

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TIBBİ ATIKLARI İŞLEME VE BERTARAF ETME
TEKNOLOJİSİ SEÇME PROBLEMİNE BULANIK
ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ VE BULANIK
ANALİTİK AĞ PROSESİ YAKLAŞIMI**

Endüstri Mühendisi Hande MUŞDAL

**FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı :Yrd. Doç. Dr. Tufan DEMİREL (Yıldız Teknik Üniversitesi)

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KATI ATIKLAR	3
2.1 Katı Atık Tarihçesi	3
2.2 Kavramsal Olarak Katı Atık ve Katı Atık Türleri	5
2.2.1 Evsel Katı Atıklar (Çöpler)	7
2.2.2 Özel Atıklar	8
2.2.2.1 Toksik Atıklar.....	8
2.2.2.2 Radyoaktif Atıklar	8
2.2.2.3 Tıbbi Atıklar (Hastane Atıkları)	8
2.2.2.4 Tehlikeli Atıklar (Endüstriyel Atıklar)	9
2.3 Katı Atıkların Zararları	10
2.4 Katı Atıkların Miktar ve Bileşenleri.....	12
3. KATI ATIK YÖNETİMİ.....	15
3.1 Katı Atık Yönetiminin Tanımlanması	15
3.2 Katı Atık Yönetiminin Bileşenleri ve Atık Yönetimi Hiyerarşisi.....	16
3.3 Katı Atık Bertaraf Teknolojileri	20
3.3.1 Geri Kazanım	21
3.3.2 Yakma	21
3.3.3 Kompostlaştırma.....	23
3.3.4 Depolama	25
3.3.4.1 Düzenli Depolama	25
3.3.4.2 Düzensiz Depolama	28
3.4 Katı Atıkların Toplanması ve Taşınması	29
3.4.1 Katı Atıkların Toplanması	30
3.4.2 Katı Atıkların Taşınması	30
3.4.3 Aktarma Merkezleri (Transfer İstasyonları)	31
3.5 Katı Atıkları Ayırma.....	32
3.5.1 Kaynakta Ayırma.....	33

3.5.2	Toplama Sırasında Ayırma	33
3.5.3	Merkezde Ayırma	33
3.6	İstanbul'da Katı Atık Yönetimi	34
3.6.1	Katı Atık Miktar ve Özellikleri	35
3.6.2	Katı Atık Yönetiminde İdari Yapı	36
3.6.3	Katı Atıkların Toplanması	37
3.6.4	Aktarma İstasyonları	38
3.6.5	Düzenli Depolama	41
3.6.6	Kompostlaştırma ve Geri Kazanım	42
4.	TIBBİ ATIKLARI İŞLEME VE BERTARAF ETME TEKNOLOJİLERİ	44
4.1	Tıbbi Atıkların Tanımı ve Özellikleri	44
4.2	Tıbbi Atıkların Sınıflandırılması	44
4.2.1	Patolojik Atıklar	45
4.2.2	Radyoaktif Atıklar	45
4.2.3	Kesici ve Delici Aletler	46
4.2.4	Kimyasal Atıklar	46
4.2.5	İnfeksiyöz veya Potansiyel Olarak İnfeksiyöz Atıklar	46
4.2.6	Farmasötik Atıklar	47
4.2.7	Basınçlı Kaplar	47
4.3	Tıbbi Tesislerdeki Atık Kaynakları	47
4.4	Tıbbi Atıkları İşleme ve Bertaraf Etme Teknolojileri	48
4.4.1	Fırında Yakma	49
4.4.1.1	Yakma İşleminin Avantajları ve Dezavantajları	51
4.4.1.2	Yakma Fırını Çeşitleri	52
4.4.2	Kimyasal Dezenfektasyon	54
4.4.2.1	Kimyasal Dezenfektasyon İşleminin Avantajları ve Dezavantajları	56
4.4.3	Islak ve Kuru Termal İşlemler	56
4.4.3.1	Islak Termal İşlem	56
4.4.3.2	Vidalı Besleme (Screw-feed) Teknolojisi	57
4.4.4	Mikrodalga ile Işınlama Teknolojisi	58
4.4.4.1	Mikrodalga ile Işınlama İşleminin Avantajları ve Dezavantajları	58
4.4.5	Depolama Yöntemi ile Bertaraf Etme	58
4.4.6	Tıbbi Atıkları İşleme ve Bertaraf Etme Teknolojilerinin Avantaj ve Dezavantajlarının Karşılaştırılması	61
5.	BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ VE BULANIK ANALİTİK AĞ PROSESİ	62
5.1	Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)	62
5.2	Bulanık Mantık	63
5.3	Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi	64
5.3.1	Üçgen Bulanık Sayılar	64
5.3.2	Bulanık AHP Algoritması	66
5.4	Analitik Ağ Prosesi (AAP)	69
5.4.1	AAP'de Sorunun Yapılandırılması	70
5.4.2	AAP'de Sorunun Modellenmesi	73
5.4.3	AAP'de Sorunun Çözümlemesi	73
5.5	Bulanık Analitik Ağ Prosesi	76
6.	BULANIK AHP VE BULANIK AAP İLE TIBBİ ATIKLARI İŞLEME VE BERTARAF ETME TEKNOLOJİSİ SEÇİMİ	78

6.1	Kriterler ile Alternatiflerin Belirlenmesi ve Hiyerarşik Yapının Oluşturulması...	79
6.2	İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması ve Bulanık AHP Uygulaması	83
6.3	Bulanık AHP Uygulamasının Sonucu	89
6.4	Tıbbi Atıkları İşleme ve Bertaraf Etme Teknolojisi Seçimi Modelinde Kriterlerin Kendi Arasında ve Birbirleriyle Olan Etkileşimlerinin de Dikkate Alınarak Ağ Yapısının Oluşturulması ve Bulanık AAP Uygulaması	90
6.5	Alt Kriterlerin Kendi Aralarında ve Birbirlerine Göre Karşılaştırılarak İkili Karşılaştırma Matrislerinin Elde Edilmesi ve Chang'ın Bulanık AHP Algoritmasına Göre Durulaştırılması	91
6.6	Bulanık AAP Uygulamasının Sonucu	98
6.7	Bulanık AHP ve Bulanık AAP İle Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması.....	99
7.	SONUÇ	100
KAYNAKLAR.....		102
İNTERNET KAYNAKLARI.....		104
EKLER.....		105
Ek 1 Her Bir Alt Kritere Göre, Bu Alt Kriteri Etkileyen Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Karşılaştırılmasıyla Oluşturulan İkili Karşılaştırma Matrisleri.....		106
Ek 2 AAP Uygulaması Sonucu Elde Edilen Ağırlıklandırılmamış Süpermatris		121
Ek 3 AAP Uygulaması Sonucu Elde Edilen Ağırlıklandırılmış Süpermatris		122
Ek 4 AAP Uygulaması Sonucu Elde Edilen Limit Matris.....		123
ÖZGEÇMİŞ.....		124

SİMGE LİSTESİ

$\tilde{M}_i$	Bulanık üçgen sayı
l	Bulanık üçgen sayının mümkün en küçük değeri
m	Bulanık üçgen sayının en çok beklenen değeri
u	Bulanık üçgen sayının mümkün en büyük değeri
X	Nesne kümesi
U	Hedef kümesi
M_{gi}^j	Genişletilmiş analiz değeri
S_i	Bulanık yapay büyüklük değeri
$V(M_2 \geq M_1)$	$M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ifadesinin olasılık derecesi
W'	Ağırlık vektörü
W	Normalize edilmiş ağırlık vektörü
C_N	Ağ yapısındaki bileşenler, e_{Nn} 'ler bileşenlerin elemanları ve W_{ij} 'ler üstünlük vektörlerinden oluşan ve blok diye adlandırılan matrisler
e_{Nn}	Bileşenlerin elemanları
W_{ij}	Üstünlük vektörlerinden oluşan blok matris
W_A	Ana kriterler için ağırlık vektörü
W_{EF}	Ekonomik faktörlere göre alt kriterlerin ağırlık vektörü
$W_{TÖ}$	Teknik özelliklere göre alt kriterlerin ağırlık vektörü
W_{SF}	Sosyal faktörlere göre alt kriterlerin ağırlık vektörü
W_{CF}	Çevresel faktörlere göre alt kriterlerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(YM)}$	Yatırım maliyetine göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(İM)}$	İşletme maliyetine göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(BM)}$	Bakım maliyetine göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(K)}$	Kapasiteye göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(V)}$	Verimliliğe göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(BAÇ)}$	Bertaraf edilebilen atık çeşidi sayısına göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(ASG)}$	Altyapı sistemi gereksinimlerine göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(KEG)}$	Kalifiye eleman gereksinimine göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(İS)}$	İşçi sağlığı ve iş güvenliğine göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(TK)}$	Toplumun kabulüne göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(DH)}$	Düzenleyici hususlara göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(ÇR)}$	Çevresel riske göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(İŞD)}$	İşletme şartlarına duyarlılık derecesine göre alternatiflerin ağırlık vektörü

$W_{Alt}^{(KİM)}$	Kaynak ile işlem merkezi arasındaki mesafeye göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(EF)}$	Ekonomik faktörlerin alt kriterlerine göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(TÖ)}$	Teknik özelliklerin alt kriterlerine göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(SF)}$	Sosyal faktörlerin alt kriterlerine göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(ÇF)}$	Çevresel faktörlerin alt kriterlerine göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(B-AHP)}$	Bulanık AHP'ne göre alternatiflerin ağırlık vektörü
$W_{TÖ}^{(YM)}$	Yatırım maliyetine göre teknik özelliklerin ağırlık vektörü
$W_{SF}^{(YM)}$	Yatırım maliyetine göre sosyal faktörlerin ağırlık vektörü
$W_{ÇF}^{(YM)}$	Yatırım maliyetine göre çevresel faktörlerin ağırlık vektörü
$W_{EF}^{(İM)}$	İşletme maliyetine göre ekonomik faktörlerin ağırlık vektörü
$W_{TÖ}^{(İM)}$	İşletme maliyetine göre teknik özelliklerin ağırlık vektörü
$W_{ÇF}^{(İM)}$	İşletme maliyetine göre çevresel faktörlerin ağırlık vektörü
$W_{EF}^{(BM)}$	Bakım maliyetine göre ekonomik faktörlerin ağırlık vektörü
$W_{ÇF}^{(BM)}$	Bakım maliyetine göre çevresel faktörlerin ağırlık vektörü
$W_{EF}^{(K)}$	Kapasiteye göre ekonomik faktörlerin ağırlık vektörü
$W_{EF}^{(BAÇ)}$	Bertaraf edilebilen atık çeşidi sayısına göre ekonomik faktörlerin ağırlık vektörü
$W_{ÇF}^{(ASG)}$	Altyapı sistemi gereksinimlerine göre çevresel faktörlerin ağırlık vektörü
$W_{EF}^{(İS)}$	İşçi sağlığı ve iş güvenliğine göre ekonomik faktörlerin ağırlık vektörü
$W_{SF}^{(TK)}$	Toplumun kabulüne göre sosyal faktörlerin ağırlık vektörü
$W_{ÇF}^{(TK)}$	Toplumun kabulüne göre çevresel faktörlerin ağırlık vektörü
$W_{TÖ}^{(DH)}$	Düzenleyici hususlara göre teknik özelliklerin ağırlık vektörü
$W_{ÇF}^{(DH)}$	Düzenleyici hususlara göre çevresel faktörlerin ağırlık vektörü
$W_{TÖ}^{(ÇR)}$	Çevresel riske göre teknik özelliklerin ağırlık vektörü
$W_{ÇF}^{(ÇR)}$	Çevresel riske göre çevresel faktörlerin ağırlık vektörü
$W_{TÖ}^{(İŞD)}$	İşletme şartlarına duyarlılık derecesine göre teknik özelliklerin ağırlık vektörü
$W_{SF}^{(KİM)}$	Kaynak ile işlem merkezi arasındaki mesafeye göre sosyal faktörlerin ağırlık vektörü
$W_{Alt}^{(B-AAP)}$	Bulanık AAP'ne göre alternatiflerin ağırlık vektörü

KISALTMA LİSTESİ

AAP	Analitik Ağ Prosesi
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
ASG	Altyapı Sistemi Gereksinimleri
BAÇ	Bertaraf Edilebilen Atık Çeşidi Sayısı
BM	Bakım Maliyeti
CH ₂ OCH ₂	Etilen oksit
CH ₄	Metan Gazı
ClO ₂	Klor dioksit
ÇEVKO	Çevre Koruma ve Ambalaj Atıkları Değerlendirme Vakfı
ÇF	Çevresel Faktörler
ÇR	Çevresel Risk
DH	Düzenleyici Hususlar
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
DY	Depolama Yöntemi ile Bertaraf Etme
EF	Ekonomik Faktörler
EPA's	Environmental Protection Agency's Superfund
FY	Fırında Yakma
HCHO	Formaldehit
Hu	Yakıtın Isıl Değeri
IKT	Islak ve Kuru Termal İşlemler
ISWA	International Solid Waste Association
İM	İşletme Maliyeti
İS	İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği
İSTAÇ	İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Atık Maddeleri Değerlendirme Sanayi ve Ticaret A.Ş.
İŞD	İşletme Şartlarına Duyarlılık Derecesi
K	Kapasite
KAY	Katı Atık Yönetimi
KAKY	Katı Atıkların Kontrolü Yönetimi
KD	Kimyasal Dezenfektasyon
KEG	Kalifiye Eleman Gereksinimi
KİM	Kaynak ile İşlem Merkezi Arasındaki Mesafe
MIT	Mikrodalga ile Işınlama Teknolojisi

NaOCl	Sodyumhipoklorit
pH	Suyun İçerisindeki Asit ve Alkaline Yoğunluğunun Göstergesi
PVC	Polivinilklorür
SF	Sosyal Faktörler
TK	Toplumun Kabulü
TÖ	Teknik Özellikler
V	Verimlilik
YM	Yatırım Maliyeti

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Türkiye’de Atık Kompozisyonu	13
Şekil 2.2 Türkiye’de Ortalama Geri Kazanılabılır Atık Kompozisyonu	14
Şekil 3.1 1960-2004 gelişmiş endüstri ülkelerindeki katı atık yönetiminde strateji gelişim değişimleri.....	16
Şekil 3.2 Katı Atık Yönetiminin Ana Bileşenleri.....	17
Şekil 3.3 Atık Yönetim Hiyerarşisi.....	19
Şekil 3.4 Aktarma İstasyonu	31
Şekil 3.5 İstanbul Çöp Aktarma İstasyonlarının Konumları.....	40
Şekil 4.1 Yakma Fırınlarının Basit Akış Şeması.....	50
Şekil 5.1 Basit Bir AHP Yapısı	63
Şekil 5.2 (l, m, u) Bulanık Üçgen Sayısı.....	65
Şekil 5.3 M_1 ve M_2 Arasındaki Kesişme	67
Şekil 5.4 Geribesleme Ağı	71
Şekil 5.5 Kontrol Hiyerarşisi.....	72
Şekil 5.6 Süpermatris	75
Şekil 5.7 W_{ij} Blok Matris.....	75
Şekil 6.1 Tıbbi Atıkları İşleme ve Bertaraf Etme Teknolojisi Seçimi Hiyerarşisi.....	82
Şekil 6.2 Tıbbi Atıkları İşleme ve Bertaraf Etme Teknolojisi Seçimi İçin Oluşturulan Ağ Yapısı	91
Şekil 6.3 AAP Uygulaması İçin Oluşturulan Ağ Yapısının “Super Decisions” Programında Gösterilmesi.....	97
Şekil 6.4 Chang’ın Bulanık AHP Algoritmasına göre yapılan hesaplamalardan elde edilen ağırlık vektörlerinin “Super Decisions” programına elle girilmesi	97
Şekil 6.5 “Super Decisions” Programından Sonuçların Elde Edilmesi	98

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Katı Atıkların Kaynak ve Oluştuğu Yerlere Göre Sınıflandırılması.....	6
Çizelge 2.2 Amerika ve Avrupa Ülkelerinde (%) Kuru Ağırlık Olarak Katı Atık Bileşenleri	12
Çizelge 2.3 Türkiye'nin Tahmini Evsel Atık Kompozisyonu.....	13
Çizelge 2.4 Türkiye'nin Geri Kazanılabılır Atık Kompozisyonu	13
Çizelge 3.1 Çeşitli Ülkelerdeki Katı Atık Yönetim Teknolojilerin Dağılımı	21
Çizelge 3.2 İstanbul İçin Katı Atık Karakterizasyonu Mevsimsel Ortalamaları.....	35
Çizelge 3.3 İstanbul Çöp Aktarma İstasyonlarının Kapasiteleri ve Özellikleri	39
Çizelge 3.4 İstanbul Çöp Aktarma İstasyonlarından Transfer Edilen Katı Atık Miktarlarının Aylara Göre Dağılımı.....	41
Çizelge 3.5 Depolama Sahalarında Depolanan Katı Atık Miktarlarının Yıllara Göre Dağılımı	42
Çizelge 4.1 Tıbbi Atıkları İşleme ve Bertaraf Etme Teknolojilerinin Avantaj ve Dezavantajları	61
Çizelge 5.1 İkili Karşılaştırmalarda Kullanılan Ölçek.....	68
Çizelge 6.1 Amaca Göre Ana Kriterlerin Karşılaştırılması	83
Çizelge 6.2 Alt Kriterlerin Ekonomik Faktörlere Göre Karşılaştırılması.....	84
Çizelge 6.3 Alt Kriterlerin Teknik Özelliklere Göre Karşılaştırılması.....	84
Çizelge 6.4 Alt Kriterlerin Sosyal Faktörlere Göre Karşılaştırılması.....	84
Çizelge 6.5 Alt Kriterlerin Çevresel Faktörlere Göre Karşılaştırılması	84
Çizelge 6.6 Yatırım Maliyetine Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması	85
Çizelge 6.7 İşletme Maliyetine Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması.....	85
Çizelge 6.8 Bakım Maliyetine Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması.....	85
Çizelge 6.9 Kapasiteye Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması.....	85
Çizelge 6.10 Verimliliğe Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması	86
Çizelge 6.11 Bertaraf Edilebilen Atık Çeşidi Sayısına Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması	86
Çizelge 6.12 Alt Yapı Sistemi Gereksinimlerine Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması	86
Çizelge 6.13 Kalifiye Eleman Gereksinimine Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması.....	86
Çizelge 6.14 İşçi Sağlığı ve İş Güvenliğine Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması	87
Çizelge 6.15 Toplumun Kabulüne Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması.....	87
Çizelge 6.16 Düzenleyici Hususlara Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması.....	87
Çizelge 6.17 Çevresel Riske Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması.....	87
Çizelge 6.18 İşletme Şartlarına Duyarlılık Derecesine Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması	88
Çizelge 6.19 Kaynak ve İşlem Merkezi Arasındaki Mesafeye Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması	88

Çizelge 6.20 Ekonomik Faktörlerin Alt Kriterlerine Göre Alternatiflerin Öncelik Ağırlıkları	88
Çizelge 6.21 Teknik Özelliklerin Alt Kriterlerine Göre Alternatiflerin Öncelik Ağırlıkları...	89
Çizelge 6.22 Sosyal Faktörlerin Alt Kriterlerine Göre Alternatiflerin Öncelik Ağırlıkları.....	89
Çizelge 6.23 Çevresel Faktörlerin Alt Kriterlerine Göre Alternatiflerin Öncelik Ağırlıkları..	89
Çizelge 6.24 Ana Kriterlere Göre Alternatiflerin Öncelik Ağırlıkları.....	89
Çizelge 6.25 Bulanık AHP Algoritması İle Elde Edilen Sonuçlar	90
Çizelge 6.26 Teknik Özelliklerin Yatırım Maliyetine Göre Karşılaştırılması	92
Çizelge 6.27 Sosyal Faktörlerin Yatırım Maliyetine Göre Karşılaştırılması	93
Çizelge 6.28 Çevresel Faktörlerin Yatırım Maliyetine Göre Karşılaştırılması	93
Çizelge 6.29 Ekonomik Faktörlerin İşletme Maliyetine Göre Karşılaştırılması.....	93
Çizelge 6.30 Teknik Özelliklerin İşletme Maliyetine Göre Karşılaştırılması.....	93
Çizelge 6.31 Çevresel Faktörlerin İşletme Maliyetine Göre Karşılaştırılması	93
Çizelge 6.32 Ekonomik Faktörlerin Bakım Maliyetine Göre Karşılaştırılması.....	94
Çizelge 6.33 Çevresel Faktörlerin Bakım Maliyetine Göre Karşılaştırılması	94
Çizelge 6.34 Ekonomik Faktörlerin Kapasiteye Göre Karşılaştırılması.....	94
Çizelge 6.35 Ekonomik Faktörlerin Bertaraf Edilebilen Atık Çeşidi Sayısına Göre Karşılaştırılması	94
Çizelge 6.36 Çevresel Faktörlerin Altyapı Sistemi Gereksinimlerine Göre Karşılaştırılması.	94
Çizelge 6.37 Ekonomik Faktörlerin İşçi Sağlığı ve İş Güvenliğine Göre Karşılaştırılması	94
Çizelge 6.38 Sosyal Faktörlerin Toplumun Kabulüne Göre Karşılaştırılması.....	95
Çizelge 6.39 Çevresel Faktörlerin Toplumun Kabulüne Göre Karşılaştırılması	95
Çizelge 6.40 Teknik Özelliklerin Düzenleyici Hususlara Göre Karşılaştırılması.....	95
Çizelge 6.41 Çevresel Faktörlerin Düzenleyici Hususlara Göre Karşılaştırılması	95
Çizelge 6.42 Teknik Özelliklerin Çevresel Riske Göre Karşılaştırılması	95
Çizelge 6.43 Çevresel Faktörlerin Çevresel Riske Göre Karşılaştırılması	95
Çizelge 6.44 Teknik Özelliklerin İşletme Şartlarına Duyarlılık Derecesine Göre Karşılaştırılması	96
Çizelge 6.45 Sosyal Faktörlerin Kaynak ile İşlem Merkezi Arasındaki Mesafeye Göre Karşılaştırılması	96
Çizelge 6.46 Bulanık AAP Algoritması İle Elde Edilen Sonuçlar	99
Çizelge 6.47 Bulanık AHP ve Bulanık AAP İle Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması.....	99

ÖNSÖZ

Katı atıkların tekniğine uygun olarak bertaraf edilmesi, özellikle nüfusu büyük olan şehirlerin yerel yönetimlerince çözüm getirilmesi gereken önemli problemlerden biridir. Katı atık bertaraf yöntemleri olarak düzenli depolama, kompostlaştırma, yakma ve atıkların içerisindeki değerlendirilebilecek maddelerin geri kazanılması işlemleri sayılabilir. Bertaraf edilecek atığın hacim ve ağırlığının azaltılması, böylece depolama maliyetinin düşürülmesi ve çevreye vereceği zararın en aza indirilmesi katı atık bertarafının temel hedeflerindendir. Atıkların açık alanlarda veya iyi tasarlanmamış fırınlarda yakılması hava kirliliğine; düzensiz katı atık alanları ve iyi dizayn edilmemiş depo sahalarından kaynaklanan sızıntı suları ise yüzeysel ve yeraltı sularının kirlenmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle, katı atıkların bertaraf edilmesinde kullanılacak teknolojinin, her türlü faktör göz önünde bulundurularak dikkatli bir şekilde seçilmesi insan ve çevre sağlığı açısından oldukça önemlidir.

Bana böyle önemli bir konuda çalışma, fikir edinme, bir şeyler öğrenme imkanı veren ve çalışmam esnasında desteğini hiç esirgemeyerek beni yönlendiren değerli danışman hocam Sn. Yrd. Doç. Dr. Tufan Demirel'e, çalışmamı tamamlamamda çok büyük bir payı olan çok sevdiğim oda arkadaşım ve sırdaşım Arş. Gör. Nezir Aydın'a ve beni bugünlere getiren sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Katı atık problemi, tüm dünyada karşılaşılan en önemli çevre problemlerinden birisidir. Katı atıkların sınıflandırılması çok çeşitli şekillerde yapılabilmektedir. Tıbbi tesislerden (hastaneler, sağlık ocakları vb.) kaynaklanan ve tıbbi faaliyetler sonucu oluşan zararlı ve bulaşıcı maddeler tıbbi atık olarak adlandırılmaktadır. Tıbbi atıklar insan ve çevre sağlığı için uygun şekilde toplanıp, taşınıp, bertaraf edilmelidir. Genel tıbbi atık bertaraf etme teknolojileri arasında, yakma ve gömme gibi yöntemlerin yanında ısıyla zehrini giderme gibi yeni teknolojilerden de bahsedilebilir. Tıbbi atıkların bertaraf edilmesinde kullanılacak teknolojinin dikkatli bir şekilde seçilmesi çok önemlidir.

Bu çalışmada öncelikle katı atıklar ve katı atık yönetimi hakkında genel bilgi verilmiş ve daha sonra katı atıkların bir çeşidi olan tıbbi atıklar ve bu atıkları bertaraf etmede kullanılabilecek teknolojiler ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmanın devamında, tıbbi atıklarla ilgili pek çok faktör göz önünde bulundurularak, en iyi yöntemin seçilmesi için kriterler belirlenmiş ve hiyerarşik bir yapı oluşturulmuştur. Gerçek hayatta var olan belirsizlik ve kesinsizlikleri de yansıtmak açısından Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesine göre hesaplamalar yapılmış ve bir sonuç elde edilmiştir. Daha sonra, belirlenen kriterler arasındaki ilişkiler de dikkate alınarak, problem için bir ağ yapısı oluşturulmuş ve Bulanık Analitik Ağ Prosesinden faydalanılarak yeni bir sonuç elde edilmiştir. Çalışmanın son bölümünde ise elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve bununla ilgili yorumlar yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Katı atıklar, katı atık yönetimi, tıbbi atıklar, bertaraf teknolojileri, bulanık analitik hiyerarşi prosesi, bulanık analitik ağ prosesi.

ABSTRACT

Solid waste problem is one of the significant environmental problems of the world. Classification of solid wastes can be done in different ways. The harmful and infectious products of medical processes produced from medical facilities (i.e., hospitals, village clinics) are called medical wastes. Medical wastes must be appositely collected, transported and eliminated for human and environment health. The common medical waste elimination methods are incineration, storage and new technologies like thermal detoxification. It's important to choose which technology will be used to eliminate medical wastes carefully.

In this work, firstly, it has been referred to solid wastes and solid waste management, then, medical waste which is a kind of solid wastes and technologies which can be used to eliminate medical wastes have been explained with details. In the continuation of the work, in a view of the fact that a good number of factors about medical wastes, criteria have been determined and a hierarchical construction has been built. Computations have been done by using Fuzzy Analytical Hierarchy Process in terms of reflection ambiguity and uncertainty of the real world and a result has been obtained. Then, connections which are between criteria have been considered and a network construction has been built for the problem. A new result has been obtained by using Analytical Network Process. In the end of the work, the results that have been obtained are compared and commented.

Keywords: Solid wastes, solid waste management, medical wastes, elimination technologies, fuzzy analytical hierarchy process, fuzzy analytical network process.

1. GİRİŞ

Toplumların sosyo-ekonomik yapıları değıştikçe üretim, dağıtım ve tüketim alışkanlıkları da değışmektedir. Nüfusun artması, yaşam standartlarının yükselmesi ve teknolojideki gelişmelerin artması sonucu, katı atık miktarları da son yıllarda önemli miktarda artmıştır (Ebin, 2004).

Katı atıklar, insan aktivitelerinden ileri gelen ve normalde katı halde bulunan, kullanılamaz hale gelmiş veya istenmeyen maddelerin tümünü kapsar (Beyhan, 1997). Toplum sağlığı üzerine olumsuz etki yapan bu maddelerin sağlık kurallarına uygun olarak ve teknik koşullar altında toplanması, taşınıp yok edilmesi, zararsız hale getirilmesi gereklidir. Çünkü atıkların insan ve çevre sağlığına olan etkisi küçümsenemeyecek bir çapta, geniş ve sürekli dir. Atıkların gelişigüzel halde, çöplüklerde ve kaplarda bulunması, üzerlerine zaman zaman bazı hayvanların üşüşmesine, burada eşinip çöpleri dağıtmasına, sineklerin, farelerin, diğer böceklerin, mikroorganizmaların üremelerine, kokuşmalarına, rüzgarla etrafa yayılmasına ve çevreyi kirletmelerine neden olmaktadır[2].

Katı atıkların sınıflandırılması çok çeşitli şekillerde yapılabilmektedir. Katı atıkların sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılan yöntemlerin başında katı atık muhtevasına göre sınıflandırma gelmektedir. Katı atıklar muhtevasına göre; evsel, endüstriyel, tıbbi, özel nitelikli atıklar ile arıtma tesisi atıkları olarak sınıflandırılabilir (Karaaslan, 2003).

Bu çalışmada katı atıkların bir çeşidi olan tıbbi atıklar incelenmiştir. Tıbbi atıklar, insan veya hayvanların sağlığı ile ilgili olarak yapılan çeşitli etkinliklerde ortaya çıkan atıklardır. Hızla artan nüfus ve sanayileşme ile, bulaşıcı ve tehlikeli maddeler içeren tıbbi atıkların ortadan kaldırılabilmesi işi, en önemli çevresel sorunlardan biri haline gelmiştir (Karamouz vd., 2006).

Tıbbi atıkların temel sağlık riski sadece genel toplum için değil, hastanede bunları kullananlar ve ilişkili sağlık meslek mensupları için de önemlidir. İşlenmiş tıbbi atıkların diğer atıklarla aynı riske sahip olduğu, herhangi bir işleme tabi tutulmaksızın bırakılan tıbbi atıkların ise olası çok az risk taşıdığı birçok bilimsel kaynakta belirtilmektedir; çünkü patojen etkenlerin toprakta ve doğal ortamda yaşamaları olası değildir. Tıbbi atıkların yakılmasıyla ilgili çevresel kirlilik riski eğer tekniğine uygun yakma işlemi sağlanmayacak olursa çok daha yüksektir. Bu nedenle tıbbi atıkların yönetimine yönelik uygulamalar hastane çalışanlarının bilinçlendirilmesi ve korunmasına yönelik uygulamalara odaklanmalıdır. Hastane dışına çıkarılmış tıbbi atıklar, kentsel atıkların uygun bir şekilde bertaraf edildiği bir kentte evsel

atıklarla birlikte zararsız hale getirilebilir ve bu durum toplum sağlığı açısından herhangi bir sorun oluşturmaz[2].

Tıbbi atıklar halk ve evre sağlığı için uygun şekilde toplanıp, taşınıp, bertaraf edilmelidir. Bu atıkların bertaraf edilmesinde kullanılan en yaygın yöntem fırında yakma olmakla beraber son zamanlarda geliştirilmiş alternatif işleme yöntemleri de mevcuttur. Bu işleme yöntemleri tıbbi atıkların bulaşıcı tehlikelerini etkin bir şekilde azaltıp diğer lerle karıştırılmasını engelleyebilir; ancak bunların bazıları aynı zamanda, diğer sağlıksal ve çevresel zararlara da yol açabilir. Bu nedenle işleme sisteminin seçimi, pek çok faktör göz önünde bulundurularak dikkatli bir şekilde yapılmalıdır.

Bu çalışmada, insani düşünme şekli ve tıbbi atıkların etkileriyle ilgili pek çok faktör göz önünde bulundurularak, en uygun bertaraf yöntemini belirlemek amaçlanmıştır. Karar verme problemlerinde sıklıkla kullanılan Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Analitik Ağ Prosesi yöntemleri, insani düşünme şeklini yansıtan Bulanık Mantıkla entegre edilmiş ve elde edilen sonuçlar birbirleriyle karışılaştırılmıştır.

2. KATI ATIKLAR

Dünyada nüfusun artmasıyla doğal kaynakların kullanımı hızla artmaktadır. Sanayideki gelişme ve nüfus artışına bağlı olarak tüketim de hızla artmaktadır. Kullanılan kaynakların işlenmesi ve toplanması sırasında atıklar oluşmaktadır. Oluşan atıklar tekrar doğaya bırakılmakta, bunun sonucu olarak hem doğal kaynak miktarı, hem de var olan kaynakların faydaları azalmaktadır (Karaaslan, 2003).

Yaşamımızda kullanıldıktan sonra veya tüketildikten sonra yok edilmesi veya yeniden yararlanabilmemiz için toplanıp çevremizden uzaklaştırılması gereken çeşitli malzemelere katı atık denir. Üreticisi tarafından atılmak istenen, toplumun huzuru ve çevrenin korunması bakımından düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı madde ve artıma çamurlarının tümü katı atık olarak tanımlanmaktadır (Ebin, 2004). Miktarları her geçen gün artan katı atıkların çevrede yarattığı olumsuz etkiler nedeniyle, bu atıkların teknik yöntemlerle bertaraf edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Katı atıklar uygun bir şekilde değerlendirilmediğinde ve bertaraf edilmedikleri takdirde, ülkelerin karşısına büyük bir sorun olarak çıkmaktadır. Gelişmiş ülkeler bu konuda ortaya çıkan problemlerini hallettikleri halde, ekonomik açıdan bizim gibi gelişmekte olan ülkelerin çoğunda bu konu hala önemli bir sorun olarak gündemdedir. Bu ülkelerde gerek yetkililer, gerekse halk açısından düşünülen konu, çöplerin bir an önce toplanıp mesken bölgelerinden uzaklaştırılmasıdır. Bu arada nihai uzaklaştırma yöntemi veya geri kazanma konusuna hiç yer verilmemektedir. Oysaki atıkların geri kazanılması ile ilgili faaliyetler ülkelere ekonomik bir çıkar sağladığı gibi, aynı zamanda; atıkların azalması, hammadde israfının önlenmesi ve çevrenin daha az zarar görmesi anlamına gelmektedir. Birçok ülke bu düşünceyle özellikle ambalaj atıklarının geri kazanılması vasıtası ile daha az hacimde çöple uğraşmak için, hukuki, idari ve teknik birtakım tedbirler almışlardır (Pehlivan, 1995).

2.1 Katı Atık Tarihçesi

Katı atıklar, insanlar tarafından üretilerek atmosfere karışan atıkların dışında kanalizasyon sistemine boşaltılan atıklardır. İnsanoğlu, M.Ö. 10000’de göçebe hayatı bırakıp yerleşik hayata geçişmesiyle birlikte katı atık üretmeye başlamıştır. M.Ö. 2100’lü yıllarda insanlar katı atıklardan tuvalet olarak kullanılan çukurlara gömerek kurtuluyordu. Katı atıklarla ilgili sağlık kuralları M.Ö. 1600’lü yıllarda Hz. Musa tarafından yazılmış ve günümüzde de kısmen geçerliliğini sürdürmektedir. M.Ö. 800’lü yıllarda eski Kudüs’te kanalizasyonlar kullanılmaya

başlanmıştır. M.Ö. 200'lü yıllarda Çin'in bazı şehirlerinde katı atıkları yok etmeye yönelik kurallara uyulmasını sağlamak için "sıhhiye polisleri" görev yapmaya başlamıştır. Buna karşılık şehirlerde çoğu insan atık ve pislikler içinde yaşamaktaydı. Ancak zamanla bu durum tehlikeli olmaya başlamış ve korunma yolları geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. M.Ö. 500'lü yıllarda Yunanlılarda atıkların şehirden en az 1 mil uzağa atılmasını zorunlu hale getiren bir kanun yürürlüğe geçmiştir. Aynı şekilde Romalılarda M.S. 14'te benzer problemler yaşamış ve atık toplama programı geliştirmek zorunda kalmıştır. Orta çağda Avrupa ülkelerinde de pislikten kaynaklanarak veba salgını başlamış ve bu salgın, 1800'lü yılların ortasında gerçekleşen sanayi devrimine kadar şehir nüfuslarında azalmaya sebep olmuştur.

19. Yüzyıldaki Avrupa şehirlerinde fakirlik ve yaşam şartları Charles Dickens ve dönemin diğer yazarları tarafından kaleme alınmıştır. Örneğin Manchester'da ortalama 200 kişiye tek tuvalet düşmekteydi. Avukat Edwin Chadwick, 1840'larda hastalıklarla pislik arasında doğrudan bir bağlantı olduğunu savunmuş, John Snow da Broad Street su kaynağından pompalanan suyun koleraya sebep olduğunu belirtmiş ve bunun da asıl sebebinin pis atıkların bu suya karışmasından kaynaklandığını ortaya koymuştur.

1800'lü yıllarda geri dönüştürme kişisel yapıliyordu. İnsanlar değerli eşyaları toplayıp tekrar kullanıyorlardı. İlk organize atık dönüştürme programı 1874'te Baltimore'de yapıldı ve başarısız oldu.

1657'de New Amsterdam (Şimdi ki New York) şehrinde çöplerin sokaklara atılması yasaklanmış, 1866'da New York'taki Metropolitan Sağlık Birimi tarafından çöplerin ve hayvan ölülerinin sokağa atılmasına karşı mücadele başlatılmıştır. Yeni Dünyadaki ilk yok edici New York'taki Governer's adasında 1887 yılında inşa edilmiştir. 1895 yılında ise atık problemi politik bir sorun haline gelerek şehirlerin temizlenmesi için büyük çaba harcanmıştır. Bu konuda en çok tanınmış ve iyi organize edilen belediye atık toplama sistemi New York şehrinde George Waring tarafından kurulmuştur. Bu sistemde Waring toplanan çöplerin ayrıştırılarak işe yarayanların satılmasını öngörüyordu. Planı atıkların kül, çöp ve diğerleri başlıkları altında ayrıştırılacak malzemelerin toplanmasını içeriyordu. Uygulamasından birkaç yıl sonra halkın kuvvetli tepkisi yüzünden malzeme dönüşüm sistemi yok edildi.

Chicago şehri için günde ortalama 1530 m³ çöp ve istenmeyen malzemeler çöpçüler tarafından toplanmaktaydı. 1916 yılında belediye atık toplama çalışanları, bu miktarın 10 katına çıkan atıkları toplamaya yetiemediğinden at arabalarından oluşan bir atık toplama

sistemi oluşturuldu.

Belediyelerin atıkları illegal olarak denize atmalarıyla sahiller kirlenmiştir. Bu yüzden atıklar gömülmeye başlanmış, ilk modern atık gömme işlemi 1935 yılında California’da yapılmıştır. Daha sonra Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı Fonu (EPA’s) zararlı atıkların listesi açıklanmış, 1959’da Amerikan İnşaat Mühendisleri Birliği tarafından hazırlanan mühendislik kılavuzunda sağlıklı gömmenin nasıl yapılacağı anlatılmıştır.

Yıllar sonra atık çeşitlerinin ve içeriğinin değişmesiyle atık toplama yönetimi de değişiklikler göstermiştir. Aşağıda çeşitli atık çeşitlerinin hayatımıza girme yılları verilmiştir.

1908 Teneke kapların yerini kağıt kutular aldı,

1913 Paketlemede buruşturulmuş kartonlar kullanılmaya başladı,

1924 Yüzle ilgili kâğıt mendiller satılmaya başlandı,

1935 İlk bira kutusu üretildi,

1944 Köpük icat edildi,

1953 Swanson ilk hazır yemeği tanıttı,

1960 Çekerek açılan bira kutusu icat edildi,

1963 Alüminyum bira kutusu geliştirildi,

1977 Pet şişeler cam şişelerin yerini aldı.

Bugünün şehirlerinde katı atıklar yok etme veya tekrar dönüştürme merkezlerine gönderilmekte. Geliştirilen yöntemler yararlı olsa da en iyi yöntem atığı merkezinde üretmemektir. Oluşan değişimler hem ekonomik şartların hem halkın duruşu olarak ortaya çıkmaktadır (Vesilind vd., 2002).

2.2 Kavramsal Olarak Katı Atık ve Katı Atık Türleri

Toplumların çeşitli sosyo-ekonomik etkinlikleri sonucunda işe yaramaz hale gelen ve akıcı olabilecek sıvı içermeyen her türlü madde ve malzemeye katı atık denir. Hayat seviyesinin yükselmesi, tüketimin artması, sanayi ve teknolojinin ilerlemesiyle yeni ambalaj malzemelerinin (plastik, pvc gibi) geliştirilmesi, hem insan başına üretilen çöp miktarını hem de çöplerin bileşimini büyük ölçüde değiştirmiştir (Kavlak, 2002).

