenir)} \\ \text{Yükseklik} &= \text{_____} \text{ m (yığın-sıralarını oluşturmak ve döndürmek)} \\ \text{Genişlik} &= \text{_____} \text{ m için kullanılan teçhizata göre belirlenir)} \end{aligned}$$

4. Yığın-sırası/yığın hacmi

$$\begin{aligned} A &= \text{_____} \text{ (Çizelge 4.3'teki formülden hesaplanır)} \\ &= \text{_____} \\ &= \text{_____} \text{ } m^2 \\ \text{veya } A &= \text{_____} \text{ } m^2 \text{ (Çizelge 4.4'ten)} \end{aligned}$$

$$\text{Hacim} = A \times \text{uzunluk}$$

$$= \frac{\quad}{\quad} \text{m}^2 \times \frac{\quad}{\quad} \text{m}$$

$$= \frac{\quad}{\quad} \text{m}^3$$

$$5. \text{ Yığın-sırası/yığın sayısı} = \text{taban hacmi} / \text{yığın-sırası/yığının hacmi}$$

$$= \frac{\quad}{\quad} \text{m}^3 / \frac{\quad}{\quad} \text{m}^3$$

$$= \frac{\quad}{\quad} \text{veya} \frac{\quad}{\quad} \text{yığın-sırası/yığın}$$

6. Yığın-sırası/yığınların ve mesafeleri (yığın-sıraları arasında olması istenen aralık Şekil 4.12'ye göre tahmin edilir.)

7. Taban genişliği, uzunluğu ve alanı

$$\text{Yığın-sırası/yığının genişliği} = \text{yığın-sırası/yığınların sayısı} \times \text{her birinin genişliği}$$

$$= \frac{\quad}{\quad} \times \frac{\quad}{\quad} \text{metre}$$

$$= \frac{\quad}{\quad} \text{metre}$$

$$\text{Hava boşluğu} = \frac{\quad}{\quad} \text{m} + \frac{\quad}{\quad} \text{m}$$

$$\frac{\quad}{\quad} \text{metre}$$

$$\text{Çevre boşluğu} = \frac{\quad}{\quad} \text{m} + \frac{\quad}{\quad} \text{m}$$

$$\frac{\quad}{\quad} \text{metre}$$

$$\text{Toplam taban genişliği} = \text{yığın-sırası/yığınların genişliği} + \text{ara yol mesafesi} + \text{çevre boşluğu}$$

$$= \frac{\quad}{\quad} \text{m} + \frac{\quad}{\quad} \text{m}$$

$$= \frac{\quad}{\quad} \text{metre}$$

$$\text{Taban uzunluğu} = \text{yığın-sırası/yığın uzunluğu} + \text{çevre boşluğu}$$