Başka bir deyişle, katı atıklar, insan ve hayvan faaliyetlerinden meydana gelmiş, katı halde bulunan, atılmış, işe yaramayan veya istenmeyen maddelerdir. Atık malzemeler, niteliklerinden dolayı genellikle tekrar kullanılabilir ve başka bir alanda kaynak olarak göz önünde bulundurulabilir (Tchobanoglous, 1993).

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde ise katı atık kavramı “üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuruyla özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeleri ve arıtma çamurunu ifade eder” şeklinde tanımlanmaktadır. Ayrıca yönetmelik katı atık kavramı içerisinde iri katı atık ve evsel katı atıkları da katmaktadır.

Çizelge 2.1'de katı atıkların oluşumuna neden olan araçların, faaliyetlerin ve atıkların oluştuğu yerlerin kaynaklara ve katı atık türlerine göre sınıflandırılması verilmiştir.

Çizelge 2.1 Katı Atıkların Kaynak ve Oluştugu Yerlere Göre Sınıflandırılması (Kavlak, 2002)

Kaynak	Katı atıkların oluşumuna neden olan araçlar, faaliyetler ve atıkların oluştuğu yerler	Katı Atık Türleri
Evsel	Meskun bölgelerde, özel konutlardan az, orta ve çok katlı apartmanlardan vb. atıklar	Çöpler, yemek artıkları, kül ve diğer atıklar
Ticari	Dükkanlardan, marketlerden, lokanta ve otellerden, iş merkezlerinden, bürolardan, sanayi sitelerinden, matbaalardan, hastane ve kliniklerden vb.	Çöpler, yemek artıkları, küller, yıkım ve onarım atıkları, diğer özel atıklar
Kentsel	Yukarıda sıralanan maddeleri kapsar.	Yukarıda sıralanan maddeleri kapsar
Endüstri	İnşaat sektörü, hafriyat ve onarım işleri, fabrikalar, hafif ve ağır sanayi sektörü, rafineriler, kimyasal fabrikalar, ağaç sanayi, madencilik ve enerji sektörü vb.	Çöpler, yıkım ve onarım atıkları, bazı özel atıklar, bazı tehlikeli ve zehirli atıklar
Açık Alanlar	Cadde, sokak süprüntüleri, park, bahçe ve oyun alanlarında oluşan atıklar, deniz kıyılarında, plajlarda, özel çevre koruma alanlarında, karayollarında görülen atıklar vb.	Çöpler, bitki atıkları, özel atıklar
Arıtma Tesisi	Su, pis su ve endüstriyel arıtım işlemleri	Arıtma tesisi atıkları, genelde yarı atık haldeki zararsız çamurlar
Tarımsal	Çiftlikler, tahıl üretim çalışmaları, meyve bahçeleri, üzüm bağları, mandıralar	Tarımsal atıklar ve bitki atıkları, özel besin atıkları, bazı zararlı atıklar

Atıklar, çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde toplanmaları, taşınmaları, geri

kazanımları, zararsız hale getirilmeleri ve düzenli deponi alanlarında bertarafları açısından aşağıda belirtilen üç grupta incelenmektedir (Kavlak, 2002):

- Evsel katı atıklar (çöpler)
- Özel atıklar
- Tehlikeli atıklar (endüstriyel atıklar)

2.2.1 Evsel Katı Atıklar (Çöpler)

Evsel katı atıklar, evlerden atılan, tehlikeli ve zararlı katı atık kavramına girmeyen, bahçe, park ve piknik alanları gibi yerlerden gelen katı atıklar, zararlı katı atık olmamakla beraber evsel katı atık özelliklerine sahip sanayi ve ticarethane atıklarıdır. Yani konutlardan, atılan organik ve geri kazanılabilir maddeler ile kül, curüf, taş, toprak atıkları ve geri kazanılabilir atıklardır (Kavlak, 2002).

Tek veya çok sayıda ailelerin yaşadığı meskûn alanlar, ticarethaneler ile park ve bahçelerden müteşekkil ve içerisinde tehlikeli atık bulundurmeyen katı atıklar evsel atık olarak tanımlanır. Evsel atıklar organik ve inorganik maddelerden oluşmaktadır. Organik maddeler mutfak atıkları, kağıt-karton, plastik, tekstil, deri, bahçe ve ağaç atıklarından; inorganik maddeler ise kül, cam, porselen, konserve kutuları, alüminyum ve diğer maddelerden oluşmaktadır (Karaaslan, 2003).

Çevreden alınan bir takım hammaddeler işlenip nihai ürünlere çevrilmekte, nihai ürünlerin kullanımı sonucunda da evsel atıklar ortaya çıkmakta ve bunlar yine çevreye verilmektedir. Geri kazanılabilecek malzemelerin kaynaktan ayrılarak çöpe dönüştürülmemesi gerekmektedir. Bu, çöpün miktarını önemli ölçüde azaltacak, azalan çöp miktarlarıyla beraber, ilk yatırım maliyetleri ve de işletme maliyetleri azalacaktır (Kavlak, 2002).

Evsel atıkların çevreye olan zararlarının azaltılması için şu gibi öneriler verilebilir (Arslankaya, 1995):

- Azaltımı: Tehlikeli ürünleri atmak yerine tamamen kullanılıp bitirilmesi, ihtiyaçtan fazla ürünün satın alınmaması, atıkların orijinal kaplarında korunarak kullanıcılara verilmesi ve toksik olmayan alternatiflerin kullanılması vb.
- Tekrar Kullanımı: Genel evsel temizleyiciler birçok çeşit kirliliği temizleyebileceğini düşünülerek ürünlerin etiketlerinin kontrol edilmesi.

- Geri Döndürme: Arıtılabilecek yağların tekrar kullanılması, solventlerin damıtılması vb.
- Korunumu: Evsel katı atıkların zararlı atıklardan ayrılması, zararlı atıkların kanalizasyonlara veya yüzeysel su kaynaklarına dökülmemesi ve evsel atık toplama günlerine katılınması vb.

2.2.2 Özel Atıklar

Özel önem arz eden ve bundan dolayı özel atık olarak adlandırılan atıklar şunlardır (Kavlak, 2002):

- Toksik atıklar
- Radyoaktif atıklar
- Tıbbi atıklar

2.2.2.1 Toksik Atıklar

Hava, su, toprak gibi alıcı ortamlarla temasında toksik gaz bırakan, toksik ve ekotoksik özellik taşıyan atıklardır. Düşük dozlarda dahi insan için öldürücü, geri dönüşümü olmayan bir hastalığa sebep olan ya da belirgin katkısı olan, iyileşebilecek hastalıkları olumsuz yöne dönüştüren kimyasalları içeren atıklardır ayrıca sanayi kuruluşlarından kaynaklanan katı, sıvı, gaz atıkları ifade eder (Kavlak, 2002).

2.2.2.2 Radyoaktif Atıklar

Her türlü radyoaktif maddenin değişik alanlarda kullanımları sonucu meydana gelmektedir. Araştırma laboratuvarlarından, hastanelerden ve bir kısım endüstriyel tesislerden kaynaklanan α , β , δ ışınları ile çevre ve insan sağlığı için tehlike arz eden atıklardır. Bu tür atıkların tehlikeli atık depolamam tesislerinden de daha fazla güvenli bertaraf tesislerinde depolanmaları gerekir (Kavlak, 2002).

2.2.2.3 Tıbbi Atıklar (Hastane Atıkları)

Tıbbi atıklar, ünitelerden kaynaklanan patolojik ve patolojik olmayan, enfekte, kimyasal ve farmosotik atıklar ile kesici-delici malzemeler ve sıkıştırılmış kaplar olarak tanımlanmıştır. Bir diğer ifadeyle aşağıdaki etkinliklerden sonucunda ortaya çıkan atıklar tıbbi atıklardır.

- İnsan veya hayvanların tanı, tedavi ve bağışıklama uygulamaları,
- Enfeksiyon ajanları, serumlar, aşılar, antijen ve antitoksinlerle ilgili araştırmalar,
- Canlılara zarar verebilecek atıklar veya sivri, set köşeleri, kenarları veya kabarıklıkları olması nedeniyle kesebilecek, delebilecek atıklar (iğneler, enjektörler, bisturiler ve cam kırıklıkları),

Hastane atıkları, hastanelerde üretilen biyolojik ve biyolojik olmayan tüm atıklara (yemekhane, kafeterya, ofis ve inşaat atıkları dâhil) denir. Hastane atıklarının alt grubu olan tıbbi atıklar; biyo-tehlikeli atıklar, kesici-deliciler, insan ve hayvanların diagnozu, tedavi veya aşılama sonucu oluşan atıklar, kemoterapi, patoloji ve enfekte atıklardan oluşmaktadır.

Tıbbi atıkların bir alt grubu olan enfekte atıklar, hastalık etkenleri bulaşmış veya bulaşması muhtemel her türlü; insan doku ve organları, idrar kapları, kan veya plasenta bulaşmış atıkları, bakteri kültürleri, intaniye ve acil servis atıkları, bakteri ve virüs tutucu hava filtreleri, kan elementleri örnekleri, insan veya laboratuvar hayvanları, sargı bezleri ve pamuklu bezler, diğer pansuman ve ameliyat atıkları, ilaç kutuları, bulaşabilir patolojik örnekleri, dışkı bulaşmış eşyaları, araştırma amacıyla kullanılan deney hayvanlarının leşleriyle karantinadaki hastaların atıklarını ifade eder. Bir atığın enfekte atık olabilmesi için yeterli miktarda patojen virüs ve bakteri içermesi gerekir. Tıbbi atıkların %90–95 oranında enfekte maddelerle kirlenmiş kâğıt, pamuk, plastik, cam gibi maddeler olduğu görülür (Kavlak, 2002).

2.2.2.4 Tehlikeli Atıklar (Endüstriyel Atıklar)

Çevre problemlerin çoğu sebep ve potansiyel çözümlerine göre, kimyasal maddelerden kaynaklanan sorunlardır. Tehlikeli atıklar, evsel ya da sanayi kökenli olabilen ve de yasal olarak tehlikeli sınıfına giren; toplanmaları, taşınmaları ve bertarafları için ilave insan sağlığı ve çevre koruma önlemleri alınan atıklardır. Yani tehlikeli atıklar, teknolojik gelişmeye bağlı olarak ortaya çıkan çevre ve insan sağlığını tehdit eden endüstriyel nitelikli atıklardır.

Endüstriyel atıklar, endüstriyel bir faaliyet sonucu meydana çıkan ve muhtevasında genellikle kül, özel atıklar, tehlikeli atıklar vb. bulunan atıklardır. Endüstriyel atıklar iki gruba ayrılır. Patlayıcı, parlayıcı, yanıcı, oksitleyici, zehirli, korezif özelliklere sahip olan ve suyla temas sonucu parlayıcı gazlar çıkaran atıklar, tehlikeli atıklar olarak sınıflandırılır. Endüstriyel atıkların diğer grubu ise tehlikesiz atık olarak adlandırılır. Toplama ve bertaraf işlemlerinde evsel atıklarla birlikte değerlendirilir (Karaaslan, 2003).

Zararlı atık, istenmeyen veya uzaklaştırılması planlanan bir atık maddedir ve böyle bir madde bu atık haliyle diğer maddelerle ilişkisinde tehlike ve zarar potansiyeline sahiptir. Zararlı atıklar katı, sıvı, gaz veya çamur formunda bulunabilirler. Bir atığın gerek kısa süreli gerekse uzun süreli çevresel zarar/tehlike özellikleri, içerdiği kimyasalların türüyle ilgilidir (Kavlak, 2002).

Zararlı atık olarak ifade edilen atıkların genel anlamdaki kaynağı endüstriyel faaliyetler gibi düşünülür. Ancak her endüstriyel atık zararlı atık değildir. Keza, ticari faaliyetler, zirai faaliyetler ve ev yaşamında; atık yağı, zirai ilaçlı atıklar, evsel zararlı atıklar vb. gibi atıklar da oluşabilmektedir. Zararlı bir atığın zararlı olmasına neden olan yegane özelliğin, ilk yaklaşım olarak, atığın toksisitesi olacağı düşünülebilir. Hakikaten son derece zehirli bileşikler insan ve diğer canlılar için önemli bir risk doğurabilmektedir.

Bazı atıklar görünür biçimde çevredeki canlı yaşamları ile temasa geldiklerinde kısa sürede canlının sonlandırabilmektedir. Zehirlenme dediğimiz bu akut zarar görme biçimi dışında, canlı yaşamına ve çevredeki varlıklara normal atıklardan farklı olarak zarar verme biçimleri de “zararlılık” kavramı içine alınmış ve ülkelerin ilgili mevzuatlarının şekillenmesinde rol almıştır (Gönüllü, 2004).

Endüstrileşme yolunda olan ülkemizde tehlikeli atık oranı giderek artmaktadır. Miktarları giderek artan bu atıklar bazı önemli körfezlerimizde geri dönülmesi çok zor biçimde tahrip etmekte, insan ve çevre sağlığında çok ciddi hasarlara yol açmaktadır (Kavlak, 2002).

Endüstriyel katı atıklar genelde geri kazanmaya uygun olan ve bir değer ifade eden atıklardır. Geri kazanılamayan atıklar ise eğer tehlikelilik özelliği varsa gerekli fizibiliteler yapıldıktan sonra; yakma ve piroliz, kimyasal ve fiziksel fiksasyon (katılaştırma), depolama, kompostlaştırma, anaerobik çürütme, hayvan yemi olarak kullanma vb. yöntemlerle bertaraf edilirler (Gönüllü, 2004).

2.3 Katı Atıkların Zararları

Katı atıklar; toprağa veya yüzeysel bir su kaynağına, mevcut kanalizasyon sistemine veya çöp toplama ve depo sahasına verildiği zaman, birçok çevre problemi ortaya çıkmaktadır. Bu uygun olmayan türden uzaklaştırma alternatiflerinden her biri, zararlı kimyasalların çevreye yayılmasına vesile olmakta ve bunun sonucunda, kirlenen toprak ve su, insan ve canlı yaşamını etkilemektedir.

Katı atıkların sürekli olarak kanalizasyona ve yağmur suyu kanallarına verilmesi, bu toplama

sistemlerinin zamanla bozulması sonucunu doğurur. Bu atıkların kanalizasyon sularındaki varlığı, atıksu arıtma sistemlerinde biyolojik prosese zarar vermektedir. Açık yağmur suyu dren kanallarına boşaltılan atıkların, özellikle kurak dönemlerde halk sağlığına zararları da söz konusudur (Arslankaya, 1999).

Konutlarda zararlı atıkların mevcudiyeti, çöp toplama ve taşıma personeline karşı doğrudan bir etkiye sahiptir. Her bir katı atık türünün insan sağlığına olan zararları, kimyasal literatürün dikkatlice incelenmesi sonucu değerlendirilebilmektedir. Ağız yoluyla, deri absorpsiyonu veya solunumla kafi miktarda vücuda alındığı zaman birçok kimyasalın zehirli olacağı kesindir. Katı atıklara maruz kalma sonucu, gözlerde ve deride tahriş, nefes darlığı, baş baş dönmesi, bulantı, sinirlilik hali gibi akut sağlık sorunları ile karşılaşmaktadır.

Şehir katı atıkları, toplandığı ve ayrımı yapıldığı zaman çöp toplayıcıları ve depo yeri çalışanları bir risk altındadırlar. Bununla ilgili olarak sağlık sorunları yanında teçhizat da zarar görebilmektedir.

Genel olarak, çöpler sıkıştırma tertibatına sahip kamyonlara kaldırım kenarlarından toplanarak yerleştirilir. Bu kamyonlarda sıkıştırma sonucunda, parçalanmış kaplardan sızan maddelere ve zararlı kimyasallara; hiçbir şeyden haberi olmayan çöp toplayıcıları maruz kalabilmektedir. Katı atıklar, çöp işçilerinin solunum sistemlerine zarar verebilmekte ve göz yanmalarına ve tahribata sebep verebilmektedir. Katı atıklardan her zaman sağlık sorunu meydana gelmemekte, bunun yanında başka zararlarda ortaya çıkabilmektedir (Arslankaya, 1999).

Katı atıkların çevreye olan zararları genel olarak aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Sızıntı sularının yer altı sularına geçmesi,
- Sızıntı sularının yüzey sularına geçmesi,
- Depo gazlarının atmosfere geçmesi,
- Depo gazlarının yandan yeraltına geçmesi,
- Tozun rüzgarla atmosfere karışması,
- Zararlı maddelerin bitki ve gıda maddelerine geçmesi,
- Direkt temasta bulunma,
- Epidemik (bulaşıcı) hastalıkların yayılması,

- Hoş olmayan kokuların yayılması,
- Sinek, fare vb. haşerenin çoğalması.

2.4 Katı Atıkların Miktar ve Bileşenleri

Katı atık miktarları ülkeden ülkeye ve aynı ülke içinde kentten kente, yerel koşullara, sosyal seviyeye, hayat standartlarına, beslenme alışkanlıklarına, coğrafi durum ve iklime, bölgenin büyüklüğüne, çöp kapların hacmine ve sayısına, çöp toplama hizmetlerinin bedeline bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ülkemizde kişi başına çöp üretimi ortalama yaz aylarında 1,28 kg./kişi-gün, kış aylarında 1,32 kg./kişi-gün ortalama ise 1,31 kg./kişi-gün iken Avrupa ülkelerinde 1,5–2,0 kg./kişi-gün, ABD’de ise 3,00 kg./kişi-gündür.

Artan nüfus ve teknolojik gelişmelere, mevsimlere, yerleşim yerlerine ve bu yerlerde yürütülen sosyoekonomik faaliyetlere göre katı atık yapısında hem nitelik hem de nicelik olarak değişiklikler olmaktadır. Bu meydana gelen değişikliklerin sonucu katı atıkların yapısında oluşan değişimlerin sürekli olarak izlenmesi ve bunun için de devamlı örnekleme yapılması gereklidir. Çizelge 2.2’de Amerika ve Avrupa ülkelerindeki katı atık bileşenlerinin ortalama değerleri verilmiştir.

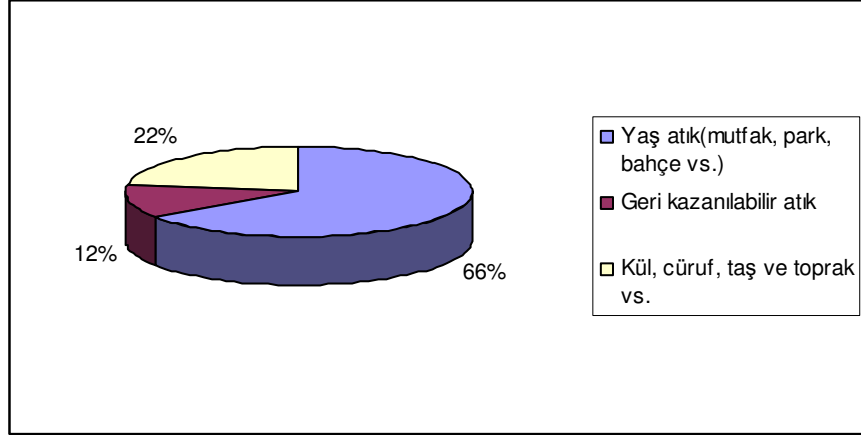
Çizelge 2.2 Amerika ve Avrupa Ülkelerinde (%) Kuru Ağırlık Olarak Katı Atık Bileşenleri
(Ebin, 2004)

Parametre	Avrupa Ülkeleri	Amerika
Kağıt	20–42	28–50
Yemek atıkları(Organik)	20–50	6–18
Sokak süprüntüleri	12–18	5–20
Plastik	3–8	4–10
Cam	4–12	4–12
Tekstil	2–14	1–12
Metal	3–13	3–13
İnert/İnorganikler	1–20	0–6

Ülkemizde ortalama bir atık kompozisyonu vermek oldukça güçtür. 11 büyük şehir ve merkez belediyesinde (Adana, Ankara, Diyarbakır, İstanbul, İzmir, Samsun, Bursa, Gaziantep, İskenderun, Kayseri, Konya) yapılan kompozisyon belirleme çalışmasında yola çıkarak yaklaşık bir sonuca ulaşılabilir. Türkiye kompozisyonunda belirtilen parametrelerin değerleri 11 ilin aynı parametrelerinin aritmetik ortalamasıdır. Buna göre Türkiye’nin tahmini evsel katı atık kompozisyonu aşağıda Çizelge 2.3 ve Şekil 2.1’de verilmiştir (Ebin, 2004).

Çizelge 2.3 Türkiye'nin Tahmini Evsel Atık Kompozisyonu (Ebin, 2004)

Atık cinsi	Yüzde (%)
Yaş atık (Mutfak, park, bahçe vs.)	65,45
Kül, cüruf, taş ve toprak vs.	22,48
Geri kazanılabilir atık	12,07

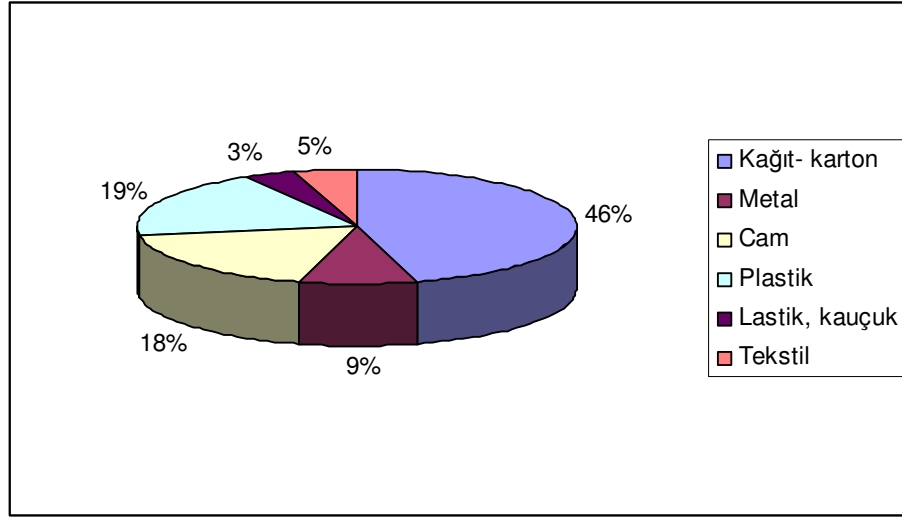


Şekil 2.1 Türkiye'de Atık Kompozisyonu (Ebin, 2004)

Türkiye'nin geri kazanılabilir atık kompozisyonu ise yine Adana, Ankara, Diyarbakır, İstanbul, İzmir ve Samsun illerinde yapılan çalışmaların ortalamalarının sonucu olarak aşağıdaki Çizelge 2.4 ve Şekil 2.2'de verilmiştir (Ebin, 2004).

Çizelge 2.4 Türkiye'nin Geri Kazanılabilir Atık Kompozisyonu (Ebin, 2004)

Geri kazanılabilir atık cinsi	Yüzde (%)
Kağıt- karton	45,45
Metal	8,60
Cam	18,45
Plastik	19,30
Lastik, kauçuk	3,35
Tekstil	4,85



Şekil 2.2 Türkiye’de Ortalama Geri Kazanılabilir Atık Kompozisyonu (Ebin, 2004)

3. KATI ATIK YÖNETİMİ

Katı atıkların miktarı, su muhtevası, kalorifik değeri, bileşimi gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri, atığın üretildiği bölgenin nüfusuyla, ısınmada kullanılan yakıt türüyle orantılı olarak değişiklik gösterir. Hayat seviyesinin yükselmesi, sanayi ve teknolojinin ilerlemesi ile yeni ambalaj malzemelerinin geliştirilmesi hem kişi başına günde üretilen çöp miktarını hem de çöplerin bileşimini büyük ölçüde değiştirmiştir (Karaaslan, 2003).

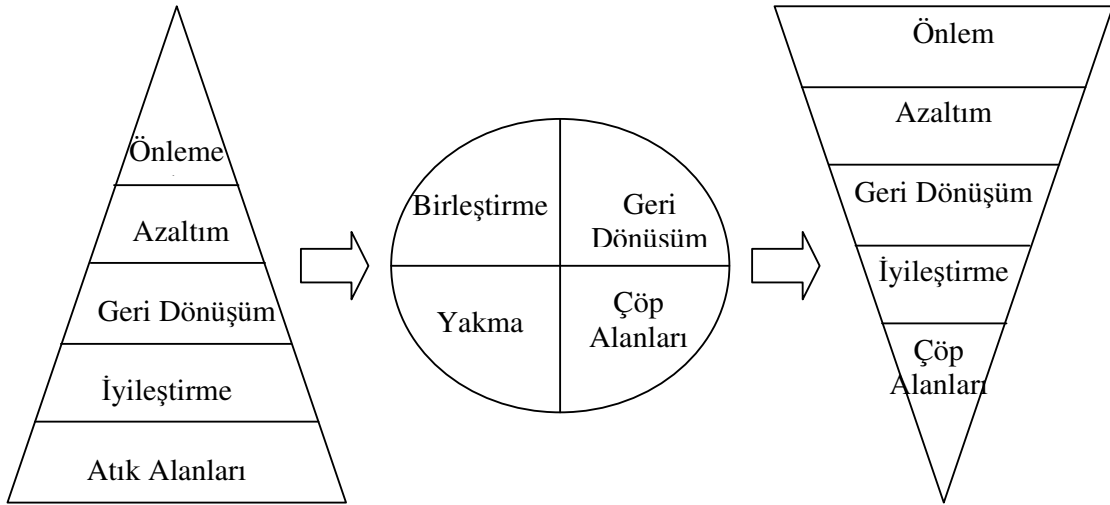
Katı atık yönetimine karar vermede; atıklara dair nitel ve nicel analizler ve atık akımlarının mevsimsel değişimlerinin belirlenmesine ilave olarak, toplum motivasyonunun ve duyarlılığının iyi tespit edilmesi sayesinde geri kazanım, tekrar kullanım, atık azaltma ve bertaraf gibi yönetim unsurları için potansiyel etkin çözümlerin üretilmesi mümkün olmaktadır. Verilere dayanarak geliştirilen çözümlerin sürdürülebilirliği ve etkinliği elde edilen verilerin kalitesine bağlıdır (Apaydın, 2004).

3.1 Katı Atık Yönetiminin Tanımlanması

Katı atık yönetimi (KAY); katı atıkların oluşumu, geçici depolanması, toplanması, taşınması, işlenmesi ve sistemli şekilde bertarafını kapsayan bir faaliyeti içerir. KAY, kamu sağlığı, ekonomi, mühendislik, doğal kaynakların korunması, estetik ve diğer çevresel faktörler uyumlu; ayrıca halkın tutum ve davranışlarına karşı duyarlı olmak zorundadır. KAY; katı atık problemlerine yönelik oluşturduğu çözümlerde, idari, finansal, yasal, planlama ve mühendislik fonksiyonlarını kapsar. Bununla beraber katı atıklara uygun çözüm oluşturma, siyaset bilimi, şehir ve bölge planlaması, coğrafya, ekonomi, halk sağlığı, sosyoloji, mühendislik ve malzeme bilimi gibi çeşitli disiplinlerle çok yönlü ilişkiler kurmayı da gerektirir.

Günümüzde atık miktarı ve karakterindeki çeşitlilik, plansız ve çarpık kentleşme, maddi imkânların yetersizliği, sürekli gelişen teknolojilerin etkileriyle enerji ve hammadde kaynaklarının giderek azalması gibi çeşitli faktörler şehirlerin KAY 'ine karmaşık bir hüviyet kazandırmaktadır. Bu bağlamda KAY, katı atıkların içeriği, işlenmesi ve ayrılması, transferi ve nihai bertarafına kadar olan işlemler ile maliyet unsurlarını içerir (Karadağ, 2002).

Almanya, İsveç, Japonya ve Amerika gibi bazı gelişmiş sanayi ülkeleri, kaynakları ayrıntılı kullanma ve katı atık yönetiminde dikkate değer başarı sağlamışlardır. Şekil 3.1'de de gösterildiği gibi, 1960-2004 zaman aralığında bu ülkeler katı atık yönetimi stratejisinde oldukça fazla değişiklik yapmışlardır (Hui vd., 2005).



Şekil 3.1 1960-2004 gelişmiş endüstri ülkelerindeki katı atık yönetiminde strateji gelişim değişimleri (Hui vd., 2005)

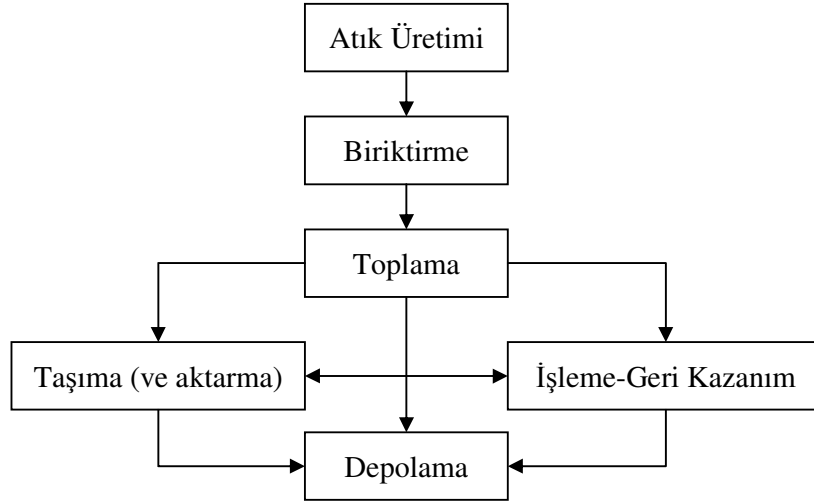
Katı atık yönetimindeki ilk devrim niteliğindeki değişim, azaltım ve geri dönüşümle başlamıştır (Azaltım: kullanımın azaltılıp yeniden kullanımın arttırılmasıdır). Ayrıca organik atıkların yakılıp kül edilmesi ve gübre haline getirilmesi, atık alanlarının tek seferlik kullanımına nazaran katı atık yönetiminde çok daha fazla tercih edilen bir yöntem olmuştur (Hui vd., 2005).

3.2 Katı Atık Yönetiminin Bileşenleri ve Atık Yönetimi Hiyerarşisi

Bir katı atık yönetim sistemi, atığın son elden çıkarılması dahil olmak üzere, geri dönüşümü, yeniden kullanımı, kompostlaştırılması ve yakılması için hazırlanmış planları ve kurulmuş tesisleri kapsamaktadır (Badran, 2005).

Bir atık yönetim sisteminde, çeşitli farklı aktiviteler birleştirilmelidir. Her aktivite, bir sıraya göre özel bir amacı gerçekleştirmeye yöneliktir. Katı atıkları etkili bir şekilde yönetmek için, bu aktiviteler arasındaki karşılıklı ilişkiler açık bir şekilde iyice anlaşılmalı ve tanımlanmalıdır (Shah, 2000).

KAY'nin bileşenleri Şekil 3.2'de şematik olarak ve karşılıklı ilişkileriyle beraber gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Katı Atık Yönetiminin Ana Bileşenleri (Alpaslan, 2005)

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi KAY’nin ilk aşaması katı atık üretimidir. Her gün miktar olarak artış, nitelik olarak çeşitlilik gösteren katı atık üretimi, günümüz katı atık yönetiminde, birçok araştırmacı ve uygulayıcının “azaltma” ilkesiyle yoğunlaştığı aşamadır. Herkesin birleştiği nokta, bir taraftan atık toplama ve bertarafına yönelik en ileri teknolojiler geliştirilirken, diğer taraftan çıkan atıkların azaltılmasının bir gereklilik olduğu şeklindedir. Bu halkın eğitiyle ve ayrıca üreticinin (sanayicinin) bilinçleştirilmesi ve yönlendirilmesiyle gerçekleştirilir.

KAY’nin ikinci aşaması üretilen katı atığın, üretildiği mekânda biriktirilmesidir. Biriktirme işlemi, en basit çöp toplama kaplarında, en karmaşık çöp bacalarına kadar çeşitli yöntemlerle yapılmaktadır. Bu aşamada önemli olan hususlar biriktirme kaplarının hacimsel, malzeme ve kullanılabilirlik açısından uygun bir şekilde hazırlanması, konumlandırılması ve bunların toplama sistemiyle olan uyumdur.

KAY’nde üçüncü ve dördüncü aşamalar toplama, taşıma (ve gerektiğinde aktarma)dır. Taşıma ve aktarma bileşeni, genellikle büyük ölçekli kentler ve metropoller için önem arz etmektedir. KAY’nde paranın en çok harcandığı, irade ile halkın en çok karşı karşıya geldiği, muhatap olduğu toplama taşıma aşaması, son derece karmaşık bir aşama olup, optimize edilmesi halinde tüm paydaşların lehine büyük avantajlar sağlanabilir. Bu aşama eskiden katı atıklarla ilgili olarak yerel yönetimlerin yapması gereken yegâne işlem olarak görülür ve dolayısıyla çöpler sadece toplanıp bir yere taşınır ve atılırdı. Bugün bile gelişmemiş yöreler ve yerel yönetim anlayışları içinde aynı şekilde düşünülen ve değerlendirilen bir aşama özelliğindedir.

KAY’nde çöpler üretilip, biriktirilip, toplanıp, taşındıktan sonra, kısa süre öncesine kadar,

gelişmiş ülkelerde bile, doğrudan düzenli (veya düzensiz) çöp toplama alanlarına götürülür ve burada depolanırdı. Ancak günümüz model KAY sistemleri üretim-biriktirme-toplama/taşıma-depolama kısa yolunu reddetme, bu kısa yolun öncesine, mutlaka bir işleme-geri kullanım/geri dönüşüm/geri kazanım-aşaması koymaktadır. Günümüz KAY felsefesinin ana temasını oluşturan bu aşamada, katı atık tanımında yer alan “işe yaramaz” ifadesi reddedilmekte ve oluşan atık, o maddenin yaşam döngüsü (life cycle) içinde bir bölüm olarak kabul ederek, maddenin yaşamına devam etmesi ve döngüyü sürdürmesi için gerekli teknolojiler geliştirmekte ve uygulanmaktadır.

Geri kazanım veya başka süreçler uygulansın veya uygulanmasın, günümüz koşulları ve uygulamaları içinde, KAY’nde olmasa olmaz bileşenlerden biri de “katı atık düzenli depolama alanlarıdır”. Katı atıkların usulüne uygun olarak depolandığı, bu bağlamada çıkan sızıntı sularının toplanıp arıtıldığı, oluşan gazların usulüne uygun uzaklaştırıldığı, işletme ömrü sona erince sahanın arazi kullanımlarına uygun şekilde kapatıldığı, işletme süresince gerekli kuralların uygulandığı, böylelikle çevreye verilebilecek olumsuz etkilerin en aza indirildiği alanlar, çöplerin depolandığı düzenli depolama alanlarıdır. Bu aşama Şekil 3.2’de görüldüğü gibi KAY’nde nihai aşama olarak da değerlendirilebilir.

Tüm bu bilgilerden sonra KAY’nin ana ilkeleri özetlenmek istenirse, günümüz yaklaşımlarında aşağıdaki iki önemli kavramın ön plana çıktığı görülür:

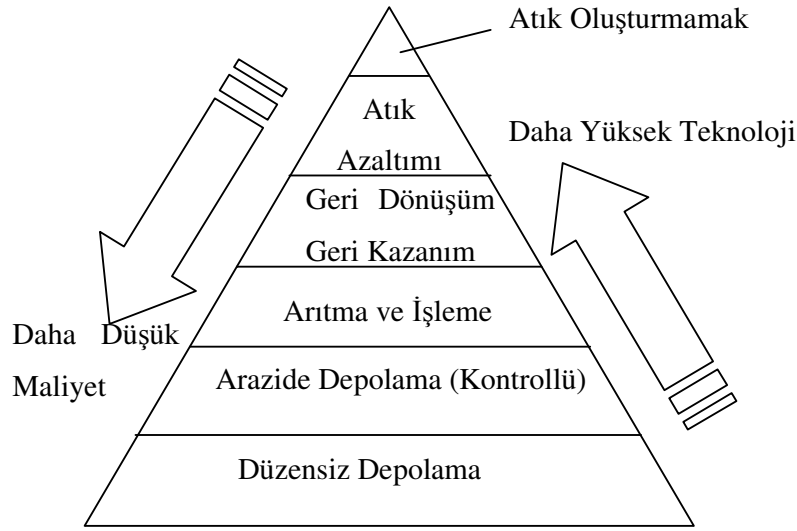
- a. Katı atık miktarını ve atık oluşumunu azaltmak,
- b. Çevreye zarar vermeden bertarafı mümkün olmayan maddeleri üretim sürecinde kullanmamak ve üretmemektir.

Bu iki ana ilkeyi takiben KAY’ni sürdürülebilir kılacak yönetim enstrümanlarını işlevsel hale getirmek gereklidir. Katı atık yönetiminin sürdürülebilir olması, “yönetimin çevreseli teknik, ekonomik, sosyo-kültürel, yasal, politik vb. bileşenleri göz önüne alarak, sürdürülebilirlik kavramı ile uyumlu bir program uygulaması” şeklinde tanımlanabilir.

Katı atık yönetimi, katı atık sorunlarının çözümünde etkin ve ilgili olan tüm idari, idari, yasal, çevresel, teknik vb. bileşenleri entegre bir anlayışla içine alacak bir şekilde oluşturulmalıdır. Entegre bir katı atık yönetimi, yönetim hedeflerini yerine getirmek amacıyla uygun teknik, teknoloji ve yönetim programlarını seçimi ve uygulanması olarak tanımlanabilir (Alpaslan, 2005).

KAY, son yıllarda Şekil 3.3’de verildiği gibi bir atık yönetimi hiyerarşisi kavramı ile de

açıklanmaktadır.



Şekil 3.3 Atık Yönetim Hiyerarşisi (Alpaslan, 2005)

Bu şekilden görüldüğü gibi entegre atık yönetimi hiyerarşisinde en üst seçenek, ilk noktada katı atık üretmemektir. Hiyerarşinin daha sonraki basamağı olan atık azaltımı birkaç şekilde gerçekleştirilebilir:

- Üretim proseslerinin daha az ya da hiç atık üretmeyecek şekilde düzenlenmesi,
- Tüketicilerin satın alma ve kullanım alışkanlıklarında değişimler: Aşırı ambalaj malzemesi kullanan ürünleri veya çok fazla miktarda enerji ve hammadde kullanılarak kullanılan gereksiz veya lüks sayılabilecek ürünleri satın almamaları.

Hiyerarşinin daha sonraki basamakları ise şu şekildedir:

- Geri kullanım: Bir ürünün aynı formda ve aynı ya da benzer amaçlarla birçok kere kullanılmasıdır.
- Geri dönüşüm: Bertaraf edilecek bir materyalin işlenmesi ve aynı veya benzer bir ürün olarak yeniden üretimidir.
- Geri kazanım: Malzemenin fiziksel, kimyasal veya biyolojik olarak form değiştirilmesiyle başka bir faza dönmesidir.

Öte yandan, “entegre katı atık yönetimi”nin bir başka özelliği, probleme farklı açılardan bakarak değişik kesimlerden oluşan taleplerin sistematik olarak incelenmesi ve çözüm

üretilmesidir. Söz konusu bakış açıları halk sağlığı ve çevresel, politik/yasal, kurumsal, sosyo-kültürel, finansal/ekonomik ve teknik olmak üzere altı başlık altında incelenebilir.

Sonuç olarak KAY ardışık veya ardışık olmayan birçok süreçten meydana gelmektedir. Bu süreçler bir taraftan kendi içinde bağımsız, diğer taraftan karşılıklı olarak etkileşim içindelerdir. Süreçlerin eniyilenmesi ve optimum çözümlerin bulunması için, probleme çok disiplinli açılarla bakılması gerekmektedir (Alpaslan, 2005).

3.3 Katı Atık Bertaraf Teknolojileri

Katı atıkların çevreye ve insan sağlığına zarar vermeden etkisiz hale getirilmesi ve içindeki maddeleri yeniden değerlendirerek, ekonomik değeri yüksek maddeleri ekonomiye kazandırılması için şu yaygın metotlar kullanılır:

- a. Geri kazanma
- b. Yakma
- c. Kompostlaştırma
- d. Düzenli depolama

Bu teknolojiler, ISWA tarafından şu şekilde ifade edilmiştir: Malzemelerin geri kazanımı, atığın organik parçalarının biyolojik işleme tabi tutulması, enerji geri dönüşümü için yok etme ve sağlıksal gömme[4].

Bir katı atık bertaraf tesisinin genel olarak şu koşullara sahip olması gerekir:

- Tesisin yapısı, katı atığın optimum giderilmesini ve işlenen atıkların hijyen açısından sakıncasız olmasını temin etmelidir.
- Uygulanacak metodun önceden denenmiş ve başarıya ulaşmış olması gerekir.
- Tesisin otomatik proses kontrolü, bakım ve işletilmesi bir merkezden sağlanmalıdır.
- Tesisin etrafa kötü koku, gaz, toz ve duman yayılması tamamen önlenmelidir.
- Tesis artan katı atık miktarına göre genişletilmeye elverişli olmalıdır.
- Mimari ve peyzaj yönden çevreyle uyum halinde olmalıdır.

Çizelge 3.1 Çeşitli Ülkelerdeki Katı Atık Yönetim Teknolojilerin Dağılımı (Ebin, 2004)

Ülke	Katı atık bertaraf teknolojisinin kullanıldığı oran(%)			
	Düzenli Depolama	Yakma	Kompostlaştırma	Geri Kazanma
Avustralya	82	2,5	-	15,5
Kanada	80	8	2	10
Fransa	45	42	10	3
Almanya	46	36	2	16
Yunanistan	100	-	-	-
İrlanda	97	-	-	3
İtalya	74	16	7	3
Hollanda	45	35	5	15
Portekiz	85	-	15	-
İspanya	64	6	17	13
İngiltere	88	6	-	6
A.B.D.	67	16	2	15

3.3.1 Geri Kazanım

Geri kazanımla katı atıklar içerisindeki ekonomik değeri olan atıklar tekrar değerlendirilmektedir. Bir geri kazanım programına başlamadan önce hedeflerin belirlenmesi gerekir. Bu hedefler ortaya konulurken mevcut imkânlarla uyumlu olmalıdır. Geri kazanımın hedefleri; çevre koruma, doğal kaynakların korunması, enerji tasarrufu, yer tasarrufu sağlamak olarak sıralanabilir.

Çevre korumadan amaç, geri kazanılabilir atıkların ekonomiye tekrar geri kazandırılmasıyla, hava, su, toprak ve görüntü kirliliğinin azaltılmasıdır. Doğal kaynakları korumadan amaç, atıkların ikincil hammadde olarak kullanılmasıyla, doğal kaynakların tüketim hızının azaltılmasıdır. Enerji kazanımının gayesi, atık maddelerin enerji içeriğinin kullanılması ile yenilemez enerji kaynaklarının tüketim hızlarını azaltmak, aynı zamanda ikincil hammaddelerin üretim esnasında enerji tasarrufu sağlamaktır. Yer tasarrufu sağlamak ise, geri kazanılabilir atıkların yeniden kullanılmasıyla, düzenli depolama sahalarının daha uzun süreli kullanımını sağlamaktır.

Geri kazanma hedefi belirlendikten sonra toplama aşamasına geçilir. Toplama işlemi düzenli ve ekonomik bir şekilde gerçekleştirilmelidir (Karadağ, 2002).

3.3.2 Yakma

Yakma, katı atık teknolojisi bakımından bir hacim küçültme işlemidir ve % 80–90’lık bir azalma sağlanmaktadır. Çöplerin çok heterojen bir yapıya sahip olmaları ve çok değişik maddeleri ihtiva etmeleri sebebi ile yakılmaları çok ileri teknoloji gerektirmektedir. Kalorifik

değerlerinin düşüklüğü, heterojen özelliği, ihtiva ettiği su dolayısıyla katı atık (ilave enerji vermeden) yanmamaktadır.

Katı atık yakma tesisleri, teknoloji yoğun projeler oldukları için ilk yatırım ve işletme maliyetleri yüksektir. Bunun yanında, katı atık yakma tesisleri için en önemli ve öncelikli araştırma ya da kriter, çöpün niteliğinin yakma işlemine uygun olup olmadığının saptanmasıdır. Çöpün yakılabilmesi için, birçok araştırma yapılmalı ve o yöredeki farklı çöp numunelerinin incelenmesi sonucunda gerekli ısı (kalorifik) değeri sağladığı kanıtlanmalıdır. Bir diğer ve önemli nokta da katı atık yakma tesisinin işletilmesi sırasında sürekli ve uygun kalitede çöpün tesise gelmesidir, sistemin sürekliliği açısından yakma tesisleri için düzgün bir atık akışı sağlanmalıdır. Yakma tesislerinden katı atıkların yakılması sonucu genelde elektrik ve ısı enerjisi elde edilmektedir. Yakma genellikle düzenli depolama için yer sıkıntısı olan ülkelerde, gerekli depo alanı ihtiyacının azaltılması için yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Yanına sonucu oluşan baca gazlarının arıtılması zorunluluğu, bu metodun en mahzurlu yanıdır. Katı atıkların yakılması sonucu ortaya çıkan yaklaşık %30 civarındaki kül ve cürufun uzaklaştırılması için nihai bir düzenli bir düzenli depolamaya ihtiyaç vardır.

Katı atıkların yakılması, atıkların en az 800 ile 1200°C arasında sıcaklıkta yakılarak hijyenik olarak zararsız hale getirerek hacminin azaltılmasına, yok edilmesine ve maliyet bakımından uygunsa enerji elde edilmesine dönük bir sistemdir. Bu yöntem, atığın yanabilir madde oranı bakımından zengin olmasını gerektirir (Kavlak, 2002).

Katı atıkları hijyenik olarak zararsız hale getirmek, hacmini azaltmak ve kısmen enerji elde etmek maksadı ile inşa edilen yakma tesislerinin özellikleri KAKY'nin maddesinde belirtilmiştir. Buna göre; kapasitesi 0.75 ton/saat 'den küçük olan evsel atık yakma tesislerinde baca gazı içindeki oksijen fazlalığı %17, kapasitesi 0.75 ton/saat' den büyük olan evsel atık yakma tesislerinde ise %11 olması gerekmektedir.

Belediyeler atık bertarafının yakma ile olacağı hallerde ayrı toplama ve/veya ayırma ile ilgili plan ve projelerini yakma tesisleri ile birlikte gerçekleştirmek zorundadır. Genel olarak bir maddenin yanabilmesi için kalorifik değerinin yeterli olması ve yanmayı açıklayan havanın girişini engelleyen bir özelliğinin olmaması gerekmektedir. Katı atığın enerji gerektirmeden yanabilmesi için kalorifik değerinin $H_u > 1200 \text{ kcal/kg}$, yanabilmesi için de $H_u > 800 \text{ kcal/kg}$ olması gerektiği belirtilmiştir (Kavlak, 2002).

Evsel katı atık, evsel arıtma çamuru ve evsel katı atık benzeri endüstriyel atıkları yakmak maksadıyla inşa edilen yakma tesislerinde ağırlık olarak katı atık toplam miktarının %1'ini

geçen organik bağlı klor veya 1 kg. atıkta 50 mg.'dan fazla halojenli organik madde ihtiva eden tehlikeli atıkların yakılması yasaktır (Kavlak, 2002).

Yakma yönteminin avantajları;

- Atık hacmi %75–80, atık ağırlığı %60–70 arasında azalır, depolama alanlarının kullanım ömrü artar.
- Yanma ürünleri olan cüruf, kül, gaz, vb. biyolojik olarak ayrılmaz formdadır. Atıklar hijyenik olarak kusursuz hale getirilir.
- Alan ihtiyacı az olduğu için yerleşim yerlerinin yakınına inşa edilerek taşıma maliyeti düşer.
- Enerjiden geri kazanma olur. Yakma tesislerinden genelde elektrik ve ısı enerjisi elde edilmesi söz konusudur (Kavlak, 2002).

Yakma yönteminin dezavantajları;

- Atılan kül ve cüruf yoğunlaşmıştır; inorganik maddeler içeren bu atıkların büyük bir özenle depolanması gerekir.
- Cürufun su ile soğutulması ve baca gazının su ile yıkanması sonucunda atık su oluşmaktadır.
- Taşıma maliyetini azaltmak amacıyla yerleşim yerlerinin yakınına kurulan tesisler, çıkan gazlar nedeniyle burada yaşayanların sağlığını tehdit etmektedir.
- Düzgün yakma olmaması halinde atılan cüruf organik madde ve hastalığa yol açan mikroplar barındırır.
- Tesisin ilk yatırımı çok pahalıdır ve nitelikli personel gerekmektedir.
- Yakma işlemi sırasında çıkan zehirli gazlar ve yakma işlemi sonrasında çıkan yüksek tehlike düzeyine sahip atıkların depolanması çok sayıda ülkede önemli toplumsal gerginliğe yol açmaktadır (Kavlak, 2002).

3.3.3 Kompostlaştırma

Kompostlaştırma yöntemi prensip olarak, katı atıkların içinde bulunan organik ayrışabilir maddelerin mikroorganizmalar tarafından, ideal koşullarda (yeterli su, hava sıcaklık, tane

yapısı, pH) biyokimyasal ayrıştırılması esasına dayanmaktadır. Teknik olarak bu işlem statik ve dinamik olmak üzere iki ana yöntemle yapılmaktadır. Genel anlamda uygulanan yöntem sayısız denecek kadar çoktur.

Kompostlaştırma işlemi biyokimyasal bir reaksiyon olduğundan, katı atıkların bu reaksiyona elverişli olup olmadığı şu faktörlerle belirlenir:

1. Fiziksel özeliği,
2. Kimyasal bileşimi,
3. Mikroorganizma kapasitesi,
4. Mikroorganizmanın hayati faaliyetlerine tesir eden ekolojik faktörler (su, hava, sıcaklık, pH),
5. Materyalin hazırlanması ve kompostlaştırma metodu (Karar, 1994).

Düzenli depolama alanlarının ömrünü artırmak ve buralara gelecek katı atık miktarlarını azaltmak için alternatif uzaklaştırma yöntemlerinden biri de kompostlaştırmadır. Bu metot, düzenli depolamaya göre biraz daha pahalı, yakmadan ise çok daha ucuz ve düzenli depolamaya gidecek katı atık miktarının azalmasını sağlamasından dolayı ise çevre dostu bir sistemdir. Kompostlaştırma havalı ve havasız olarak yapılabilmektedir. Günümüzde en yaygın kompostlaştırma yöntemi havalı (aerobik) yöntem olmakla birlikte havasız (anaerobik) yöntemde düşük enerji ihtiyacı ve ilave enerji üretimi (metan gazı) gibi üstünlükleri nedeniyle yaygın ilgi görmektedir.

Bilindiği gibi kompost, katı atıkların içerisinde bulunan organik değeri yüksek malzemelerin fermentasyon sonucu toprağı ıslah edici malzeme haline, dönüştürülmesi olayıdır. Kompost, gübreden farklı olarak toprağı ıslah edici organik değeri yüksek malzemedir. İçerisine azot ve fosfor verilerek istenilen şekilde gübre elde edilir.

Kompost tesislerinin ülkemizdeki uygulamaları sınırlı sayıda olup (Antalya, Giresun, Edirne, İzmir, Kemer, Mersin, Turgutlu, Menemen ve Yalova) şimdiye kadar beklenen başarı elde edilememiş, bu tesisler genelde çalıştırılmamıştır. Bunun için bir kompost tesisi kurmadan önce mutlak surette fayda/maliyet analizinin yapılması ve araştırılması gerekmektedir (Kavlak, 2002).

3.3.4 Depolama

Kuru arazilerde katı atıklar, hendek metodu, alan metodu, vadi dolgusu metodu ve rampa metodu olmak üzere çeşitli şekillerde depolanmaktadır. Depolama, ev çöpleri, endüstrinin ev çöpleri benzeri katı atıkları, atık su çamuru vb. gibi katı atıkların seçilen bir yerde sürekli ve genelde son olarak bırakılmaları olarak tanımlanabilir (Kavlak, 2002).

3.3.4.1 Düzenli Depolama

Evsel ve evsel nitelikli endüstriyel katı atıkların öncelikle geri kazanılması esastır. Geri kazanmanın ekonomik ve teknik olarak mümkün olmaması halinde, atıklar çevre sağlığının korunması, katı atık hacminin azaltılması, kısmen enerji veya kompost elde edilmesi amacıyla termik veya biyolojik işlemlere tabi tutulur. Ancak termik veya biyolojik işlemlere elverişli olmayan veya bu işlemler sonucu yan ürün olarak ortaya çıkan atıkların depolanması zorunludur. Katı atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi için uygulanan çeşitli metotlardan, yeterli arazinin olması halinde en ekonomik olanıdır. Ülkemizde katı atık bertarafında benimsenmiş olan yöntem düzenli depolamadır.

Kısaca, atıkların toprak altına gömülmesi olarak da tanımlanan düzenli depolama, atıkların araziye gelişi güzel bırakılmasından farklı olarak, katı atıkların çevre sağlığına uygun bir şekilde önceden bu amaçla hazırlanmış olan araziye dökülerek sıkıştırılması; günlük olarak üzerinin toprakla örtülmesi; arazi dolumu tamamlanınca üzerinin toprakla kapatılması ve çürümeye terk edilmesi; bu alanların yeşil alan yapmak gibi yollarla kullanıma açılması yöntemidir (Kavlak, 2002).

Evsel atıkları düzenli depolamak amacıyla inşa edilen depolara, insan ve çevre sağlığını korumak amacıyla; sıvıların ve sıvı atıkların, akıcılığı kayboluncaya kadar suyu alınmamış arıtma çamurlarının, patlayıcı maddelerin, hastane ve klinik atıklarının, hayvan kadvralarının, depolama esnasında aşırı toz, gürültü, kirlenmeye ve kokuya sebep olabilecek atıkların, radyoaktif madde ve atıkların, tehlikeli atık sınıfına giren katı atıkların, hafriyat topraklarının depolanması yasaktır. Hafriyat toprakları hariç, yukarda belirtilen atıklar, evsel atıklardan ayrı olarak, zemin geçirimsizliği iki kat artırılmış ayrı bölmelerde depolanırlar.

Evsel katı atıkların yanında, endüstriden gelen tehlikeli atıklar da çöp depolama alanlarına gelmektedir. Zehirli, kanserojen, mütajen ve teratojen etkilere sahip tehlikeli maddeler yanında evsel atıklar son derece masum ve tehlikesizdir. Endüstriden gelen tehlikeli atıkların da sadece sıhhi depolama alanları bünyesinde ayrılmış özel yerlerine kabul edilmeleri, çevre

ve halk sağığı açısından kaçınılmayacak bir vecibedir (Kavlak, 2002).

Düzenli depolama işlemi, depo sahası için uygun yer seçimi ile başlar. Yer seçiminde dikkat edilecek hususlar şunlardır:

Evsel ve evsel nitelikli endüstriyel katı atıkları ve arıtma çamurlarını düzenli olarak depolamak amacıyla inşa edilen depo tesisleri, Bakanlık veya ilgili belediyeler tarafından içme suyu temin edilen ve edilecek olan yüzeysel su kaynaklarının korunması ile ilgili olarak çıkarılan yönetmeliklerde, çöp dökülmeyeceğı ve depolanmayacağı belirtilen koruma alanlarında kurulamaz. Depo tesisleri, en yakın yerleşim bölgesine uzaklığı 1000 metreden az olan yerlerde inşa edilemez. Taşkın riskinin yüksek olduğu yerlerde, heyelan, çığ ve erozyon bölgelerinde, içme, sulama ve kullanma suyu temin edilen yeraltı suları koruma bölgelerine katı atık depo tesislerinin yapılmasına müsaade dilemez. Bu alanlar işletmeye açıldıktan sonra iskana açılmayacak şekilde planlanır ve etraflarına bina yapılmasına müsaade edilemez. Yine bu alanların; işletmeye kapatıldıktan itibaren en az 40 yıl yerleşime açılmaması sağlanmalı, havaalanına en az 3 km. uzaklıkta olmalı, deprem bölgelerinde-fay hattı üzerinde inşa edilmemeli, şehircilik açısından hâkim rüzgâr yönünde inşa edilmemeli ve depolama sahası en az 10 yıllık ihtiyaca cevap verecek kapasitede olmalıdır (Kavlak, 2002).

Düzenli depolama tesislerinin özellikleri KAKY'nin 25.maddesinde şöyle belirtilmiştir. Buna göre;

- Evsel ve evsel katı atık özelliğindeki endüstriyel atıklar ile bunların atık su arıtma çamurlarını depolamak üzere inşa edilen depo tesislerinin asgari kapasiteleri, nüfusu 100.000'den küçük olan yerleşim bölgelerinde 10 yıllık depolama ihtiyacını karşılayabilecek şekilde, nüfusu 100.000'den büyük olan yerlerde 500.000 m³ olur.
- Depo tesisine ulaşım ve depo iç yollarında geçiş her türlü hava şartlarında mümkün olacak şekilde olur.
- Planlanan depo tesisi bir çit ile çevrilir.
- Depolama sahasında kirlenen araba tekerleklerinin yolları ve caddeleri kirlletmemesi için, tekerlekleri temizleyecek teknik tedbirleri alınır.
- Depo tesisi girişinde, girişi kontrol altında tutmak, gelen katı atıkları muayene etmek, tartmak amacıyla bekçi kulübesi, işletme odası, kantar ve kantar binası bulunur.
- Yine bu alanlarda geri kazanılan maddelerin ayrılacağı ve depolanacağı tesisler de

bulunmalıdır (Kavlak, 2002).

Katı atık depo sahalarında çevre kirliliği açısından en önemli problem sızıntı suyudur. Depolama tabanında yapay yalıtımla beraber sızıntı suyunu güvenle yakalamak için de önlemler alınmalıdır. Depolanan katı atıklara nüfuz eden yağmur suları, su içeren atıklardan zorunlu olarak oluşan konsolidasyon suları yanında sızıntı suyu da oluşturur ve bunlar katı atık içindeki maddeleri kısmen deponun dışına taşırlar. Her türlü kirletici parametreyi ihtiva eden sızıntı suyu, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarını kirletmektedir. Sızıntı suyunun bu olumsuz etkisini önlemek için depo sahasının tabanı geçirimsiz hale getirilir. Bu geçirimsizliği sağlamak için tabii ve suni malzemeler veya bunun her ikisi de bir arada kullanılabilir. Depo tabanında oluşturulan bir drenaj sistemi ile sızıntı suları toplanır.

Katı atık düzenli depolama tesisindeki sızıntı suyu miktarı; nihai üst örtü tabakasının geçirimsizlik derecesi, iklim şartları, katı atık bileşimi, depo yaşı vb. faktörlere bağlı olarak değişir. Ayrıca nihai örtü tabakasının teşkil edilip edilmediği ve geçirimsizlik derecesi de sızıntı suyu miktarını önemli oranda etkilemektedir (Kavlak, 2002).

Düzenli depolamadaki en önemli hususlardan biri depo gazının yanal göçünü ve atmosfere kaçmasını önlemektir. Depo gazı ilk olarak 1950'lerde fark edilmiş, 1970'lerde yakılmış ve 1980'den beri daha çok fayda sağlanacak şekilde geri kazanılmaktadır. Katı atık depolama tesislerinde oluşacak gazın çevreye yayılmasını önlemek ve gazı ekonomik olarak değerlendirmek üzere gaz toplama sistemleri projelendirilmelidir. İklim ve nem koşullarına bağlı olarak optimum şartlar altında ilk iki yılda gazın % 30–60'ının üretileceği, beş yılda ise gaz üretiminin % 70'inin tamamlanacağı kabul edilmektedir. Depo gazını, doğal gaz olarak satma, araçlarda yakıt olarak kullanma gibi alternatifler olmasına rağmen genellikle elektrik enerjisi üretme ya da düzenli olarak yakma yöntemleri uygulanmaktadır (Kavlak, 2002).

Düzenli depolama yönteminin avantajları;

- Uygun arazi bulunduğu takdirde ekonomik bir yöntemdir.
- Ön yatırımı nispeten en az olan yöntemdir.
- Nihai imha metodudur. Her türlü çöp için uygulanabilir.
- Esnek bir metottur. Katı atık miktarına göre kapasite kolaylıkla artırılabilir.
- Kullanılıp kapatılan araziden rekreasyon amacıyla istifade edilebilir (park, yeşil alan, spor tesisleri vb.) (Kavlak, 2002).

Düzenli depolama yönteminin dezavantajları;

- Kalabalık yörelerde, ekonomik taşıma mesafesi içinde uygun yer bulmak güçtür.
- Yerleşim yerlerine yakın deponi alanları için, halkın muhalefeti ile karşılaşılabilir.
- Tamamlanmış deponi alanlarında göçük ve yerel çökmeler olabileceğinden devamlı bakımı gereklidir.
- Sıvı ve gaz sızıntıları kontrol edilmezse sakıncalı durumlar ortaya çıkabilir.
- Bu yöntemle toprak ve su kaynakları bakımından atık sorunu, çöplerin belli noktalarda yoğunlaştırılmasıyla yine sürmektedir (Kavlak, 2002).

3.3.4.2 Düzensiz Depolama

Türkiye’de en yaygın şekilde kullanılan bu yöntemde, çöpler hiçbir önlem alınmadan bir alana gelişigüzel atılıp bırakılmaktadır (Kavlak, 2002).

Çağdaşıktan uzak yer seçimi doğru yapılmamış, tekniğine uygun olarak inşa edilmemiş ve düzensiz depolama yapılan çöp döküm sahalarının meydana getirebilecekleri başlıca olumsuzluklar;

- Yeraltı ve yerüstü su kirliliği,
- Toprak kirliliği,
- Depo gazının meydana getirdiği patlama, yangın tehlikesi ve kirlilikler,
- Görünüş kirliliği,
- Taşıyıcı ve haşere üremesi,
- Çevreye toz ve kötü koku yayılması,
- Bulaşıcı hastalıkların yayılmasıdır.

Bu alanlarda çürüme ile metan gazı (CH_4) oluşmakta bu gaz hava kirliliğine, sıkışıp hava ile temasında ise patlamalara neden olmaktadır. Yine düzensiz depolama ile oluşan çöp sızıntı suları yörenin jeolojik yapısı ile de bağıntılı olarak yeraltı sularını ve toprağı kirletmektedir.

Katı atıkların gelişi güzel bir şekilde boş arsalarda biriktirilmesi halk sağlığı ve çevre kirliliği açısından önemli sorunlara neden olmaktadır. 28 Nisan 1993 saat 10.30’da İstanbul atıklarının

önemli bir kısmının depolandığı Ümraniye-Hekimbaşı çöplüğünde yaşanan felaket bu tehlikelerin bir örneğidir (Kavlak, 2002).

Düzensiz depolanmış çöplüklerden kaynaklanan tehlikelerin bertarafı için kullanılabilecek yöntemler şöyle özetlenebilir:

- Depolanan çöplerin düzenlenmesi ve sıkıştırılması: Gelişigüzel depolanan çöpler yerleştirilip sıkıştırılarak olabilecek kaymalar önlenabilir.
- Çöplüğün üstünün toprakla örtülmesi, yeşillendirilmesi: Bu uygulama, sızıntı sularının miktarını azaltacak, hayvanların beslenme ihtimalini, çöplerin uçuşmasını, yangın ve koku problemlerini ortadan kaldıracaktır.
- Oluşan gazların uzaklaştırılması: Bilindiği gibi depolanan çöplerin içinde oluşan gazlar, patlama, parlama ve yangın çıkarma gibi tehlikelere neden olabilirler. Bu gazların uzaklaştırılabilmesi için gaz uzaklaştırma bacalarının depolanmış çöplerin içine yerleştirilmesi gerekir. Toplanan gazın elektrik, ısı üretimi gibi değerlendirilmesi gerekir. Eğer değerlendirilemiyorsa gaz yakılarak uzaklaştırılmalıdır. Bu uygulama yangın ve patlama ihtimalini ortadan kaldıracaktır.
- Depolanan çöpün içine girebilecek su miktarının azaltılması, sızıntı sularının toplanması ve kontrolsüz bir şekilde hareketine son verilmesi: Bu uygulama yeraltı ve yer üstü suları ile toprak kirlenmesini önleyecektir. Bu amaçla katı atıkların depolandığı alana civardan gelebilecek yüzeysel suların (yağmur ve yer üstü sularının) girmesini önlemek için kanallar yapılmalıdır ve toplanan sular emniyetli bir şekilde bu alandan uzaklaştırılmalıdır.

Tekniğine uygun olarak yapılan düzenli depolamada bu ve benzeri olumsuzluklar görülmeyecektir (Kavlak, 2002).

3.4 Katı Atıkların Toplanması ve Taşınması

Taşımanın, katı atık yönetiminde önemli bir rolü vardır. Taşıma sisteminin kötü olması, dönüştürme faaliyetlerinin etkinliğini olumsuz yönde etkiler. Mesela, kentleşmenin yoğun olduğu bölgelerde, mesafelerin uzamasından dolayı taşıma maliyetleri yüksek çıkmakta ve gecikmeler yaşanmaktadır. Dolayısıyla, dönüştürme tek başına bir katı atık yönetim problemini oluşturmamaktadır (Landreth vd., 1997).

Katı atık yönetim yaklaşımının benimsenmesine paralel olarak 1990'lı yıllarda atıkların

toplanması, taşınması özelleştirilmeye başlanmıştır. Kentsel açık alan ve sokak temizliği ile çöplerin toplanması ve belirli bir noktaya taşınması, çöplerin biriktirilme biçimine ve arazi yapısına uygun araç-gereç seçimi ile işgücü planlamasına dayanan bir yönetsel aşamadır. Toplama ve taşımada rasyonelizasyonun sağlanması için hizmetin planlı bir şekilde yapılması gerekmektedir. Atıkların geri kazanımı, öncelikli olarak toplama ve taşıma sistemlerinin iyi organize edilmesine bağlıdır (Kavlak, 2002).

3.4.1 Katı Atıkların Toplanması

Atık üreticileri tarafından evde veya diğer çöp kaynaklarında atık meydana gelir gelmez toplanmasını ve depolanmasını kapsamaktadır. Meydana gelen çöpler, çöplerle birlikte atılan torbalarda biriktirilebileceği gibi sürekli olarak kullanılan kaplarda da (konteyner) toplanabilmektedir.

Çöplerin toplanması ister torbada ister kapta yapılsın; dönüştürüme tabi tutulacak malzemelerin değerlerini kaybetmemeleri için kuru çöplerle sulu çöplerin ayrı ayrı biriktirilmesi gerekir. Çöplerin cam, kağıt vs. gibi gruplarda toplanması dönüştürümelerini daha da kolaylaştırır (Kavlak, 2002).

3.4.2 Katı Atıkların Taşınması

Evlerde ve diğer yerleşim bölgelerinde biriktirilen katı atıkların (çöplerin) uzaklaştırılması iki değişik yöntemle yapılabilir:

1. Kapıdan almak: Çöpler belli günlerde belli saatlerde çöp kovası ya da torba usulü ile kapının önüne bırakılır ve buradan temizlik araçlarıyla toplanır. Toplama; ticari bölgelerde her gün, meskenlerden ise en az haftada iki kere yapılmalıdır. Toplama, çöplerle ilgili işlemlerin arasında en pahalısı sayılabilir. Bu nedenle bu maliyeti azaltmak için toplama süresini ve aracın kat ettiği mesafeyi en aza indirmek gerekir.
2. Konteynerlerden Almak: Çöplerin uzaklaştırılmasında kullanılan ikinci yöntem çöpleri kentin belirli noktalarında bulunan konteynerlere boşaltmaktır. Söz konusu konteynerler belirli aralıklarla temizlik işletmesi tarafından boş konteynerlerle değiştirilir veya özel araçlara boşaltılır. Yapılan araştırmalara göre bu yöntemden iyi sonuçlar alabilmek için herhangi bir evden konteynerin bulunduğu noktaya gidebilmek için 150 m.'den daha uzun bir mesafe yürümek gerekmemelidir.

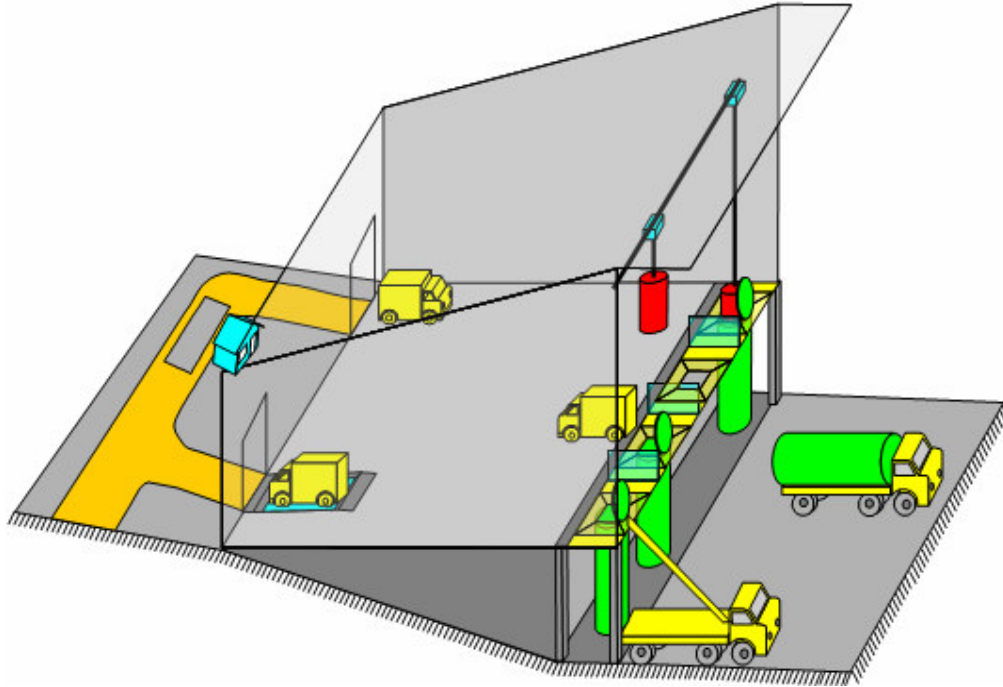
Çöp toplama yöntemleri karşılaştırıldığında konteynerli sistemin avantajı, çöpleri istenilen

herhangi bir anda kaynaktan uzaklaştırabilmek ve toplama işleminin daha ucuza mal olmasıdır. Buna karşılık kapıdan alma yöntemi de atıkların yolda depolanmasına gerek olmadığı için estetik açıdan tercih edilebilir. Toplanan çöpler doğrudan doğruya imha sahasına taşınabileceği gibi bir aktarma istasyonunda gerekirse sıkıştırılıp daha büyük bir araca veya konteynere alınıp daha az sefer yaparak daha az mesafe kat ederek imha sahasına taşınması sağlanabilir (Kavlak, 2002).

3.4.3 Aktarma Merkezleri (Transfer İstasyonları)

Aktarma istasyonları çöp toplama bölgelerinin imha sahalarına uzak olmaları durumunda daha ekonomik bir çöp toplama süreci sağlamak amacıyla uygulanmaktadır. Bu uygulamanın genel prensibi, daha küçük olan çöp toplama araçları ile toplanan çöpün, aktarma istasyonlarında daha büyük ve ekonomik aktarma araçlarına uygun bir teknoloji ile aktarılması ve buralardan çöp imha tesislerine kapasitesi daha büyük olan çöp toplama-taşıma araçları ile taşınmasıdır (Kavlak, 2002).

Şekil 3.4'te örnek bir aktarma istasyonu görülmektedir.



Şekil 3.4 Aktarma İstasyonu (İSTAÇ, 2007)

Aktarma istasyonları için yer seçimi yapılırken aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gereklidir. Çünkü yer seçimi hem yatırım maliyetlerini hem de işletme maliyetlerini direkt etkiler. Bu nedenle;

- Hizmet edilecek olan katı atık kaynaklarının ağırlıklı olarak bulundukları merkezlere olabildiğince yakın olması,
- Ana arter konumundaki otoyollara olduğu kadar, ikincil taşıma alternatiflerine de kolayca ulaşılabilir noktalarda olması,
- Aktarma işlemlerine karşı toplumsal ve çevresel itirazların en az olacağı yerlerin seçilmesi,
- İnşaatın ve işletmenin en ekonomik olacağı yerler olması gerekmektedir (Kavlak, 2002).

Katı atıkların taşınmasında dikkat edilecek hususlar şunlardır;

- Çöpler en az maliyetle taşınmalı,
- Taşınma işlemi sırasında çöpler örtülü olmalı,
- Araçlar otoyol trafiğine uygun olarak tasarlanmış olmalı,
- Araç kapasitesi izin verilen ağırlık limitleri aşılmayacak şekilde olmalı,
- Boşaltma işlemi için kullanılan metotlar basit ve güvenilir olmalıdır.

Bunların yanında transfer istasyonu kurmak, ancak toplama sisteminin reorganizasyonu ve de transfer istasyonları ile eşgüdümlü çalışması sağlanırsa istenilen başarı elde edilir. Çöp toplama-taşıma-nihai işlem topluca değerlendirilmeli ve planlı bir sistem içinde oturtularak transfer istasyonlarına işlerlik sağlanmalıdır (Kavlak, 2002).

Aktarma istasyonları, çöp üretim noktalarından çöp depolama sahasına kadar yapılacak çalışmalarda daha az personel ve araç istihdamı sağlayacağından, yönetim giderleri düşer. Çöp toplama işlemini yapan belediyelerin araç-gereç yatırımlarını azaltır, ellerinde bulunan araç-gereçlerin ve personelin daha verimli çalışmasını sağlar. Kent ve çöp deposu arasındaki araç sefer sayısı %70–80 oranında azalır. Çöp toplayan araçların kent içindeki dolaşımının daha dar bir zaman dilimi içinde yapılmasını sağlar (Kavlak, 2002).

3.5 Katı Atıkları Ayırma

Geri kazanım amacıyla toplanan malzemelerin bu amaca hizmet edebilmeleri için, seçilen değerlendirme yönteminin gerektirdiği şekil ve titizlikte ayrılmaları şarttır. Ayrıca, toplanan malzemenin içine karışmış durumda olan istenmeyen maddeler de bu aşamalarda elimine

edilir. Ayırma, toplamanın hangi aşamasında yapıldığına bağlı olarak, aşağıdaki gibi gruplandırılabilir.

- Kaynakta ayırma,
- Toplama sırasında ayırma,
- Merkezde ayırma (Beyhan, 1997).

3.5.1 Kaynakta Ayırma

Merkezi teknolojik ayırma tesislerinin tam başarılı olmaması, maliyetlerin yüksek olması ve geri kazanılan maddelerin kalitelerinin düşük olması sebebi ile dünyada evsel katı atıkların kaynakta ayrı ayrı toplanması yoluna gidilmektedir. Böylece, hem çevre kirliliği doğuran atıklar sağlıklı bir şekilde geri kazanılmakta ve hem de hammadde rezervleri daha tasarruflu kullanılmış olmaktadır. Endüstrileşmiş ülkeler bu konuda çeşitli kanun ve yönetmelikler çıkararak, mümkün mertebe az çöp atma veya atılan çöpleri ayrı kaplarda toplamayı cazip hale getirmişlerdir veya mecbur kılmışlardır. Bu yöntem daha çok, A.B.D. ve Almanya gibi katılımın ve eğitimin yüksek, tüketicinin nispeten kolay motive edildiği ve tek katlı yapılaşmanın yaygın olduğu gelişmiş yerlerde denenmektedir. Ayrıca çoklu toplama (multi-collection) kumbaraları da, “getirtme” temelinde olmasına rağmen, bu kapsamda sayılabilir (Beyhan, 1997).

3.5.2 Toplama Sırasında Ayırma

Evlerden gelen çöpten ayrı olarak özel bir kapta toplanan birden fazla çeşit malzeme, toplama araçlarının özel bölmelerine boşaltılırken, işçiler tarafından ayrılabilir. Toplama hızını düşüren bu yöntem, araçların özel olarak bu işe uygun dizayn edilmiş olmalarını da gerektirmektedir. Satın alma merkezlerinde yapılan sınıflandırma da bu başlık altına sokulabilir. Bu ayırma yönteminin bir avantajı, sınıflandırılmış olan malzemenin sıkıştırılması suretiyle taşıma giderlerinin minimize edilebilmesidir (Beyhan, 1997).

3.5.3 Merkezde Ayırma

Bu ayırma yöntemi, birlikte toplanan geri kazanılabilecek malzemelerin getirildikleri merkezde ayrılmasıdır. Kontrollü olması açısından güvenilir ve tercih edilen bir seçenektir. Bu ayırma el ile yapılabildiği gibi, miktarının büyüklüğü ve işçi ücretlerinin yüksekliği ile orantılı olarak, mekanize ve hatta kompüterize bile olabilir. Geri kazanılabilecek

malzemelerin depolama alanlarının veya genel çöp değerlendirme tesislerinin girişinde ya da içinde, genel çöpten ayıklanıp sınıflandırılmaları da bu gruba girmektedir. Özellikle el ile yapılan ayırmalarda mamullerin üretim aşamasında renk ve sayılarla kodlanmasının işlemin doğruluk hızını artırdığı saptanmıştır.

Ayırmanın teknolojisi, ülkenin ve bölgenin gelişmişlik düzeyi, geri kazanım toplama kapasitesi, altyapısı ve oturmuşluğu gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Dünyada çeşitli türden geri kazanım malzemeleri için elle yapılan ayırmanın yanı sıra uygulanmakta olan, ya da tasarlanan teknolojilerin bazıları aşağıda sınıflandırılmıştır (Beyhan, 1997):

- Hava üfleme,
- Yüzdürme,
- Optik okuyucu,
- Kimyasal reaksiyonlarla sınıflandırmalı,
- Elektromanyetik cihazla ayırmalı.

Evsel katı atıklar içinde bulunan maddelerin geri kazanılması, büyük maliyetlerle kurulan teknolojik ekipmanlarla donatılmış tesislerde pek başarılı olmamaktadır. Bu tesislerde hem maddeler tamamen geri alınamamakta ve hem de elde edilen materyalin kalitesi düşük olmaktadır. Ayrılan materyallerin temizlenmesi için yapılan yıkamalarla, ayrıca büyük bir su kirliliği potansiyeli de doğmaktadır. Aynı zamanda bu tesislerde çalışanların çalışma ortamındaki hastalık yapıcı unsurlarla karşı karşıya gelmeleri de söz konusudur (Beyhan, 1997).

3.6 İstanbul'da Katı Atık Yönetimi

Türkiye'deki nüfusun 1/5'i İstanbul'da yaşamaktadır. Endüstriyel tesislerin burada yoğunlaşması kente büyük bir göç akımına sebep olmuştur. Nüfusun hızla artması katı atık bertarafında en önemli problemlerden biri olmuştur (Ebin, 2004).

İstanbul'da katı atıklar 1953 yılına kadar denize dökülmüştür. Daha sonraları Levent-Sanayi Mahallesi, Seyrantepe, Ümraniye, Mustafa Kemal Mahallesi gibi şehre yakın yerlerde düzensiz olarak depolanmıştır. Bu bölgeler yakın yerlerin zamanla gecekondulaşması üzerine buralar terk edilerek, Habibler, Ümraniye-Hekimbaşı, Yakacık, Aydınli, Halkalı, Şişli-Feriköy ve son olarak da Kemerburgaz-Hasdal bölgelerine çöpler kontrolsüz olarak

depolanmıştır. Kontrolsüz depolama sonucu 1993 yılında Ümraniye-Hekimbaşı bölgesinde meydana gelen felaketle can ve mal kaybı olmuştur (Karadağ, 2002).

3.6.1 Katı Atık Miktar ve Özellikleri

İstanbul'un bir günlük ortalama çöp üretimi 10.000 ton civarındadır. İSTAÇ verilerine göre bulunan bu miktara, arayıcıların çöplüklerden topladıkları “eski eşya” ve sanayide kullanılabilir “hurda” gibi katı atıklar ile boş alanlara kaçak dökülen inşaat artığı ve moloz eklendiğinde; İstanbul'un kişi başına çöp üretim miktarının yaklaşık bir kilogram olduğu görülür (İSTAÇ, 2007).

İstanbul'da oluşan katı atıklar evsel, endüstriyel ve ticari kökenlidir. Önümüzdeki yıllarda arıtma tesislerinden oluşan arıtma çamurları da dahil edilebilir. 2020 yılında oluşacak çamur miktarı yaklaşık olarak 1400 ton/gün olarak tahmin edilmektedir (Karadağ, 2002). İstanbul'da çıkan çöpün miktarı gibi içeriği de mevsimlere ve bölgelere göre değişmektedir. İstanbul için katı atık karakterizasyonunun mevsimsel ortalamaları Çizelge 3.2'de verildiği gibidir.