$$= \frac{\quad}{\quad} \text{m} + \frac{\quad}{\quad} \text{m}$$

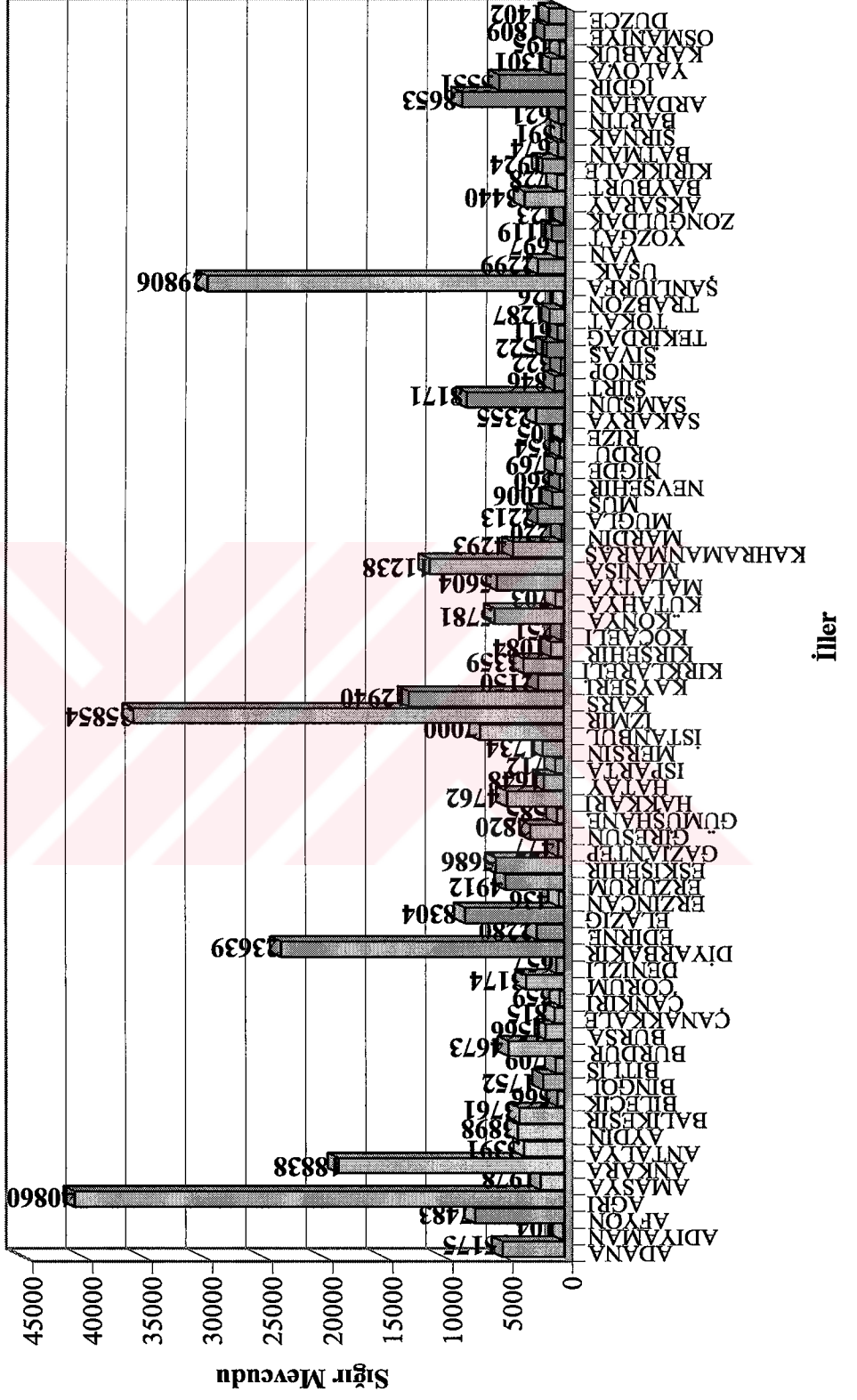
$$= \frac{\quad}{\quad} \text{metre}$$

$$\text{Taban alanı} = \text{taban genişliği} \times \text{uzunluk}$$

$$= \frac{\quad}{\quad} \text{m} \times \frac{\quad}{\quad} \text{m}$$

$$= \frac{\quad}{\quad} \text{m}^2$$

EK 5 Türkiye’de sığır sayılarının illere göre dağılımı (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004)



EK 6 Türkiye'de siğir sayılarının bölgelere göre dağılımı(Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004)



EK 7 Türkiye’de sığırlardan oluşan gübre miktarı(Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004)