Çizelge 3.2 İstanbul İçin Katı Atık Karakterizasyonu Mevsimsel Ortalamaları (İSTAÇ, 2007)

	Anadolu	Avrupa	Ortalama*	Ort. Miktar**
Malzeme	%	%	%	(ton)
Kağıt	6,03	10,20	8,11	974
Karton	4,21	4,93	4,57	548
Renkli Cam	2,27	3,01	2,64	317
Renksiz Cam	3,21	3,25	3,23	388
Pet	1,01	1,72	1,36	164
Poşet	8,37	8,94	8,66	1039
Plastik	2,54	3,40	2,97	357
Çuval	0,27	0,25	0,26	31
Demir	0,79	0,92	0,85	103
Alüminyum	0,41	0,88	0,65	78
Diğer Metal	0,06	0,06	0,06	7
Org. Mad.	56,33	50,23	53,28	6394
Çocuk Bezi	4,13	3,96	4,05	486
Odun(tahta)	0,31	0,41	0,36	43
Elk. Alet	0,06	0,10	0,08	10
Pil-Akü	0,02	0,00	0,01	1
Tekstil	3,53	3,68	3,61	433
Tetrapak	0,74	0,67	0,70	84
Diğer Yanan	2,03	1,69	1,86	223
Kül	3,10	1,63	2,37	284
Taş	0,57	0,06	0,31	38
Toplam	100,00	100,00	100,00	12000
* Anadolu ve Avrupa yakasına ait toplam ortalama atık karakterizasyon yüzdeleri				
** Günlük atık miktarı 12000 ton alınmıştır.				

3.6.2 Katı Atık Yönetiminde İdari Yapı

İstanbul’da oluşan evsel atıklardan toplanılması ilçe ve belde belediyelerin sorumluluğundadır. İlçe belediyeleri ayrıca sokakların süpürülmesi işlemini de yapmaktadırlar. İlçe belediyeleri topladıkları atıkları aktarma istasyonları veya düzenli deposuna taşıyarak görevlerinin tamamlamaktadırlar.

Her belediyede katı atık hizmetlerinin uygulanmasından sorumlu Temizlik İşleri Müdürlüğü bulunmaktadır. Ayrıca bütün belediyelerde Temizlik İşleri Müdürlüğü’nün bağlı olduğu bir Belediye Başkan Yardımcısı vardır. Katı atıkların belediyeler tarafından toplandığı durumlarda, atıkların toplanılmasında müdürlüğe bağlı temizlik işçileri çalışmakta, programın belirlenmesi ve denetlenmesi Temizlik İşleri Müdürü, Müdür Yardımcısı veya görevli memurlarca yapılmaktadır. Özel sektör eliyle yapılan durumlarda müdürlüklerde işçi kadrosu bulunmamakta, müdürlük personeli programın belirlenmesi ve uygulanmasında görev yapmaktadırlar. Müdürlükçe belirlenen atık toplama programı geçmiş yıllara ait deneyimlerden yararlanılarak hazırlanmaktadır.

Geri kazanım çalışmaları ile ilgili olarak belediyelerde Çevre Müdürlüğü ilgilenmektedir. Geri kazanım çalışmalarının maliyetinin pahalı olması sebebiyle ilçe belediyeleri geri kazanım çalışmalarını ya gönüllü kuruluş ÇEVKO ya da Büyükşehir Belediyesi ile işbirliği yaparak gerçekleştirmektedirler. Bu çalışmalar sadece belediye binaları içerisinde atık kağıtların toplanılması şeklinde veya ilçe sınırları içerisinde pilot bölgeler seçilerek yürütülmektedir. İlçe belediyeleri temizlik müdürleri ile yapılan görüşmelerde çoğunlukla yapılan geri kazanım çalışmaları konusunda bir bilgileri olmadığı, bu konuyla ilgili olarak Çevre Müdürlüğü’nün ilgilendiğini belirtmişlerdir. Buna göre aslında beraber yürütülmesi gereken atık toplama ve geri kazanım çalışması iki ayrı birim tarafından birbirinden bağımsız yürütülmektedir.

Evsel atıkların aktarma istasyonlarına getirilmesiyle birlikte Büyükşehir Belediyesi’nin görevi başlamaktadır. Kuruluş amacı atıkların taşınması, depolanması ve katı atıkların değerlendirilmesi olan İSTAÇ A.Ş. İstanbul Büyükşehir Belediyesi bünyesindeki Çevre Koruma ve Geliştirme Daire Başkanlığı’na bağlı olarak çalışmaktadır. Daire Başkanlığı ayrıca kampanyalar düzenleyerek geri kazanım çalışmalarını da yürütmektedir. Ayrıca Büyükşehir Belediyesi bünyesindeki İşletmeler Müdürlüğü ana arterlerin ve E-5 karayolunun temizliğinden sorumludur (Karadağ, 2002).

3.6.3 Katı Atıkların Toplanması

İstanbul’da günde yaklaşık 10.000–14.000 ton katı atık oluşmaktadır (İSTAÇ, 2007). Oluşan evsel atıklar kaynaklarda (ev, işyeri vb.) biriktirilip geçici olarak depolandıktan sonra apartman önlerindeki veya mahalledeki merkezi noktalardaki konteynerlerde toplanmaktadır. Ayrıca bazı ilçelerde mahallelerin çoğunda konteynerler bulunmamakta, atıklar evlerin önünde veya sokakların belli merkezlerde geçici olarak zeminde biriktirilmektedir. Atıklar konteynerlere veya sokaklara genellikle belediyelerce bildirilen günlerde değil de gelişi güzel bir şekilde bırakılmaktadır. Genel olarak İstanbul da atıkların kaynağında sınıflandırılması yapılmamakta ve her türlü atık (organik, cam, kağıt) karışık olarak biriktirilmektedir. Atıklar toplama gününe kadar beklerken sokak hayvanları veya gezici toplayıcılar tarafından defalarca karıştırılmakta, poşetleri parçalanmaktadır. Ayrıca bekleme sürecinde oluşan atık sular genellikle etrafa dağılmaktadır. Dağılan atıklar ve atık sular estetik kirliliğe sebep olmakta haşaratlar için yuva görevi görmekte sağlık açısından tehlike oluşturmaktadır. Katı atık yönetmeliği’ne göre evsel atıkların olduğu kaynaklardan toplanması ilçe ve belde belediyeleri tarafından yapılmaktadır. Belediyeler mahallelerden atıkların hangi sıklıkla toplanacağını vatandaşlara muhtarlıklar veya ilan (bez afiş vb.) yoluyla duyurmaktalar. Yoğunluğa bağlı olarak ana arterlerde günde en az 1 kere çöp toplanılmaktadır. Atıkların toplama işlemi İstanbul genelinde akşam saatlerinde trafiğin yoğun olmadığı saatlerde tek vardiya yapılmaktadır. Bunun yanı sıra gece ve gündüz iki vardiya veya üç vardiyalı olarak da toplama işlemi yapılmaktadır.

Fabrikalarda oluşan evsel atıklar ücret karşılığı ilçe belediyeleri tarafından veya fabrikaların kendi imkânlarıyla toplanmaktadır. İlçe ve belde belediyeleri topladıkları atıkları ya aktarma istasyonlarına ya da düzenli depo sahalarına yakın olanlar ise doğrudan depo sahalarına taşımaktalar.

Belediyeler atıkları kendi imkanlarıyla, özel sektör vasıtasıyla veya her ikisinin birlikte olduğu karma yöntemle toplamaktadırlar. Ayrıca bazı belediyeler toplama işlemini kendi kurdukları firmalar (Belediye İktisadi Teşekkülleri) kanalıyla gerçekleştirmektedirler. Özelleştirmede çoğunlukla tüm toplama işi tek bir firmaya verildiği gibi bazı belediyeler sorumluluk sahalarını bölgelere ayırarak aynı işi birden fazla firma ile gerçekleştirmektedirler. Özellikle 90’lı yıllarda temizlik işçilerinin grevleri sonrası çoğu belediye atık toplama ve taşıma işleminde özelleştirmeyi tercih etmişlerdir.

Atıkların özel sektör eliyle toplanmasında toplama işleminin güzergahının ve periyodunun belirlenmesi belediyelerce yapılmaktadır. Özel sektör sadece belediyelerce belirlenen

programı uygulamaktadırlar. Atık toplama programının denetim ve kontrolü yine belediyelerce yapılmaktadır. Belediyeler genellikle atıkların toplanması, taşınması ve sokaklarının süpürülmesini beraber ihale etmektedirler. Atıkların toplanmasında çalışacak işçi sayısı, araç sayısı, toplamanın nasıl yapılacağı, süpürmede kullanılacak araç ve gereç sayısı belirlendikten sonra maliyet hesabı yapılır. Maliyet hesabında özel sektör tarafından çalıştırılacak işçilerin ücret ve sigorta harcamaları asgari ücret üzerinden belirlenir. Belediyelerce yapılan toplama işleminde maliyetin önemli bir kısmı işçi gideri oluşmaktadır. Özelleştirme ile belediyeler önemli bir oran tutan işçi maliyetinden kurtularak maliyet azaltılmasına gitmektedirler.

Kullanılacak araç ve gereçlerin maliyeti çoğunlukla Bayındırlık Bakanlığı birim fiyatları baz alınarak hesaplanır. Bunun yanı sıra Ticaret Odası'nın birim fiyatlarını baz alan belediye olduğu gibi serbest piyasa fiyatlarını da baz alan belediyeler bulunmaktadır. Maliyet hesabına kar payı da eklenerek keşif bedeli hesaplanır. Keşif bedeli ve ihale şartnamesi hazırlanarak ilan edilir. Atık toplama işi genellikle her yılın son ayında ihaleye çıkartılır. İhaleye katılan firmalardan en çok azaltma yapan firmanın teklifi ihale bedeli olarak belirlenir. Özel firmanın çalışması Temizlik İşleri Müdürlüğü tarafından denetlenirken, yapılan işin ücreti genellikle her ayın sonunda Hesap İşleri Müdürlüğü tarafından ödenmektedir.

Belediyeler ihaleyi kazanan firmaların belirli sayıda araç ve gereci bulundurmasını istemektedirler. Gerekli araçların tamamı firma tarafından temin edilemezse belediyelerin ellerinde bulunan araçları ücret karşılığı kiralamaktadırlar. İhaleyi alan firma kendisinin veya belediyeden kiraladığı araçların her türlü bakım ve onarım masraflarını kendisi karşılamaktadır. Çalışma esnasında firma temizlik işçileri belediyenin belirlediği renk ve desendeki işçi elbiselerini giymek zorundadırlar. Böylece vatandaşlar tarafından şikâyet konusu edilen her türlü aksamalar belediyeler tarafından sahiplenilmektedir. Belediyenin kendi tespiti veya vatandaş şikâyeti ile belirlenen her türlü aksaklıklar sonucu firmalara ihale şartnamesinde belirlenen fiyatlar üzerinden ceza işlemi yapılmaktadır (Karadağ, 2002).

3.6.4 Aktarma İstasyonları

Belediyelerce yürütülen çöp organizasyon maliyetinin önemli bir kısmını çöplerin toplanması ve taşınması teşkil etmekte ve bunlar toplam bertaraf maliyetinin %70-90'ını oluşturmaktadır. Bu bakımdan, çöp toplama ve taşıma maliyetindeki tasarruf (minimizasyon), çöp bertaraf sisteminin toplam maliyetini etkilemektedir (İSTAÇ, 2007).

İstanbul'da Büyükşehir Belediyesi'ne ait 6 adet Katı Atık Aktarma Merkezi bulunmaktadır.

Bunlardan üç tanesi (Yenibosna, Şişli/Baruthane, Halkalı) Avrupa Yakası'nda, üç tanesi de (Hekimbaşı, Tuzla/Aydınlı, Küçükbakkalköy) Anadolu yakasında yer almaktadır.

Hacmi ortalama %30 küçülen katı atıklar; kapalı, su sızdırmayan ve kokuyu dışarıya vermeyen 32,5 m³ lük araçlarla (silo) taşınarak çevre kirliliğinin önüne geçilmiş, taşıma işleri daha az sayıda araçla yapılarak yakıt, işgücü ve zaman tasarrufu sağlanmış, ilçelerden 1400 sefer yapılarak aktarma merkezlerine getirilen katı atıklar, düzenli depolama alanlarına 600 seferle taşınarak kent trafiğinin yükü azaltılmıştır. 2005 yılı Ocak ayında sisteme sokulan yeni tip semitreylerle taşıma sayesinde 72 m³ katı atık tek seferde düzenli depolama alanına taşınmakta, bu sayede mevcut aktarma merkezlerinin katı atık kabul kapasiteleri artmakta, trafikteki araç sayısında ciddi sayıda azalma olmaktadır. 2006 yılının ilk 9 ayında yaklaşık 15.000 ton/gün atık ortalama 600 seferde düzenli depolama alanlarına taşınmıştır. 600 seferde toplam 60.000 km yol kat edildiği düşünüldüğünde, katı atığı hayatımızdan çıkarmak için silo ve semitreyler her gün bir buçuk Dünya Turu yapmaktadırlar[1].

İstanbul için, değişik sistemler içinde, seriliği, mekanik aksamının az olması, fazla çöp nakline imkan vermesi gibi nedenlerden dolayı düşey sıkıştırma sistemli aktarma istasyonları tercih edilmiştir. İstanbul'da bu sistemle çalışan İstanbul Büyükşehir belediyesine ait 6 çöp aktarma istasyonundan inşaatı bittiği halde henüz faaliyete geçmeyen, 700 ton/gün kapasiteli Küçükbakkalköy aktarma istasyonu dışında faaliyette olan diğer beş istasyonun kapasiteleri ve diğer özellikleri Çizelge 3.3'de gösterilmiştir (İSTAÇ, 2007).

Çizelge 3.3 İstanbul Çöp Aktarma İstasyonlarının Kapasiteleri ve Özellikleri (İSTAÇ, 2007)

İstasyon Planlanan Kapasite (ton/gün)	Baruthane 700 (max. 1400)	Yenibosna 1500 (max. 2500)	Halkalı 1500 (max. 2500)	Aydınlı 1500 (max. 2500)	Hekimbaşı 1500 (max. 2500)	Toplam 6700 (max.)
Fiili Kapasite (ton/gün)	1750	2100	1700	1000	1650	8200
Peron Sayısı	5	10	10	10	10	45
Döküm Yapan Araç Sefer Sayısı	320	420	293	178	275	1486
Silo Sayısı	75	80	70	57	75	357
Taşıyıcı Araç Sayısı	21	31	21	19	22	114



Şekil 3.5 İstanbul Çöp Aktarma İstasyonlarının Konumları (İSTAÇ, 2007)

İstasyonlara gelen çöp araçlarının normal işletme esnasında girişi ile çıkışı arasındaki süre, yaklaşık 10 dakikadır. Her istasyonun girişi noktasında bulunan kontrol kapısında giriş-çıkış yapan bütün araçlar bilgisayarlar vasıtasıyla kayıt altına alınmakla ve bu bilgiler İSTAÇ genel merkeze aktararak değerlendirilmektedir. Ayrıca bu bilgileri ilçe belediyeleri de kullanabilmektedir. Çöp aktarma istasyonlarına İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nce izin verilen evsel atıklar kabul edilmektedir. Zararlı ve tehlikeli atıklar, açık araçlar vb. kabul edilmemektedir. İlçe belediyelerince toplanarak aktarma istasyonlarına getirilen çöpler burada 32 m³'lük silolara aktarılmakta ve hareketli (yatayda ve düşeyde) kompaktörlerle sıkıştırılmaktadır. Çöp aktarma merkezlerinin kurulacağı yerlerin seçiminde, çevresindeki ilçe belediyelerinin en kısa yoldan ulaşabilmesi dikkate alınmıştır. Her ilçe belediyesi, topladığı çöpi kendisine en yakın aktarma istasyonuna getirmekte, çok daha uzun mesafeleri kat etme külfetinden kurtularak büyük oranlarda yakıt tasarrufu yapmakta, zaman kazanmakta, aynı zamanda günde 1500 sefer yapan ilçe belediyelerine ait arabalarının getirdiği çöpler aktarma istasyonlarında düzenli depolama alanlarına giden İSTAÇ'ın büyük araçları ile 400 sefere inmektedir. Böylece trafik yükünde büyük bir azalma meydana gelmektedir (İSTAÇ, 2007).

Aktarma istasyonlarından transfer edilen katı atık miktarlarının aylara göre dağılımı Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4 İstanbul Çöp Aktarma İstasyonlarından Transfer Edilen Katı Atık Miktarlarının Aylara Göre Dağılımı (İSTAÇ, 2007)

YIL	AKTARMA İSTASYONLARI
1995	751.563
1996	1.750.007
1997	2.300.808
1998	2.630.210
1999	2.891.875
2000	2.988.031
2001	2.842.498
2002	2.939.357
2003	3.547.967
2004	3.479.686
2005	3.982.218
2006	4.418.910
TOPLAM	34.523.129

3.6.5 Düzenli Depolama

İstanbul'da 1953 yılına kadar çöpler denize dökülmüştür. Daha sonra ise Levent-Sanayi Mahallesi, Seyrantepe, Ümraniye-Mustafa Kemal Mahallesi gibi şehre yakın yerlere vahşi döküm şeklinde dökülmüştür. Bu bölgelerin gecekonduyla dolması üzerine çöp döküm alanı olarak Habibler, Ümraniye-Hekimbaşı, Yakacık, Aydınlı, Halkalı, Şişli-Feriköy ve son olarak da Kemerburgaz-Hasdal kullanılmıştır. Çöplerin kontrolsüz bir şekilde dökülmesi anlamına gelen vahşi döküm uygulamasının sonuçları şu şekildedir:

- Çöpler etrafa dağılarak ve geniş bir alanı kirleterek görüntü ve çevre kirliliği oluşturmuştur.
- Çöp sahasında rüzgarında etkisiyle toz bulutları oluşmakta ve oluşan gazlarla beraber hava kirliliğine sebebiyet vermiştir.
- Çöplerden oluşan metan gazı toplanmadığından patlama riskini oluşturmuş ve çöplüklerde sürekli yangınlar oluşmuştur.
- Çöplerden çıkan kontrolsüz gazlar çevredeki bitki ve diğer canlılara etki etmiştir.
- Oluşan çöp sızıntı suları, yeraltı ve yer üstü sularına karışarak bu suları kirletmiştir.
- Çöpler fare, sinek ve diğer zararlılar için barınma ve üreme yeri olmuştur.
- Vahşi çöp sahalarında büyük boyutlu şev kaymaları olmuştur.

Bütün bu olumsuzluklar sonucunda Aralık 1995 tarihinde, insan ve çevre sağlığını tehdit eden vahşi çöp depolama alanları kaldırılmaya, yerlerine sıhhi ve düzenli depolama alanları kurulmaya başlanmıştır. Aynı yıl içinde Avrupa yakasında Kemergaz/Odayeri ve Anadolu yakasında Şile/Kömürcüoda mevkilerinde 2 adet sıhhi depolama alanı açılmıştır. Her iki saha da 25 yıllık çöp kapasitesini karşılayacak şekilde planlanmıştır. İstanbul'daki düzenli depolama sahaları, ilgili yönetmeliklerde belirtilen kriterler dikkate alınarak kademe kademe inşa edilmiştir (İSTAÇ, 2007).

Depolama sahalarında depolanan katı atık miktarlarının yıllara göre dağılımı Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5 Depolama Sahalarında Depolanan Katı Atık Miktarlarının Yıllara Göre Dağılımı
(İSTAÇ, 2007)

YIL	DEPOLAMA SAHALARI
1995	752.559
1996	1.751.065
1997	2.300.930
1998	2.661.410
1999	3.185.393
2000	3.319.889
2001	3.218.407
2002	3.313.768
2003	3.552.324
2004	4.162.429
2005	4.604.258
2006	5.090.669
TOPLAM	37.913.101

3.6.6 Kompostlaştırma ve Geri Kazanım

Kompostlaştırma, katı atık içerisindeki organik maddelerin, fermentasyon alanlarında mikroorganizmalar vasıtasıyla yeterli oksijenle reaksiyona girerek çözülmesi ve bu esnada karbondioksit, su ve ısıнын oluşturulması suretiyle oluşur. Kompostun zemin ve toprağa faydaları şu şekildedir:

- Boşluk hacmini artırır,
- Havalandırma sağlar,
- Kolay işlenmesini sağlar,

- Su tutma kabiliyetini artırır,
- Organik madde değerini artırır,
- Besin maddelerinin daha iyi kullanılmasını sağlar (İSTAÇ, 2007).

İstanbul’da Kemerburgaz/Işıklı Köyü mevkiinde kurulan, günde 1000 ton çöpi işleyerek 250 ton kompost (toprak zenginleştirici) elde etmesi hedeflenen tesis, 32.000 m² büyüklüğünde kapalı bir alanı kapsamaktadır. Atık bölümüne gelen katı atıklar, iki aşamalı bir işlemde geçmektedir. Geri kazanım aşamasında, atıkların içindeki alüminyum, metal, plastik ve kağıt gibi maddeler ayrıştırılmakta, ikinci aşamada ise geri kalan organik maddelerden sıcaklık, su ve nem muhtevası ile özel olarak oluşturulan ortamda fermentasyon yoluyla kompost elde edilmektedir. Bu şekilde üretilen kompostun park, bahçe ve yeşil alanlarda kullanılması planlanmaktadır[1].

Sonuç olarak kompost ve geri kazanım tesisinde günde ortalama 700 ton malzeme işlenerek bunun 400 tonu fermentasyon ünitesine gönderilmekte ve ortalama 200 ton kompost ürünü elde edilmektedir, son eleğe tabi tutulduktan sonra 100 ton kompost, 100 ton da kompost atığı ürün olarak kullanıma sunulmaktadır. Geri kazanım miktarı ise 20 ton olmaktadır (İSTAÇ, 2007).

İstanbul atıklarının yaklaşık %30–40 kadarı geri kazanılabilir atıklardan oluşmaktadır. İstanbul’daki geri kazanım maddelerinin en az %50’sinin gezici toplayıcılar tarafından toplandığı tahmin edilmektedir. Artan ekonomik darboğaz ile birlikte bunların sayısında artış olmaktadır. Gezici toplayıcılar geri kazanıma sağladıkları fayda yanında konteynerleri karıştırmaları sonucu çöp torbalarını parçalayarak atıkların dağılmasına sebep olmaktadırlar. Düzensiz olarak çalışan bu insanların iyi bir organizasyon ile daha düzenli ve verimli çalışmaları sağlanabilir. Var olan çalışmalar içerisinde İstanbul için en uygun geri kazanım çalışması kaynağında ayırımdır. Bunun yanı sıra diğer atıklarla birlikte uzaklaştırılan maddelerin geri kazanımı için Büyükşehir Belediyesi’nin koordinasyonunda ilçe belediyelerin kendileri veya sokak toplayıcılar ile işbirliği yaparak toplanması daha uygundur (Karadağ, 2002).

4. TIBBİ ATIKLARI İŞLEME VE BERTARAF ETME TEKNOLOJİLERİ

Tıbbi atıkların tehlikeli ve hastalık yapıcı etkilerinden çevreyi ve insan sağlığını, atıkların oluşumundan yok edilmesine kadar geçen sürede korumak oldukça önemlidir. Havada, suda ve toprakta kalıcı olabilen ve ekolojik dengeyi bozan bu atıkların üretimi, taşınması, depolanması ve yok edilmesine ilişkin özel önlemler alınması gerekmektedir[2].

4.1 Tıbbi Atıkların Tanımı ve Özellikleri

Tıbbi Atıklar; tıbbi tesislerde (hastaneler, sağlık ocakları vb.), araştırma birimlerinde ve laboratuvarlarda oluşan tüm atıkları içermektedir. Bunlara ilave olarak, "küçük" veya "dağılmış" kaynaklar olarak görülen, örneğin evlerdeki tıbbi faaliyetler sonrasında oluşan atıkları da (dializ, insulin iğneleri, vb.) kapsamaktadır.

Tıbbi tesislerde ortaya çıkan atıkların %75–90 kadarı, evsel atıklarla mukayese edildiğinde, risk taşımayan, diğer bir deyimle "genel" tıbbi atıklardır. Bunlar genelde tıbbi kuruluşlarının yönetsel/ıdari işlevlerinden kaynaklanmakta olup tıbbi tesislerin; bina ve müştemilatlarının bakımları esnasında açığa çıkan atıkları içermektedir. Geriye kalan %10–25 oranındaki tıbbi atıklar ise tehlikeli atık olarak nitelendirilmektedir ve bunlar sağlık için çeşitli riskler yaratmaktadır (İSTAÇ, 2007).

Başka bir deyişle, tıbbi atık insan veya hayvanların sağlığı ile ilgili olarak yapılan aşağıdaki etkinliklerde ortaya çıkan atıklardır. Bu etkinliklerden başlıcaları şunlardır;

- İnsan veya hayvanların tanı, tedavi ve bağışıklama uygulamaları,
- Enfeksiyon ajanları, serumlar, aşılar, antijen ve antitoksinlerle ilgili araştırmalar,
- Canlılara zarar verebilecek, sivri sert köşeli-kenarlı veya kabarıklıkları olması nedeniyle kesici-delici atıklar (iğne, enjektör, bisturi, cam kırığı).

Sağlık hizmeti veren birçok kurum ve kuruluştan bu tip atıklar çıkabilir. Gelişmiş ülkelerde tıbbi kuruluşlar her yıl yarım milyon ton atık üretmektedir. Hastaneler atık üretimine neden olan kuruluşların sadece %2'sini oluştururken, tıbbi atıkların %77'sini üretmektedir[2].

4.2 Tıbbi Atıkların Sınıflandırılması

Atıkları ayrıştırarak toplama işleminin başarılabilmesi için tıbbi atıkların nasıl sınıflandırıldığı bilinmeli ve atık yönetiminde bu sınıflandırma göz önünde bulundurulmalıdır. Buna göre

“DSÖ Atık Yönetimi Komitesi”, tıbbi atıkları sekiz grupta toplamaktadır[2]:

1. Genel Atıklar
2. Patolojik Atıklar
3. Radyoaktif Atıklar
4. Kesici ve Delici Aletler
5. Kimyasal Atıklar
6. İnfeksiyöz veya Potansiyel Olarak İnfeksiyöz Atıklar
7. Farmasötik Atıklar
8. Basınçlı Kaplar

4.2.1 Patolojik Atıklar

Patolojik atıklar; doku, organ, vücut parçaları, insan cenini ve hayvan leşi, kan ve vücut sıvılarından oluşur. Bu sınıf içerisinde, belirgin insan ve hayvan vücut parçaları da anatomik atıklar olarak adlandırılır. Bu kategori içindeki atıklar sağlıklı vücut parçalarını da kapsamına rağmen bulaşıcı atıkların bir alt sınıfı gözüyle de bakılabilir (İSTAÇ, 2007).

4.2.2 Radyoaktif Atıklar

Radyoaktif atıklar radyonükleidlerle kirlenmiş katı, sıvı ve gaz malzemeleri içerir. Bunlar birtakım işlemlerin sonucu olarak ortaya çıkmaktadırlar. Örneğin, vücut dokularının ve sıvılarının in-vitro analizi, in-vivo organ görüntüleme, tümör lokalizasyonu, çeşitli araştırma ve terapötik çalışmalara yönelik işlemler gibi faaliyetler sırasında oluşurlar.

Tıbbi Faaliyetlerde kullanılan radyonükleidler, “açık” veya “kapalı” olarak muhafaza edilirler. Açıkta muhafaza edilen kaynaklar genel olarak tıbbi faaliyet sırasında doğrudan uygulanan sıvılardır ve kullanımları esnasında bunları muhafaza eden (çevreleyen) bir kapsül yoktur. Kapalı olarak muhafaza edilen kaynaklar ise bir ekipman veya bir aparatın içinde muhafaza edilir veya kırılmaz/su geçirmez nesnelerle korunurlar.

Radyoaktif tıbbi faaliyet atıkları genellikle yarı ömürleri kısa olan radyonükleidleri içerirler. Bunlar, aktif güçlerini oldukça çabuk –kısa zamanda– kaybederler. Ancak belirli terapötik çalışmalarda, yarı ömürleri uzun olan radyonükleidler de kullanılmaktadır. Bunlar, genellikle iğneler halinde muhafaza edilirler ve sterilize edildikten sonra diğer hastalara da

kullanılabilirler (İSTAÇ, 2007).

Tıbbi faaliyetler sırasında yapılan çalışmalarda ve araştırmalarda kullanılan radyonüklidlerle ilgili kaynaklar ve oluşan atıklar; kapalı olarak muhafaza edilen kaynaklar, kullanım dışı kalmış radyonükleid üreteçleri (jeneratörler), uygulamalar sırasında ortaya çıkan katı düşük miktardaki atıklar (örneğin; emici kağıtlar, temizlik bezleri, cam eşyalar, şırıngalar, küçük şişeler), radyoaktif malzemeler ve istenilmeyen çözeltilerin naklieleri esnasında oluşan artıklar/kalıntılar, tanı ve iyileştirme (diyagnostik ve terapitik) amaçlı kullanımlarda ortaya çıkan atıklar, su ile karışmayan sıvılar, artıklar/kalıntılar ve kirli pompa yağları, radyoaktif maddelerin sıçraması veya dökülmesinden oluşan atıklar, açık radyonükleidlerle tedavi gören veya testler yapılan hastalardan arta kalan atıklar, düşük miktarda sıvı atıklar (örneğin; cihazların yıkanmasından ortaya çıkan atıklar), uygulamalar sırasında ortaya çıkan gazlar ve egzozlar olarak sınıflandırılabilir (İSTAÇ, 2007).

4.2.3 Kesici ve Delici Aletler

Kesici aletler sıyrıklara veya delinme şeklinde yaralanmalara yol açabilecek olan ve iğneler, hipodermik iğneler, bistüriler ve diğer jiletler, bıçaklar, aşı setleri, testereler, kırık camlar ve çivilerin dahil olduğu malzemelerdir. Bunlara herhangi bir şey bulaşmış olsun ya da olmasın, genellikle bu tip malzemeler yüksek derecede tehlikeli tıbbi atıklar olarak bilinmektedir (İSTAÇ, 2007).

4.2.4 Kimyasal Atıklar

Kimyasal atıklar, iskartaya çıkan katı, sıvı ve gaz fazında olan kimyasalları içerir (örneğin; diyagnostik ve testlerden ve temizlik, evsel atık ve dezenfektasyon işlemleri sonrası). Tıbbi faaliyetler esnasında oluşan kimyasal atıklar koruma (bakım) kapsamına göre tehlikeli veya tehlikesiz olabilirler. Bunlar; zehirleyici (toksik), korozif (örneğin; pH<2 olan asitler ve pH>12 olan bazlar), kolay tutuşabilir (alevlenabilir), reaktif (patlayıcı, suyla reaksiyona girebilen, darbeye hassas), gen zehirleyici (örneğin; sitostatik ilaçlar) özelliklerinden herhangi birine sahip olurlarsa tehlikeli atık olarak nitelendirilirler. Tehlikeli olmayan kimyasal atıklar ise yukarıdaki özelliklerin hiç birine sahip olmayan şeker, amino asit ve bazı organik ve inorganik tuzlar gibi kimyasalları içerirler (İSTAÇ, 2007).

4.2.5 İnfeksiyöz veya Potansiyel Olarak İnfeksiyöz Atıklar

Hastalığa yol açabilecek miktar veya derişimde patojen içeren atıklar “infeksiyöz atıklar”

olarak tanımlanmaktadır. Başlıcaları; laboratuvar kültür materyalleri, enfeksiyonlu hastaların cerrahi ve otopsi uygulamalarından çıkan materyaller, izolasyon odalarındaki hastaların atıkları, hemodiyaliz olan hastalarda kullanılan malzeme, enfeksiyöz etkenlerin uygulandığı veya bunlarla temas etmiş olan hayvanlara ait atıklardır[2].

4.2.6 Farmasötik Atıklar

Hastanede kullanılan, artmış veya günü geçmiş her türlü ilaç v.b. maddeler farmasötik atıklardır[2].

Başka bir deyişle, kullanma günü geçmiş, kullanılmayan, dökülmüş ve kirlenmiş ecza ürünleri, ilaçlar, artık kullanılamayacak durumda ve neredeyse atılması gereken aşılar ve serumlar, eczaların taşınmasında kullanılıp iskartaya çıkarılan eşyalar, içlerinde atık bulunan şişeler ve kutular, eldivenler, maskeler, bağlantı tüpleri/hortumları ve ilaç viyalleri (taşıma/aktarma tüpleri) bu grupta yer alır (İSTAÇ, 2007).

4.2.7 Basınçlı Kaplar

Evlerde kullanılan raf üstü insektisit kapları, tıraş köpüğü v.b. kutuları tipinde olan kaplardır[2].

Günümüzde pek çok değişik tip ve bileşimdeki gaz tıbbi faaliyetler için kullanılmaktadır. Bunlar genellikle basınçlı silolarda, kartuşlarda ve aerosol kutularda depolanmakta ve saklanmaktadır. Yine bunların pek çoğu, bir kez boşaldığında veya daha fazla kullanılamadığı durumlarda (hala artık/kalıntı içerebilirler) yeniden doldurularak kullanım yoluna gidilebilmektedir. Ancak belirli tipteki aerosol kutular, kesinlikle bertaraf edilmelidir. İnert veya potansiyel olarak tehlikeli olmalarına bakılmaksızın basınçlı kaplardaki gazlara daima özen ve dikkatle müdahale edilmelidir, çünkü bu kaplar, alev almaları veya kazara delinmeleri halinde patlayabilirler (İSTAÇ, 2007).

4.3 Tıbbi Tesislerdeki Atık Kaynakları

Tıbbi faaliyetler esnasında oluşan atık kaynakları atık miktarlarına bağlı olarak az (küçük) veya çok (büyük) atıklar olarak sınıflandırılabilir. Büyük miktarlarda atık üreten tıbbi tesisler; üniversite hastaneleri, genel maksatlı hastaneler, sağlık ocakları, acil sağlık yardım kuruluşları, dispanserler, doğum doktorları ve gebelik klinikleri, ayakta tedavi yapan klinikler, diyaliz merkezleri, ilk yardım merkezleri ve hasta/hastane koğuşları, uzun süreli hizmet veren huzurevleri, kan nakil merkezleri, askeri tıp merkezleri, tıbbi ve biyomedikal laboratuvarlar,

biyoteknoloji laboratuvarları ve enstitüleri, morglar ve otopsi merkezleri ile hayvanlar üzerinde araştırma ve test yapan kuruluşlardır (İSTAÇ, 2007).

Az (küçük) ve dağınık halde bulunan kaynaklara ait temel özellikler aşağıda sıralanmıştır:

- Nadir olarak radyoaktif veya sitostatik atık özellikleri taşırlar.
- Genellikle insan vücudu parçaları bulunmaz.
- Genellikle kesici aletler ve hipodermik iğnelerden oluşmaktadır.

Küçük miktarlarda atık üreten tıbbi tesisler; doktor muayenehaneleri, diş klinikleri, akupunktur merkezleri, chiropractor'ler (yarı medikal tedavi uygulaması yapan yerler), huzurevleri, psikiyatri hastaneleri, özürlülere ait enstitüler, damardan veya cilt altı karışmaları kullanan kurum veya kişiler ile cenaze, ambulans ve evde verilen tedavi hizmetleridir (İSTAÇ, 2007).

4.4 Tıbbi Atıkları İşleme ve Bertaraf Etme Teknolojileri

Tıbbi hizmetlerde ortaya çıkan tehlikeli pek çok atığın fırınlarda yakılarak bertaraf edilmesi alışılmış bir metot olup halen oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak, son zamanlarda geliştirilmiş alternatif atık işleme metotları giderek daha popüler hale gelmiş bulunmaktadır. İşleme sisteminin son seçimi, pek çoğu yerel durumlara bağlı olan çeşitli faktörlere göre çok dikkatli olarak yapılmalıdır. Bu faktörler şu şekildedir (İSTAÇ, 2007):

- Dezenfektasyon verimliliği,
- Sağlık ve çevresel hususlar,
- Hacimsel ve kütsel azaltma,
- İşçi sağlığı ve iş güvenliği hususları,
- Sistemin işleme ve bertaraf etme kapasitesi için atık miktarları, işleme ve bertaraf etme için atık tipleri, altyapı sistemi gereksinimleri,
- Yerel olarak mevcut işleme seçenekleri ve teknolojiler,
- Nihai bertaraf için seçenekler,
- Metodun çalışması için eğitim gereksinimleri,

- İşletme ve bakım ile ilgili hususlar, kullanım için mevcut saha /alan durumu,
- Atıkların işleneceği saha ve bertaraf tesisinin bulunduğu yerin konumu ve çevresi, yatırım ve işletme maliyetleri,
- Toplumun kabulü,
- Düzenleyici (yasal ve yönetmeliklerden kaynaklanan) hususlar.

Burada ele alınan belirli işleme seçenekleri tıbbi atıkların bulaşıcı tehlikelerini etkin bir şekilde azaltıp diğer çöplerle karıştırılmasını engelleyebilir. Ancak bunların bazıları aynı zamanda, diğer sağlık ve çevresel zararlara da yol açabilir. Örneğin; belirli tipteki, özellikle klor veya ağır metaller içeren tıbbi atıkların fırınlarda yakılmaları, yine belirli durumlarda (örneğin; yeterince yüksek olmayan fırın sıcaklıklarında, emisyonları yeterince kontrol edilemeyen ortamlarda) atmosfere zehirli gazların çıkmasına neden olabilirler. Toprağa gömerek bertaraf etme, eğer depolama alanları mevcut mevzuat açısından yetersiz olarak tasarlanmışsa ve/veya işletilmekteyse, yeraltı sularının kirlenmesine yol açabilir. Tıbbi atıkların işleme veya bertaraf etme metodunun seçiminde, özellikle zehirli emisyonlar veya diğer tehlikeli sonuçlar oluşacaksa, ayrıntılı bir atık stratejisinin yapılması yanında kullanılacak yöntemlerin riskleri yerel gerçekler göz önüne alınarak dikkatlice değerlendirilmelidir (İSTAÇ, 2007).

Bu bölümde ele alınacak en çok kullanılan tıbbi atık işleme ve bertaraf etme teknolojileri şunlardır:

- Fırında Yakma
- Kimyasal Dezenfektasyon
- Islak ve Kuru Termal İşlemler
- Mikrodalga ile Işınlama Teknolojisi
- Depolama Yöntemi ile Bertaraf Etme

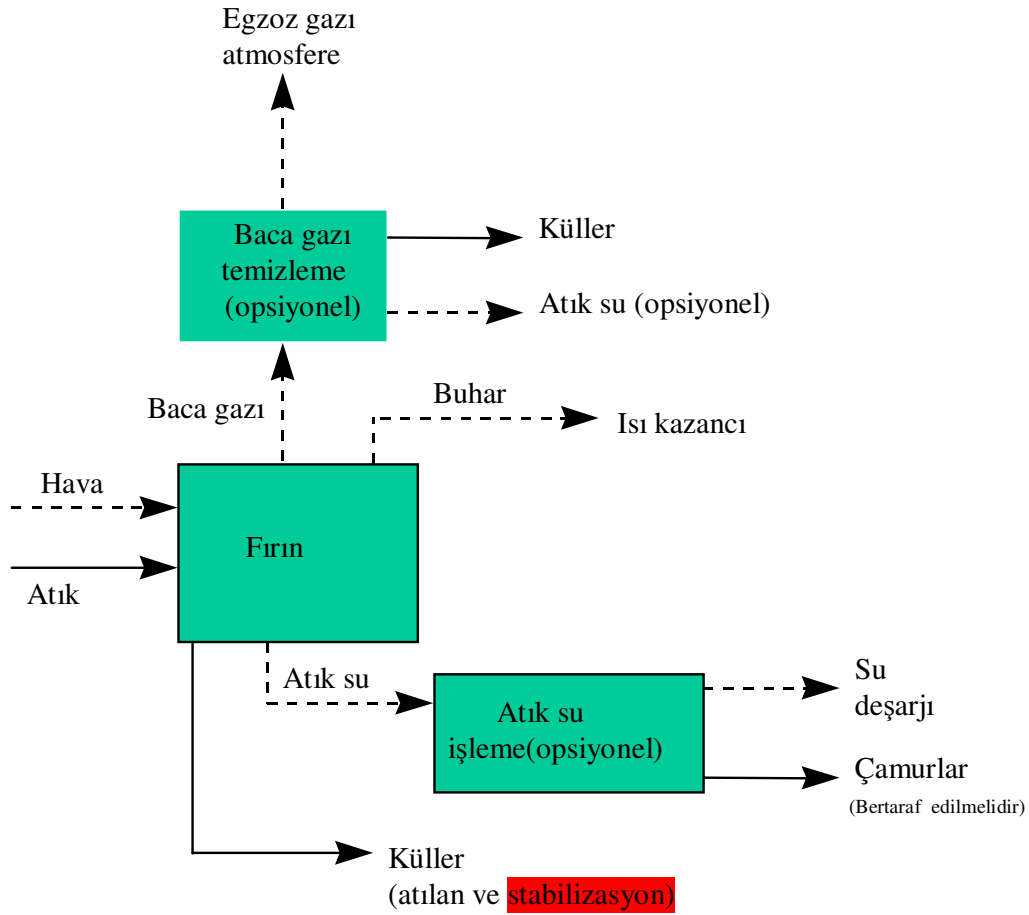
4.4.1 Fırında Yakma

Atıkları yok etmenin temel prensibi; geri dönüşümlü olanların ayrıştırılması, zararlı elementlerin azaltılması ve daha sonra kalan kısmın yok edilmesidir. Yakma işlemi, sonucunda tüm maddelerin su ve karbondioksit döndürülmesi esasına dayanan bir

yöntemdir. İlâveten çok yüksek miktarda enerji açığa çıkar. Bu da patolojik mikroorganizmalar için öldürücüdür. Yüksek ısı ile pis kokulu ayrışmaların da önüne geçilmiş olur. Japonya ve İsviçre’de katı atıklar daha çok yakma yöntemiyle yok edilirken, diğer ülkelerde toprağa gömme daha çok kullanılır.

Yakma işlemi; ateşle yanma ve akışkan yatak olmak üzere iki şekilde yapılabilir. Bu işlemler de ya fırında yakma (aralıklı olara yakma) ya da devamlı yakma yöntemi olmak üzere iki şekilde uygulanabilir[2].

Fırında yakma, yüksek sıcaklıkta gerçekleşen bir kuru oksidasyon işlemi olup organik ve diğer yanabilen atıkları inorganik, yanamayan maddelere dönüştürür. Sonuçta atıkların hacim ve ağırlıkları büyük oranda azaltılmış olur. Bu işlem genelde yeniden işleyip kullanılır hale getirilemeyen, yeniden kullanılamayan veya depolama sahalarında bertaraf edilmeyen atıkların işlenmesinde kullanılır. İşlem akışı şematik olarak Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Yakma Fırınlarının Basit Akış Şeması (İSTAÇ, 2007)

Organik bileşenlerin yakılması sonunda, su buharı, karbondioksit, azot oksitleri vb. gaz

emisyonları, belirli bazı zehirli maddeler (örneğin; metaller, halojenik asitler), partiküler maddeler ve kül şeklinde katı artıklar/kalıntılar oluşur. Eğer yakma koşulları uygun olarak kontrol edilmiyorsa, zehirli bir gaz olan karbonmonoksit de açığa çıkacaktır. Yakma işleminde açığa çıkan küller ve atık su, zehirli bileşikler de içerebilmektedir. Bunların insan sağlığına ve çevreye ters etki oluşturmamaları için tekrar işleme tabi tutulmaları gerekebilir.

Günümüzde bu amaç için kullanılan pek çok büyük ve modern yakma fırını, enerji geri kazanma sistemlerini de içermektedir. Soğuk iklimlerde, yakma fırınlarında oluşan buhar ve/veya sıcak su, bu tesislerin bulundukları bölgelerin ısıtma sistemlerini beslemek amacıyla kullanılabilir. Sıcak iklimlerde ise yakma fırınlarında oluşan buhar elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Küçük hastane yakma fırınlarında oluşan ısı enerjisi ise yakılacak atıkların ön ısıtılmalarında kullanılmaktadır (İSTAÇ, 2007).

4.4.1.1 Yakma İşleminin Avantajları ve Dezavantajları

Yakma işleminin avantajları ve dezavantajları aşağıda verildiği gibidir[2]:

Avantajları;

- Yüksek ısıda patolojik olan atıkları yok eder.
- Çok değişik tıbbi atığı işleyebilir.
- İnfektif atıkların tamamen yok edilmesini sağlar.
- Yanmış atık tanınmaz kül haldedir.
- Organik atıkları inorganik hale dönüştürür.
- Geniş toprak ve alan gerektirmez.
- Geride çok az katı atık bırakır.
- Devamlı beslemeli ve yüksek sirkülasyonlu üniteler büyük miktarları işleyebilir.
- Bazı üniteler enerji elde edebilir.
- Atık miktarı %7-10'a kadar indirilebilmektedir.

Dezavantajları;

- Sulu atıklar, klorlanmış atıklar (bazı plastikler asit gazları meydana getirir), büyük miktarda metal içeren atıklar için uygun değildir.

- Hidrojen klorür, dioksin gibi toksik gazlara yol açar, hava kirliliği sebep olur.
- Yüksek ısıya ulaşamadığı durumlarda, fareler için en uygun ortam olan kömürleşmeye neden olur.
- Tesisin uygun çalışması, ancak yetkili uzmanların yönetimi ile mümkündür.
- Yasal düzenlenmelere tabidir.
- Yüksek ısıya ulaşmak pahalıdır. Bu nedenle idamesi zor ve maliyeti yüksek tesisler gerektirir.

Ayrıca yakma işlemi, basınçlı gaz konteynerleri, büyük miktarda reaktif kimyasal atıklar, gümüş tuzları ve fotoğraflama veya radyografik atıkları, polivinilklorür (PVC) gibi halojen plastikler (dioksin-furan arıtma tesisi yoksa), kırık termometre, kullanılmış piller ve kurşun kaplamalı tahta paneller gibi yüksek cıva ve kadmiyum içeren atıklar ile kapalı veya ağır metaller içeren ampuller için uygun değildir (İSTAÇ, 2007).

4.4.1.2 Yakma Fırını Çeşitleri

Yakma fırınları, oldukça gelişmiş, yüksek sıcaklıkta çalışan fabrikalardır. Tıbbi atıkların belirli tiplerinin (örneğin; ecza veya kimyasal atıkların) tamamen yok edilmeleri için daha yüksek sıcaklıklara gereksinim vardır. Fırınlardaki yakma işleminin yüksek sıcaklıklarda gerçekleşmesi ve egzoz gazlarının temizlenmesi ile atmosferik kirlenme ve açığa çıkan kokular azaltılabilmektedir.

Yakma ekipmanları, mevcut kaynaklar/olanaklar, yerel gerçekler, belirli atıkların yetersiz olarak imha edilmeleri sonucunda hava veya yeraltı sularının kirlenmesine sebep olabilecek potansiyel risklere, patojen eliminasyonu ile halk sağlığı dengesinde önemli yeri olan “risk-fayda” analizinin hassasiyeti gibi hususlar göz önüne alınarak dikkatli bir şekilde seçilmez.

Tıbbi atıkları fırınlarda yakmada günümüzde yaygın olarak kullanılan üç çeşit yakma teknolojisi vardır (İSTAÇ, 2007):

- Bulaşıcı tıbbi atıkları yakmak için özel olarak tasarlanan çift-odalı pirolitik yakma fırınları,
- Pirolitik yakma fırınlarının elverişli olmadığı durumlarda kullanılabilen statik ızgaralı tek-odalı fırınlar (mevcut ulusal mevzuatımıza aykırı),

- Yüksek sıcaklıkta çalışan ısıya karşı dayanıklı kimyasal madde ve gen zehirleyici maddelerin parçalanmasını sağlayabilen döner fırınlar.

Tıbbi atıkların işlenmesinde 900–1200°C arasındaki sıcaklıklarda çalışan yakma fırınları mevcuttur. Basit tasarımı, düşük masraflı ve yüksek sıcaklıklarda çalışan yakma fırınları da geliştirilmeye başlanmıştır.

Tıbbi atıklar için kullanılan hareketli (mobil) yakma fırınları, hastane ve kliniklerde atıkların oluştukları mahallerde işlenmelerine izin vermekte ve böylelikle bulaşıcı atıkların şehir caddelerinde nakliyesine gerek kalmamaktadır.

Kimyasal ve ecza atıklar için yüksek sıcaklıkta çalışan yakma fırınları, lisanslı endüstriyel çimento veya çelik fırınları pek çok ülkede denenmekte ve değerli bir seçim olarak ortaya çıkmaktadır. Bunlar yeni yatırımları gerektirmezler ve endüstrinin serbest yanabilen maddeleri yakmaları sonucunda ortaya çıkan enerjiyi kullanmasına olanak vererek fayda sağlarlar (İSTAÇ, 2007).

Tıbbi atıklar için en güvenilir ve çoğunlukla kullanılmakta olan yöntem, bu atıkların pirolitik fırınlarda yakılmasıdır. Bu teknoloji aynı zamanda kontrollü hava ile yakma veya çift-odalı fırında yakma diye de isimlendirilmektedir. Pirolitik yakma fırını, bir ön yakma odasından ve bir de son yakma odasından oluşmaktadır. Büyük pirolitik yakma fırınları (1–8 ton/gün kapasiteli) genellikle sürekli çalışma koşullarına uygun olarak tasarlanırlar. Bu fırınlarda atıkların yüklenmesi, oluşan küllerin temizliği ve yakılacak atıkların fırın içindeki hareketleri tam otomatik olarak gerçekleşir. Pirolitik yakma fırınlarında da emisyon gazlarının içindeki kirleticileri temizlemek için arıtma birimlerinin kurulması zorunludur. Ancak bu fırınlardaki yakma sıcaklıkları, diğer yakma tesislerinden daha yüksek seviyelerde olduğundan tehlikeli bazı kirleticiler de (yanarak) sistemden uzaklaştırılabilmektedir. Ayrıca bu tesislere atıklar PVC türü klorlu bileşen içermeyen PE/PP türü plastik malzemeden yapılmış kapalı ambalajlar içinde getirilmekte ve bu nedenle pirolitik fırınlarda bu tür atıklardan kaynaklanan emisyonlar minimum seviyelerde kalmaktadır. Hastanelerde sıkça kullanılmakta olan, küçük ebatlı, yeterince bakımlı pirolitik yakma fırınları egzoz-gazı temizleme ekipmanları gerektirmezler. Bunların külleri %1'den az yanmamış malzeme içerir ki bunlar depolama sahalarına gönderilerek bertaraf edilebilir. Ancak, dioksin türü bileşenlerin açığa çıkmasını engellemek için, atıklar fırınlara klor (ve tercihan klor bileşiklerinden hiç biri) içermeyen plastik torbalar/konteynerler içinde verilmelidir. Bu fırınlarda yakma sıcaklıkları, uzman operatörlerin ve gelişmiş yakma sistemleri sayesinde, tıbbi atıkların yakıldığı diğer

tesislerdeki sıcaklık seviyelerine yakındır. Bu sistemlerden çıkan gazlar da yine diğer yakma fırınlarında görülen düzeneklere benzer düzeneklerden geçirilerek arıtılır. Ancak, bu ünitelerde genellikle dioksin-furan arıtması yapılmadığı için PVC gibi klorlu bileşen içeren atıkların buralarda yakılmamasına ayrıca büyük özen gösterilmelidir (İSTAÇ, 2007).

Döner fırınlı yakma tesisleri ise, bir döner fırın ve bir yakma sonrası odasından oluşan tesislerdir. Bunlar özellikle kimyasal atıkların yakılarak bertarafında kullanılırlar ve bölgesel tıbbi atıkların bertarafı için uygundur. Döner fırınlı yakma tesisleri sürekli çalışabilmekte ve değişik besleme sistemlerine uygulanabilmektedir. Zehirli atıkların bertarafı için tasarlanmış olan bu fırınlar tercihen bu konuda uzman olan atık bertaraf operatörleri tarafından işletilmeli ve endüstriyel bölgelerde veya endüstriyel parklara yerleştirilmelidir (İSTAÇ, 2007).

4.4.2 Kimyasal Dezenfektasyon

Tıbbi faaliyetlerde kullanılan ve tıbbi ekipmanların, yerlerin ve duvarlardaki mikroorganizmaların öldürülmesi amacıyla sık olarak kullanılmakta olan kimyasal dezenfektanlar son zamanlarda tıbbi atıkların bertarafında da kullanılmaktadır. Atıklara kimyasallar ilave edilerek içerdikleri patojenler etkisiz hale getirilir veya öldürülür. Bu işlem genellikle sterilizasyondan ziyade bir dezenfektasyon işlemidir. Kimyasal dezenfektasyon daha çok kan, idrar, dışkı veya hastane lağımı gibi sıvı atıkların işlenmesi için uygundur. Buna rağmen, katı –ve hatta az tehlikeli– mikrobiyolojik kültürler, kesiciler vb. tıbbi atıklar, aşağıdaki sınırlamalar dahilinde kimyasal olarak dezenfekte edilebilirler (İSTAÇ, 2007):

- Dezenfektasyondan önce atıkları parçalama ve/veya öğütme genellikle lüzumludur. Kullanılan parçalayıcıların çok sık mekanik arızalanması sebebiyle bu işlem zincirin hemen hemen en zayıf halkasıdır.
- İyi eğitilmiş ve yeterli olarak korunmuş şahıslarca kullanılması gereken güçlü dezenfektanlara ihtiyaç vardır.
- Dezenfektasyon verimi işletme şartlarına bağlıdır.
- Tüm katı atığın sadece temas edilen yüzeyi dezenfekte edilmektedir.

Normal olarak insan vücudu parçaları ve hayvan leşleri kimyasallarla dezenfekte edilmez. Eğer alternatif bertaraf işlemleri henüz mevcut değilse bunlar küçük parçalara bölündükten sonra kimyasal dezenfektasyona tabi tutulabilir. Kimyasal dezenfektasyon işlemlerinin

planlanmasında artık/kalıntıları bertaraf etme gereksinimi dikkatlice gözden geçirilmelidir. Uygun olmayan bir bertaraf ciddi boyutlu çevresel problemlerin oluşmasına sebep olabilir.

Dezenfektasyonun etkinliği standart mikrobiyolojik testlerde indikatör olarak kullanılan organizmaların hayatta kalma oranları ile değerlendirilmektedir. Tıbbi atıkların dezenfeksiyonunda yaygın olarak kullanılan kimyasal maddeler ve bunların etkinlikleri aşağıdaki gibidir (İSTAÇ, 2007):

- Formaldehit (HCHO): Bütün mikroorganizmalara (bakteri, virüs, sporlu bakteri) karşı etkindir. 80°C sıcaklıkta buhar ile birlikte kuru katı atıklara karşı uygulanır. Temas süresi 45 dakikadır.
- Etilen oksit (CH₂OCH₂): Bütün mikroorganizmalara (bakteri, virüs, sporlu bakteri) karşı etkindir. Katı atıkların dezenfeksiyonunda uygulama sıcaklığı 37–55°C ve nem % 60–80 mertebesinde olmalıdır. Temas süresi 4–12 saattir.
- Glutaraldehit ((CHO-(CH₂))₃-CHO): Bakterilere ve parazitlerin yumurtalarına karşı etkindir. %25–50’lik solüsyon olarak ve %2’lik asetat tamponu ile birlikte uygulanır. Temas süresi; tıbbi ekipmanlar için 5 dakika, sporları yok etmek için 10 saat, atıkların dezenfeksiyonu için ise bakteriyolojik testlere göre tayin edilir.
- Sodyumhipoklorit (NaOCl): Hemen hemen bütün bakterilere, virüslere ve sporlara karşı etkindir. Kan ve benzeri yüksek organik madde içeren sıvılar için fazla etkin değildir. Yaygın olarak suyun dezenfeksiyonu için kullanılır. Atıklar için temas süresi bakteriyolojik testlere göre tayin edilir.
- Klor dioksit (ClO₂): Hemen hemen tüm bakterilere, virüslere ve sporlara karşı etkindir. Yaygın olarak içme suyu hazırlanmasında, sanitasyon işlemlerinde ve su arıtılmasında kullanılır.

Zamanımızda, endüstrileşmiş ülkelerde tıbbi atıkların kimyasal dezenfektasyonu sınırlandırılmıştır. Buna rağmen bu yöntem, gelişmekte olan ülkelerde kolera hadiseleri sonucu hasta dışkıları gibi fizyolojik sıvıların ve çok bulaşıcı maddelerin bertarafında cazibesini hala korumaktadır.

Kimyasal dezenfektasyon genellikle hastanelerde gerçekleştirilir. Son zamanlarda, tıbbi atıkların bertarafında da ticari amaçlı ve tam otomatik sistemler geliştirilmiş olup bunlar endüstriyel bölgelerde kullanılmaktadır. Dezenfekte edilmiş atıklar risk taşımayan tıbbi atık olarak bertaraf edilebilirler. Ancak kimyasal dezenfektanlar, sızıntı yoluyla ciddi çevresel

problemler yaratabilirler (İSTAC, 2007).

4.4.2.1 Kimyasal Dezenfektasyon İşleminin Avantajları ve Dezavantajları

Kimyasal dezenfektasyon işleminin avantajları ve dezavantajları aşağıda verildiği gibidir[2]:

Avantajları;

- Özellikle yüzeysel olarak kontamine olmuş veya dezenfektanların kolayca penetre olabileceği atıklar için uygundur.
- Dezenfektasyon küçük miktarlara uygulanması kolay bir yöntemdir.
- Atık üretim noktasına yakın küçük üniteler hızlı işlev görür ve el değiştirme işi minime iner.
- Büyük parçalayıcı atıkları, kurumsal atıkları işleyebilir.
- Parçalayıcı ve öğütücüler, atıkları tanınmaz hale getirir.

Dezavantajları;

- Dezenfektasyonlanan penetrasyonuna imkan vermediğinden patolojik atıklar için uygun değildir.

4.4.3 Islak ve Kuru Termal İşlemler

Bu bölüm ıslak termal işlem ve bir kuru termal dezenfektasyon işlemi olan vidalı besleme (screw-feed) teknolojisi olmak üzere iki başlık altında incelenecektir.

4.4.3.1 Islak Termal İşlem

Islak termal veya buhar ile dezenfektasyon işlemi, parçalanmış bulaşıcı atıkların yüksek sıcaklık ve yüksek basınçlı buhara tabi tutulma işlemidir ve otoklav sterilizasyon işlemine benzemektedir. Eğer sıcaklık ve temas süresi yeterli ise bu işlem pek çok çeşit mikroorganizmayı etkisiz hale getirir. Sporlu bakteriler için minimum 121°C sıcaklık gerekir. Bu işlemle, mikroorganizmaların yaklaşık olarak % 99,99 kadarı etkisiz hale getirilir. Otoklavlama sterilizasyonunda ise bu değer % 99,9999 seviyesine ulaşmaktadır.

Islak termal işlem atıkların işlenmeden önce parçalanmasını gerektirir. Dezenfektasyon verimliliğini artırmak için kesici ve delici türü atıkların öğütülmesi veya ezerek parçalanması önerilir. Bu işlem anatomik atıklar ve hayvan leşlerinin işlenmesinde uygun değildir ve

kimyasal veya ecza atıkları için de verimli olmaz (İSTAÇ, 2007).

Islak termal işlemin dezavantajları şunlardır:

- Parçalayıcı ekipmanlar, mekanik bozukluklar ve hasarlara maruz kalmaktadır.
- Dezenfektasyon verimliliği işletme şartlarına çok duyarlıdır.

Ancak oldukça düşük yatırım ve işletme masrafları ile düşük çevresel etkileri, ıslak termal işlemin belirgin avantajlarıdır ve bu bertaraf yöntemi fırında yakmanın pratik olmadığı durumlarda dikkate alınabilir. Tıbbi atıklar dezenfekte edildikten sonra (dezenfekte edilen atıklar artık evsel atık niteliğine dönüşmüş olacağından) evsel çöplerle birlikte toplanıp bertaraf edilebilir. Ancak bu atıklar, uygun ortam şartlarında kolaylıkla yeniden enfekte olabilirler. Bu durumda dezenfektasyon işlemi tekrarlanmalıdır. Bu ikinci dezenfektasyon işleminden sonra bu atıklar, yukarıda belirtildiği gibi, diğer evsel atıklarla birlikte düzenli depolama sahalarında bertaraf edilebilirler.

Otoklavlama ise verimli bir ıslak ısı işlem ile dezenfektasyon yapma işlemidir. Tipik olarak, otoklavlar hastanelerde yeniden kullanılan tıbbi ekipmanların sterilizasyonu için kullanılmaktadır. Bunlar az miktardaki atıkların işlenmesine izin verirler ve bu yüzden de mikrobiyal kültürler veya kesiciler gibi çok bulaşıcı atıkların bertarafında sık olarak kullanılırlar. Tüm genel amaçlı hastanelerin –hatta olanakları kısıtlı olan hastaneler de dahil olmak üzere- otoklavlama sistemleri ile donatılmaları önerilmektedir (İSTAÇ, 2007).

4.4.3.2 Vidalı Besleme (Screw-feed) Teknolojisi

Vidalı besleme (screw-feed) teknolojisi yakılmamış atığın küçük parçalara bölünerek daha sonra dönen bir ortamda (rotating auger) ısıtılması ile yapılan bir kuru termal dezenfektasyon işlemidir. Sürekli çalışan üniteler –ki bunlar sürekli çalışan vidalı besleme sistemleri olarak da adlandırılırlar– ticari olarak mevcut olup halen pek çok hastanede kullanılmaktadır.

Bu işlemde atıklar hacim olarak %80 ve ağırlık olarak da %20–35 oranında azalmaktadır. Bu işlem bulaşıcı atık ve kesicilerin bertarafı için uygundur. Ancak söz konusu teknoloji patolojik, sitozehirli veya radyoaktif atıkların bertarafında kullanılamamaktadır. Sonuçta ortaya çıkan egzoz gazları bir filtreden geçirilerek temizlenir ve bertaraf işlemi sırasında oluşan su yoğunlaştırılarak deşarjdan önce arıtılır (İSTAÇ, 2007).

4.4.4 Mikrodalga ile Işınlama Teknolojisi

Mikrodalga ile ısınlama, tıbbi atıkların zararlarının yok edilmesinde son yıllarda kullanılmaya başlanmış bir teknolojidir. Bu tür ısınlama enfeksiyöz atıkların içerisindeki nem ve suyu belli bir sürede ısıtarak etki gösterir. Bu nedenle atıklar önce parçalanmalı ve yeterli miktarda su ilave edilmelidir[2].

Pek çok mikroorganizma 2450 MHz frekanslı ve 12,24 cm dalga boyu mikrodalgalarla yok edilmektedir. Atıklar içindeki su mikrodalgalarla hızlı bir şekilde ısıtılmış olur ve bulaşıcı bileşenler ısı iletimi ile yok edilirler. Mikrodalgalarla çalışan bertaraf ünitelerinde, atıkları küçük parçalara bölen bir yükleme sistemi mevcuttur. Atıklar daha sonra nemlendirilir ve mikrodalga jeneratörleri ile donanımlı ısınlama odasına gönderilirler. Atıklar burada 20 dakika kadar ısınlama tabi tutulurlar. Işınlamadan sonra, atıklar bir konteyner içinde toplanır ve diğer evsel atıklarla birlikte belediye atık sistemine gönderilir. Mikrodalga teknolojisi kullanılarak elde edilen dezenfektasyonunun verimliliği, bakteriyolojik ve virolojik testlerle periyodik olarak kontrol edilmelidir.

Mikrodalga teknolojisi pek çok ülkede oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır ve gittikçe daha da popüler olmaktadır. Ancak, potansiyel işletme ve cihazların bakım sorunlarından oluşan yüksek maliyetler nedeni ile bu teknolojinin henüz gelişmekte olan ülkelerdeki kullanımı fazlaca önerilmemektedir. Daha farklı dalga boyları veya elektron ışınları kullanılan benzer teknolojiler de geliştirilmiş bulunmaktadır (İSTAÇ, 2007).

4.4.4.1 Mikrodalga ile Işınlama İşleminin Avantajları ve Dezavantajları

Belli oranda su içeren ve nemli atıklar için uygun olması, mikrodalga ile ısınlama işleminin en önemli avantajıdır. Bu işlemin dezavantajları ise kuru, çok ıslak ve yüksek metal içeren atıklar için uygun olmaması ve kalite kontrol metotlarının diğer metotlar kadar iyi gelişmemiş olmasıdır[2].

4.4.5 Depolama Yöntemi ile Bertaraf Etme

Eğer belediye veya tıbbi otoritelerin, tıbbi atıkları depolamadan önce işleyebilmeleri için gerekli alt yapıları yok ise, bu durumlarda tıbbi atıkların depolama sahalarında gömülerek bertaraf edilmeleri kabul edilebilir bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Tıbbi atıkların hastanelerde veya başka bir yerde toplanmasına müsaade etmek, bunların bulaşıcı hastalıkları taşıması açısından, belediye depolama sahalarında –bu sahalar yüksek gelirli ülkelerdeki standartlarda yapılmış olmasalar da- depolanarak bertaraf edilmelerinden çok daha yüksek bir

risk taşır. Tehlikeli tıbbi atıkların depolanarak bertaraf edilmelerine karşı temel itirazlar, (özellikle işleme tabi tutulmamış tıbbi atıklar için) kültürel veya dini nedenlerden dolayı olabildiği gibi bunların havaya ve suya patojen yaymasından dolayı da olabilir. Bu itirazlar ayrıca çöplüklerde çalışan hurdacılar veya buralarda başıboş olarak dolaşan hayvanların patojenleri yayma tehlikesinden dolayı da yapılabilmektedir (İSTAÇ, 2007).

Tıbbi atıklar açık çöplüklerde veya çevrelerinde bertaraf edilmemelidir. İnsan ve hayvanların bulaşıcı patojenlerle temas riski açık olarak ortadadır. Buralarda yaralardan, solunum veya sindirim yollarından, doğrudan veya gıda zinciri ile veya pek çok patojenik türlerle indirekt olarak temaslardan dolayı hastalıkların ortaya çıkma riski kaçınılmazdır.

Tıbbi atıkların düzenli depolama sahalarında bertarafının açık çöplüklere göre en az dört avantajı vardır. Bunlar (İSTAÇ, 2007);

- Atıkların çevreden jeolojik olarak izole edilmeleri,
- Sahanın atıkları kabulünden önce gerekli mühendislik çalışmalarının yapılmış olması,
- İşletmelerin kontrol ve denetimleri için gerekli personelin hazır olması,
- Atıkların üzerlerinin her gün örtülmek üzere bir organizasyonun bulunmasıdır.

Tıbbi atıklarının belirli tiplerinin düzenli depolama ile bertarafı (bulaşıcı atık ve az miktarlardaki ecza atıkları) kabul edilebilir. Düzenli depolar, toprağın, yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesini engeller ve hava kirlenmesini, kokuları ve halkın atıklarla doğrudan temasını sınırlar. Düzenli depolamanın mümkün olamadığı durumlarda, yeni lisanslı atık bertaraf tesisleri tamamlanıncaya kadar kontrollü çöplüklerin herhangi bir bölümü tıbbi atıklar için kullanılabilir. Böylelikle hastalıkların yayılma riskleri de ölçülebilir bir şekilde engellenecektir. Bu ortamlarda tıbbi atıkları depolamak için asgari olarak gereken şartlar aşağıda belirtildiği gibidir (İSTAÇ, 2007):

- Atıkların toplanması için makul ve organize olmuş bir sistem kurulmuş olmalı ve tıbbi atıkların bertarafı için bu sistem kullanılabilirdir.
- Birtakım mühendislik çalışmaları yapılarak depolamanın daha etkin bir şekilde yapılması sağlanmalıdır.
- Tıbbi atıklar hızlı bir şekilde gömülmeli ve böylelikle bu atıkların insan veya hayvanlarla temasları engellenmelidir.

Tıbbi atıkların (karışık çöplüklerde depolanmalarının zorunlu olduğu durumlarda) aşağıdaki iki yöntemden birisi ile depolanmaları önerilmektedir (İSTAÇ, 2007):

1. Evsel atıklar için ayrılan bölümün çalışılan kısmında sıkı bir derinlik açılarak tıbbi atıklar buraya gömülür ve üzeri 2 m. derinliğinde evsel atık ile derhal örtülür. Burada insan ve hayvanların çöplere ulaşması engellenir. Aynı yöntem tehlikeli endüstriyel katı atıkların bertarafı için de sık olarak kullanılmaktadır. Burada temel amaç, hayvanların ve çöplüklerde çalışan insanların tıbbi atıkları tekrar yeryüzüne çıkarmalarını önlemektir.
2. En azından 3 ay öncesinden örtülmüş olan ve bu nedenle de olgunlaşmış sayılan evsel atıklar içine bir (1–2 m. derinliğinde) bir çukur açılır. Tıbbi atıklar bu çukura doldurulur. Çukur daha sonra oradan alınmış olan evsel atıklarla doldurulur. Bu tip yerler, insan ve hayvanların çöpleri karıştırmak üzere girmelerine karşı korunmalıdır.

Bu bertaraf yöntemlerine ilave olarak “özel küçük bir gömme çukuru hazırlanır ve yalnızca tıbbi atıklar için kullanılabilir. Bu çukur 2 m. derinlikte olmalı ve atıkla 1–1,5 m. derinliğe kadar doldurulmalıdır. Her bir atık yüklemekten sonra, atıklar 10–15 cm. kalınlıkta toprakla örtülür. Bu mümkün değilse kireç, toprak yerine kullanılabilir. Eğer atıkta çok tehlikeli enfeksiyon varsa, toprak kireçle birlikte ilave edilir (İSTAÇ, 2007).

Tıbbi atıkların depolama sahalarında bertaraf işlemi ön işlemden geçmemiş atıklar için pek tavsiye edilmez. Ön işlem için kullanılan seçeneklerden biri de enkapsülasyon işlemidir. Bu işlemde önce atıklar konteynerlere doldurulur. Burada tıbbi atıkları bağlayan bir madde ilavesi yapılır ve konteynerler sıkıca kapatılır. Bu işlemde ya yüksek yoğunluklu polietilen kullanılarak yapılan kübik kutular veya metal fıçı gibi konteynerler kullanılır. Bu konteynerlerin dörtte üçü kesici türü atıklar, kimyasal malzemeler veya ecza artık/kalıntıları ile doldurulur. Konteynerler veya kutular daha sonra plastik köpük, bitümen, çimento harcı veya kil gibi malzemelerle doldurulur. Bu malzemeler kuruduktan sonra, konteynerler sıkıca kapatılır ve dolma sahalarına gönderilerek bertaraf edilir. Bu işlem oldukça ucuz, güvenilir ve özellikle de kesici ve kimyasal veya ecza artık/kalıntılarını bertaraf etmek için düşük miktarda atık yönetimi yapan (minimal tıbbi atık programı uygulayan) tesisler için geçerlidir. Kesici olmayan bulaşıcı atıklar için ise sadece enkapsülasyon önerilmez. Bu atıklar için enkapsülasyon yanında bu tür atıkların yakılması da önerilir. İşlemin temel avantajı, insan veya hayvanların tehlikeli tıbbi atıklara ulaşma risklerini etkin bir şekilde azaltmaya yönelik

olmasıdır (İSTAÇ, 2007).

4.4.6 Tıbbi Atıkları İşleme ve Bertaraf Etme Teknolojilerinin Avantaj ve Dezavantajlarının Karşılaştırılması

Tıbbi atıkları işleme ve bertaraf etme teknolojilerinin temel avantaj ve dezavantajları Çizelge 4.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.1 Tıbbi Atıkları İşleme ve Bertaraf Etme Teknolojilerinin Avantaj ve Dezavantajları (İSTAÇ, 2007)

İşleme/Bertaraf Etme Metodu		Avantajlar	Dezavantajlar
Fırında Yakma	Döner Fırın	— Tüm bulaşıcı atıklar, pek çok kimyasal atık için uygun	— Yüksek yatırım ve işletme masrafları
	Pirolitik Yakma	— Çok yüksek oranda dezenfektan verimlilik — Tüm bulaşıcı atıklara, pek çok kimyasal atıklara ve ecza atıklarına uygun	— Sitozehirlilerin yetersiz imhası — Oldukça yüksek yatırım ve işletme masrafları
Kimyasal Dezenfektasyon		— İyi işletildiği takdirde yüksek verimde dezenfektasyon — Bazı kimyasal dezenfektanların ucuz olması — Atığın ağırlığı ve hacminde çok büyük derecede azalma	— Sistemin işletimini sağlayacak kalifiye teknisyen ihtiyacı — Ciddi önlemler gerektiren kimyasalların kullanımı — Farmakolojik kimyasal ve bazı tür bulaşıcı atıklar için yetersiz
Islak Termal İşlemler		— Atığın ağırlığı ve hacminde çok büyük derecede azalma — Oldukça düşük yatırım ve işletme masrafları	— Parçalayıcıların sıkça bozulması veya verimsiz çalışması — Kalifiye teknisyen ihtiyacı — Anatomik, farmakolojik ve kimyasal atıklar ile buhar geçirmeyen atıklar için yetersiz
Mikrodalga ile Işınlama		— İyi işletilme koşulları altında verimli dezenfektasyon — Atığın ağırlığı ve hacminde çok büyük derecede azalma	— Karşılaştırıldığında yüksek yatırım ve işletme masrafları — Potansiyel işletme ve bakım problemleri
Depolama Yöntemi ile Bertaraf Etme	Enkapsülasyon	— Basit, ucuz ve güvenli — Farmakolojik ürünlere uygun	— Keskin olmayan bulaşıcı atıklar için yetersiz
	Düzenli Depolama	— Düşük maliyet — Sahaya ulaşım ve doğal sızıntı sınırlandırılmış ise güvenli	— Sadece sahaya ulaşım kontrol altında ve bazı önlemler alındıysa yeterli

5. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ VE BULANIK ANALİTİK AĞ PROSESİ

Bugüne kadar kişilerin karar verme sürecine yardımcı olabilmek için çok ölçütlü karar verme yöntemleri geliştirilmiştir. Thomas Saaty tarafından 1970’li yıllarda geliştirilen Analitik Hiyerarşi Prosesinde (AHP), karar vericinin amacı doğrultusunda kriterler ve ona ait alt kriterler ile alternatiflerden oluşan hiyerarşik bir model kullanılır. Bu hiyerarşik model karar vericinin, bilgisinin, deneyiminin, düşüncelerinin ve önsezilerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği, sağlıklı karar vermesine yardımcı olabilecek güçlü bir yöntemdir (Aslan, 2005).

Analitik Ağ Prosesi (AAP) ise, AHP’nin çok genel bir formudur. AHP birimlerin tek yönlü ilişkilerine, AAP ise karar seviyeleri ve özellikleri için karmaşık ilişkilere izin verir. Bir problemde yer alan bileşenler arasındaki ilişkiler tek yönlü değil karşılıklı olduğu zaman, hiyerarşik tanımlamalar yeterli olmaz. Bu durumda seviyeler ortadan kalkar ve bileşenlerin ağırlıklarını bulmak daha karmaşık bir sürecin analizini gerektirir. AAP, problemleri, bileşenler arasındaki ilişkileri ve yönlerini tanımlayarak bir serim şeklinde ifade eder. Bu yapı sayesinde, doğrudan ilişkilendirilmemiş bileşenler arasında olabilecek dolaylı etkileşimler ve geribildirimler de dikkate alınmaktadır (Aslan, 2005).

5.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

AHP, insanoğlunun hiçbir şekilde kendisine öğretilmeyen fakat var oluşundan bu yana karar verme sorunu ile karşılaştığında içgüdüsel olarak benimsediği karar mekanizmasıdır (Aslan, 2005).

Başka bir deyişle AHP, farklı faktörleri aynı anda ele alıp, sayısal değiş-tokuş işlemleri yaparak bir sonuca varmaya çalışan, tümevarımsal ve tündengelimsel düşünmeye olanak tanıyan, doğrusal olmayan bir karar verme yöntemidir. Birçok karar sorunu hem fiziksel hem de psikolojik etkenler içermektedir. Fiziksel etkenler, karar sürecini yürüten bireyin dışındaki objektif, somut gerçeklerdir. Psikolojik etkenler ise bireyin ya da bir bütün olarak toplumun sübjektif fikirlerinden, duygularından ve inançlarından oluşan soyut alandır. AHP hem fiziksel hem de psikolojik etkenleri soruna dahil ettiğinden birçok karar verme yöntemine göre daha gerçekçi bir yöntemdir (Pamukçu, 2004).

Anlaşılmasının çok kolay olması ve basit matematik hesaplamaları içermesi sebebiyle, AHP oldukça büyük bir ilgi görmüş ve gerçek hayatta birçok alanda kullanılmıştır. Yöntem, taarruz helikopterlerinin seçiminden politikada adayların seçimine, veri tabanı seçiminden kaynak

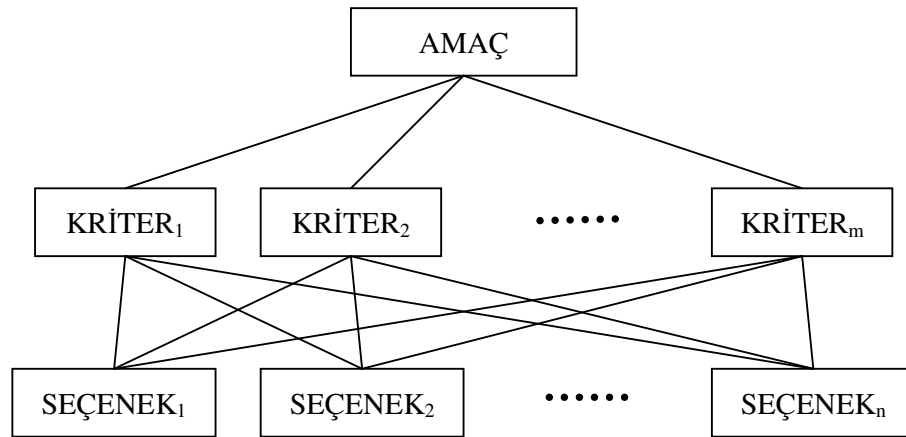
atamaya kadar çok çeşitli karar verme problemlerinin çözümünde başarılı sonuçlar üretmiştir (Çanlı vd., 2007).

AHP; her sorun için amaç, kriter, olası alt kriter seviyeleri ve seçeneklerden oluşan hiyerarşik bir model kullanır. Karışık, anlaşılması güç veya yapılaşmamış sorunlar için genel bir yöntemdir ve üç temel prensip üzerine kurulmuştur (Pamukçu, 2004):

1. Hiyerarşilerin oluşturulması prensibi
2. Üstünlüklerin belirlenmesi prensibi
3. Mantıksal ve sayısal tutarlılık prensibi

Hiyerarşinin tüm parçaları birbirleri ile ilgilidir ve bir faktördeki değişimin diğer faktörleri nasıl etkilediği kolayca görülebilir. AHP'nin hiyerarşik yapısındaki bu esneklik ve etkinlik karar vericiye karar sürecinde çok yardımcı olur. Kararları bu yapıda kurarak; birçok veri türü bir araya getirilebilir ve farklı gözükten nesneler arasında karşılaştırma yapılabilir (Pamukçu, 2004).

Şekil 5.1'de üç seviyeli basit bir hiyerarşi görülmektedir. Hiyerarşik yapıyla amaçlanan, üst seviyedeki elemanların alt seviyedeki elemanlar üzerindeki etkilerinin veya alt seviyedeki elemanların üst seviyedeki elemanların önemlerine ya da gerçekleşmelerine ilişkin katkılarının değerlendirilmesidir (Pamukçu, 2004).



Şekil 5.1 Basit Bir AHP Yapısı (Pamukçu, 2004)

5.2 Bulanık Mantık

1965 yılında Lütü (Lotfi) Asker Zade (Zadeh) tarafından ortaya atılan bulanık küme, mantık ve sistem kavramları bu araştırmacının uzun yıllar boyunca kontrol altında çalışması; istediği

kontrolü elde edebilmesi için fazlaca doğrusal olmayan denklemlerin işin içine girmesi; yöntemin karmaşıklaşması ve çözümün zorlaşması neticesinde ortaya çıkmıştır. Gerçek dünya karmaşıktır. Bu karmaşıklık genel olarak belirsizlik ve kesin düşünce ve kararlar verilemeyeiştten kaynaklanır. Birçok sosyal, iktisadi ve teknik konularda insan düşüncelerinin tam anlamı ile olgunlaşmamış oluşundan dolayı belirsizlikler her zaman bulunur. Gerçek bir olayın tam olarak kavranılması, insan bilgisinin yetersizliği sonucunda tam anlamı ile mümkün olamadığından insan, düşünce sisteminde ve zihninde bu gibi olayları yaklaşık olarak canlandırarak yorumlarda bulunur. İnsan sözel düşünebildiğine ve bildiklerini başkalarına sözel ifadelerle aktarabildiğine göre bu ifadelerin kesin olması beklenemez.