İller	Sığır Mevcudu	Üretilen Gübre Miktarı*, ton gübre/sığır		
		Günlük	Aylık	Yıllık
Adana	5175	207	6.210	75.555
Adıyaman	104	4	125	1.518
Afyon	7483	299	8.980	109.252
Ağrı	40860	1.634	49.032	596.556
Amasya	1978	79	2.374	28.879
Ankara	18838	754	22.606	275.035
Antalya	3391	136	4.069	49.509
Aydın	3898	156	4.678	56.911
Balıkesir	3761	150	4.513	54.911
Bilecik	566	23	679	8.264
Bingöl	1752	70	2.102	25.579
Bitlis	709	28	851	10.351
Burdur	4673	187	5.608	68.226
Bursa	1566	63	1.879	22.864
Çanakkale	815	33	978	11.899
Çankırı	359	14	431	5.241
Çorum	3174	127	3.809	46.340
Denizli	657	26	788	9.592
Diyarbakır	23639	946	28.367	345.129
Edirne	2280	91	2.736	33.288
Elazığ	8304	332	9.965	121.238
Erzincan	436	17	523	6.366
Erzurum	4912	196	5.894	71.715
Eskişehir	5686	227	6.823	83.016
Gaziantep	477	19	572	6.964
Giresun	2820	113	3.384	41.172
Gümüşhane	585	23	702	8.541
Hakkari	4762	190	5.714	69.525
Hatay	1648	66	1.978	24.061
İsparta	712	28	854	10.395
Mersin	1734	69	2.081	25.316
İstanbul	7000	280	8.400	102.200
İzmir	35854	1.434	43.025	523.468
Kars	12940	518	15.528	188.924
Kayseri	2150	86	2.580	31.390
Kırklareli	3359	134	4.031	49.041
Kırşehir	1084	43	1.301	15.826
Kocaeli	251	10	301	3.665

Konya	5781	231	6.937	84.403
Kütahya	703	28	844	10.264
Malatya	5604	224	6.725	81.818
Manisa	11238	450	13.486	164.075
Kahramanmaraş	4293	172	5.152	62.678
Mardin	220	9	264	3.212
Muğla	2213	89	2.656	32.310
Muş	1006	40	1.207	14.688
Nevşehir	360	14	432	5.256
Niğde	769	31	923	11.227
Ordu	354	14	425	5.168
Rize	105	4	126	1.533
Sakarya	2355	94	2.826	34.383
Samsun	8171	327	9.805	119.297
Siirt	846	34	1.015	12.352
Sinop	322	13	386	4.701
Sivas	1522	61	1.826	22.221
Tekirdağ	611	24	733	8.921
Tokat	1287	51	1.544	18.790
Trabzon	126	5	151	1.840
Şanlıurfa	29806	1.192	35.767	435.168
Uşak	2299	92	2.759	33.565
Van	697	28	836	10.176
Yozgat	1119	45	1.343	16.337
Zonguldak	123	5	148	1.796
Aksaray	3440	138	4.128	50.224
Bayburt	728	29	874	10.629
Kırıkkale	1924	77	2.309	28.090
Batman	674	27	809	9.840
Şırnak	391	16	469	5.709
Bartın	621	25	745	9.067
Ardahan	8653	346	10.384	126.334
Iğdır	5551	222	6.661	81.045
Yalova	1301	52	1.561	18.995
Karabük	495	20	594	7.227
Osmaniye	1809	72	2.171	26.411
Düzce	1402	56	1.682	20.469
Toplam	329311	13.172	395.173	4.807.941

*Hesaplarda bir birim büyükbaş hayvanın(1 dana/inek/boğa/manda vs.) ağırlığı 500kg, bir birim hayvandan 40kg/gün gübre oluştuğu kabul edildi

Ek 8 İzmir ili üretim çiftlikleri ve sığır kapasiteleri (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004)