Bulanık mantığın en geçerli olduğu iki durumdan ilki, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesi, ikincisi ise insan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine ihtiyaç gösteren hallerdir (Şen, 2004).

5.3 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi

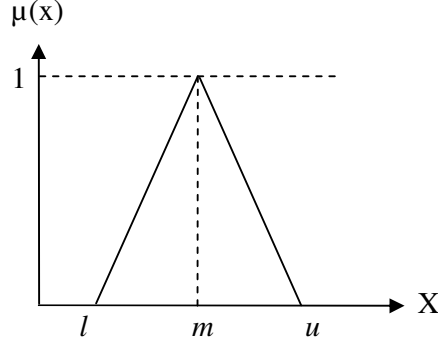
AHP hem objektif hem de sübjektif değerlendirme kriterlerini dikkate alabilen ve yaygın olarak kullanılan birçok kriterli karar verme tekniğidir. Ancak, AHP yönteminde, 1 ile 9 arasında numaralandırılmış ölçeklerin kullanımının basit olmasına rağmen bir takım tutarsızlıklar bulunmaktadır. Ayrıca, karar vericiler genel olarak aralıklı karar vermeyi sabit değerli karar vermeye göre daha rahat bulmaktadır. Dolayısıyla, bu yöntem, karar vericinin kararları ile belirsizliğin açıklanması ve sayılara dökülmesi konusunda yetersiz kalmaktadır. Bu yüzden, insani düşünme şeklini yansıtmak amacıyla Bulanık AHP geliştirilmiştir (Çanlı vd., 2007).

Literatürde, çeşitli yazarlar tarafından ortaya atılan birçok Bulanık AHP yaklaşımı bulunmaktadır. İlk Bulanık AHP çalışması, üçgen üyelik fonksiyonlarıyla tanımlanmış bulanık oranları karşılaştıran Laarhoven ve Pedrycz (1983) ile görülmüştür. Buckley (1985), karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerini trapezoidal üyelik fonksiyonu ile belirlemiştir. Chang ise karşılaştırma matrislerinden performans puanları ve ölçüt ağırlıklarına geçiş için bulanık üçgen sayıların kesişimi yöntemini kullanarak yeni bir yaklaşım tanıtmıştır (Çanlı vd., 2007).

5.3.1 Üçgen Bulanık Sayılar

Bir üçgen bulanık sayı $(l \mid m, m \mid u)$ veya (l, m, u) şeklinde gösterilir. Bir bulanık olay için l, m

ve u parametreleri, sırasıyla mümkün en küçük değeri, en çok beklenen değeri ve mümkün en büyük değeri temsil eder. Şekil 5.2’de örnek olarak bir bulanık üçgen sayı verilmiştir (Çanlı vd., 2007):



Şekil 5.2 (l, m, u) Bulanık Üçgen Sayısı (Çanlı vd., 2007)

Her üçgen bulanık sayının lineer gösterimleri sol ve sağ taraf şeklinde aşağıdaki üyelik fonksiyonu ile tanımlanabilir (Çanlı vd., 2007):

$$\mu(X|\tilde{M}) = \begin{cases} 0, & x < l, \\ (x-l)/(m-l), & l \leq x \leq m, \\ (u-x)/(u-m), & m \leq x \leq u, \\ 0, & x > u. \end{cases} \quad (1)$$

Bulanık AHP hesaplamalarında üçgen bulanık sayılar için temel aritmetik işlemlerine gerek duyulmaktadır. Aşağıda $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ bulanık üçgen sayıları için temel aritmetik işlemler verilmiştir (Çanlı vd., 2007):

Toplama: $\tilde{M}_1 \oplus \tilde{M}_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$

Çarpma: $\tilde{M}_1 \otimes \tilde{M}_2 = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2)$

Bölme: $\tilde{M}_1 \oslash \tilde{M}_2 = (l_1 / u_2, m_1 / m_2, u_1 / l_2)$

Negatif: $-\tilde{M}_1 = (-l_1, -m_1, -u_1)$

Tersi: $\frac{1}{\tilde{M}_1} = (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1)$

5.3.2 Bulanık AHP Algoritması

Geleneksel Bulanık AHP yöntemleri yorucu aritmetik hesaplamaları kullanarak operasyonlardaki bulanık değerlerle ilgilenmektedir. Ayrıca, bu yöntemlerin bir diğer dezavantajı da kesin bir sonuca ulaşmak için fazladan durulaştırma işlemine ihtiyaç duyulmasıdır. Chang'ın yaklaşımında ise, bulanık sayıların kesişimi yöntemiyle hesaplamalar yapıldığı için, yukarıda bahsedilen dezavantajlar geçerli değildir (Çanlı vd., 2007).

Chang'ın Bulanık AHP Algoritması aşağıda ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır:

$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ bir nesne kümesi ve $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ de bir hedef kümesi olsun. Chang'ın genişletilmiş analiz yöntemine (Extent Analysis Method) göre, her bir nesne ele alınarak her hedef için g_i değerleri sırasıyla oluşturulur. Böylece her bir nesne için m genişletilmiş analiz değerleri şu şekilde elde edilebilir:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Burada tüm $M_{g_i}^j (1, 2, \dots, m)$ değerleri, parametreleri l, m, u olan üçgen bulanık sayılardır (Kahraman vd., 2003).

Chang'ın genişletilmiş analiz yönteminin adımları şu şekildedir (Kahraman vd., 2003):

Adım 1: i . nesne için genişletilmiş analiz değerleri $M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, \quad i = 1, 2, \dots, n$ ise, i . nesneye göre bulanık yapay büyüklük değeri şu şekilde tanımlanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (3)$$

$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ ifadesini elde etmek için, m değerleri üzerinde bulanık toplama işlemini belirli bir matris için şu şekilde gerçekleştirmek,

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (4)$$

$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$ ifadesini elde etmek için, $M_{g_i}^j \quad j = 1, 2, \dots, m$ değerleri üzerinde bulanık

toplama işlemini yapmak,

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (5)$$

Ve daha sonra (5) denklemindeki vektörün tersini hesaplamak gerekir (Kahraman vd., 2003).

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (6)$$

Adım 2: $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ifadesinin olasılık derecesi;

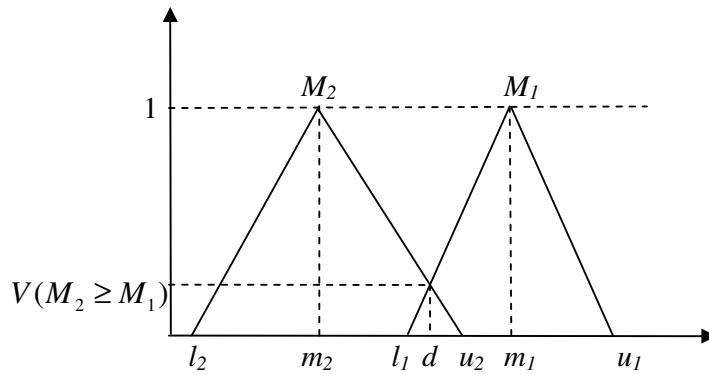
$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} \left[\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)) \right] \quad (7)$$

veya başka bir ifade ile

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } m_2 \geq m_1, \\ 0, & \text{eğer } l_1 \geq u_2, \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diğerhallerde.} \end{cases} \quad (8)$$

şeklinde tanımlanır.

Burada d , Şekil 5.3'te gösterildiği gibi μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktası olan D 'nin ordinatıdır.



Şekil 5.3 M_1 ve M_2 Arasındaki Kesişme (Kahraman vd., 2003)

M_1 ve M_2 'yi karşılaştırmak için, $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$ değerlerinin her ikisi de gereklidir (Kahraman vd., 2003).

Adım 3: Konveks bir bulanık sayının olasılık derecesinin k konveks bulanık sayıdan $M_i (i = 1, 2, \dots, k)$ daha büyük olması şu şekilde tanımlanabilir:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] \\ = \min V(M \geq M_i), \quad i=1, 2, \dots, k \quad (9)$$

Burada, $k=1, 2, \dots, n$; $k \neq i$ için,

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad (10)$$

olduğu düşünülürse ağırlık vektörü şu şekilde bulunur:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (11)$$

Burada, $A_i (i=1, 2, \dots, n)$ n elemandan oluşur (Kahraman vd., 2003).

Adım 4: Normalize edilmiş ağırlık vektörleri;

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (12)$$

olarak bulunur. Burada, W ağırlık vektörü bulanık bir sayı değildir (Kahraman vd., 2003).

Yukarıda anlatılan Bulanık AHP algoritmasındaki ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması için kullanılan ölçek Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 İkili Karşılaştırmalarda Kullanılan Ölçek (Çanlı vd., 2007)

Dilsel İfade	Bulanık Üçgen Sayılar	
	Sayı	Eşleniği
Eşit derecede önemli	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Biraz daha fazla önemli	(2/3, 1, 3/2)	(2/3, 1, 3/2)
Kuvvetli derecede önemli	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Çok kuvvetli derecede önemli	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)
Tamamıyla önemli	(7/2, 4, 9/2)	(2/9, 1/4, 2/7)

5.4 Analitik Ağ Prosesi (AAP)

Birçok karar sorunu hem sübjektif hem de objektif etkenler içermektedir. AHP hem sübjektif hem de objektif etkenleri soruna dahil ettiğinden birçok karar verme yöntemine göre daha gerçekçi bir yöntemdir (Özdemir, 2004).

Ancak, birçok karar verme problemi hiyerarşik olarak yapılandırılmaz, çünkü bu tip karar problemlerinde yüksek seviyedeki faktörlerin daha alt seviyedeki faktörler üzerinde bağımlılığı ve etkileşimi vardır. Fonksiyonel bağımlılık içeren bir problemin yapılandırılması faktör grupları arasındaki geribildirim ile sağlanabilir. Örneğin bir bilgi sistemi projesi seçimi probleminde aday projeler arasında teknik bağımlılık, kaynak bağımlılığı ve kazanç bağımlılığı söz konusudur, problemin modellenmesinde bu bağımlılıkların dikkate alınmaması yanlış alternatiflerin seçilmesine ve kazanç ve kaynak kayıplarına neden olabilmektedir. AHP bu bağımlılıkların dikkate alınarak problemin modellenmesinde yeterli değildir (Dağdeviren vd., 2005).

Bu tür sorunları çözmek için, AHP yaklaşımının daha genel bir şekli olan, karar verme ölçütleri ve seçenekleri arasında ve kendi içlerinde geri besleme ve bağımlılığa olanak tanıyan, dolayısıyla karmaşık karar çevrelerinin daha doğru bir şekilde modellenebileceği Analitik Ağ Prosesi (AAP) yaklaşımı ortaya konmuştur (Özdemir, 2004).

AHP yönteminde karşılaşılan diğer bir sorun da sıra değişimidir. Sıra değişimi; belirli bir faktör kümesine göre belirlenen alternatif önceliklerinin, yeni bir alternatif eklendiğinde veya çıkarıldığında değişmesidir. Bu sorun AAP yönteminde azaltılmıştır. Bu yapısıyla AAP, faktörler arasındaki ilişkilerin dikkate alınmasını gerektiren karar problemlerinin modellenmesinde kullanılabilecek ve daha etkin sonuçlara ulaşılmasını sağlayacak bir yöntemdir (Dağdeviren vd., 2005).

Günümüzde kararların hızlı ve etkin bir şekilde verilmesi rekabet ortamında işletmelerin en önemli hedeflerinden biri olmuştur. İşletmelerin hızla değişen çevresel koşullara karşı hızla uyum sağlamaları ve bu değişime paralel olarak etkin kararlar alabilmeleri, karar sürecinde çok sayıda nitel ve nicel faktörü bir arada değerlendirebilen bilimsel yöntemleri kullanmaları ile mümkündür. AAP, bu süreçte kullanılabilecek bir yöntemdir (Dağdeviren vd., 2005).

AAP iki alt bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm modeldeki karşılıklı etkileşimleri kontrol eden faktörlerin oluşturduğu kontrol hiyerarşisidir. İkincisi ise faktörler ve faktörlerin oluşturduğu kümeler arasındaki etkileşimlerin oluşturduğu alt gruplardır. AAP’nde karar verme problemi bir ağ şeklinde modellenmekte ve bu aşamada faktör grupları arasındaki dış bağımlılıklar,

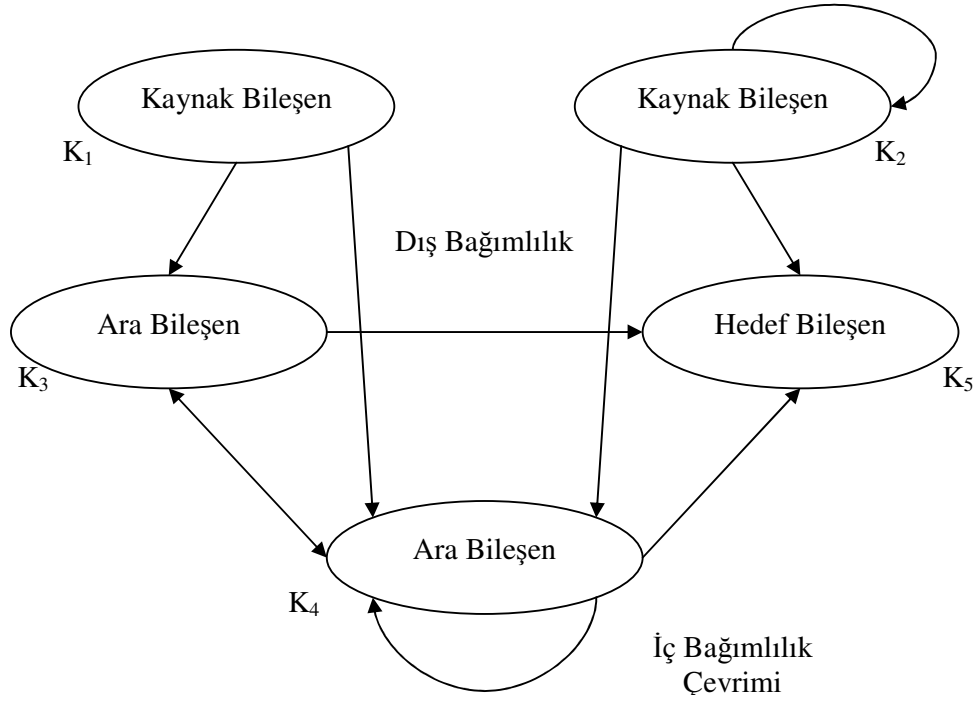
geribildirimler ve aynı faktör grubu içinde yer alan iç bağımlılıklar dikkate alınmaktadır. AAP bu yapıyla daha etkin kararların verilmesini sağlamaktadır (Dağdeviren vd., 2005).

5.4.1 AAP’de Sorunun Yapılandırılması

AAP’de bir karar sorununun gösteriminde ayrıntılı yapıların kullanılması önemlidir. Verilen kararın geçerliliği, kullanılan çözüm yöntemine bağlı olduğu kadar oluşturulan yapının ve yapıdaki ilişkilerin zenginliğine ve doğruluğuna da bağlıdır. AAP’de sorunlar ağ biçiminde yapılandırılırlar. Genel olarak, bir ağ, belirli bir varlığa göre elemanların başka elemanlar üzerindeki etkilerinin dağılımıyla ilgilidir (Özdemir, 2004).

AAP’de karar bileşenlerinin (components), elemanlarının (elements) ve aralarındaki etkileşimleri göstermek üzere bağlantıların belirlenmesi ve bir diyagram ile gösterilmesi gereklidir (Saaty, 1996). Bu amaçla çizgeler (graph) kullanılmaktadır. Çizge, üstünlüklere dayanan karar sorunlarının yapılandırılmasında kullanılan geometrik yapıdır. Çizgi teorisi terminolojisine göre bir çizge, düğümler denilen kavşak (birleşme) noktalarının bir kümesinden ibarettir. Düğümlerin belirli çiftleri dallar, oklar veya bağlantılar denilen doğrularla birleştirilmiştir. Bir ağ ise dallarında bir çeşit akış olan bir çizge olarak kabul edilir (Pamukçu, 2004).

Çizge teorisinde düğüm diye adlandırılan birleşme noktaları AAP’de bileşen olarak adlandırılmaktadır. Elemanlar ise bu bileşenleri oluşturan alt unsurlardır. Bir ağ yapısında, Şekil 5.4’ten de görülebileceği gibi üç tür bileşenden söz edilebilir. Kaynak bileşen denilen ilk tür ağdaki hiçbir başka eleman tarafından etkilenmeyen, dolayısıyla bu bileşene doğru yönelmiş okların olmadığı bileşenlerdir. Ağ yapısında birden fazla olabilen bu bileşenler amacı veya kriterleri temsil edebilir. İkinci tür bileşenler ara bileşenlerdir. Bunlar hiyerarşik yapıdaki alt kriterleri temsil edebilir. Ağ yapısında ara bileşenlerin etkilendiği ve kendilerinin etkilediği başka bileşenler vardır. Üçüncü tür ise yalnız diğer bileşenler tarafından etkilenen hedef bileşendir. Bu bileşen de hiyerarşik yapıdaki seçenekleri temsil edebilir (Özdemir, 2004).



Şekil 5.4 Geribesleme Ağı (Saaty, 1996)

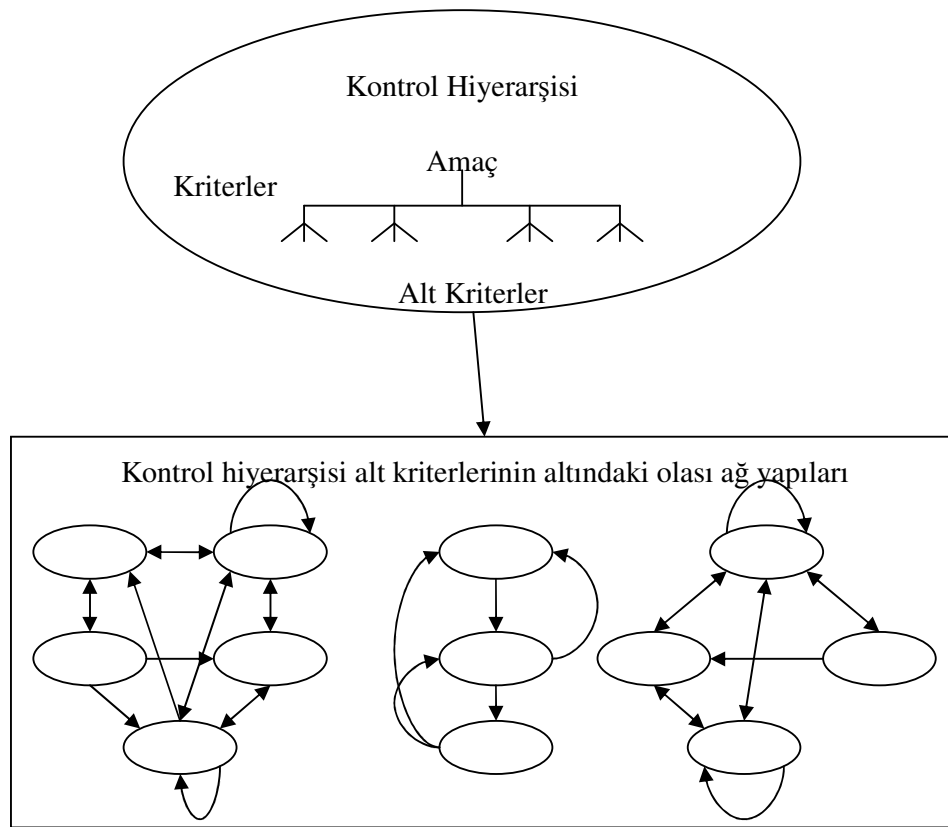
AAP’de temel kavram “etki”dir. Geribesleme ağındaki okların yönleri bağımlılığı ortaya koyar. Ok yönü etkileyen bileşenden etkilenen bileşene doğrudur. AAP yaklaşımında, bileşenler ve elemanları arasında karşılıklı bağımlılıklar da söz konusu olduğundan, grafiksel gösterim bileşenler arasında iki yönlü oklar içerebilir. Eğer bir bileşenin veya elemanlarının kendi içlerinde bağımlılıkları söz konusu ise bu durum bileşenden çıkan bir okun yine aynı bileşene dönmesi ile gösterilir. Geribeslemelerin olduğu gerçek hayat problemlerinde bileşenler tanımlara göre net bir şekilde sınıflandırılmazlar.

Yapılandırma sürecinde önemli olan bir konu oluşturulan kümelerdeki veya seviyelerdeki elemanların sayısının, Miller’in teoremine dayanarak beş ila dokuz arasında olmasıdır. Ağ yapılarında aynı kümedeki elemanların mümkün olduğunca homojen olması, yani aralarındaki farkların çok büyük olmaması dikkat edilmesi gereken diğer bir konudur. Bu sayede daha anlamlı karşılaştırmalar yapılabilir.

Gerçek hayatta karşılaşılan birçok sorunun doğasında bağımlılıklar vardır. Basit yapılar kullanarak sorunun bileşenleri arasındaki etkileşimleri çözüm sürecine dahil etmemek teoride elde edilen sonucun uygulamada tatmin edici olmamasına neden olabilir. AAP’de kullanılan ağ yapısı bileşenler arasındaki bağımlılıkları da içerdiğinden gerçek hayattaki karmaşıklığı çok daha iyi yansıtmaktadır (Özdemir, 2004).

AAP’de sorun yapılandırma aşamasında kullanılan diğer bir araç da kontrol hiyerarşisidir. Kontrol hiyerarşisi, üzerinde çalışılan sistemin amacına yönelik üstünlüklerin türetildiği, kriterler ve alt kriterlerden oluşan bir hiyerarşidir. Kontrol hiyerarşileri, incelenen karar sorununun temel unsurlarının ötesindeki faktörlerin karara katılmasını sağlar.

Bir kontrol hiyerarşisi Şekil 5.5’te görülebileceği üzere amaç, kriterler ve alt kriterlerden oluşan hiyerarşik bir yapıdır. Kontrol hiyerarşisindeki amaç, kriterler ve alt kriterler karar sorununun kontrol unsurları olarak nitelendirilmektedir. Kontrol hiyerarşisinin bir başka şekli kontrol kriterlerinin birbirlerine bağımlı olabildiği kontrol ağı yapısıdır. Ancak böyle bir yapı, çözüm sürecini çok karmaşık hale getireceğinden tercih edilmemektedir (Pamukçu, 2004).



Şekil 5.5 Kontrol Hiyerarşisi (Saaty, 1996)

Saaty (1996), bir kontrol hiyerarşisinin amaç seviyesinde yer alabilecek dört faktör belirlemiştir. Bu faktörler kar (benefit), maliyet (cost), fırsat (opportunity) ve risk (risk) tir. Dört ana faktörün alt seviyesinde ise kriterler, soruna bağlı olarak güvenilirlik, kullanım kolaylığı, kolay ulaşılabilirlik veya ekonomik, politik, çevresel, sosyal faktörler vb. olabilir. AAP’de ele alınan tek bir karar sorunu için kara, maliyete, fırsata ve riske göre ayrı ağ yapıları oluşturulabilir (Pamukçu, 2004).

5.4.2 AAP’de Sorunun Modellenmesi

AAP sürecinde sorunun yapılandırılmasının ardından kriterlerin önemlerinin belirlenerek seçeneklerin kriterlere göre performans değerlerinin elde edilmesi ve sorunun modellenmesi gerekmektedir. Bu aşamada ölçeklerden faydalanılmaktadır. AAP, oran ölçeklerine dayanan bir teoridir. Saaty’e (1996) göre davranışlarımızın büyük bir kısmı, onları birbirlerine göre karşılaştırma işlemi sonucu elde edilen oranlarla açıklanabilir. Benzer şekilde somut veya soyut varlıklara anlamlı büyüklükler atamanın yolu ise onları başka varlıklarla ilişkilendirerek karşılaştırmaktır.

AAP’de kullanılan ikili karşılaştırma yöntemi elemanların bağlı oldukları kriterlere olan katkılarıyla ilgili verileri sağlamak için bilgi ve tecrübeye dayanan yargıların ortaya konmasıdır (Özdemir, 2004).

Elemanlar, sahip oldukları ortak bir özelliğe ya da bir kriterin gerçekleştirilmesine ilişkin katkılarına göre ikililer halinde karşılaştırılırken dikkate alınması gereken bir kavram baskınlıktır (dominance). Bir elemanın baskın olması, onun diğer elemandan daha önemli olması, daha muhtemel olması ya da daha çok tercih edilmesi anlamına gelmektedir. İki eleman baskınlıklarına göre karşılaştırılırken elemanlardan küçük olan birim olarak seçilir ve büyük olan o birimin katı şeklinde ifade edilir. Saaty (1996), karmaşık bir sorunda var olabilecek her türlü varlığın karşılaştırılabilmesi için, karşılaştırma yapılırken iki elemandan büyük olanın sahip oldukları ortak bir özellik ya da kritere göre küçük olandan kaç kat daha baskın olduğunu belirten sayılardan oluşan bir temel ölçek ortaya koymuştur. AHP yönteminde de kullanılan bu ölçek, bir ila dokuz arasındaki tam sayılardan oluşmaktadır. Buna göre, bir i elemanı bir j elemanı ile karşılaştırıldığında ölçekteki pozitif değerlerden birini alıyorsa, j elemanı i elemanı ile karşılaştırıldığında bu değer çarpmaya göre tersi olan değeri alacaktır.

Ağ yapısında elemanlar bağlı oldukları kriterlere göre karşılaştırılırlar. AAP’de ikili karşılaştırmalar etkileyen kritere göre, söz konusu kriterden etkilenen kriterlerin karşılaştırılması şeklinde yürütülür (Özdemir, 2004).

5.4.3 AAP’de Sorunun Çözümlemesi

AAP’de ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasından sonra çözüme doğru ilerlemek için bu matrislerin üstünlük vektörlerinin hesaplanması gerekmektedir. Hesaplanan üstünlüklerin ikili karşılaştırma matrisindeki yargıları doğru biçimde yansıtması çok önemlidir. Üstünlük

vektörlerinin bulunması için; sağ özvektör, sol özvektör, en küçük kareler yöntemi, logaritmik en küçük kareler yöntemi gibi farklı yöntemler mevcuttur (Pamukçu, 2004).

Üstünlük vektörünün bulunması için farklı yollar olmakla birlikte en iyi sonuç veren yollardan biri olan yol, A matrisinin her sütunundaki elemanları sütun toplamlarına bölmek suretiyle normalize etmek ve elde edilen matristeki satırların aritmetik ortalamasını almak şeklindedir. Üstünlük vektörü ayrıca AAP için kullanılan “Super Decisions” paket programıyla da hesaplanabilir (Özdemir, 2004).

Geribeslemeli bir sistemde bileşenlerin üstünlüklerinin sentezlenmesi dikkat isteyen bir süreçtir. Bir ağ yapısında hiyerarşik yapıda olduğu gibi üstünlüklerin sırayla en alt seviyeden en üst seviyeye kadar çarpılması mümkün değildir. Sistemin elemanları çok sayıda farklı elemanla etkileşim halinde olabilirler.

AAP’de bir elemanın üstünlüğünün anlamlı olabilmesi için, söz konusu elemanın bağımlı olduğu veya etkilediği tüm elemanların ve ağ üzerinde etkilenen elemanlara varan, etkileyen elemanlardan da ayrılan tüm olası yolların hesaplamaya dahil edilmesi gerekmektedir. Geribeslemeli sistemlerde üstünlük belirlemede bileşenler ve elemanlar arasındaki tüm etkileşimlerin hesaplamaya dahil edilebilmesi için süpermatris yöntemi geliştirilmiştir. Süpermatris genel olarak ağ yapısında mümkün olan tüm ikili karşılaştırmalar sonucu elde edilmiş olan üstünlük vektörlerinden oluşan bir kare matristir. C_N ’ler ağ yapısındaki bileşenler, e_{Nn} ’ler bileşenlerin elemanları ve W_{ij} ’ler üstünlük vektörlerinden oluşan ve blok diye adlandırılan matrisler olmak üzere bir süpermatris Şekil 5.6’da gösterilmiştir. W_{ij} blok değerleri de süpermatrisin altındaki Şekil 5.7’de gösterilmiştir. Bir ağ yapısında tüm elemanların diğer bileşenlerdeki ve bulundukları bileşenlerdeki tüm elemanlarla etkileşim halinde olmaları gibi bir durum söz konusu olmadığında, süpermatriste elemanlar arasında herhangi bir etkileşimin olmadığı yerlere sıfır değeri verilmektedir. Bir karar sorununun yapılandırılmasında kontrol hiyerarşisi de kullanılmışsa kontrol hiyerarşisindeki her bir kontrol kriteri için ayrı süpermatrisler düzenlenmelidir (Özdemir, 2004).

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c}
 C_1 \quad C_2 \quad \dots \quad C_N \\
 e_{11} \ e_{12} \ e_{1n1} \quad e_{21} \ e_{22} \ e_{2n2} \quad \dots \quad e_{N1} \ e_{N2} \ e_{NnN}
 \end{array} \\
 W = \begin{pmatrix}
 \begin{array}{c}
 C_1 \\
 e_{11} \\
 e_{12} \\
 \vdots \\
 e_{1n1}
 \end{array} & \begin{array}{c}
 W_{11} \quad W_{12} \quad \dots \quad W_{1N}
 \end{array} \\
 \begin{array}{c}
 C_2 \\
 e_{21} \\
 e_{22} \\
 \vdots \\
 e_{2n2}
 \end{array} & \begin{array}{c}
 W_{21} \quad W_{22} \quad \dots \quad W_{2N} \\
 \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots
 \end{array} \\
 \begin{array}{c}
 \vdots \\
 e_{N1} \\
 e_{N2} \\
 \vdots \\
 e_{NnN}
 \end{array} & \begin{array}{c}
 W_{N1} \quad W_{N2} \quad \dots \quad W_{NN}
 \end{array}
 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

Şekil 5.6 Süpermatris (Saaty, 1996)

$$W_{ij} = \begin{pmatrix}
 W_{i1}^{(j1)} & W_{i1}^{(j2)} & \dots & W_{i1}^{(jni)} \\
 W_{i2}^{(j1)} & W_{i2}^{(j2)} & \dots & W_{i2}^{(jni)} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 W_{ini}^{(j1)} & W_{ini}^{(j2)} & \dots & W_{ini}^{(jni)}
 \end{pmatrix}$$

Şekil 5.7 W_{ij} Blok Matris (Saaty, 1996)

Oluşturulmuş olan bir süpermatris üzerinde çözüme yönelik işlemlerin yapılabilmesi için matrisin stokastik olma zorunluluğu vardır. Negatif olmayan bir kare matriste her bir sütunun toplamı 1'e eşitse böyle bir matrise sütun stokastik veya kısaca stokastik matris denir. Bir bileşendeki elemanların birbirleriyle ve başka bileşenlerdeki elemanlarla karşılaştırılmaları sonucunda ortaya çıkan özvektör değerleri süpermatrise yerleştirildiğinde elde edilen matris stokastik olmayabilir. Bu durumda süpermatrisin ağırlıklandırılması yoluyla sütun

toplamlarının 1'e eşit olması sağlanmalıdır. Bunun için elemanların değil de bileşenlerin birbirlerine veya varsa kontrol kriterlerine göre ikililer halinde karşılaştırılmaları gereklidir. Bileşenlerin karşılaştırılmaları sonucu türetilen üstünlük değerlerinden her biri süpermatriste kendilerine karşılık gelen bloktaki tüm değerlerle çarpılır. Elde edilen yeni matrise ağırlıklandırılmış süpermatris denir.

AAP'de bu aşamadan sonra amaçlanan, her bir elemanın diğer elemanlarla olan etkileşimini yansıtan sınır üstünlüklerin türetilmesidir. Bir W süpermatrisinde elemanların sınır üstünlüklerinin, yani sınır matrisin bulunması genel olarak W^∞ ile gösterilmektedir. Bu gösterim gerek süpermatrisin doğrudan kuvvetlerini alarak gerekse başka şekillerde sınır üstünlüklerin bulunmasını ifade eder (Özdemir, 2004).

Sınır üstünlükleri elde etmek üzere matris işlemlerinin yapılması çok zor olduğundan, AAP yöntemiyle karar sorunlarının çözülmesi için kullanılabilen bir paket program mevcuttur. "Super Decisions" adlı program özellikle sınır matrislerin elde edilmesi konusunda her türlü teorik bilgiyi sürece katarak tatmin edici sonuçların bulunmasını sağlamaktadır (Pamukçu, 2004).

5.5 Bulanık Analitik Ağ Prosesi

Klasik AAP Yönteminde karar vericiler, olası alternatifler kümesini değerlendirirken belirsizlik ve anlam çokluklarıyla karşılaşabilirler. Ayrıca, nitel özellikler üzerine insanların yaptığı değerlendirmeler, her zaman için öznel ve bu değerlendirmelerde bir kesinlik söz konusu değildir. Karar vericilerin düşüncelerindeki bu belirsizlik ve kesinsizlikten dolayı, Klasik AAP'de yapılan ikili karşılaştırmalar, karar vericilerin gerçek düşüncelerini yansıtmakta yetersiz kalmaktadır. Klasik AAP Yönteminin bu eksikliğini gidermek için, ikili karşılaştırmalar yapılırken bulanık mantık yaklaşımı esas alınabilir (Ayağ vd., 2006). İşte bulanık mantık ve Klasik AAP'nin bir entegrasyonu olan bu yöntem "Bulanık AAP" olarak adlandırılır.

Literatürü incelediğimizde Bulanık AAP yönteminin; Araştırma&Geliştirme Projesi Seçimi (Mohanty vd., 2005), Performans Ölçümü (Yellepeddi, 2006), Kalite Fonksiyonu Dağılımı Uygulaması (Ertay vd., 2005), ERP (Enterprise Resource Planning) Yazılımı Seçimi (Ayağ vd., 2006) gibi problemleri çözmek için kullanıldığını görebiliriz.

Bulanık AAP'nin Klasik AAP Yöntemine göre sağladığı bazı avantajlar şunlardır:

- Bulanık AAP Yöntemi, ikili karşılaştırma prosesindeki belirsizlik ve kesinsizliği daha iyi modeller.

- Bulanık AAP, hem tutarlı hem de tutarsız düşüncelerden öncelikleri elde etmede başarılı bir yöntemdir.
- Bulanık AAP'de, karar vericilerin, kavramaya yönelik olarak göstermesi gereken çaba daha azdır.
- Bulanık AAP, yapılan öznel değerlendirmelerde karar vericilerin riske karşı tutumlarını daha iyi yansıtır (Mikhailov vd., 2003).

6. BULANIK AHP VE BULANIK AAP İLE TIBBİ ATIKLARI İŞLEME VE BERTARAF ETME TEKNOLOJİSİ SEÇİMİ

Çevre kirliliği açısından en önemli sorunlardan birisi hiç şüphesiz katı atıklardır. Katı atıkların oluştukları yerlere ve kökenlerine göre birçok çeşitleri vardır. “Tehlikeli Katı Atıklar” bertaraf edilirken en çok dikkat edilmesi gereken katı atık çeşididir. Tehlikeli atıkların üretildiği birçok kaynak vardır. Bu kaynaklardan en önemlisi de hastanelerdir. Hastanelerden kaynaklanan atıklara “Hastane Atığı” veya “Tıbbi Atık” denilmektedir (Alkan vd., 1999).

Günümüzde atıkların değerlendirilmesi, taşınması ve korunması giderek önem kazanmaktadır. Bunun yanında sağlık kuruluşlarınca üretilen tıbbi atıkların toplanması, taşınması, depolanması ve bertaraf edilmesi bulaşıcı hastalıkları önlemede ve çevre sağlığını korumada özel bir yere sahiptir. Tıbbi atıkların çevre sağlığına zarar vermeden kaynağında toplanması, taşınması, depolanması ve bertaraf edilmesi toplum sağlığının korunması açısından büyük öneme sahiptir[3].

En yaygın olarak kullanılan tıbbi atık işleme ve bertaraf etme teknolojileri, bu çalışmanın 4. bölümünde ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Burada ele alınan belirli işleme ve bertaraf etme teknolojileri tıbbi atıkların bulaşıcı tehlikelerini etkin bir şekilde azaltıp diğer çöplerle karıştırılmasını engelleyebilir. Ancak bunların bazıları aynı zamanda, diğer sağlık ve çevresel zararlara da yol açabilir. Tıbbi atıkların işleme veya bertaraf etme teknolojisinin seçiminde, kullanılacak yöntemlerin riskleri yerel gerçekler göz önüne alınarak dikkatlice değerlendirilmelidir.

Bu çalışma kapsamında öncelikle, 4. bölümde ayrıntılı bir şekilde incelenen tıbbi atık işleme ve bertaraf etme teknolojilerinden hangisinin seçileceğine, sözel ifadeleri göz önünde bulundurarak insani düşünme şeklini yansıtan ve daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesini sağlayan Bulanık AHP yöntemi kullanılarak karar verilmiştir. Burada hesaplamalar yapılırken, yorucu aritmetik hesaplamaları kullanan Geleneksel Bulanık AHP yöntemlerinin dezavantajlarının geçerli olmadığı ve hesaplamaların bulanık sayıların kesişimi yöntemiyle yapıldığı “Chang’in Bulanık AHP Algoritması” esas alınmıştır. Ancak burada, AHP yönteminin yapısından dolayı, kriterlerin kendi arasında ve birbirleri ile olan etkileşimleri göz önüne alınamamıştır. Çalışmanın devamında, bu etkileşimler de göz önüne alınarak bir ağ oluşturulmuş ve Bulanık AAP yaklaşımı esas alınarak bir sonuç elde edilmiştir. Son olarak da elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve tıbbi atıkların işlenmesi ve bertaraf edilmesi için en uygun yöntem belirlenmiştir.

Uygulamada kullanılan kriterler ve alternatifler ile bunlar arasındaki ilişkiler konuyla ilgili uzmanların bilgi ve tecrübeleri ile literatürde yer alan çalışmalardan faydalanılarak oluşturulmuştur. İkili karşılaştırma matrisleri Çizelge 5.1’de verilen ölçeğe göre, uzmanlardan alınan görüşlere göre oluşturulmuştur.

6.1 Kriterler ile Alternatiflerin Belirlenmesi ve Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

Daha önce de belirtildiği gibi, tıbbi atıkları işleme ve bertaraf etme teknolojisi seçiminde dikkate alınacak kriterler, İSTAÇ yetkililerinin bilgi ve tecrübeleri doğrultusunda oluşturulmuştur. Ayrıca bu kriterler oluşturulurken Ming-Lung Hung, Hwong-wen Ma ve Wan-Fa Yang’ın çalışmasından da faydalanılmıştır (Hung vd., 2006). Bu doğrultuda öncelikle, ekonomik faktörler, teknik özellikler, sosyal faktörler ve çevresel faktörler olmak üzere 4 ana kriter belirlenmiştir.

Daha sonra her bir ana kriter için, yine uzmanların bilgi ve tecrübelerinden faydalanarak alt kriterler oluşturulmuştur. Bu alt kriterler aşağıda ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır:

Ekonomik Faktörler (EF): Tıbbi atıkları işlemek ve bertaraf etmek için kullanılan teknolojilerin yol açtığı maliyetleri kapsamaktadır. Burada, yatırım maliyeti, işletme maliyeti ve bakım maliyeti olmak üzere üç çeşit maliyet göz önüne alınmıştır.

- Yatırım Maliyeti (YM): Tıbbi atıkları işleme ve bertaraf etme teknolojilerinin kurulma aşamasında yol açtığı maliyetleri ifade etmektedir (örn; arazi, bina, tesis makine, cihaz vb.).
- İşletme Maliyeti (İM): Sözü geçen teknolojilerin işletilmesi aşamasında ortaya çıkan maliyetlerdir (örn; personel maliyeti, kimyasallar, malzemeler, teknik danışmanlık hizmetleri vb.).
- Bakım Maliyeti (BM): Sözü geçen teknolojilerle ilgili mekanik arızalanma ve hasarlara karşı yapılması gereken bakımlardan kaynaklanan maliyetleri ifade etmektedir.

Teknik Özellikler (TÖ): Sözü geçen teknolojilerin sahip olduğu teknik özellikleri kapsamaktadır. Burada; kapasite, verimlilik, bertaraf edilebilen atık çeşidi sayısı, altyapı sistemi gereksinimleri ve kalifiye eleman ihtiyacı olmak üzere beş alt kriter belirlenmiştir.

- Kapasite (K): Söz konusu teknolojilerin birim zamanda bertaraf edebildiği atık miktarını ifade etmektedir.

- Verimlilik (V): Söz konusu teknolojilerin, atıkların hacim ve ağırlıklarında sağladığı azalma oranını ifade etmektedir.
- Bertaraf Edilebilen Atık Çeşidi Sayısı (BAÇ): Söz konusu teknolojilerin bertaraf edebileceği atık çeşitlerinin sayısını ifade etmektedir.
- Altyapı Sistemi Gereksinimleri (ASG): Söz konusu teknolojilerin kullanılabilmesi için oluşturulması gereken altyapı sisteminin gereksinimlerini ifade etmektedir.
- Kalifiye Eleman Gereksinimi (KEG): Söz konusu teknolojilerin işletiminin sağlanmasında kalifiye eleman gereksinimini ifade etmektedir.

Sosyal Faktörler (SF): Tıbbi atıkların işlenmesi ve bertaraf edilmesinde göz önünde bulundurulması gereken sosyal faktörleri ifade etmektedir. Burada, işçi sağlığı ve iş güvenliği, toplumun kabulü ve düzenleyici hususlar olmak üzere üç alt kriter belirlenmiştir.

- İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği (İS): Söz konusu teknolojileri, işçi sağlığı konusunu dikkate alması ve iş güvenliğini sağlaması açısından değerlendiren bir kriterdir.
- Toplumun Kabulü (TK): Kullanılacak olan teknolojilerin, kültürel, dini, sağlıksal gibi pek çok açıdan topluma uygunluğunu ifade etmektedir.
- Düzenleyici Hususlar (DH): Söz konusu teknolojilerin yasa, yönetmelik ve standartlara uygunluğunu ifade etmektedir.

Çevresel Faktörler (ÇF): Söz konusu teknolojilerin seçiminde göz önüne alınması gereken çevresel faktörleri ifade etmektedir.

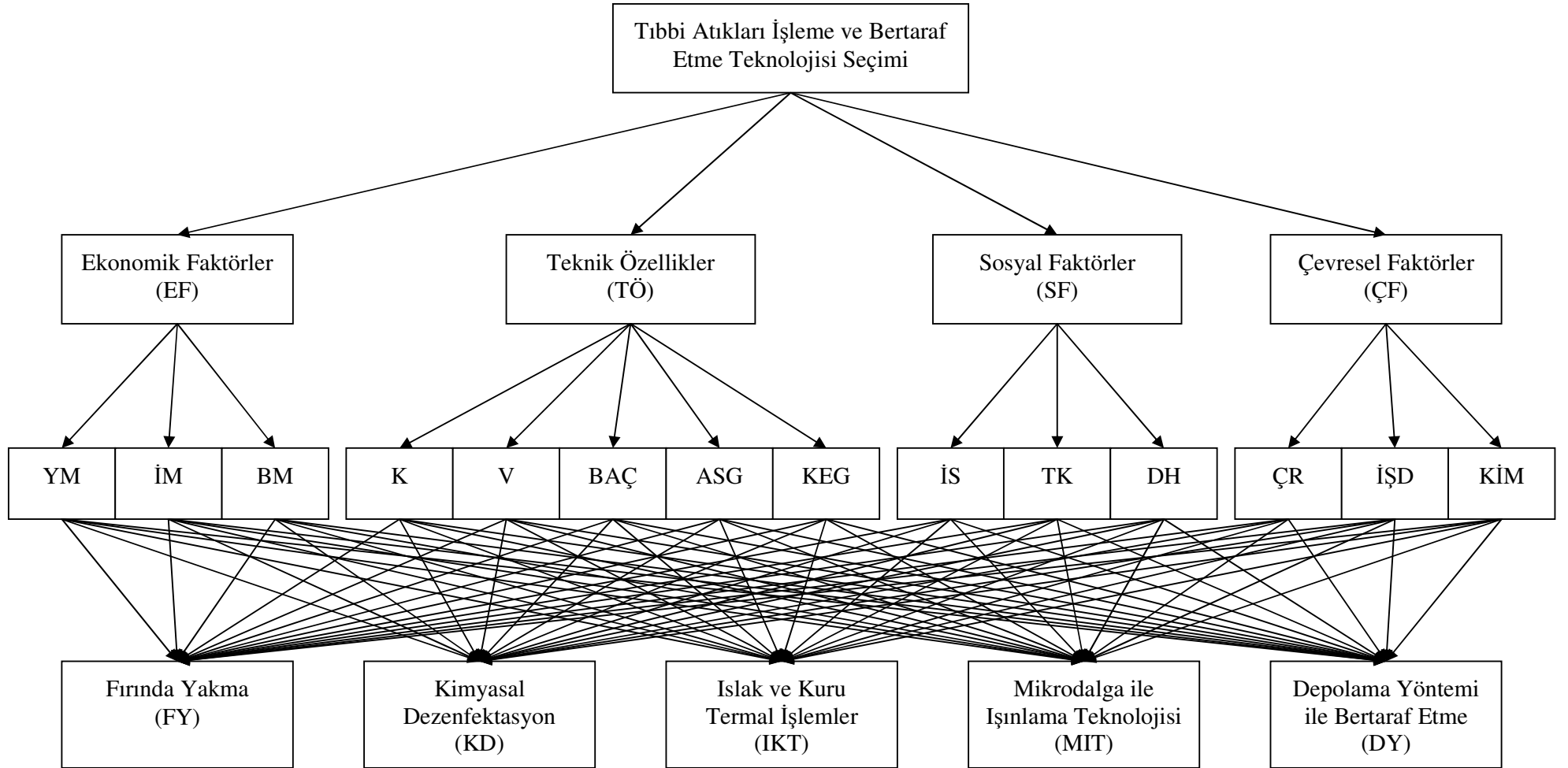
- Çevresel Risk (ÇR): Söz konusu teknolojilerden kaynaklanabilecek kirlenme problemleri, yangınlar, hastalıkların yayılması gibi riskleri ifade eden bir kriterdir.
- İşletme Şartlarına Duyarlılık Derecesi (İŞD): İşletme koşullarının kötü olmasının veya bu koşullardan kaynaklanan problemlerin, kullanılacak teknolojinin verimliliğini etkileme derecesini ifade eder.
- Kaynak ile İşlem Merkezi Arasındaki Mesafe (KİM): Tıbbi atık kaynağı ile söz konusu teknolojilerin uygulanacağı işlem merkezi arasındaki mesafeyi ifade eden bir kriterdir.

Yukarıda açıklanan kriterler göz önüne alınarak birbirleriyle karşılaştırılacak olan alternatifler, tıbbi atıkların işlenmesi ve bertaraf edilmesinde yaygın olarak kullanılan ve bu

Çalışmanın 4. bölümünde ayrıntılı şekilde incelenmiş olan şu teknolojilerdir:

- Fırında Yakma (FY),
- Kimyasal Dezenfektasyon (KD),
- Islak ve Kuru Termal İşlemler (IKT),
- Mikrodalga ile Işınlama Teknolojisi (MIT),
- Depolama Yöntemi ile Bertaraf Etme (DY).

Kriterler ve alternatifler belirlendikten sonra oluşturulan hiyerarşik yapı Şekil 6.1’de verilmiştir.



Şekil 6.1 Tıbbi Atıkları İşleme ve Bertaraf Etme Teknolojisi Seçimi Hiyerarşisi

6.2 İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması ve Bulanık AHP Uygulaması

Çalışmanın bir önceki bölümünde de belirtildiği gibi ikili karşılaştırma matrisleri, İSTAÇ yetkililerinin bilgi ve tecrübeleri doğrultusunda, uzmanlardan alınan bilgiler göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Burada öncelikle amaca göre ana kriterler birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Daha sonra her bir ana kriter için belirlenmiş olan alt kriterler kendi aralarında karşılaştırılmış ve son olarak da her bir alt kritere göre alternatifler kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda kullanılan ölçek Çizelge 5.1’de verilmiştir. Uygulamanın devamında ise, Bölüm 5.2.2’de adımları anlatılmış olan Chang’ın Bulanık AHP algoritmasından faydalanılarak en iyi alternatif seçilmiştir. Aşağıda, tüm karşılaştırmalar için yapılan hesaplamalar ve elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 6.1 Amaca Göre Ana Kriterlerin Karşılaştırılması

	EF	TÖ	SF	ÇF
EF	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2	2/5, 1/2, 2/3	2/3, 1, 3/2
TÖ	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3
SF	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2
ÇF	2/3, 1, 3/2	3/2, 2, 5/2	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1

Chang’ın Bulanık AHP Algoritmasında öncelikle, (3)’e göre her bir ana kriter için S_i değerleri şu şekilde elde edilmiştir:

$$S_{EF} = (2.733, 3.500, 4.667) \otimes (1/22.500, 1/17.500, 1/13.700) = (0.121, 0.200, 0.341)$$

$$S_{TÖ} = (2.467, 3.000, 3.833) \otimes (1/22.500, 1/17.500, 1/13.700) = (0.110, 0.171, 0.280)$$

$$S_{SF} = (4.667, 6.000, 7.500) \otimes (1/22.500, 1/17.500, 1/13.700) = (0.207, 0.343, 0.547)$$

$$S_{ÇF} = (3.833, 5.000, 6.500) \otimes (1/22.500, 1/17.500, 1/13.700) = (0.170, 0.286, 0.474)$$

Daha sonra (7) ve (8)’den faydalanılarak, her bir ana kriter için $V(M_2 \geq M_1)$ değerleri şu şekilde elde edilmiştir:

$$V(S_{EF} \geq S_{TÖ}) = 1.000, V(S_{EF} \geq S_{SF}) = 0.483, V(S_{EF} \geq S_{ÇF}) = 0.665$$

$$V(S_{TÖ} \geq S_{EF}) = 0.847, V(S_{TÖ} \geq S_{SF}) = 0.297, V(S_{TÖ} \geq S_{ÇF}) = 0.489$$

$$V(S_{SF} \geq S_{EF}) = 1.000, V(S_{SF} \geq S_{TÖ}) = 1.000, V(S_{SF} \geq S_{ÇF}) = 1.000$$

$$V(S_{ÇF} \geq S_{EF}) = 1.000, V(S_{ÇF} \geq S_{TÖ}) = 1.000, V(S_{ÇF} \geq S_{SF}) = 0.824$$

Algoritmanın son adımında da (9), (10), (11) ve (12) kullanılarak amaca göre karşılaştırılan ana kriterler için ağırlık vektörü (W_A) şu şekilde elde edilir:

$$W_A = (0.185, 0.114, 0.384, 0.316)^T \quad (13)$$

Algoritmanın adımları, alt kriterlerin ana kriterlere göre ve alternatiflerin alt kriterlere göre karşılaştırmaları sonucu oluşturulan matrislere de aynı şekilde uygulanmıştır. Aşağıda yapılan karşılaştırmalar ve elde edilen sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 6.2 Alt Kriterlerin Ekonomik Faktörlere Göre Karşılaştırılması

	YM	İM	BM
YM	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	2/3, 1, 3/2
İM	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2
BM	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1

$$W_{EF} = (0.226, 0.451, 0.324)^T \quad (14)$$

Çizelge 6.3 Alt Kriterlerin Teknik Özelliklere Göre Karşılaştırılması

	K	V	BAÇ	ASG	KEG
K	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	5/2, 3, 7/2	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2
V	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2
BAÇ	2/7, 1/3, 2/5	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2
ASG	2/3, 1, 3/2	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2
KEG	2/3, 1, 3/2	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1

$$W_{TO} = (0.257, 0.391, 0.202, 0.075, 0.075)^T \quad (15)$$

Çizelge 6.4 Alt Kriterlerin Sosyal Faktörlere Göre Karşılaştırılması

	İS	TK	DH
İS	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	3/2, 2, 5/2
TK	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2
DH	2/5, 1/2, 2/3	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1

$$W_{SF} = (0.363, 0.434, 0.204)^T \quad (16)$$

Çizelge 6.5 Alt Kriterlerin Çevresel Faktörlere Göre Karşılaştırılması

	ÇR	İŞD	KİM
ÇR	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2
İŞD	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	5/2, 3, 7/2
KİM	2/5, 1/2, 2/3	2/7, 1/3, 2/5	1, 1, 1

$$W_{CF} = (0.543, 0.457, 0.000)^T \quad (17)$$

Çizelge 6.6 Yatırım Maliyetine Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması

	FY	KD	IKT	MIT	DY
FY	1, 1, 1	2/7, 1/3, 2/5	2/7, 1/3, 2/5	3/2, 2, 5/2	2/7, 1/3, 2/5
KD	5/2, 3, 7/2	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	5/2, 3, 7/2	2/7, 1/3, 2/5
IKT	5/2, 3, 7/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	7/2, 4, 9/2	2/5, 1/2, 2/3
MIT	2/5, 1/2, 2/3	2/7, 1/3, 2/5	2/9, 1/4, 2/7	1, 1, 1	2/7, 1/3, 2/5
DY	5/2, 3, 7/2	5/2, 3, 7/2	3/2, 2, 5/2	5/2, 3, 7/2	1, 1, 1

$$W_{Alt}^{(YM)} = (0.000, 0.099, 0.357, 0.000, 0.544)^T \quad (18)$$

Çizelge 6.7 İşletme Maliyetine Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması

	FY	KD	IKT	MIT	DY
FY	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	2/7, 1/3, 2/5	3/2, 2, 5/2	2/7, 1/3, 2/5
KD	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	5/2, 3, 7/2	2/5, 1/2, 2/3
IKT	5/2, 3, 7/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	5/2, 3, 7/2	2/5, 1/2, 2/3
MIT	2/5, 1/2, 2/3	2/7, 1/3, 2/5	2/7, 1/3, 2/5	1, 1, 1	2/9, 1/4, 2/7
DY	5/2, 3, 7/2	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	7/2, 4, 9/2	1, 1, 1

$$W_{Alt}^{(IM)} = (0.000, 0.119, 0.350, 0.000, 0.531)^T \quad (19)$$

Çizelge 6.8 Bakım Maliyetine Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması

	FY	KD	IKT	MIT	DY
FY	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	5/2, 3, 7/2	2/5, 1/2, 2/3
KD	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	2/7, 1/3, 2/5
IKT	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	2/7, 1/3, 2/5
MIT	2/7, 1/3, 2/5	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	2/7, 1/3, 2/5
DY	3/2, 2, 5/2	5/2, 3, 7/2	5/2, 3, 7/2	5/2, 3, 7/2	1, 1, 1

$$W_{Alt}^{(BM)} = (0.334, 0.000, 0.000, 0.000, 0.666)^T \quad (20)$$

Çizelge 6.9 Kapasiteye Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması

	FY	KD	IKT	MIT	DY
FY	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2	5/2, 3, 7/2	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3
KD	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1	5/2, 3, 7/2	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3
IKT	2/7, 1/3, 2/5	2/7, 1/3, 2/5	1, 1, 1	2/7, 1/3, 2/5	2/9, 1/4, 2/7
MIT	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	5/2, 3, 7/2	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
DY	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	7/2, 4, 9/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1

$$W_{Alt}^{(K)} = (0.074, 0.105, 0.000, 0.325, 0.496)^T \quad (21)$$

Çizelge 6.10 Verimliliğe Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması

	FY	KD	IKT	MIT	DY
FY	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2	3/2, 2, 5/2	2/5, 1/2, 2/3	5/2, 3, 7/2
KD	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2	2/5, 1/2, 2/3	3/2, 2, 5/2
IKT	2/5, 1/2, 2/3	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	5/2, 3, 7/2
MIT	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2
DY	2/7, 1/3, 2/5	2/5, 1/2, 2/3	2/7, 1/3, 2/5	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1

$$W_{Alt}^{(V)} = (0.282, 0.171, 0.190, 0.356, 0.000)^T \quad (22)$$

Çizelge 6.11 Bertaraf Edilebilen Atık Çeşidi Sayısına Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması

	FY	KD	IKT	MIT	DY
FY	1, 1, 1	5/2, 3, 7/2	5/2, 3, 7/2	5/2, 3, 7/2	5/2, 3, 7/2
KD	2/7, 1/3, 2/5	1, 1, 1	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	3/2, 2, 5/2
IKT	2/7, 1/3, 2/5	1, 1, 1	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	3/2, 2, 5/2
MIT	2/7, 1/3, 2/5	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2
DY	2/7, 1/3, 2/5	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1

$$W_{Alt}^{(BAC)} = (0.854, 0.000, 0.000, 0.146, 0.000)^T \quad (23)$$

Çizelge 6.12 Alt Yapı Sistemi Gereksinimlerine Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması

	FY	KD	IKT	MIT	DY
FY	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	2/7, 1/3, 2/5
KD	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	2/7, 1/3, 2/5
IKT	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	2/5, 1/2, 2/3
MIT	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	2/7, 1/3, 2/5
DY	5/2, 3, 7/2	5/2, 3, 7/2	3/2, 2, 5/2	5/2, 3, 7/2	1, 1, 1

$$W_{Alt}^{(ASG)} = (0.000, 0.000, 0.262, 0.000, 0.738)^T \quad (24)$$

Çizelge 6.13 Kalifiye Eleman Gereksinimine Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması

	FY	KD	IKT	MIT	DY
FY	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
KD	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	2/5, 1/2, 2/3	2/7, 1/3, 2/5
IKT	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	2/7, 1/3, 2/5
MIT	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
DY	3/2, 2, 5/2	5/2, 3, 7/2	5/2, 3, 7/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1

$$W_{Alt}^{(KEG)} = (0.174, 0.000, 0.000, 0.174, 0.651)^T \quad (25)$$

Çizelge 6.14 İşçi Sağlığı ve İş Güvenliğine Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması

	FY	KD	IKT	MIT	DY
FY	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2
KD	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2
IKT	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2
MIT	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2
DY	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1

$$W_{Alt}^{(IS)} = (0.373, 0.342, 0.161, 0.124, 0.000)^T \quad (26)$$

Çizelge 6.15 Toplumun Kabulüne Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması

	FY	KD	IKT	MIT	DY
FY	1, 1, 1	5/2, 3, 7/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	5/2, 3, 7/2
KD	2/7, 1/3, 2/5	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	2/7, 1/3, 2/5	5/2, 3, 7/2
IKT	2/5, 1/2, 2/3	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2
MIT	1, 1, 1	5/2, 3, 7/2	1, 1, 1	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2
DY	2/7, 1/3, 2/5	2/7, 1/3, 2/5	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1

$$W_{Alt}^{(TK)} = (0.522, 0.000, 0.161, 0.318, 0.000)^T \quad (27)$$

Çizelge 6.16 Düzenleyici Hususlara Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması

	FY	KD	IKT	MIT	DY
FY	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2
KD	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2
IKT	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2
MIT	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2
DY	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1

$$W_{Alt}^{(DH)} = (0.200, 0.200, 0.200, 0.200, 0.200)^T \quad (28)$$

Çizelge 6.17 Çevresel Riske Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması

	FY	KD	IKT	MIT	DY
FY	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	2/3, 1, 3/2	5/2, 3, 7/2
KD	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2
IKT	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2
MIT	2/3, 1, 3/2	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2
DY	2/7, 1/3, 2/5	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1

$$W_{Alt}^{(CR)} = (0.417, 0.325, 0.096, 0.162, 0.000)^T \quad (29)$$

Çizelge 6.18 İşletme Şartlarına Duyarlılık Derecesine Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması

	FY	KD	IKT	MIT	DY
FY	1, 1, 1	5/2, 3, 7/2	5/2, 3, 7/2	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2
KD	2/7, 1/3, 2/5	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3
IKT	2/7, 1/3, 2/5	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1
MIT	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
DY	2/3, 1, 3/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1

$$W_{Alt}^{(İŞD)} = (0.464, 0.000, 0.000, 0.237, 0.299)^T \quad (30)$$

Çizelge 6.19 Kaynak ve İşlem Merkezi Arasındaki Mesafeye Göre Alternatiflerin Karşılaştırılması

	FY	KD	IKT	MIT	DY
FY	1, 1, 1	2/7, 1/3, 2/5	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2
KD	5/2, 3, 7/2	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	5/2, 3, 7/2	5/2, 3, 7/2
IKT	3/2, 2, 5/2	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2
MIT	1, 1, 1	2/7, 1/3, 2/5	1, 1, 1	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2
DY	2/3, 1, 3/2	2/7, 1/3, 2/5	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1

$$W_{Alt}^{(KİM)} = (0.000, 1.000, 0.000, 0.000, 0.000)^T \quad (31)$$

Son olarak, Chang'ın Bulanık AHP Algoritması ile hesaplanan, ana kriterlerin, alt kriterlerin ve alternatiflerin ağırlık vektörleri ((13), (14), (15), (16), . . . , (31)) birleştirilir ve böylece her alternatif için bir öncelik ağırlığı hesaplanır. Öncelik ağırlığı en büyük olan alternatif en iyi alternatif olarak seçilir. Bu hesaplamalar, Çizelge 6.20, 6.21, 6.22, 6.23 ve 6.24'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.20 Ekonomik Faktörlerin Alt Kriterlerine Göre Alternatiflerin Öncelik Ağırlıkları

	YM	İM	BM	Alternatiflerin Öncelik Ağırlıkları ($W_{Alt}^{(EF)}$)
Ağırlığı (W_{EF})^T	0,226	0.451	0.324	
Alternatifler	$W_{Alt}^{(YM)}$	$W_{Alt}^{(İM)}$	$W_{Alt}^{(BM)}$	
FY	0.000	0.000	0.334	0.108
KD	0.099	0.119	0.000	0.076
IKT	0.357	0.350	0.000	0.238
MIT	0.000	0.000	0.000	0.000
DY	0.544	0.531	0.666	0.578

Çizelge 6.21 Teknik Özelliklerin Alt Kriterlerine Göre Alternatiflerin Öncelik Ağırlıkları

	K	V	BAÇ	ASG	KEG	Alternatiflerin Öncelik Ağırlıkları ($W_{Alt}^{(TÖ)}$)
Ağırlığı ($W_{TÖ}$)^T	0.257	0.391	0.202	0.075	0.075	
Alternatifler	$W_{Alt}^{(K)}$	$W_{Alt}^{(V)}$	$W_{Alt}^{(BAÇ)}$	$W_{Alt}^{(ASG)}$	$W_{Alt}^{(KEG)}$	
FY	0.073	0.282	0.854	0.000	0.174	0.315
KD	0.172	0.171	0.000	0.000	0.000	0.111
IKT	0.000	0.190	0.000	0.262	0.000	0.094
MIT	0.297	0.356	0.146	0.000	0.174	0.258
DY	0.458	0.000	0.000	0.738	0.651	0.222

Çizelge 6.22 Sosyal Faktörlerin Alt Kriterlerine Göre Alternatiflerin Öncelik Ağırlıkları

	İS	TK	DH	Alternatiflerin Öncelik Ağırlıkları ($W_{Alt}^{(SF)}$)
Ağırlığı (W_{SF})^T	0.363	0.434	0.204	
Alternatifler	$W_{Alt}^{(İS)}$	$W_{Alt}^{(TK)}$	$W_{Alt}^{(DH)}$	
FY	0.310	0.522	0.200	0.379
KD	0.370	0.000	0.200	0.175
IKT	0.177	0.161	0.200	0.175
MIT	0.143	0.318	0.200	0.230
DY	0.000	0.000	0.200	0.041

Çizelge 6.23 Çevresel Faktörlerin Alt Kriterlerine Göre Alternatiflerin Öncelik Ağırlıkları

	ÇR	İŞD	KİM	Alternatiflerin Öncelik Ağırlıkları ($W_{Alt}^{(CF)}$)
Ağırlığı (W_{CF})^T	0.543	0.457	0.000	
Alternatifler	$W_{Alt}^{(ÇR)}$	$W_{Alt}^{(İŞD)}$	$W_{Alt}^{(KİM)}$	
FY	0.417	0.464	0.000	0.439
KD	0.325	0.000	1.000	0.176
IKT	0.096	0.000	0.000	0.052
MIT	0.162	0.237	0.000	0.196
DY	0.000	0.299	0.000	0.137

Çizelge 6.24 Ana Kriterlere Göre Alternatiflerin Öncelik Ağırlıkları

	EF	TÖ	SF	ÇF	Alternatiflerin Öncelik Ağırlıkları ($W_{Alt}^{(B-AHP)}$)
Ağırlığı (W_A)^T	0.185	0.114	0.384	0.316	
Alternatifler	$W_{Alt}^{(EF)}$	$W_{Alt}^{(TÖ)}$	$W_{Alt}^{(SF)}$	$W_{Alt}^{(ÇF)}$	
FY	0.108	0.315	0.379	0.439	0.340
KD	0.076	0.111	0.175	0.176	0.150
IKT	0.238	0.094	0.175	0.052	0.139
MIT	0.000	0.258	0.230	0.196	0.180
DY	0.578	0.222	0.041	0.137	0.191

6.3 Bulanık AHP Uygulamasının Sonucu

Bulanık AHP Algoritmasına göre yapılan tüm hesaplamalar sonucunda, belirlenen kriterlere

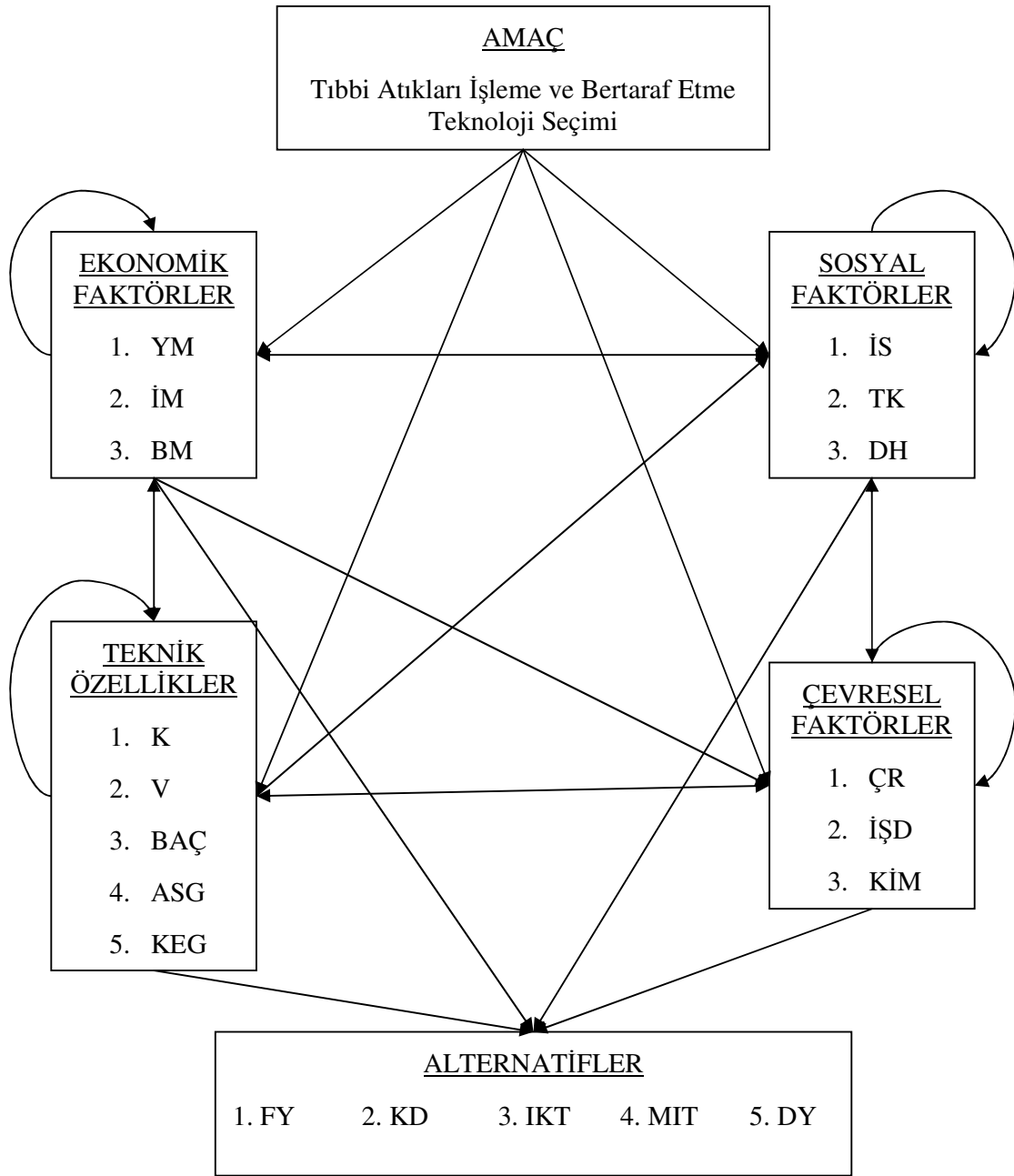
göre karşılaştırılan tıbbi atıkları işleme ve bertaraf etme teknolojileri arasından “Fırında Yakma” yönteminin en iyi olduğu görülmüştür. Bulanık AHP Algoritması ile elde edilen sonuçlar Çizelge 6.25’te özetlenmiştir:

Çizelge 6.25 Bulanık AHP Algoritması İle Elde Edilen Sonuçlar

Alternatif	$W_{Alt}^{(B-AHP)}$
Fırında Yakma	0.340
Depolama Yöntemi ile Bertaraf Etme	0.191
Mikrodalga ile Işınlama Teknolojisi	0.180
Kimyasal Dezenfektasyon	0.150
Islak ve Kuru Termal İşlemler	0.139

6.4 Tıbbi Atıkları İşleme ve Bertaraf Etme Teknolojisi Seçimi Modelinde Kriterlerin Kendi Arasında ve Birbirleriyle Olan Etkileşimlerinin de Dikkate Alınarak Ağ Yapısının Oluşturulması ve Bulanık AAP Uygulaması

Çalışmanın önceki bölümünde tıbbi atıkları işleme ve bertaraf etme teknolojisi seçimi problemine bulanık AHP yaklaşımıyla bir çözüm getirilmiştir. Ancak, AHP yaklaşımının yapısından dolayı alt kriterlerin birbirleriyle ve kendi aralarında olan etkileşimleri göz önüne alınmamıştır. Bu bölümde, aynı problem için tüm dış bağımlılıklar, iç bağımlılıklar ve geri beslemeler dikkate alınarak bir ağ yapısı oluşturulmuştur. Bir önceki bölümde elde edilen ağırlık vektörlerine ek olarak her bir alt kritere göre, bu alt kriteri etkileyen tüm alt kriterlerin birbirleri ile olan ilişkileri göz önüne alınmış, yine uzmanların bilgi ve tecrübeleri doğrultusunda ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Tüm alt kriterlerin birbirlerine göre ikili şekilde karşılaştırılmasıyla oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri Ek 1’de verilmiştir. Bu matriste, iki kriter arasında bir etkileşimin söz konusu olmaması durumu “-” ile ifade edilmiştir. Karşılaştırmalar, Çizelge 5.1’de verilmiş ölçek esas alınarak yapılmıştır. Yukarıda uygulanan Bulanık AHP yönteminde olduğu gibi, Chang’in Bulanık AHP Algoritması kullanılarak bulanık değerler durulaştırılmıştır. Durulaştırma işleminden elde edilen öncelik ağırlıkları önceki bölümde elde edilen öncelik ağırlıkları ile birlikte, AAP yönteminde yaygın olarak kullanılan “Super Decisions” paket programına elle girilmiş ve sırasıyla ağırlıklandırılmamış süpermatris, ağırlıklandırılmış süpermatris ve limit matris elde edilmiştir. Elde edilen ağırlıklandırılmamış süpermatris, ağırlıklandırılmış süpermatris ve limit matris sırasıyla, Ek 2, 3 ve 4’te gösterilmiştir. Bu limit matristen her bir alternatif için bir öncelik ağırlığı elde edilerek, öncelik ağırlığı en büyük olan alternatif en iyi olarak belirlenmiştir. Şekil 6.2’de oluşturulan ağ yapısı görülmektedir.



Şekil 6.2 Tıbbi Atıkları İşleme ve Bertaraf Etme Teknolojisi Seçimi İçin Oluşturulan Ağ Yapısı

6.5 Alt Kriterlerin Kendi Aralarında ve Birbirlerine Göre Karşılaştırılarak İkili Karşılaştırma Matrislerinin Elde Edilmesi ve Chang'ın Bulanık AHP Algoritmasına Göre Durulaştırılması

Bu bölümde, yukarıda bulanık AHP uygulamasında göz önünde bulundurulmuş tüm ikili karşılaştırmalara –amaca göre ana kriterlerin birbirleriyle, her bir ana kriter için belirlenmiş

alt kriterlerin kendi aralarında ve her bir alt kriterle göre alternatiflerin kendi aralarında karşılaştırılmaları– ek olarak her bir alt kriterle göre, bu alt kriteri etkileyen tüm alt kriterlerin kendi aralarında karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu ikili karşılaştırma matrisleri de, uzmanların Çizelge 5.1’de verilmiş ölçeğe göre yaptığı değerlendirmeler sonucu oluşturulmuştur.

Ek 1’de verilen tüm ikili karşılaştırma matrisleri, Chang’ın Bulanık AHP Algoritmasına göre durulaştırılmış ve her bir alt kriter için, karşılaştırma yapılan alt kriterle göre ağırlık vektörleri elde edilmiştir. Algoritmanın adımlarına göre yapılan hesaplamalar aşağıda verilmiştir.

Çizelge 6.26 Teknik Özelliklerin Yatırım Maliyetine Göre Karşılaştırılması

	K	V	BAÇ	ASG
K	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2	2/3, 1, 3/2	2/5, 1/2, 2/3
V	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
BAÇ	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
ASG	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1

Chang’ın Bulanık AHP Algoritmasında öncelikle, (3)’e göre her bir alt kriter için S_i değerleri şu şekilde elde edilmiştir:

$$S_K = (2.733, 3.500, 4.667) \otimes (1/21.500, 1/17.500, 1/14.367) = (0.127, 0,200, 0.325)$$

$$S_V = (3.067, 3.500, 4.167) \otimes (1/21.500, 1/17.500, 1/14.367) = (0.143, 0,200, 0.290)$$

$$S_{BAÇ} = (3.067, 3.500, 4.167) \otimes (1/21.500, 1/17.500, 1/14.367) = (0.143, 0,200, 0.290)$$

$$S_{ASG} = (5.500, 7.000, 8.500) \otimes (1/21.500, 1/17.500, 1/14.367) = (0.256, 0,400, 0.592)$$

Daha sonra (7) ve (8)’den faydalanılarak, her bir ana kriter için $V (M_2 \geq M_1)$ değerleri şu şekilde elde edilmiştir:

$$V (S_K \geq S_V) = 1.000, V (S_K \geq S_{BAÇ}) = 1.000, V (S_K \geq S_{ASG}) = 0.257$$

$$V (S_V \geq S_K) = 1.000, V (S_V \geq S_{BAÇ}) = 1.000, V (S_V \geq S_{ASG}) = 0.257$$

$$V (S_{BAÇ} \geq S_K) = 1.000, V (S_{BAÇ} \geq S_V) = 1.000, V (S_{BAÇ} \geq S_{ASG}) = 0.146$$

$$V (S_{ASG} \geq S_K) = 1.000, V (S_{ASG} \geq S_V) = 1.000, V (S_{ASG} \geq S_{BAÇ}) = 1.000$$

Algoritmanın son adımında da (9), (10), (11) ve (12) kullanılarak yatırım maliyetine göre karşılaştırılan teknik özellikler için ağırlık vektörü ($W_{TÖ}^{(YM)}$) şu şekilde elde edilir:

$$W_{TÖ}^{(YM)} = (0.155, 0.155, 0.088, 0.603)^T \quad (32)$$

Ek 1’de verilen tüm diğer ikili karşılaştırma matrisleri aynı şekilde durulaştırılarak, her biri için ağırlık vektörü elde edilir. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Çizelge 6.27 Sosyal Faktörlerin Yatırım Maliyetine Göre Karşılaştırılması

	İS	DH
İS	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2
DH	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1

$$W_{SF}^{(YM)} = (0.500, 0.500)^T \quad (33)$$

Çizelge 6.28 Çevresel Faktörlerin Yatırım Maliyetine Göre Karşılaştırılması

	ÇR	İŞD
ÇR	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2
İŞD	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1

$$W_{CF}^{(YM)} = (1.000, 0.000)^T \quad (34)$$

Çizelge 6.29 Ekonomik Faktörlerin İşletme Maliyetine Göre Karşılaştırılması

	YM	BM
YM	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
BM	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1

$$W_{EF}^{(İM)} = (0.000, 1.000)^T \quad (35)$$

Çizelge 6.30 Teknik Özelliklerin İşletme Maliyetine Göre Karşılaştırılması

	BAC	KEG
BAC	1, 1, 1	2/7, 1/3, 2/5
KEG	5/2, 3, 7/2	1, 1, 1

$$W_{TÖ}^{(İM)} = (0.000, 1.000)^T \quad (36)$$

Çizelge 6.31 Çevresel Faktörlerin İşletme Maliyetine Göre Karşılaştırılması

	ÇR	İŞD	KİM
ÇR	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	2/3, 1, 3/2
İŞD	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
KİM	2/3, 1, 3/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1

$$W_{CF}^{(İM)} = (0.469, 0.061, 0.469)^T \quad (37)$$

Çizelge 6.32 Ekonomik Faktörlerin Bakım Maliyetine Göre Karşılaştırılması

	YM	İM
YM	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2
İM	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1

$$W_{EF}^{(BM)} = (1.000, 0.000)^T \quad (38)$$

Çizelge 6.33 Çevresel Faktörlerin Bakım Maliyetine Göre Karşılaştırılması

	ÇR	İŞD
ÇR	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2
İŞD	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1

$$W_{CF}^{(BM)} = (0.500, 0.500)^T \quad (39)$$

Çizelge 6.34 Ekonomik Faktörlerin Kapasiteye Göre Karşılaştırılması

	YM	İM	BM
YM	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2
İM	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2
BM	2/5, 1/2, 2/3	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1

$$W_{EF}^{(K)} = (0.708, 0.146, 0.146)^T \quad (40)$$

Çizelge 6.35 Ekonomik Faktörlerin Bertaraf Edilebilen Atık Çeşidi Sayısına Göre Karşılaştırılması

	YM	İM
YM	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2
İM	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1

$$W_{EF}^{(BA\check{C})} = (1.000, 0.000)^T \quad (41)$$

Çizelge 6.36 Çevresel Faktörlerin Altyapı Sistemi Gereksinimlerine Göre Karşılaştırılması

	ÇR	İŞD
ÇR	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
İŞD	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1

$$W_{CF}^{(ASG)} = (0.000, 1.000)^T \quad (42)$$

Çizelge 6.37 Ekonomik Faktörlerin İşçi Sağlığı ve İş Güvenliğine Göre Karşılaştırılması

	YM	BM
YM	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2
BM	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1

$$W_{EF}^{(İS)} = (0.500, 0.500)^T \quad (43)$$

Çizelge 6.38 Sosyal Faktörlerin Toplumun Kabulüne Göre Karşılaştırılması

	İS	DH
İS	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2
DH	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1

$$W_{SF}^{(TK)} = (1.000, 0.000)^T \quad (44)$$

Çizelge 6.39 Çevresel Faktörlerin Toplumun Kabulüne Göre Karşılaştırılması

	ÇR	KİM
ÇR	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
KİM	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1

$$W_{CF}^{(TK)} = (0.000, 1.000)^T \quad (45)$$

Çizelge 6.40 Teknik Özelliklerin Düzenleyici Hususlara Göre Karşılaştırılması

	ASG	KEG
ASG	1, 1, 1	5/2, 3, 7/2
KEG	2/7, 1/3, 2/5	1, 1, 1

$$W_{TÖ}^{(DH)} = (1.000, 0.000)^T \quad (46)$$

Çizelge 6.41 Çevresel Faktörlerin Düzenleyici Hususlara Göre Karşılaştırılması

	ÇR	İŞD	KİM
ÇR	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	2/5, 1/2, 2/3
İŞD	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
KİM	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1

$$W_{CF}^{(DH)} = (0.345, 0.000, 0.655)^T \quad (47)$$

Çizelge 6.42 Teknik Özelliklerin Çevresel Riske Göre Karşılaştırılması

	V	BAÇ	ASG
V	1, 1, 1	5/2, 3, 7/2	2/3, 1, 3/2
BAÇ	2/7, 1/3, 2/5	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
ASG	2/3, 1, 3/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1

$$W_{TÖ}^{(CR)} = (0.582, 0.000, 0.418)^T \quad (48)$$

Çizelge 6.43 Çevresel Faktörlerin Çevresel Riske Göre Karşılaştırılması

	İŞD	KİM
İŞD	1, 1, 1	2/7, 1/3, 2/5
KİM	5/2, 3, 7/2	1, 1, 1

$$W_{CF}^{(CR)} = (0.000, 1.000)^T \quad (49)$$

Çizelge 6.44 Teknik Özelliklerin İşletme Şartlarına Duyarlılık Derecesine Göre Karşılaştırılması