İl	İlçe	Köy	Mahalle	İşletme adı	Sığır Mevcudu
İzmir	Bayındır	Çıplak		YAVUZLAR	136
İzmir	Bayındır	Çıplak		DENİZ	609
İzmir	Bayındır	Çıplak		SILAY	181
İzmir	Bayındır	Fırınlı		SÜZ	102
İzmir	Bayındır	Fırınlı		KALFA	118
İzmir	Bayındır	Fırınlı		HEBİLOĞLU	132
İzmir	Bayındır	Fırınlı		TOKOĞLU	113
İzmir	Bayındır	Fırınlı		SÜZ	225
İzmir	Bayındır	Hasköy		ERİNCE	159
İzmir	Bayındır	Hasköy		ÇEKENER	121
İzmir	Bayındır	Merkez		ERKİRACI	157
İzmir	Bayındır	Merkez		FİLDİŞİ	185
İzmir	Bayındır	Merkez		HELVACIOĞLU	140
İzmir	Bayındır	Merkez		ALBAŞOĞLU	174
İzmir	Bayındır	Merkez		NACAK	113
İzmir	Bayındır	Merkez		GÖRCEK	156
İzmir	Bayındır	Merkez	Demircilik	ÖZBUĞDAYCI	102
İzmir	Bayındır	Pınarlı		ÖZCAN	157
İzmir	Bayındır	Yakacık		CANTEPE	121
İzmir	Bayındır	Yakapınar		TAŞAĞIL LTD.ŞTİ	127
İzmir	Bergama	Aşağıkırıklar		AROL	101
İzmir	Bergama	Çamavlı		TAR.KAL.KOOP.	103
İzmir	Bergama	Kıranlı		AKTEPE	102
İzmir	Bergama	Merkez		BERGAMA	2542
İzmir	Bergama	Tırmanlar		GÜLŞEN	113
İzmir	Beydağ	Merkez		ÇOMUK	102
İzmir	Bornova	Işıkkent		AKDENİZ	188
İzmir	Bornova	Pınarbaşı		AKDENİZ	116
İzmir	Buca	Merkez		GÜNDÜZ	109
İzmir	Foça	Yeniköy		YILMAZ	254
İzmir	Kemalpaşa	Akalan		ET	370
İzmir	Kemalpaşa	Ansızca		ADIVAR	192
İzmir	Kemalpaşa	Ansızca		ÖZDAL	117
İzmir	Kemalpaşa	Ansızca		TURHAN	106
İzmir	Kemalpaşa	Armutlu		SEPETCİ	159
İzmir	Kemalpaşa	Armutlu		TANBOĞA	862
İzmir	Kemalpaşa	Armutlu		HASDEMİR	114
İzmir	Kemalpaşa	Gökçeyurt		ALDIRMAZ	126
İzmir	Kemalpaşa	Halilbeyli		GÜNEŞ	131
İzmir	Kemalpaşa	Halilbeyli		BAŞÇI	119
İzmir	Kemalpaşa	Halilbeyli		ÖZDEMİR	160
İzmir	Kemalpaşa	Halilbeyli		ÖZDEN	179

Ek 8 İzmir ili üretim çiftlikleri ve sığır kapasiteleri (devam)

İl	İlçe	Köy	Mahalle	İşletme adı	Sığır Mevcudu
İzmir	Kemalpaşa	Kuyucak		BESİCİLİK	752
İzmir	Kemalpaşa	Kuyucak		VİT. YEM G. A.Ş	210
İzmir	Kemalpaşa	Merkez		DUMLU	133
İzmir	Kemalpaşa	Merkez		ARSLAN	218
İzmir	Kemalpaşa	Merkez		ET	255
İzmir	Kemalpaşa	Ovacık		GÖKELMA	161
İzmir	Kemalpaşa	Ören		İNAN	125
İzmir	Kemalpaşa	Örnekköy		DERELİ	146
İzmir	Kemalpaşa	Örnekköy		SANAYİ TİCARET	173
İzmir	Kemalpaşa	Örnekköy		KIRAN	144
İzmir	Kemalpaşa	Yenmiş		BALCI	101
İzmir	Kiraz	Akpınar		KABAK	137
İzmir	Kiraz	Akpınar		KABAK	135
İzmir	Kiraz	Karabağ		AKSU	116
İzmir	Kiraz	Merkez	İstiklal	ÇOBAN	107
İzmir	Kiraz	Merkez	İstiklal	ÇOBAN	170
İzmir	Menderes	Karakuyu		TORUN	105
İzmir	Menderes	Karakuyu		GÜLKAYNAK	257
İzmir	Menderes	Merkez	Merkez	ÖZGÜZEL	101
İzmir	Menderes	Oğlananası		SÖNMEZ	166
İzmir	Menemen	Çavuşköy		ERİŞKEN	120
İzmir	Menemen	Emiralem		TAŞ	112
İzmir	Menemen	Harmandalı		SÜTÇÜ	105
İzmir	Menemen	Merkez		LİMİTED ŞİRKET	170
İzmir	Menemen	Ortaköy		YAĞCIKÖSEOĞLU	141
İzmir	Menemen	Tuzçullu		BACAK	102
İzmir	Menemen	Ulukent		KAHYA	258
İzmir	Merkez	Güzelbahçe	Merkez	ZİRAAT	493
İzmir	Merkez	Merkez	Merkez	İZMİR	3504
İzmir	Merkez	Yelki		KARANFİL	193
İzmir	Ödemiş	Demircili		GACAR	103
İzmir	Ödemiş	Ertuğrul		YILMAZ	164
İzmir	Ödemiş	Günlüce		MEŞE	167
İzmir	Ödemiş	Günlüce		MEŞE	116
İzmir	Ödemiş	Karadoğan		PALASKA	195
İzmir	Ödemiş	Kaymakçı		ÇAY	197
İzmir	Ödemiş	Konaklı	Davutdede	ATASOY	148
İzmir	Ödemiş	Kumkuyu		ÇİFTÇİ	263
İzmir	Ödemiş	Küçükavulcuk		OZANSOY	148
İzmir	Ödemiş	Merkez	Türkmen	KOOPERATAFİ	541

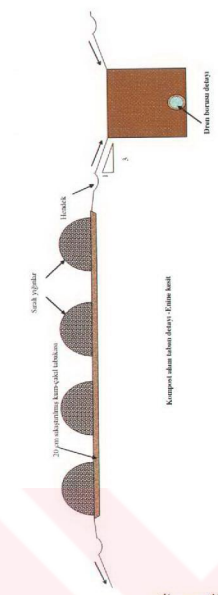
Ek 8 İzmir ili üretim çiftlikleri ve sığır kapasiteleri (devam)

İl	İlçe	Köy	Mahalle	İşletme adı	Sığır Mevcudu
İzmir	Ödemiş	Merkez	Emmioğlu	TÜRME	115
İzmir	Ödemiş	Merkez		ATIŞ	345
İzmir	Ödemiş	Merkez		KARAVUŞ	159
İzmir	Ödemiş	Merkez		AYDIN	138
İzmir	Ödemiş	Merkez	Hürriyet	BAŞOĞLU	467
İzmir	Ödemiş	Merkez	Hürriyet	ERİŞ	101
İzmir	Ödemiş	Merkez		KÖKSAL	139
İzmir	Ödemiş	Merkez		LOMLU	249
İzmir	Ödemiş	Merkez		KIZIL	185
İzmir	Ödemiş	Merkez		YÖRÜŞMEN	253
İzmir	Ödemiş	Merkez	Cumhuriyet	OZANSOY	146
İzmir	Ödemiş	Merkez		KÖYMEN	181
İzmir	Ödemiş	Merkez		KIRKAYAK	130
İzmir	Ödemiş	Merkez		GANİOĞLU	405
İzmir	Ödemiş	Merkez		BOSTAN	111
İzmir	Ödemiş	Merkez		ŞEN	108
İzmir	Ödemiş	Merkez	Bengisu	DAĞLIOĞLU	234
İzmir	Ödemiş	Merkez		ÇAKIR	124
İzmir	Ödemiş	Mescitli		UYAROĞLU	102
İzmir	Ödemiş	Seyrekli		ARAS	153
İzmir	Ödemiş	Seyrekli		ÜNLÜ	163
İzmir	Ödemiş	Seyrekli		KOOPERATİFİ	409
İzmir	Ödemiş	Yeniceköy		TİRELİ	234
İzmir	Ödemiş	Yeniceköy		ŞEN	210
İzmir	Ödemiş	Yolüstü		ÖZDİNÇ	130
İzmir	Seferihisar	Merkez	Turabiye	KARAKUYU	117
İzmir	Selçuk	Belevi		KAYAYURT	111
İzmir	Tire	Alacalı		PEHLİVANOĞLU	971
İzmir	Tire	Gökçen		TOPAN	153
İzmir	Tire	Gökçen		TOPAN	103
İzmir	Tire	Gökçen		PEHLİVANOĞLU	128
İzmir	Tire	Gökçen		ÖZTÜRK	102
İzmir	Tire	Gökçen		ÖZTÜRK	209
İzmir	Tire	Hasançavuşlar		ÜLKER	177
İzmir	Tire	Karateke		ŞAHİN	167
İzmir	Tire	Kızılcahavlu		ŞENTÜRK	111
İzmir	Tire	Kızılcahavlu		UĞURBİL	342
İzmir	Tire	Kızılcahavlu		ÜNEL	133
İzmir	Tire	Merkez		CANLI	101

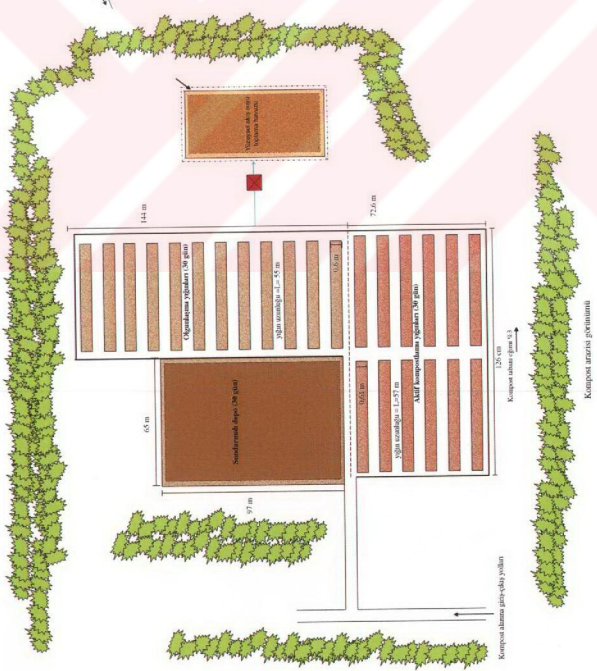
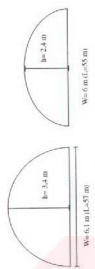
Ek 8 İzmir ili üretim çiftlikleri ve sığır kapasiteleri (devam)

İl	İlçe	Köy	Mahalle	İşletme adı	Sığır Mevcudu
İzmir	Tire	Merkez		SUMAR	109
İzmir	Tire	Merkez	Turan	OKAN	370
İzmir	Tire	Merkez	Turan	OKAN	121
İzmir	Tire	Peşrefli		YİĞİT	209
İzmir	Tire	Sarılar		ÖZDEMİR	108
İzmir	Tire	Üzümler		TİTİZ	113
İzmir	Torbali	Atalan		McDONALDS	4213
İzmir	Torbali	Atalan		GÜLCÜOĞLU	128
İzmir	Torbali	Çapak		TAR.SAN.TİC.LTD	709
İzmir	Torbali	Demirciköy		BÖLÜCÜLER	102
İzmir	Torbali	Merkez		SİVRİKAYA	106
İzmir	Torbali	Tulum		TARIM	118
İzmir	Torbali	Tulum		KENTLİ	217
İzmir	Torbali	Tulum		KENTLİ	402
İzmir	Urla	Kuşçular		ZEYBEK	147
İzmir	Urla	Nohutalan		EROĞLU	121

Ek 9 İzmir'de seçilen pilot tesis için kompost arazisi tasarımı



Kompos atau bahan dasar - Ekstensi kecil



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	04.10.1979	
Doğum yeri	Gümüşhane	
Lise	1993-1996	50. Yıl Avcılar İnsa Lisesi
Lisans	1997-2002	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Çevre Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2002-2004	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Müh. Anabilim Dalı

Çalıştığı kurum(lar)

Haziran-Temmuz	2004	Deniz Su ve Atıksu Arıtım İnşaat Ticaret ve Sanayi A.Ş.
----------------	------	--