	K	BAÇ	ASG
K	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2	2/5, 1/2, 2/3
BAÇ	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1	2/3, 1, 3/2
ASG	3/2, 2, 5/2	2/3, 1, 3/2	1, 1, 1

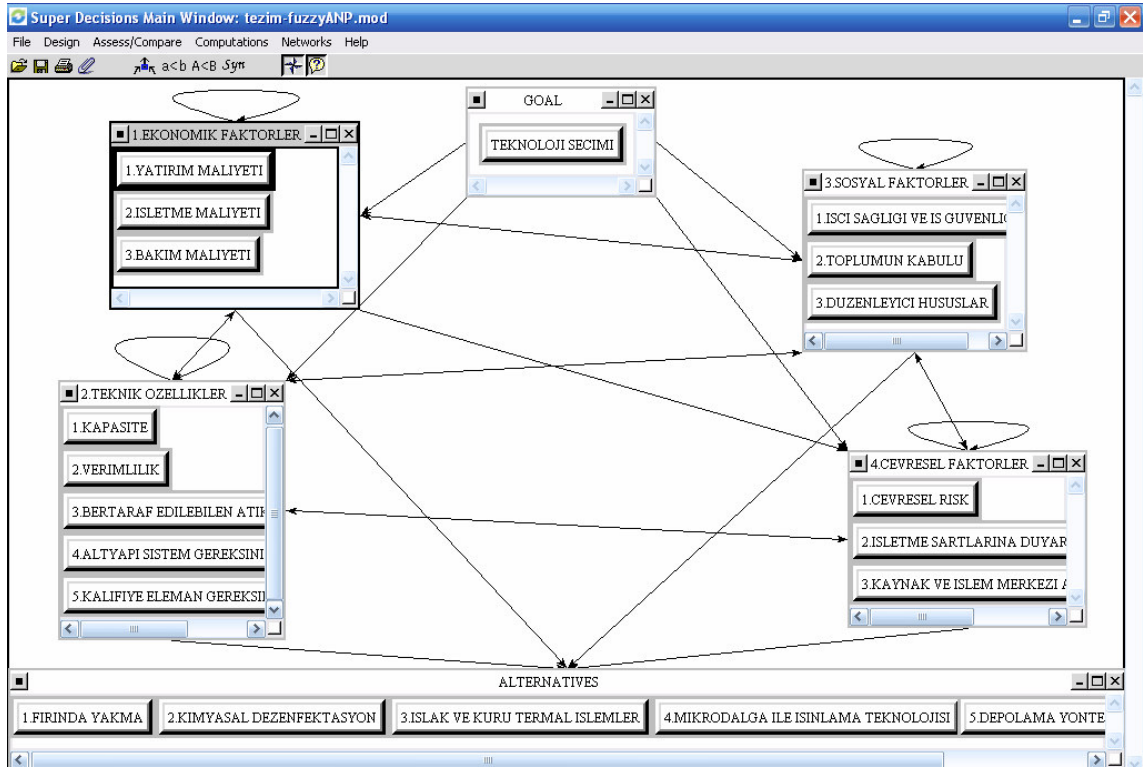
$$W_{TÖ}^{(İŞD)} = (0.226, 0.324, 0.451)^T \quad (50)$$

Çizelge 6.45 Sosyal Faktörlerin Kaynak ile İşlem Merkezi Arasındaki Mesafeye Göre Karşılaştırılması

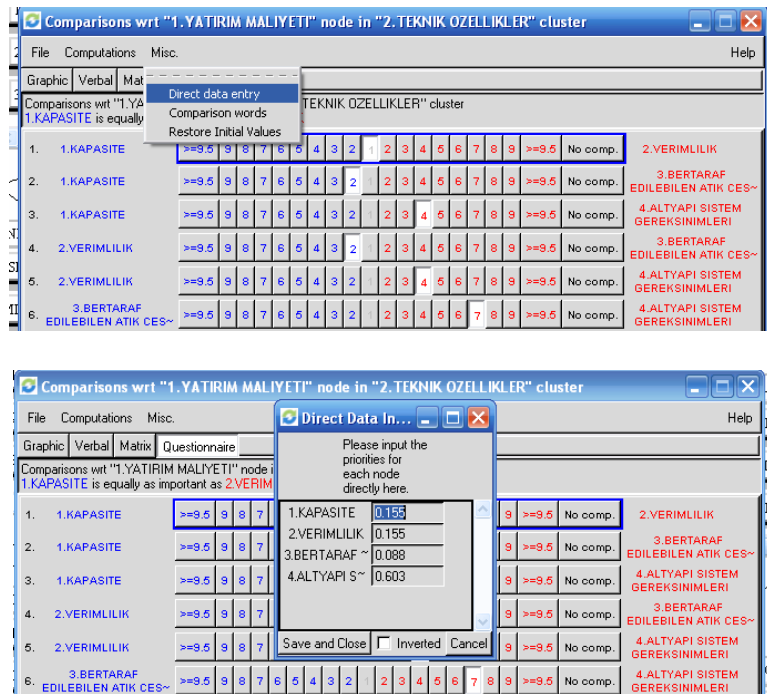
	TK	DH
TK	1, 1, 1	5/2, 3, 7/2
DH	2/7, 1/3, 2/5	1, 1, 1

$$W_{SF}^{(KİM)} = (1.000, 0.000)^T \quad (51)$$

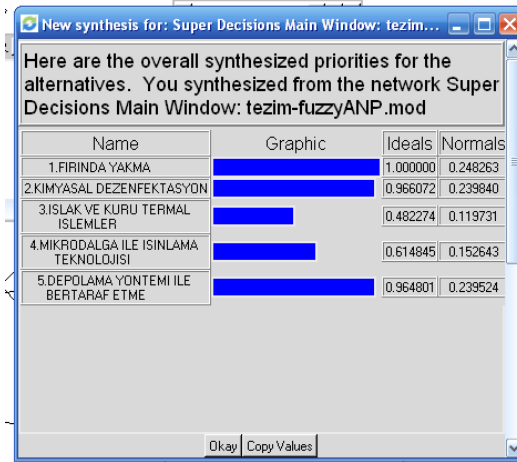
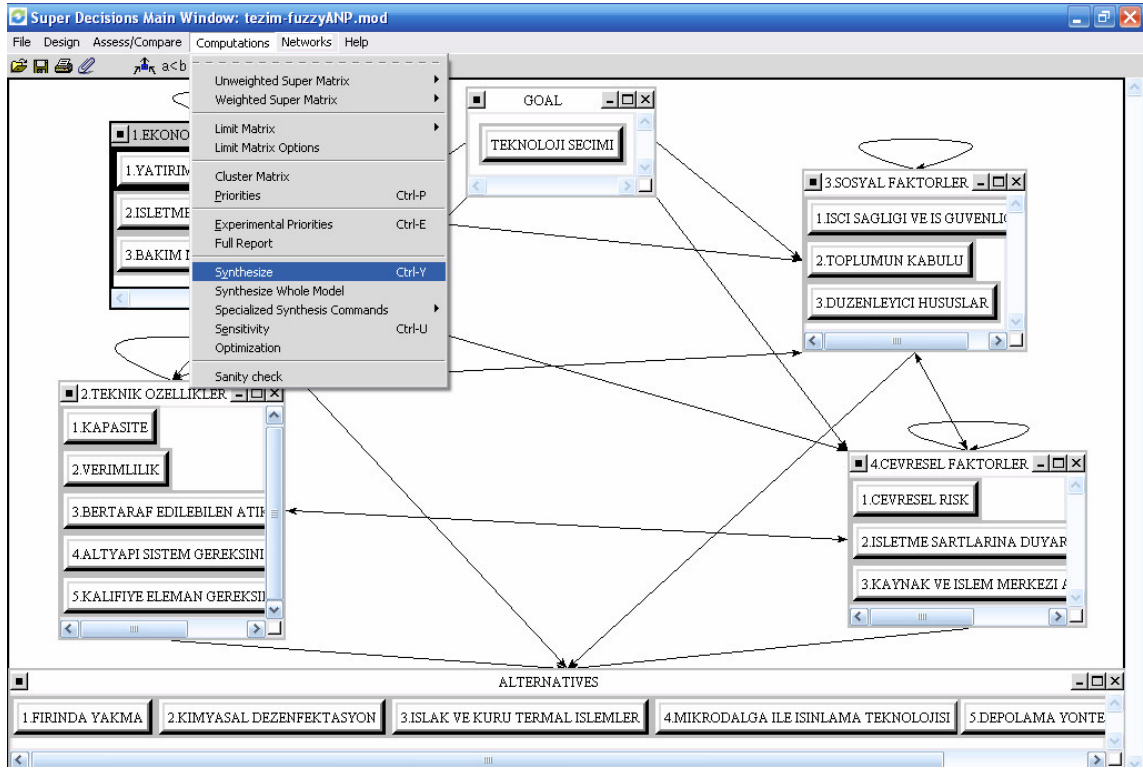
Tüm bu hesaplamaları yaptıktan sonra elde edilen ağırlık vektörleri ((13), (14), ..., (51)) AAP için yaygın olarak kullanılan bir paket program olan “Super Decisions” programına, “Direct Data Entry” yapılarak elle girilir ve ağırlıklandırılmamış ve ağırlıklandırılmış süper matrisler ile limit matris elde edilir. Bu matrisler sırasıyla Ek 2, 3 ve 4’te verilmiştir. Şekil 6.3, 6.4 ve 6.5’te de sırasıyla, oluşturulan ağ yapısı ve bu ağ yapısındaki elemanların aralarındaki ilişkiler ile Chang’in Bulanık AHP Algoritmasına göre yapılan hesaplamalardan elde edilen ağırlık vektörlerinin “Super Decisions” programına girildiği ekranlar ile sonuç ekranı görülmektedir.



Şekil 6.3 AAP Uygulaması İçin Oluşturulan Ağ Yapısının “Super Decisions” Programında Gösterilmesi



Şekil 6.4 Chang’ın Bulanık AHP Algoritmasına göre yapılan hesaplamalardan elde edilen ağırlık vektörlerinin “Super Decisions” programına elle girilmesi



Şekil 6.5 “Super Decisions” Programından Sonuçların Elde Edilmesi

6.6 Bulanık AAP Uygulamasının Sonucu

Bulanık AAP Algoritmasına göre yapılan tüm hesaplamalar sonucunda, belirlenen kriterlere göre karşılaştırılan tıbbi atıkları işleme ve bertaraf etme teknolojileri arasından “Fırında Yakma” yönteminin en iyi olduğu görülmüştür. Bulanık AAP Algoritması ile elde edilen sonuçlar Çizelge 6.46’da özetlenmiştir:

Çizelge 6.46 Bulanık AAP Algoritması İle Elde Edilen Sonuçlar

Alternatif	$W_{Alt}^{(B-AAP)}$
Fırında Yakma	0,248
Kimyasal Dezenfektasyon	0,240
Depolama Yöntemi ile Bertaraf Etme	0,240
Mikrodalga ile Işınlama Teknolojisi	0,153
Islak ve Kuru Termal İşlemler	0,120

6.7 Bulanık AHP ve Bulanık AAP İle Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

Her iki yöntemle göre yapılan tüm hesaplamalardan elde edilen sonuçlara bakıldığında, belirlenen tüm kriterlere göre karşılaştırılan alternatifler içinden “Fırında Yakma” teknolojisinin en iyi olduğu görülmüştür. Ancak Çizelge 6.25 ve 6.46’dan görüldüğü gibi, iki yöntemden elde edilen sonuçlarda alternatiflerin öncelik ağırlıkları ve sıralamaları değişmiştir. Bunun sebebi, Bulanık AHP yönteminde –yöntemin yapısından dolayı– alt kriterlerin kendi aralarındaki ilişkilerin göz önüne alınmamış olmasıdır. Bulanık AAP yönteminde ise kriterler ve alternatifler arasındaki tüm ilişkiler göz önüne alınmış ve hesaplamalar ona göre yapılmıştır. Çizelge 6.47’de iki yöntemden elde edilen öncelik ağırlıkları verilmiştir. İki yöntem arasındaki fark bu çizelgeden açıkça görülebilmektedir.

Çizelge 6.47 Bulanık AHP ve Bulanık AAP İle Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

Alternatif	$W_{Alt}^{(B-AHP)}$	$W_{Alt}^{(B-AAP)}$
Fırında Yakma	0.340	0,248
Kimyasal Dezenfektasyon	0.150	0,240
Islak ve Kuru Termal İşlemler	0.138	0,120
Mikrodalga ile Işınlama Teknolojisi	0.180	0,153
Depolama Yöntemi ile Bertaraf Etme	0.191	0,240

7. SONUÇ

Katı Atık Yönetimi, katı atık oluşumu, biriktirilmesi, toplanması, taşınması, geri kazanılması, düzenli depolanması gibi aşamalardan oluşur. Katı Atık Yönetimi'nin ele aldığı atık spektrumu ise evsel, endüstriyel, tıbbi, tehlikeli ve zararlı gibi birçok atık türünü içerir. Katı Atık Yönetimi'nin amacı bu aşamaları ve atık türlerini entegre biçimde ele alıp, her aşama ve atık türü için optimum ve sürdürülebilir çözümler üreten teknolojiler ve uygulamalar geliştirmek ve uygulamaktır (Alpaslan, 2005).

Katı atıkların bertaraf edilmesi, insan ve çevre sağlığı açısından oldukça önemli ve üzerinde durulması gereken bir konudur. Katı atık çeşitleri içerisinde “Tıbbi Atıklar”, bertaraf edilirken en çok dikkat edilmesi gereken atık çeşitlerinden biridir. Tıbbi atıkların bertaraf edilmesi için kullanılacak olan teknoloji, atık yok etme açısından ne kadar verimli olursa olsun, başka çevresel ve sağlıksal problemlere yol açabilmektedir. Bu nedenle tıbbi atıkları bertaraf etmek için kullanılacak teknolojinin seçimi çok yönlü olarak ele alınmalıdır. Ayrıca gerçek dünyada belirsizlik ve kesinsizliklerin olması, bu problemi daha karmaşık hale getirmekte ve karar vermeyi güçleştirmektedir.

Böyle önemli bir konuda gerçeğe en yakın sonuçları elde ederek en doğru kararı vermek için, bu tarz karmaşık problemleri çözmekte sıklıkla kullanılan AHP yöntemi tercih edilmiştir. Konuyla ilgili uzman kişilerin görüş ve değerlendirmelerine dayanan bu yöntemde, en doğru sonuca varmak için, insani düşünme biçiminden kaynaklanan belirsizliği de hesaba katmak gerektiğinden Bulanık AHP yöntemi tercih edilmiştir. Buna göre tıbbi atıkları bertaraf etmek için kullanılacak en uygun teknoloji, “Fırında Yakma” (%34) olarak belirlenmiştir. Bunu sırasıyla “Depolama Yöntemi ile Bertaraf Etme” (%19), “Mikrodalga ile Işınlama Teknolojisi” (%18) “Kimyasal Dezenfektasyon” (%15) ve “Islak ve Kuru Termal İşlemler” (%14) takip etmiştir.

AHP yöntemi, karar verme problemlerinde kullanılan pek çok diğer yöntemle göre gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği için en çok tercih edilen yöntemlerden biridir. Ancak, bu yöntemin hiyerarşik yapısından dolayı, kriterlerin birbirini etkilemediği kabul edilmiş ve hesaplamalar bu doğrultuda yapılmıştır. Ancak, tıbbi atıkların bertaraf edilmesi için kullanılacak teknoloji seçimi probleminde kriterler de birbirini etkilemekte ve bu durum verilecek kararı büyük ölçüde etkilemektedir. Tüm bunlar göz önünde bulundurularak problem, kriterler arasındaki ilişkilere izin veren bir ağ yapısına dayanan AAP yöntemine göre de çözülmüştür. Ayrıca, daha önce açıklanan nedenlerden dolayı, belirsizlikleri ortadan

kaldırmak için AAP yöntemi Bulanık Mantıkla entegre edilmiştir. Sonuç olarak Bulanık AAP yöntemine göre de, tıbbi atıkları bertaraf etmek için kullanılacak en uygun teknolojinin “Fırında Yakma” (%25) olduğu görülmüştür. Bunu sırasıyla “Kimyasal Dezenfektasyon” (%24) ve “Depolama Yöntemi ile Bertaraf Etme” (%24) ile “Mikrodalga ile Işınlama Teknolojisi” (%15) ve “Islak ve Kuru Termal İşlemler” (%12) takip etmiştir.

İki yöntem karşılaştırıldığında tercih edilen teknolojinin değişmediği, ancak bunların yüzdelik dilimlerinde ve sıralamalarında değişiklikler olduğu görülmüştür. Bu değişiklikler, daha öncede açıklandığı gibi, yöntemlerin yapısından kaynaklanmaktadır. Kriterler arasındaki her türlü ilişkiye izin veren bir yapısı olması nedeniyle Bulanık AAP ile elde edilen sonuçlar gerçeğe daha yakın sonuçlardır.

Tıbbi atıkların bertaraf edilmesi için en uygun teknolojinin seçilmesi problemi için kurulan ağ yapısı, “faydalar-maliyetler-fırsatlar-riskler” şeklinde bir kontrol hiyerarşisi eklemek suretiyle, geliştirilerek daha detaylı bir analiz yapmak mümkündür. Ancak bu, problemi daha karmaşık hale getirerek Bulanık AAP algoritmasının uygulanmasını güçleştirecektir. Bu çalışmada uygulanan yöntemler, her ne kadar karmaşık gibi görünse de, oldukça pratik hesaplamalarla sonuca ulaşılmasını ve pek çok faktörü göz önünde bulundurarak gerçekçi sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- Alkan, U., Cindoruk, S.S., Odaman, Y., (1999), “Bursa İlinde Tıbbi Atıkların Kontrolü”, *Ekoloji Dergisi* (1999) Cilt 9 Sayı 33, 12–14.
- Alpaslan, M.N., (2005), *Katı Atıkların Yönetimi*, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, İzmir.
- Apaydın, Ö., (2004), “Trabzon Şehri İçin Katı Atık Yönetim Alternatiflerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Destekli Optimizasyonu”, *Doktora Tezi*, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Arslankaya, E., (1995), “İstanbul Metropolitanında Evsel Zararlı Atık Potansiyelinin Araştırılması”, *Yüksek Lisans Tezi*, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Arslankaya, E., (1999), “İstanbul’da Evlerden Oluşan Zararlı Atıkların Yönetiminin Optimizasyonu”, *Doktora Tezi*, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Aslan, N., (2005), “Analitik Network Prosesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Anabilim Dalı, İstanbul.
- Ayağ, Z., Özdemir, R.G., (2006), “An Intelligent Approach To ERP Software Selection Through Fuzzy ANP”, *International Journal of Production Research* Vol. 45 No. 10 (15 May 2007), 2169–2194.
- Badran, M.F., El-Haggar, S.M., (2005), “Optimization of Municipal Solid Waste Management in Port Said – Egypt”, *Waste Management* 26 (2006), 534–545.
- Beyhan, M., (1997), “İsparta Evsel ve Ticari Katı Atıklarından Geri Kazanılabılır Maddelerin Potansiyelinin Araştırılması”, *Yüksek Lisans Tezi*, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Buckley, J.J., (1985), “Fuzzy Hierarchical Analysis”, *Fuzzy Sets and Systems* 17, 233–247.
- Çanlı, H., Kandakoğlu, A., (2007), “Hava Gücü Mukayesesi İçin Bulanık AHP Modeli”, *Havacılık ve Uzun Teknolojileri Dergisi* (Ocak, 2007) Cilt 3 Sayı 1, 71–82.
- Dağdeviren, M., Eraslan, E., Kurt, M., Dizdar, E.N., (2005), “Tedarikçi Seçimi Problemine Analitik Ağ Süreci İle Alternatif Bir Yaklaşım”, *Teknoloji* (2005) Cilt 8 Sayı 2, 115–122.
- Ebin, G.C., (2004), “Katı Atık Depo Sahalarının Rehabilitasyonu”, *Yüksek Lisans Tezi*, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Ertay, T., Büyüközkan, G., Kahraman, C., Ruan, D., (2005), “Quality Function Deployment Implementation Based on Analytic Network Process with Linguistic Data: An Application in Automotive Industry”, *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems* 16 (2005), 221–232.
- Gönüllü, T., (2004), “Endüstriyel Kirlenme Kontrolü”, Cilt 1, Syf. 53, 197–199, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- Hui, Y., Li’ao, W., Fenwei S., Gang, H., (2005), “Urban Solid Waste Management in Chongqing: Challenges and Opportunities”, *Waste Management* 26 (2006), 1052–1062.
- Hung, Ming-Lung, Ma, Hwong-wen, Yang, Wan-Fa, (2006), “A Novel Sustainable Decision Making Model For Municipal Solid Waste Management”, *Waste Management* Volume 27 Issue 2 (2007), 209–219.

İSTAÇ, (2007), “İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Atık Maddeleri Değerlendirme Sanayi ve Ticaret A.Ş.”, Şişli, İstanbul.

Kahraman, C., Cebeci, U., Ruan, D., (2003), “Multi-attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey”, *Int. J. Production Economics* 87 (2004), 171–184.

Karaaslan, Y., (2003), “İstanbul Katı Atık Kompost Tesisinde Kompostlaştırma Sürecinin İzlenmesi ve Ürün Kalitesinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Karadağ, D., (2002), “İstanbul Evsel Katı Atık Yönetiminde İlçe Belediyelerin Rolü ve Katı Atık Bertaraf Maliyetlerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Karamouz, M., Zahraie, B., Kerachian R., Jaafarzadeh, N., Mahjouri, N., (2006), “Developing A Master Plan For Hospital Solid Waste Management: A Case Study”, *Waste Management* 27 (2007), 626–638.

Karar, İ., (1994), “Evsel ve Endüstriyel Katı Atıkların Yakılması İle İlgili Sistemlerin Araştırılması ve Ekonomikliğinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Laarhoven, P.J.M.V., Pedrycz, W., (1983), “A Fuzzy Extension of Satty’s Priority Theory”, *Fuzzy Sets and Systems* 11, 229–241.

Landreth, R.E., Rebers, P.A., (1997), “Municipal Solid Wastes Problems and Solutions”, 4–5, Lewis Publishers, Boca Raton, New York, USA.

Mikhailov, L., Singh, M.G., (2003), “Fuzzy Analytic Network Process and Its Application To The Development of Decision Support Systems”, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics–Part C: Applications and Reviews* Vol. 33 No. 1 (February 2003), 33–41.

Mohanty, R.P., Agarwal, R., Choudhury, A.K., Tiwari, M.K., (2005), “A Fuzzy ANP-based Approach to R&D Project Selection: A Case Study”, *International Journal of Production Research* Vol. 43 No. 24 (December 2005), 5199–5216.

Özdemir, F., (2004), “Depo Tasarım Sorunu Analizi: Bir Analitik Ağ Süreci Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Pamukçu, B., (2004), “Analitik Ağ Süreci ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Pehlivan, E., (1995), “Konya Metropolü Evsel Katı Atıklarından Geri Kazanılabılır Maddelerin Potansiyelinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Saaty, T.L., (1996), “The Analytic Network Process: Decision Making with Dependence and Feedback”, completely revised and published 2001, RWS Publications, Pittsburgh.

Shah, K.L., (2000), “Basics of Solid and Hazardous Waste Management Technology”, 112, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, USA.

Şen, Z., (2004), “Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri”, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.

Tchchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S.A., (1993), “Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues”, xvii, McGraw-Hill, Inc., Singapore.

Vesilind, P.A., Worrell, W., Reinhart, D., (2002), “Solid Waste Engineering”, 1–4, Brooks/Cole, USA.

Yellepeddi, S., (2006), “An Analytical Network Process (ANP) Approach For The Development of A Reverse Supply Chain Performance Index In Consumer Electronics Industry”, presented to the Faculty of the Graduate School of the University of Texas at Arlington in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, The University of Texas at Arlington.

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] www.ibb.gov.tr

[2] http://www.gata.edu.tr/kitap/7_bolum.son/4_ATIK_YONETIMI.son-D.pdf

[3] <http://www.bsm.gov.tr/bugep/docs/tibbiatik.pdf>

[4] www.iswa.org

EKLER

- Ek 1 Her bir alt kritere göre, bu alt kriteri etkileyen tüm alt kriterlerin ikili olarak karşılaştırılmasıyla oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri
- Ek 2 AAP uygulaması sonucu elde edilen ağırlıklandırılmamış süpermatris
- Ek 3 AAP uygulaması sonucu elde edilen ağırlıklandırılmış süpermatris
- Ek 4 AAP uygulaması sonucu elde edilen limit matris

Ek 1 Her Bir Alt Kritere Göre, Bu Alt Kriteri Etkileyen Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Karşılaştırılmasıyla Oluşturulan İkili Karşılaştırma Matrisleri

- Yatırım Maliyetine Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması
- İşletme Maliyetine Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması
- Bakım Maliyetine Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması
- Kapasiteye Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması
- Verimliliğe Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması
- Bertaraf Edilebilen Atık Çeşidi Sayısına Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması
- Altyapı Sistemi Gereksinimlerine Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması
- Kalifiye Eleman Gereksinimine Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması
- İşçi Sağlığı ve İş Güvenliğine Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması
- Toplumun Kabulüne Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması
- Düzenleyici Hususlara Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması
- Çevresel Riske Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması
- İşletme Şartlarına Duyarlılık Derecesine Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması
- Kaynak ile İşlem Merkezi Arasındaki Mesafeye Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması

İşletme Maliyetine Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması

	YM	İM	BM	K	V	BAÇ	ASG	KEG	İS	TK	DH	ÇR	İŞD	KİM
YM	1, 1, 1	–	2/5, 1/2, 2/3											
İM	–	–	–											
BM	3/2, 2, 5/2	–	1, 1, 1											
K				–	–	–	–	–						
V				–	–	–	–	–						
BAÇ				–	–	1, 1, 1	–	2/7, 1/3, 2/5						
ASG				–	–	–	–	–						
KEG				–	–	5/2, 3, 7/2	–	1, 1, 1						
İS									–	–	–			
TK									–	–	–			
DH									–	–	–			
ÇR												1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	2/3, 1, 3/2
İŞD												2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
KİM												2/3, 1, 3/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1

Toplumun Kabulüne Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması

	YM	İM	BM	K	V	BAÇ	ASG	KEG	İS	TK	DH	ÇR	İŞD	KİM
YM	-	-	-											
İM	-	-	-											
BM	-	-	-											
K				-	-	-	-	-						
V				-	-	-	-	-						
BAÇ				-	-	-	-	-						
ASG				-	-	-	-	-						
KEG				-	-	-	-	-						
İS									1, 1, 1	-	3/2, 2, 5/2			
TK									-	-	-			
DH									2/5, 1/2, 2/3	-	1, 1, 1			
ÇR												1, 1, 1	-	2/5, 1/2, 2/3
İŞD												-	-	-
KİM												3/2, 2, 5/2	-	1, 1, 1

Düzenleyici Hususlara Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması

	YM	İM	BM	K	V	BAÇ	ASG	KEG	İS	TK	DH	ÇR	İŞD	KİM
YM	-	-	-											
İM	-	-	-											
BM	-	-	-											
K				-	-	-	-	-						
V				-	-	-	-	-						
BAÇ				-	-	-	-	-						
ASG				-	-	-	1, 1, 1	5/2, 3, 7/2						
KEG				-	-	-	2/7, 1/3, 2/5	1, 1, 1						
İS									1, 1, 1	-	-			
TK									-	-	-			
DH									-	-	-			
ÇR												1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	2/5, 1/2, 2/3
İŞD												2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
KİM												3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1

Çevresel Riske Göre Tüm Alt Kriterlerin İkili Olarak Birbirleriyle Karşılaştırılması

	YM	İM	BM	K	V	BAÇ	ASG	KEG	İS	TK	DH	ÇR	İŞD	KİM
YM	-	-	-											
İM	-	-	-											
BM	-	-	-											
K				-	-	-	-	-						
V				-	1, 1, 1	5/2, 3, 7/2	2/3, 1, 3/2	-						
BAÇ				-	2/7, 1/3, 2/5	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	-						
ASG				-	2/3, 1, 3/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	-						
KEG				-	-	-	-	-						
İS									-	-	-			
TK									-	-	-			
DH									-	-	-			
ÇR												-	-	-
İŞD												-	1, 1, 1	2/7, 1/3, 2/5
KİM												-	5/2, 3, 7/2	1, 1, 1

	YM	İM	BM	K	V	BAÇ	ASG	KEG	İS	TK	DH	ÇR	İŞD	KİM
YM	-	-	-											
İM	-	-	-											
BM	-	-	-											
K				-	-	-	-	-						
V				-	-	-	-	-						
BAÇ				-	-	-	-	-						
ASG				-	-	-	-	-						
KEG				-	-	-	-	-						
İS									-	-	-			
TK									-	1, 1, 1	5/2, 3, 7/2			
DH									-	2/7, 1/3, 2/5	1, 1, 1			
ÇR												1, 1, 1	-	-
İŞD												-	-	-
KİM												-	-	-

Ek 2 AAP Uygulaması Sonucu Elde Edilen Ağırlıklandırılmamış Süpermatris

AĞIRLIKLANDIRILMAMIŞ SÜPER MATRİS		AMAÇ	KRİTERLER														ALTERNATİFLER				
		Tekn. Seçimi	EF			TÖ					SF			ÇF			FY	KD	IKT	MIT	DY
			YM	İM	BM	K	V	BAÇ	ASG	KEG	İS	TK	DH	ÇR	İŞD	KİM					
AMAÇ	Teknoloji Seçimi	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
KRİTER- LER	EF	YM	0,22577	0,00000	0,00010	0,99990	0,70800	0,00000	0,99990	1,00000	0,00000	0,50000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		İM	0,45055	0,00000	0,00000	0,00010	0,14600	0,00000	0,00010	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		BM	0,32368	0,00000	0,99990	0,00000	0,14600	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,50000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	TÖ	K	0,25700	0,15485	0,00000	0,00000	0,00000	1,00000	0,00000	1,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,22577	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		V	0,39100	0,15485	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,58182	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		BAÇ	0,20200	0,08791	0,00010	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	1,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00010	0,32368	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		ASG	0,07500	0,60240	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,99990	0,41808	0,45055	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		KEG	0,07500	0,00000	0,99990	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00010	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		İS	0,36264	0,50000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,99990	1,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	SF	TK	0,43357	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		DH	0,20380	0,50000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	1,00000	0,00000	0,00010	0,00000	0,00000	0,00000	0,00010	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		ÇR	0,54299	0,99990	0,46947	0,50000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00010	0,00000	0,00000	0,34506	0,00000	0,00000	1,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	ÇF	İŞD	0,45691	0,00010	0,06106	0,50000	0,00000	1,00000	0,00000	0,99990	0,00000	0,00000	0,00010	0,00010	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		KİM	0,00010	0,00000	0,46947	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,99990	0,65484	0,99990	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
ALTERNA- TİFLER	Fırında Yakma	0,00000	0,00010	0,00010	0,33365	0,07392	0,28228	0,85377	0,00010	0,17419	0,37300	0,52154	0,20000	0,41700	0,46381	0,00999	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Kimyasal Dezenfektasyon	0,00000	0,09911	0,11993	0,00010	0,10503	0,17117	0,00010	0,00010	0,00010	0,34200	0,00010	0,20000	0,32500	0,00010	0,96001	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Islak ve Kuru Termal İşlemler	0,00000	0,35700	0,34932	0,00010	0,00010	0,19019	0,00010	0,26220	0,00010	0,16100	0,16073	0,20000	0,09600	0,00010	0,01000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Mikrodalga ile Işınlama Teknolojisi	0,00000	0,00010	0,00010	0,00010	0,32502	0,35626	0,14593	0,00010	0,17419	0,12390	0,31753	0,20000	0,16190	0,23688	0,01000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Depolama Yöntemi	0,00000	0,54369	0,53056	0,66605	0,49594	0,00010	0,00010	0,73750	0,65142	0,00010	0,00010	0,20000	0,00010	0,29910	0,01000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Ek 3 AAP Uygulaması Sonucu Elde Edilen Ağırlıklandırılmış Süpermatris

AĞIRLIKLANDIRILMIŞ SÜPER MATRİS		AMAÇ	KRİTERLER														ALTERNATİFLER				
		Tekn. Seçimi	EF			TÖ					SF			ÇF			FY	KD	IKT	MIT	DY
			YM	İM	BM	K	V	BAÇ	ASG	KEG	İS	TK	DH	ÇR	İŞD	KİM					
AMAÇ	Teknoloji Seçimi	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
KRİTER- LER	EF	YM	0,04181	0,00000	0,00003	0,33330	0,35400	0,00000	0,49995	0,20000	0,00000	0,16667	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		İM	0,08343	0,00000	0,00000	0,00003	0,07300	0,00000	0,00005	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		BM	0,05994	0,00000	0,24998	0,00000	0,07300	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,16667	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	TÖ	K	0,02933	0,03871	0,00000	0,00000	0,00000	0,33333	0,00000	0,20000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,11289	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		V	0,04462	0,03871	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,19394	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		BAÇ	0,02305	0,02198	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,50000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00003	0,16184	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		ASG	0,00856	0,15060	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,24998	0,13936	0,22527	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		KEG	0,00856	0,00000	0,24998	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	SF	İS	0,13939	0,12500	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,33330	0,25000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		TK	0,16666	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,33330	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		DH	0,07834	0,12500	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,20000	0,00000	0,33333	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	ÇF	ÇR	0,17176	0,24998	0,11737	0,16667	0,00000	0,00000	0,00002	0,00000	0,00000	0,00003	0,08626	0,00000	0,00000	0,33333	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		İŞD	0,14453	0,00003	0,01527	0,16667	0,00000	0,33333	0,00000	0,19998	0,00000	0,00000	0,00003	0,00003	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		KİM	0,00003	0,00000	0,11737	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,33330	0,16371	0,33330	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
ALTERNA- TİFLER	Fırında Yakma	0,00000	0,00003	0,00003	0,11121	0,03696	0,09409	0,42689	0,00002	0,08709	0,12433	0,17385	0,05000	0,13900	0,23191	0,00333	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Kimyasal Dezenfektasyon	0,00000	0,02478	0,02998	0,00003	0,05251	0,05706	0,00005	0,00002	0,00005	0,11400	0,00003	0,05000	0,10833	0,00005	0,32000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Islak ve Kuru Termal İşlemler	0,00000	0,08925	0,08733	0,00003	0,00005	0,06340	0,00005	0,05244	0,00005	0,05367	0,05358	0,05000	0,03200	0,00005	0,00333	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Mikrodalga ile Işınlama Teknolojisi	0,00000	0,00003	0,00003	0,00003	0,16251	0,11875	0,07297	0,00002	0,08710	0,04130	0,10584	0,05000	0,05397	0,11844	0,00333	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Depolama Yöntemi	0,00000	0,13592	0,13264	0,22202	0,24797	0,00003	0,00005	0,14750	0,32571	0,00003	0,00003	0,05000	0,00003	0,14955	0,00333	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Ek 4 AAP Uygulaması Sonucu Elde Edilen Limit Matris

LİMİT MATRİS		AMAÇ	KRİTERLER														ALTERNATİFLER				
		Tekn. Seçimi	EF			TÖ					SF			ÇF			FY	KD	IKT	MIT	DY
			YM	İM	BM	K	V	BAÇ	ASG	KEG	İS	TK	DH	ÇR	İŞD	KİM					
AMAÇ	Teknoloji Seçimi	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
KRİTERLER	EF	YM	0,08703	0,08703	0,08703	0,08703	0,08703	0,08703	0,08703	0,08703	0,08703	0,08703	0,08703	0,08703	0,08703	0,08703	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		İM	0,00545	0,00545	0,00545	0,00545	0,00545	0,00545	0,00545	0,00545	0,00545	0,00545	0,00545	0,00545	0,00545	0,00545	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		BM	0,02272	0,02272	0,02272	0,02272	0,02272	0,02272	0,02272	0,02272	0,02272	0,02272	0,02272	0,02272	0,02272	0,02272	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	TÖ	K	0,05038	0,05038	0,05038	0,05038	0,05038	0,05038	0,05038	0,05038	0,05038	0,05038	0,05038	0,05038	0,05038	0,05038	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		V	0,03021	0,03021	0,03021	0,03021	0,03021	0,03021	0,03021	0,03021	0,03021	0,03021	0,03021	0,03021	0,03021	0,03021	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		BAÇ	0,01485	0,01485	0,01485	0,01485	0,01485	0,01485	0,01485	0,01485	0,01485	0,01485	0,01485	0,01485	0,01485	0,01485	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		ASG	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		KEG	0,00202	0,00202	0,00202	0,00202	0,00202	0,00202	0,00202	0,00202	0,00202	0,00202	0,00202	0,00202	0,00202	0,00202	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	SF	İS	0,06173	0,06173	0,06173	0,06173	0,06173	0,06173	0,06173	0,06173	0,06173	0,06173	0,06173	0,06173	0,06173	0,06173	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		TK	0,04000	0,04000	0,04000	0,04000	0,04000	0,04000	0,04000	0,04000	0,04000	0,04000	0,04000	0,04000	0,04000	0,04000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		DH	0,06976	0,06976	0,06976	0,06976	0,06976	0,06976	0,06976	0,06976	0,06976	0,06976	0,06976	0,06976	0,06976	0,06976	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	ÇF	ÇR	0,08774	0,08774	0,08774	0,08774	0,08774	0,08774	0,08774	0,08774	0,08774	0,08774	0,08774	0,08774	0,08774	0,08774	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		İŞD	0,04380	0,04380	0,04380	0,04380	0,04380	0,04380	0,04380	0,04380	0,04380	0,04380	0,04380	0,04380	0,04380	0,04380	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
		KİM	0,08098	0,08098	0,08098	0,08098	0,08098	0,08098	0,08098	0,08098	0,08098	0,08098	0,08098	0,08098	0,08098	0,08098	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
ALTERNATİFLER	Fırında Yakma	0,08076	0,08076	0,08076	0,08076	0,08076	0,08076	0,08076	0,08076	0,08076	0,08076	0,08076	0,08076	0,08076	0,08076	0,08076	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Kimyasal Dezenfektasyon	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,07802	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Islak ve Kuru Termal İşlemler	0,03895	0,03895	0,03895	0,03895	0,03895	0,03895	0,03895	0,03895	0,03895	0,03895	0,03895	0,03895	0,03895	0,03895	0,03895	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Mikrodalga ile Işınlama Teknolojisi	0,04966	0,04966	0,04966	0,04966	0,04966	0,04966	0,04966	0,04966	0,04966	0,04966	0,04966	0,04966	0,04966	0,04966	0,04966	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
	Depolama Yöntemi	0,07792	0,07792	0,07792	0,07792	0,07792	0,07792	0,07792	0,07792	0,07792	0,07792	0,07792	0,07792	0,07792	0,07792	0,07792	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	14.01.1984	
Doğum yeri	Ankara	
İlköğretim	1989–1997	Çapa İlköğretim Okulu
Lise	1997–2001	Şehremini Lisesi (YDA)
Lisans	2001–2005	Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2005–2007	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Çalıştığı kurumlar

2002	Tüm Kalıp Aparat San. ve Tic. Ltd. Şti. Atölye Stajı 30 iş günü
2003	Garanti Leasing Bilgisayar Stajı 30 iş günü
2004	Perfektüp Ambalaj San. ve Tic. A.Ş. Endüstri Mühendisliği Stajı 30 iş günü
2005–Devam ediyor	Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Yöneylem Araştırması Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi