

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TERSİNE LOJİSTİK VE SAĞLIK KURULUŞLARINDAN KAYNAKLANAN
ATIKLARIN İMHASI İÇİN AĞ TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşenur BUDAK

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

OCAK 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TERSİNE LOJİSTİK VE SAĞLIK KURULUŞLARINDAN KAYNAKLANAN
ATIKLARIN İMHASI İÇİN AĞ TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ayşenur BUDAK
(507101140)**

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Alp ÜSTÜNDAĞ

OCAK 2013

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın her aşamasında, konu ile ilgili bilgi ve deneyimini benimle paylaşan, ilgi ve önerilerini hiç bir zaman esirgemeyen, tez danışmanlığımı özenle yürüten değerli hocam Doç.Dr. Alp Üstündağ'a ve manevi destekleri için aileme teşekkür ederim.

Aralık 2012

Ayşenur BUDAK
(Endüstri Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
SEMBOL LİSTESİ	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1.GİRİŞ	1
2.TERSİNE LOJİSTİK	5
2.1 Tersine Lojistiğin Tanımı.....	5
2.2 Tersine Lojistik ve İleri Lojistik Yönetimi	8
2.3 Tersine Lojistik ve Yeşil Lojistik.....	10
2.4 Tersine Lojistiğin Önündeki Engeller	11
2.5 Tersine Lojistikte Dünyadaki Durum.....	12
2.6 Tersine Lojistikte Türkiye’deki Durum	13
3.TERSİNE LOJİSTİĞİN KAPSAMI.....	15
3.1 Neden Tersine Lojistik.....	15
3.2 Tersine Lojistik Ağlarda Ürün Geri Dönüşleri	17
3.3 Tersine Lojistikte Uygulanan İşlemler.....	19
3.3.1 Tersine lojistikte ürün geri kazanım süreçleri.....	19
3.3.2 Tersine lojistik ağ yapısındaki işlemler.....	23
3.4 Tersine Lojistikte Yeniden Dağıtım Kanalları.....	25
3.5 Tersine Lojistiğin İşletmelere Faydaları	25
3.6 Tersine Lojistiğin Bileşenleri.....	26
4.TERSİNE LOJİSTİKTE ARAŞTIRMA ALANLARI VE PROBLEMLER..	29
4.1 Tersine Lojistik Ağı Tasarımı	29
4.2 Geri Kazanımlı Üretim Ortamında Stok Kontrolü.....	29
4.3 Geri Kazanımlı Üretim Ortamında Üretim Planlama	29
4.4 Tersine Lojistik ve E-ticaret.....	30
4.5 Tersine Lojistik için Bilgi ve İletişim Teknolojileri	30
5. TERSİNE LOJİSTİK AĞI TASARIMI	31
5.1 Tersine Lojistik Ağı Tanımı	31
5.2 Tersine Lojistik Ağ Yapısı Türleri.....	33
5.3 Tersine Lojistik Ağ Yapısının Boyutları.....	34
5.4 Tersine Lojistik Ağ Tasarımı Literatür Araştırması.....	35
5.4.1 Bütünleşik modeller	40
5.4.2 Bağımsız Modeller.....	41
5.5 Tersine Lojistik Ağı Tasarımı için Temel Tesis Yerleştirme Modeli	43
6. SAĞLIK KURULUŞLARINDAN KAYNAKLANAN ATIKLAR	49
6.1 Kapsam ve İçeriği.....	49

6.2	Sağlık Kuruluşlarından Kaynaklanan Atıkların İmhasının Önemi	50
6.3	Sağlık Kuruluşlarından Kaynaklanan Atık Yönetimine İlişkin Genel Bilgiler	52
6.3.1	Belediyelerin yükümlülükleri.....	53
6.4	Türkiye’de Sağlık Kuruluşlarından Kaynaklanan Atıkların İmha Süreci ..	53
6.4.1	Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların toplanması ve taşınması.	53
6.4.1.1.	Evsel atıkların toplanması	54
6.4.1.2	Tıbbi atıkların toplanması	54
6.4.1.3	Atıkların taşınması	54
6.4.2	Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların geçici depolara sevkiyatı ve depolanması.....	55
6.4.3	Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların bertarafı	56
6.4.3.1	Tıbbi atıkların bertarafı	56
6.4.3.2	Evsel atıkların bertarafı	58
6.4.4	Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların düzenli depolanması (nihai bertaraf)	59
6.5	Türkiye’de Atıklarla İlgili Durum.....	59
7.ÖNERİLEN SAĞLIK KURULUŞLARINDAN KAYNAKLANAN ATIKLAR AĞ YAPISI İÇİN ÖRNEK.....		61
7.1	Atıkların Toplama Noktalarına Toplanması	61
7.2	Toplama Merkezinden Geçici Depolara Sevkiyat	62
7.3	Depolama Merkezinden İşleme Merkezlerine Sevkiyat	63
7.4	İşleme Merkezlerinden Düzenli Depolama Merkezine Sevkiyat.....	64
7.5	Modelin Oluşturulması.....	65
7.5.1	Modelin amacı.....	65
7.5.2	Model parametrelerinin belirlenmesi	65
7.5.2.1	Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan toplam atık miktarı.....	66
7.5.2.2	Tıbbi ve evsel atıkların taşıma mâliyeti	70
7.5.2.3	Depo ve tesislerin kapasitelerinin belirlenmesi.....	70
7.5.2.4	Depo ve tesislerin sabit mâliyetlerinin belirlenmesi	76
7.5.3	Modelin Varsayımları	85
7.5.4	Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imhası için tersine lojistik modeli.....	85
7.6	Modelin Uygulaması ve Değerlendirilmesi	93
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....		101
KAYNAKLAR.....		105
EKLER.....		109
ÖZGEÇMİŞ.....		133

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
WEEE	: Elektronik ve elektrikli atık elemanları yönergesi
ELV	: Yaşam Sonu Taşıt Yönergeleri
MIGP	: Karma Tamsayılı Hedef Programlama
MILP	: Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama
MINLP	: Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama
SMILP	: Stokastik Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama
NLP	: Doğrusal Olmayan Programlama Modeli
MIP	: Karma Tamsayılı Programlama
MRP	: Malzeme Gereksinim Planlaması
OEM	: Orjinal Ekipman Üreticileri
DPT	: Devlet Planlanlama Teşkilatı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Tersine lojistiğin kapsamı.	7
Çizelge 2.2 : İleri ve tersine lojistikte farklılıklar.	8
Çizelge 2.3 :Tersine lojistikte mâliyet düzeyi.	13
Çizelge 2.4: Dünyada geri dönüş oranları örnekleri.....	15
Çizelge 3.1: Ekonomik nedenlerin doğrudan ve dolaylı kazanımları.....	17
Çizelge 3.2: Ürün geri kazanım süreçleri arasındaki farklar	21
Çizelge 5.1 : Tersine lojistik ağ tasarımında yapılan çalışmalar	37
Çizelge 6.1 : Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların sınıflandırılması	51
Çizelge 7.1 : Gelişmişlik bölgelerine göre iller	66
Çizelge 7.2 : Atık cinslerine göre toplam atık miktarı.....	67
Çizelge 7.3: Gelişmişlik durumuna göre illerin nüfus yoğunlukları	68
Çizelge 7.4 : Atıkların taşıma mâliyetleri.....	70
Çizelge 7.5 : Potansiyel geçici depo konumları ve kapasiteleri	71
Çizelge 7.6 : Mevcut ve potansiyel sterilizasyon merkezlerinin yıllık kapasiteleri ..	72
Çizelge 7.7: Mevcut ve potansiyel yakma merkezlerinin yıllık kapasiteleri.....	74
Çizelge 7.8 : Mevcut ve potansiyel kireçle gömme merkezi yıllık kapasiteleri.....	74
Çizelge 7.9 : Üç farklı depo tipi için mâliyet kalemleri	76
Çizelge 7.10: Üç farklı depo tipi için arsa mâliyetleri.....	77
Çizelge 7.11 : Üç farklı depo tipi için ofis yapım mâliyetleri	77
Çizelge 7.12 : Üç farklı depo tipi için sabit enerji giderleri	77
Çizelge 7.13 : Üç farklı depo tipi için sabit ofis giderleri	77
Çizelge 7.14 : Üç farklı depo tipi için çalışan giderleri	78
Çizelge 7.15: Üç farklı depo tipi için ekipman mâliyetleri	78
Çizelge 7.16: Üç farklı depo tipi için yıllık sabit mâliyet.....	78
Çizelge 7.17: Sterilizasyon merkezi çalışanlarının yıllık mâliyeti	79
Çizelge 7.18 : Sterilizasyon merkezinin enerji ve ofis giderleri.....	79
Çizelge 7.19 : Sterilizasyon merkezi yıllık sabit ve işleme mâliyeti	79
Çizelge 7.20: Sterilizasyon merkezlerinin kapasitelerine göre yıllık sabit mâliyeti	80
Çizelge 7.21: Yakma merkezi çalışanlarının yıllık mâliyeti	81
Çizelge 7.22 : Yakma merkezinin yıllık enerji ve ofis giderleri.....	81
Çizelge 7.23 : Yakma merkezinin yıllık sabit ve işleme mâliyeti	81
Çizelge 7.24: Yakma merkezlerinin yıllık sabit mâliyetleri.....	81
Çizelge 7.25: Kireçle gömme merkezinin yıllık çalışan mâliyeti.....	82
Çizelge 7.26: Kireçle gömme merkezinin yıllık enerji ve ofis mâliyeti.....	82
Çizelge 7.27: Kireçle gömme merkezinin yıllık sabit ve işleme mâliyeti.....	82
Çizelge 7.28 : Kireçle gömme merkezlerinin yıllık sabit mâliyetleri.....	83
Çizelge 7.29 : Öğütücü merkezinin yıllık çalışan mâliyeti	84
Çizelge 7.30 : Öğütücü merkezinin yıllık enerji ve ofis giderleri	84

Çizelge 7.31: Öğütücü merkezinin yıllık sabit ve işleme mâliyeti	85
Çizelge 7.32 : Bilir kişilerin 5 yıl sonra tahmin ettikleri toplam atık artış oranları ...	94
Çizelge 7.33: Senaryolara göre toplamda açılan depo ve tesis sayıları	95
Çizelge 7.34: Senaryolara göre tersine lojistik ağında oluşan mâliyetler	97
Çizelge A.1 : Senaryo 1 için toplama merkezindeki miktarlar	110
Çizelge A.2: Senaryo 1 için geçici depo bilgileri	111
Çizelge A.3 : Senaryo 1 için sterilizasyon merkezi bilgileri	114
Çizelge A.4: Senaryo 1 için yakma merkezi bilgileri	115
Çizelge A.5 : Senaryo 1 için kireçle gömme merkezi bilgileri.....	116
Çizelge A.6 : Senaryo 1 için öğütücü merkezi bilgileri.....	117
Çizelge A.7 : Senaryo 1 için tıbbi atık düzenli depolama merkezi bilgileri	118
Çizelge A.8 : Senaryo 1 için evsel atık düzenli depolama merkezi bilgileri	118
Çizelge B.1 : Senaryo 6 için toplama merkezindeki miktarlar	119
Çizelge B.2: Senaryo 6 için geçici depo bilgileri	120
Çizelge B.3 : Senaryo 6 için sterilizasyon merkezi bilgileri.....	124
Çizelge B.4: Senaryo 6 için yakma merkezi bilgileri	126
Çizelge B.5 : Senaryo 6 için kireçle gömme merkezi bilgileri	127
Çizelge B.6: Senaryo 6 için öğütücü merkezi bilgileri	129
Çizelge B.7: Senaryo 6 için tıbbi atık düzenli depolama merkezi bilgileri	130
Çizelge B.8: Senaryo 6 için evsel atık düzenli depolama merkezi bilgileri	131

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : İleri ve tersine dağıtım.....	8
Şekil 3.1 : Tersine lojistiğin uygulama sebepleri.....	17
Şekil 3.2 : Tersine lojistik ağlarda ürün geri dönüşleri.....	19
Şekil 3.3 : Ürün geri alım opsiyonları (Thierry,1995).....	20
Şekil 3.4 : Tersine lojistik hiyerarşisi.	22
Şekil 3.5 : İleri ve tersine lojistik zincirindeki akış.	23
Şekil 3.6 : Tersine lojistikte aktörler.....	27
Şekil 5.1 : Tersine lojistik ağ tasarımı	32
Şekil 5.2 : Geri kazanım modeli problem yapısı.....	43
Şekil 6.2 :Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imhası için var olan tersine lojistik ağı.....	60
Şekil 7.1 : Atıkların toplama noktasında toplanması.....	62
Şekil 7.2 : Atıkların toplama noktasından depolama merkezine sevkiyatı.....	63
Şekil 7.3 : Atıkların depolama merkezinden işleme merkezlerine sevkiyatı	64
Şekil 7.4 : Atıkların işleme merkezlerinden düzenli depolamaya sevkiyatı.....	64
Şekil 7.5 : Önerilen atık imhası tersine lojistik ağ yapısı.	65
Şekil 7.6 : Tersine lojistik ağında oluşan mâliyetlerin analizi.	97

SEMBOL LİSTESİ

Q_i	: i. toplama noktasındaki toplam atık miktarı
$C1_j$	: j. depolama merkezinin sabit mâliyeti
$C2_m$	: m. sterilizasyon merkezinin sabit mâliyeti
$C3_n$	: n. yakma merkezinin sabit mâliyeti
$C4_l$	: l. kireçle gömme merkezinin sabit mâliyeti
$C5_k$	: k. öğütücü merkezinin sabit mâliyeti
$TCap1_j$	: j. depolama merkezinin maksimum kapasitesi
$TCap2_m$	: m. sterilizasyon merkezinin maksimum kapasitesi
$TCap3_n$	: n. yakma merkezinin maksimum kapasitesi
$TCap4_l$	: l. kireçle gömme merkezinin maksimum kapasitesi
$TCap5_k$	: k. öğütücü merkezinin maksimum kapasitesi
$M1_{im}$	: i. toplama noktasıyla j. depo arasındaki mesafe
$M2_{jm}$	: j. depo ile m. sterilizasyon merkezi arasındaki mesafe
$M3_{jn}$	: j. depo ile n. yakma merkezi arasındaki mesafe
$M4_{jl}$	: j. depo ile l. kireçle gömme merkezi arasındaki mesafe
$M5_{jk}$	: j. depo ile k. öğütücü merkezi arasındaki mesafe
$M6_{my}$	: m. sterilizasyon merkezi ile y. tıbbi atık düzenli depolama merkezi arasındaki mesafe
$M7_{ny}$	: n. yakma merkezi ile y. tıbbi atık düzenli depolama merkezi arasındaki mesafe
$M8_{kx}$	: k. öğütücü merkezi ile x. evsel atık düzenli depolama merkezi arasındaki mesafe
X_{ij}	: i. toplama noktasından j. depolama merkezine giden toplam atık miktarı
$Y1_{jm}$	: j. depolama merkezinden m. sterilizasyon merkezine giden tıbbi atık miktarı
$Y2_{jn}$	: j. depolama merkezinden n. yakma merkezine giden tıbbi atık miktarı
$Y3_{jl}$	: j. depolama merkezinden l. kireçle gömme merkezine giden tıbbi atık miktarı
$Y4_{jk}$	: j. depolama merkezinden k. öğütücü merkezine giden evsel atık miktarı
$Y5_{my}$	: m. sterilizasyon merkezinden y. düzenli depolama merkezine giden tıbbi atık miktarı
$Y6_{ny}$	: n. yakma merkezinden y. düzenli depolama merkezine giden tıbbi atık miktarı
$Y7_{kx}$	: k. öğütücü merkezinden x. düzenli depolama merkezine giden evsel atık miktarı
$Q1_j$	: j. depodaki toplam atık miktarı
$Q2_j$	: j. depodaki sterilizasyon merkezine gidecek toplam tıbbi atık miktarı
$Q3_j$	: j. depodaki yakma merkezine gidecek toplam tıbbi atık miktarı

Q4_j	: j.depodaki kireçle gömme merkezine gidecek toplam tıbbi atık miktarı
Q5_j	: j.depodaki öğütücü merkezine gidecek toplam evsel atık miktarı
Q6_m	: m.sterilizasyon merkezindeki toplam tıbbi atık miktarı
Q7_n	: n. yakma merkezindeki toplam tıbbi atık miktarı
Q8_l	: l. kireçle gömme merkezindeki toplam tıbbi atık miktarı
Q9_k	: k. öğütücü merkezindeki toplam evsel atık miktarı
Q10_y	: y. tıbbi atık düzenli depolama merkezindeki atık miktarı
Q11_x	: x. evsel atık düzenli depolama merkezindeki atık miktarı
P_j	: { 1, eğer depolama merkezi varsa, 0, eğer yoksa
T_m	: { 1, eğer sterilizasyon merkezi varsa, 0, eğer yoksa
D_n	: { 1, eğer yakma merkezi varsa, 0, eğer yoksa
V_l	: { 1, eğer kireçle gömme merkezi varsa, 0, yoksa
U_k	: { 1, eğer öğütücü merkezi varsa, 0, yoksa
SO	: Sterilizasyon merkezine giden atık
YO	: Yakma merkezine giden atık oranı
KG	: Kireçle gömme merkezine giden atık oranı
EA	: Evsel atık oranı
T₁	: Tıbbi atığı taşımanın mâliyeti
T₂	: Evsel atığı taşımanın mâliyeti
T₃	: İşlenen atıkların düzenli depolamaya taşıma mâliyeti
T₄	: Atıkların toplama noktasından geçici depolara taşıma maliyeti
J_{max}	: En fazla depo sayısı
M_{max}	: En fazla sterilizasyon merkezi sayısı
N_{max}	: En fazla yakma merkezi sayısı
L_{max}	: En fazla kireçle gömme merkezi sayısı
K_{max}	: En fazla öğütücü merkezi sayısı
I₁	: Sterilizasyon merkezinde tıbbi atığın işleme mâliyeti
I₂	: Yakma tesisinde tıbbi atığın işleme mâliyeti
I₃	: Kireçle gömme merkezinde tıbbi atığın işleme mâliyeti
I₄	: Öğütücü merkezinde evsel atığın işleme mâliyeti

TERSİNE LOJİSTİK VE SAĞLIK KURULUŞLARINDAN KAYNAKLANAN ATIKLARIN İMHASI İÇİN AĞ TASARIMI

ÖZET

Tedarik zinciri süreçleri arasında önemli bir araştırma alanı olan, ürünlerin tüketiciden üreticiye olan hareketlerini ve bilgi akışının yönetim süreci olarak adlandırılan tersine lojistik, artık günümüzde sadece hammadde ihtiyacı, kıt kaynakların gündeme gelmesi sorunu için değil, bazı sosyal sorumluluklar, kanunların işleyişi ve çevre sağlığı için de gerekli olabilmektedir. Bu yüzden atık yönetimi içinde önemli çalışma alanlarından biri haline gelmiştir.

Bu çalışmada, tersine lojistik araştırma alanları içinde büyük önem kazanan tersine lojistik ağ tasarımı, sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıklar için incelenmiş, Türkiye kapsamında atıkların imhası için ağ tasarımı örneği uygulanmıştır. Türkiye’de sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıklar 4 tiptir. Bunlar tıbbi, evsel, radyoaktif ve tehlikeli atık gruplarıdır. Ancak radyoaktif atıklar ve toplam atık miktarının yaklaşık %1’ni oluşturan tehlikeli atıklar farklı mevzuata göre işlem gördüğünden çalışma kapsamına alınmamıştır. Yeni yürürlüğe giren yönetmeliğe göre, tıbbi atık yönetiminin planlanmasında evsel atığın bir bileşen olarak ele alınması gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında tersine lojistik ağ tasarımı için temel bir model olan karma tamsayılı doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur. Model FICO™ Xpress Optimization Suite programı ile çözülmüştür.

Modelde senaryolar oluşturulurken ileriki yıllarda atık miktarındaki artış oranlarındaki belirsizlik için, risk analizi uygulanmış ve ileriki yıllarda beklenen tahmini atık miktarını belirlemek için kullanılmıştır. Bunun sonucu olarak 5 yıl sonra atık miktarındaki artış oranı %51 oranında olacağı tahmin edilmiştir. %51’lik artış oranı yıl bazında yaklaşık %10 luk bir değere denk geldiğinden, duyarlılık analizi bu atık artış miktarına göre oluşturulmuştur. 11 senaryo incelenmiştir. Mevcut durumu ele alan sistem ile ,%10, %20, %30, %40, %51, %60, %70, %80, %90 ve %100’ lük artışlara göre senaryolar oluşturulmuştur.

Modelin amacı, oluşturulan senaryolara göre, depo ve tesislerin konumlarını ve toplama noktalarından nihai bertaraf alanına olan akış miktarlarını belirlemek, buna bağlı olarak oluşacak tüm mâliyetlerin (taşıma, işleme, tesis) enküçüklenmesi şeklindedir.

Tez çalışması toplamda 8 bölümden oluşmaktadır.

İlk bölümde tersine lojistik uygulamalarının gelişimi, çalışmanın önemi ve amacı hakkında bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde tersine lojistiğin tanımı ve kapsamını, Türkiye ve dünyada uygulama alanlarından bahsedilmiştir. Ardından günümüzde tersine lojistiğin önündeki engellerden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde tersine lojistiği uygulamaya iten güçleri ve tersine lojistiğe sebep olan ürün geri dönüşleri hakkında bilgi verilmiştir. Tersine lojistikte ürün geri kazanım süreçleri ve ağ tasarımındaki işlemler hakkında kapsamlı bir bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde tersine lojistikte araştırma alanları hakkında bilgi verilmiştir.

Beşinci bölümde, tersine lojistik ağ tasarımı üzerinde durulmuştur. Literatürde tersine lojistik ağ tasarımı üzerinde yapılan çalışmalara bakılmıştır, ardından tersine lojistik ağları için temel bir model olan karma tamsayılı doğrusal programlama modeli aktarılmıştır.

Altıncı bölümde, Türkiye’de sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imha süreci analiz edilmiş var olan tersine lojistik ağ yapısı oluşturulmaya çalışılmıştır.

Yedinci bölümde ise, sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imhası için yeni bir tersine lojistik ağ yapısı önerilmiş ve yapılan görüşmeler ışığında gerçek verilerle, model çözülmüş, oluşturulan senaryolara göre duyarlılık analizleri yapılmıştır.

Sekizinci ve son bölümde ise çalışmanın amacı, önemi ve sonuçları özetlenmiş, tüm tez çalışması hakkında bilgi verilmiş ve ilerleyen dönemde gerçekleştirilebilecek yeni çalışmalar sunulmuştur.

REVERSE LOGISTICS AND NETWORK DESIGN FOR WASTE DISPOSAL IN HEALTH INSTITUTIONS

SUMMARY

In recent years, waste management in health institutions has gained importance because of the damage of medical waste on human health and the environment. The medical wastes occurring due to increase in population and industrialization have become an important environmental problem. In fact, although wastes generated from health institutions occupy less space as quantity, but have the greatest risk in all waste groups. The wastes are generated from health institutions often include the wastes based from hospitals and the laboratory.

The population of Turkey is approximately 75 million. It is given great importance to the health sector in the country. The health sector is developing in recent years depending on the population; hence there are many large and small health organizations in every region. Most of them are private, state and university hospitals. There are approximately 1500 hospitals. This number is increasing every year.

The wastes which are investigated in this study are basically divided into two groups, namely domestic and medical waste. The domestic wastes, include non-contaminated wastes, generated from the units, particularly kitchen, garden and administrative units. We may divide domestic wastes into two sub-headings as general waste and package waste which include the waste of packages of recyclable plastic, metal, glass and paper-cardboard generated from the units, non-contaminated, reusable, recyclable. However the medical waste is a group generated from the units which is including infectious, pathological, and cutting-perforating wastes. The collection of medical waste in accordance with the rules and disposing properly is very important for human health and environment. Exposure of medical waste may cause illness or injury due to hazardous and infected substances. Otherwise doctors, nurses, auxiliary clinical workers and other hospital staffs working in health institutions are in the risk group to be effected from medical waste. Today, the reverse logistics models for collection and disposal of waste generated from health institutions properly have gained importance in point of medical waste management, in order to reduce hazards of wastes and prevent the negative effects on the environment.

In the application of reverse logistics on wastes generated from health institutions, helps to, manage and optimize the flow of wastes and design an effective disposal system. This study which is investigated system of healthcare waste disposal in Turkey includes reverse logistics activities like collection, storage, transportation of wastes, processing wastes according to the types and final distribution to regular storage area.

Consequently, the design of an efficient reverse logistics network system is very important issue for disposal of waste generated from health institutions.

The aim of this study is to conduct a risk analysis for waste collection and disposal in health institutions of Turkey. In this context, for the next five years, the expected waste quantities, the required number and location of facilities are determined. For the analysis, reverse logistics network is illustrated and a mixed integer linear programming model is developed to optimize the collection and disposal system for wastes generated from health institutions in Turkey. As the binary variables are used for storage sites selection and processing centers in the model, the objective function include cost factors including fixed, transportation and operations. Additionally, a sensitivity analysis is conducted to evaluate the several scenarios for different waste quantities generated from health institutions.

When considering the relevant literature, it is revealed that there has not been any published study to conduct a risk analysis for waste collection and disposal in health institutions in Turkey analytically. This paper aims at filling this gap in the literature proposing a mixed integer linear programming model to determine the required number of facilities as well as the locations of them by minimizing cost. Another original point of this study is that two types of wastes generated from health institutions are considered with multi-type processing centers and it is organized on the model of Turkey. Besides, a suitable reverse logistics network is designed by the studying all above researchers methodologies and results. The model considers all real datas generated from experts covering from whole country. After a risk analysis for waste collection and disposal in health institutions of Turkey is conducted, reverse logistics network is solved by the expected waste quantities for the next five years.

This study present a risk analysis for waste collection and disposal in health institutions in Turkey. In the application, reverse logistics network is designed on wastes generated from health institutions, to build an effective disposal system. Because there is an uncertainty about waste increase rate, risk analysis is used. In this manner sensitivity analysis is conducted, 10% increased waste rate are taking into consideration for 11 different scenarios.

The rest of the study is organized as follows,

Chapters 1 gives general introduction and describe the aim of the study.

Chapters 2 gives comprehensive reverse logistics definitions, and define the scope of the reverse logistics in Turkey and give a brief introduction about reverse logistics applications in the world.

Chapter 3 describe the processes of reverse logistics which can be applied on network design and recycled returning products.

Chapters 4 provides information on research areas of reverse logistics.

The fifth chapter focuses on the design of reverse logistics network also presents a brief literature review on reverse logistics of network design, and then a basic model for reverse logistics networks with mixed integer linear programming model is presented.

The sixth chapter analyzes the process of disposal of waste arising from medical institutions of Turkey, which has been attempted to establish the structure of reverse logistics network and describes the current case of wastes generated from health institutions disposal in Turkey.

In the seventh section, The problem is defined and a mixed integer linear model is presented for medical and domestic reverse logistics network, and with the real data, the model is solved, the generated scenarios were analyzed, additionally chapter focuses on results of the risk analysis.

Finally in the chapter 8, the aim and the importance of the study are analysed and this chapter summarizes the results of the thesis.

1.GİRİŞ

Çağlar boyunca insanoğlu ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla pek çok kaynağı kullanmış ancak doğal kaynakların ve çevrenin de aynı şekilde tüketilmesine ve yok edilmesine neden olmuştur. Bu sebeple günümüzde doğal kaynaklar hızla tükenmektedir (Nakiboğlu, 2007). Bu da çevre sorunlarını beraberinde getirmektedir. Gelecek nesiller için hammadde ve doğal kaynaklar sıkıntısı çekilmesinden endişe edilmektedir. Tersine lojistik, ömrü tükenmiş, zararlı atıkların düzgün bir şekilde elden çıkarılması amacıyla sistemin akışını planlama, yürütme ve kontrol etme sürecini kapsamaktadır. Buradaki amaç kullanılmış ürünü tüketiciden üreticiye yönelik akışını sosyal sorumluluk ve çevre sağlığını koruma amacıyla da sağlamak olduğundan atık yönetiminin en önemli parçalarından birini oluşturmaktadır.

Genel olarak, “lojistik” terimi sadece kavramın ileri yönlü olan kısmını çağrıştırır. Diğer taraftan ürünün tersi yönde ilerlemesine neden olan ve lojistiğe tersine bir yön de katarak “kapalı-döngü” kavramının ortaya çıkmasına neden olan dönüşler vardır. Bunlar (Brito ve Dekker, 2002),

- Ürün dönüşleri,
- Ticari dönüşler (B2B ve B2C),
- Ürün geri çağırımları,
- Garantiden kaynaklanan dönüşler,
- Hizmet dönüşleri,
- Kullanım sonu dönüşleri,
- Yaşam sonu dönüşleri,

Olarak sınıflandırılabilir.

Günümüzde geri dönen ürünlere büyük önem verilmekte ve hayat çevrimini tamamlamış ürünler için imalatçılara sorumluluklar yüklenmektedir. Atık arazilerinin kapasitelerinin gün geçtikçe daralması atıkların azaltılmasına yönelik çalışmalar endüstriyel ülkelerde en önemli ilgi alanlarından biri haline getirmiştir (Fleischmann ve diğerleri, 2001).

Tersine lojistik kavramı, dünya nüfusunun hızla artmasından dolayı yetersiz kalan hammadde ihtiyacını malzemelerin geri dönüşümü ile 70'li ve 80'li yıllarda çevre konularının öneminin artmasıyla birlikte ortaya çıkmaya başlamıştır. Tersine lojistik ile ilgili ilk tanımlar Lambert ve Stock tarafından 1981 yılında yapılmıştır. Uygulama olarak bakıldığında zaman tersine lojistik işlemleri ilk olarak tekstil ürünlerinde kullanılmaya başlanmıştır ve daha sonra elektronikli ürünlerde uygulanmaya geçilmiştir. Yine bu yıllarda, imalatçılar, ürünlerini müşterilerine sunduktan sonra ürünlerle ilgili sorumluluk üstlenmemişlerdir. Kullanılmış ürünler çevreye bırakılmakta, tehlikeli atıkların imhası gerçekleştirilmemekteydi. Bu durum insan sağlığını ve çevreyi tehdit etmekteydi. 2000' li yıllara gelindiğinde ise oluşan çevre bilinci ile kanunlar ve yetkililer üreticilere zararlı atıklar için çevre sorumluluğu yüklemeye başlamışlardır.

Ancak diğer ürün ve materyallerin yeniden kullanılması yeni bir durum değildir. Metal hurda toplama, atık kâğıt dönüşümü, cam şişeler için depozito uygulamaları, uzun zamandır yapılmaktadır. Bu ürünlerin geri dönüşülmesi, yok edilmesinden ekonomik olarak daha avantajlıdır (Koban, 2007).

Dünya geri alım örneklerine bakıldığında zaman, en göze çarpan örnek otomotiv sektöründe ürün geri alımı olarak gösterilebilir. ABD'de 10 milyon araba ve kamyonun her yıl % 95'i geri dönüşüme girmekte ve bu araçların % 75'i yeniden kullanım için geri kazandırılırken, camın % 20'si, kâğıt ürünlerinin % 30'u ve alüminyum kutuların % 61'i geri dönüştürülmektedir (Demirel ve Gökçen, 2008).

Tersine lojistik taşıdığı stratejik öneme rağmen, Türkiye'de daha az araştırma yapılan bir alandır. Mevcut uygulamalarda çok az sistematik çalışmalara rastlanmaktadır. Bunun sebebi çoğu sektörün hazır olmaması ve yasal düzenlemelerin yavaşlığıdır. Günümüzde elektrikli-elektronikli eşyalarda, kâğıt, cam, plastik sanayisinde tersine lojistik uygulamaları başlamıştır. Tehlikeli atıklar ve tıbbi öğelerde de tersine lojistik uygulamaları yasalarla birlikte günümüzde daha öneme alınmaya başlanmıştır.

Son yıllarda çevresel faktörler, hızla gelişen endüstriyel yaşam ve 'yeşil çevre' imajı 2000'li yıllardan sonra tersine lojistiği hızlı gelişmesine katkıda bulunmuştur. Günümüzde tersine lojistik önemli bilimsel araştırma alanı haline gelmiştir (Karaçay, 2005).

Ürünlerin geri dönüşümü veya geri dönen ürünün etkili bir şekilde imha edilmesi günümüz şartlarında çevresel kaygılar, firmaların sorumluluklarının artması,

sürdürülebilir gelişme açısından oldukça yaygın hale gelmekte ve gelecekte de öneminin artması beklenmektedir (Karaçay, 2005).

Artık günümüzde tersine lojistik, sadece kıt kaynakların gündeme gelmesi sorunu için değil, bazı sosyal sorumluluklar ve çevre sağlığı için de gerekli olabilmektedir. Son yıllarda, sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atık yönetimi , insan sağlığı ve tıbbi atıkların çevreye zararından ötürü büyük önem kazanmıştır. Hastane atıkları nüfus artışı ve sanayileşmenin de artması ile önemli bir çevre sorunu haline gelmeye başlamıştır. Bu açıdan ele alındığında sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıklar miktar olarak daha az yer kaplamasına rağmen en fazla risk içeren atık grubu olarak yer almaktadır. Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların düzgün toplanması ve bertarafı için tersine lojistik uygulamaları, günümüzde atıkların zararlarını azaltmak ve çevreye olan olumsuz etkilerini engellemek için tıbbi atık yönetimi açısından önem kazanmıştır. Türkiye’de bu işleyişi Çevre ve Orman bakanlığı yürütmektedir. Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imha sisteminin; maliyet tasarruf ederek etkili optimizasyonunun sağlanması için etkili bir tersine lojistik ağ sisteminin tasarlanması oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, çevre için önemli sorunlardan biri olan sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imhası için tersine lojistik ağ yapısı oluşturulmaya çalışılmıştır. Türkiye’de bu konuyla ilgili yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Literatürde yer alan çalışmalara bakıldığında, Shi (2009) sadece tıbbi atıkları ele alan çalışma yapmış, uygulamada ise 5 hastaneyi toplama noktası olarak almış, 3 adet depo ve tek tip 2 adet işleme merkezini göz önüne alarak örnek tersine lojistik ağ tasarımı oluşturmuştur. Bu çalışmadan yola çıkılarak, Türkiye kapsamında oluşturulan tüm sağlık kuruluşlarında kaynaklanan (tıbbi, evsel) atıkları ele alan, bu atıkların çok tipli işleme tesislerine gittiği imha sistemi için toplama ağı önerilmiş ve tersine lojistik ağ tasarımı oluşturulmuştur. Bu anlamda, çalışma literatüre yenilik getirmektedir. Türkiye’de sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıklar 4 tiptir. Bunlar tıbbi, evsel, radyoaktif ve tehlikeli atık gruplarıdır. Ancak radyoaktif atıklar ve toplam atık miktarının yaklaşık %1’ni oluşturan tehlikeli atıklar farklı mevzuata göre işlem gördüğünden çalışma kapsamına alınmamıştır. Yeni yürürlüğe giren yönetmeliğe göre, tıbbi atık yönetiminin planlanmasında evsel atığın bir bileşen olarak ele alınması gerekmektedir.

Çalışmanın amaçları, aşağıdaki gibi özetlenebilir;

1. Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imhası için izlenen adımlara göre tersine lojistik aktivitelerini belirlemek ve sistem içinde olan akışlara göre tersine lojistik aę tasarımının oluşturulması.
2. Oluşturulan model, gerçek verilerle uygulanarak,sistem içinde oluşacak tüm mâliyetleri (taşıma,işleme,tesis mâliyetleri) enküçükleyecek akışları bulmak,en iyi çözüm için açılması gereken depo ve tesisleri belirlemek,
3. Geliştirilen modelin Türkiye kapsamındaki verilere dayanarak ileri dönemlerde, risk analizi ile beklenen atık artış miktarına göre oluşturulan senaryoların çözümü ve uzun vadede sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imhası için strateji belirlenmesi.

2.TERSİNE LOJİSTİK

2.1 Tersine Lojistiğin Tanımı

Lambert ve Stock tarafından tersine lojistiğin tanımı ilk olarak 1981 yılında, tek yöndeki ürün gönderiminin (ileri lojistik) öneminden dolayı tersine lojistik, “tek yönlü bir yolda yanlış yönde gitmek” olarak yapılmıştır (Karaçay, 2005).

Yıllar içinde,ekonomik,siyasi ve finansal nedenlerden dolayı ileri akışın sağlandığı lojistik anlayışıyla beraber terse yönde bir akış, önem kazanmaya başlamıştır (Şengül, 2009).

Tedarik Zinciri Yönetim Profesyonellerinin (The Council of Supply Chain Management Professionals) tanımına göre de tersine lojistik, “Envanter süreçleri, nihai ürünler, kullanılmış malzemeler ve ilgili bilgilerin tüketim noktasından başlangıç noktasına tekrar değer kazanma veya uygun bir şekilde elden çıkarma amacıyla ağ yapısını planlama, uygulama ve kontrolü sürecidir”.

Fleischmann (1997) tanımına göre ise; kullanıcıya veya müşteriye artık gerekmeyen kullanılmış üründen, pazarda yeniden kullanılabilen ürüne kadar olan tüm lojistik aktivitelerini kapsayan bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Şengül, 2009).

Fleischmann (2001) başka bir tanımına göre ise tersine lojistik ;malzemenin yeniden kazanılması ya da uygun yöntemle yok edilmesi amacıyla, geleneksel tedarik zincirinin aksi yönünde ,ikincil malzeme depolarının ,malzeme akışının ve bilginin planlanması,uygulanması ve kontrol edilmesi işlemlerini kapsamaktadır.

Tersine lojistik, ürünleri geri getirme işlemlerini kapsar, bu işlemler, ıskarta ürünlerin merkezi bir toplanma noktasına toplanması , geri kazanımı ya da yeniden üretimi amacıyla paketlenmesini, yüklenmesini ve geri gönderilmesini içerebilir (Guide, 2000).

Koban ve diğerleri (2007), tanımına göre ise tersine lojistik, istenmeyen malzemelerin (atık madde, kutu, şişe, kağıt v.b.) geri dönüştürülmesiyle yeniden üretime kazandırılması ve iade veya defolu ürünlerin farklı satış kanallarında yeniden

satışa sunulması ile değerlendirilmesi yönleriyle de çevreye duyarlı lojistik olarak da bilinmektedir (Şengül, 2009).

Başka bir tanıma göre tersine lojistik,

“Hammaddelerin, halen süreçte bulunan envanterlerin, bitmiş ürünlerin ve bunlar hakkındaki bilginin tüketim noktasından üretim noktasına tekrar değer elde etme veya düzgün bir şekilde elden çıkarma amacıyla verimli ve mâliyet avantajlı akışını planlama, yürütme ve kontrol etme sürecidir”(Url-8).

“Tüketim noktasından orijin noktasına doğru olan tüm ürün ve bilgi akışlarının yönetimi süreci” olarak tanımlanan tersine lojistik, ürünleri geri almanın ve ürünlerin elden çıkarma işleminin sistematik bir şeklidir ve akademik yazında tedarik zinciri süreçlerinden biri olarak yer almaktadır (Karaçay, 2005).

Rogers ve Tibben (1999), ise “ürün değerinin yeniden kazanılması veya uygun şekilde yok edilmesinin sağlanması için hammaddelerin, nihai ürünlerin ve ilgili bilgilerin tüketim noktasından orijin (çıkış veya üretim) noktasına doğru olan akışının, mâliyet açısından etkin olacak bir şekilde planlanması, uygulanması ve kontrolü” olarak tanımlamışlardır (Nakiboğlu, 2007).

Bu tanımlara bakılarak tersine lojistiğin, ileri lojistik elemanlarına sahip olmasına rağmen tersi bir akış içerdiği, ürünlerin üreticiye dönüşünü, tersine lojistiğin çevreye olan duyarlılığını anlayabiliriz. Tanımlar aynı gibi görünsede farklı yapılardan bahsedilmektedir. Örneğin Stock (2001), tersine lojistikte atık azaltma yönüne odaklanırken, Rogers ve Tibben (1999), kapalı döngü tedarik zincirinden bahsetmektedir.

Fleischmann (2001), Rogers ve Tibben (1999) tersine lojistiğin tanımını ürünlerin ‘ana’ noktaya olan dönüşü şeklinde özetlemişlerdir.

Dekker ve diğerleri (2004), tersine lojistiği, lojistik yönetiminden açığa çıkan zararlı veya zararlı olmayan atıkların yok edilmesini, normal lojistik aktivitelerinin ters akışını ele alan yapıyı ve geri dönüştürülebilen ürünlerin tersine dağıtımının uygulanması olarak tanımlamıştır.

Tersine lojistik, tersi akış içeren lojistik aktivitelerini içerir bunlar tehlikeli olan yada olmayan atık maddeleri uzaklaştırmak, yeniden dönüşümü içeren sistemleri yönetmektir. Normal lojistik aktivitelerden aksi yönde bilgi ve malzeme akışını içeren tersine dağıtımdır (Kroon ve diğerleri, 1996).

Tersine lojistiğin kapsamı çizelge 2.1’deki gibi ifade edilebilmektedir (Karaçay, 2005).

Çizelge 2.1: Tersine lojistiğin kapsamı.

Nedir?	Girdiler	İşlemler	Çıktılar	Nereden?	Nereye?
-Süreçtir -Görevdir	-Iskarta ürünler -Kullanılmış ürünler -Önceden gönderilmiş ürün yada parçaları -Tehlikeli olan yada olmayan atıkların paketleri ve ürünleri -Enformasyon -Hammadde -Bitmiş malzeme	-Planlama -Toplama -Nakliye -Depolama -İşleme -Kabul -Paketleme -Gönderme -Demonte etme -Stok -Üretimdir.	-Tekrar kullanılan ürünler -Geri kazanma -Düzenleme -Yeniden imalat -Yönetim -Yeniden kazanılan değer	-Tüketim noktasından	-Üreticiye -Merkezi toplama noktasına -Ana noktaya doğrudur.

Literatürde tersine lojistiğin pek çok farklı şekilde tanımlanmıştır ancak çoğu tanımlamalar Fleischmann (1997,2001) tarafından genişletilmiştir. Örneğin, Tersine lojistik temel olarak, malzemeyi geri alma ve yeniden kullanım için gerekli olan ağı planlama, kullanılmış ürünleri stok etme ve üretimini planlama ile ilgilendirir. Dağıtım planlama, son kullanıcıdan üreticiye geri gelen kullanılmış ürünün fiziksel dağıtımını içerir (Fleischmann, 1997).

Son zamanlarda ortaya çıkan bu alanda, ürünlerin geri alınması ile ilişkilendirilmiş lojistik aktiviteler tasarlanır ve geri alınan ürünlerin yeniden üretilip pazarlara yeniden dağıtılması sağlanır (Fleischmann, 2001).

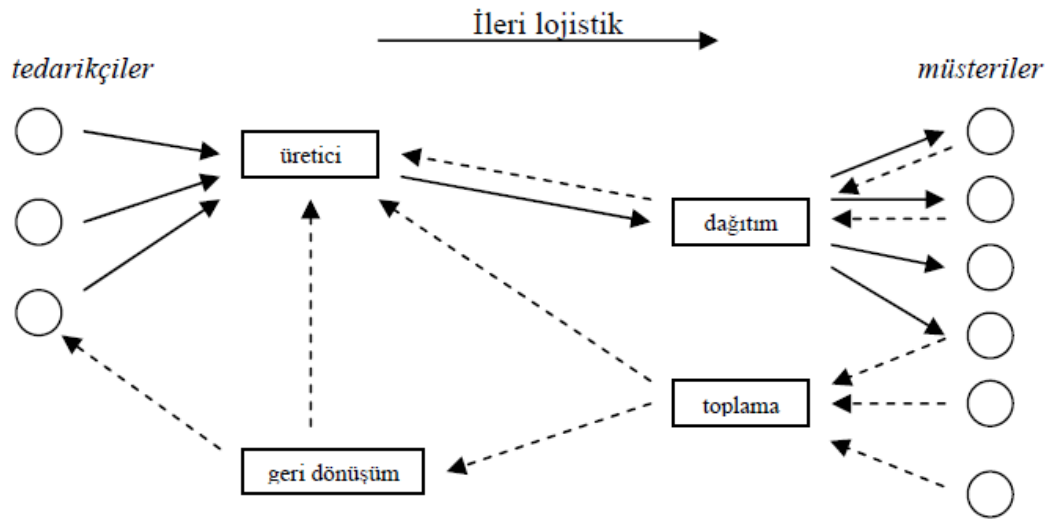
Tersine lojistik sistemlerinin tasarlanmasındaki diğer bir amaç, kullanılmış ürünlerden maksimum fayda sağlarken, yükleme boşaltma giderlerini minimum seviyeye indirerek atık arazi kapasitelerinin gün geçtikçe daralmasından dolayı tehlikeli atıkların azaltılması sağlamaktır (Fleischmann, 2001).

Tanımlardan çıkarılan sonuç ise, tersine lojistik; tüketiciden geri gelen malzemelerin yönetimini, onarımını, yeniden yapılandırılmasını, geri kazanımını, çevreye dost bir şekilde atıklarının elden çıkarılmasını ya da tasfiye edilmesini sağlayan işlemler süreci olduğunu anlayabiliriz.

2.2 Tersine Lojistik ve İleri Lojistik Yönetimi

Tersine lojistik ileri lojistiğin tam bir simetrisi olarak kabul edilmemelidir. İki farklı kanal, değişik elemanlara sahip olabilirler (Tibben ve Rogers, 2002).

Fleischmann ve diğerleri (1997), ileri ve tersine dağıtım içeren genel bir lojistik ağ tasarımı Şekil 2.1'e göre tasarlamışlardır.



Şekil 2.1 : İleri ve tersine dağıtım.

İleri ve tersine lojistik arasındaki farklılıklar çizelge 2.2 ile belirtilmiş, maddelerin ayrıntılı açıklamaları yapılmıştır (Karaçay, 2005;Demirel ve Gökçen, 2008).

Çizelge 2.2 :İleri ve tersine lojistikte farklılıklar.

İleri lojistik	Tersine lojistik
Tahminler açık/belirgindir.	Tahminler daha zordur.
Taşıma birden çoğa doğrudur.	Taşıma çoktan bire doğrudur.
Ürün kalitesi standarttır.	Ürün kalitesi standart değildir.
Ürün paketlenme bir örnektir.	Ürün paketi çoğunlukla zarar görmüştür.
Gidilecek yer/rotalama belirlidir.	Gidilecek yer/rotalama belirli değildir.

Cizelge 2.2 (devam) :İleri ve tersine lojistikte farklılıklar.

İşletme hızı önemlidir. Fiyatlandırma genellikle standarttır. İleri dağıtım mâliyetleri, muhasebe sistemi ile yakından izlenir. Stok yönetimi tutarlıdır. Taraflar arası anlaşmalar açık ve anlaşılırdır. Pazarlama yöntemleri belirlidir. Süreç izlenebilirliği kolaydır.	İşletme hızı önemli değildir. Fiyatlama birçok etmene bağlıdır. Tersine lojistik mâliyetleri daha az belirgindir. Stok yönetimi tutarlı değildir. Taraflarla anlaşmalar ek varsayımlar nedeniyle daha karmaşıktır. Pazarlama daha karmaşıktır. Süreçlerin izlenebilirliği daha azdır.
--	---

- Tersine lojistikte geri dönen ürün miktarı ve zamanlaması belirsizdir. Her firma için başka bir dönüş oranı bulunmaktadır. Bu sebeple tersine lojistik içerdiği belirsizliklerle tahmini, kontrolü planlaması zor olan bir akış türüdür.
- Tersine lojistikte ürün akışı, ileri lojistikteki gibi bir orijin noktasından, birçok dağıtım noktasına olucak şekilde değildir. Tersine lojistikte bunun tersi geçerlidir.
- Geri dönen ürünlerde, paketlenme tam anlamıyla olmayabilir. Ayrıca geri dönen ürünler için palet, konteyner gibi kolaylaştırıcı paketlemelerde bulunmamaktadır. Halbuki ileri lojistikte ürün ve paketlenme kalitesi aynıdır, buda taşımayı kolaylaştıran etmenlerden biridir. Paketlenme işlemi olmadığından ürünün tanımlanması üretici firma tarafından zorlaşmaktadır.
- Tersine lojistikte geri dönen ürünlerin belirli bir kalite standardı yoktur. Tedarikçi, müşterilerine farklı fiyat politikaları uygulayabilir.
- Çizelge 2.3, ileri ve tersine lojistik mâliyetlerinin karşılaştırmasını yapmaktadır. Nakliye mâliyeti, tersine lojistikteki en önemli mâliyetlerden biridir. Bunun sebebi paketlenme sisteminin olmayışıdır. İleri lojistikte ise mâliyetler önceden belirlenmiştir. Tersine lojistikte ise mâliyetleri önceden kestirmek zordur. Tersine lojistikte stok bulundurma mâliyeti, stok miktarlarının az olmasından dolayı değişkendir. Ürünlerin satışında mevsimsel dalgalanmaların olması ve paketlenmenin düzgün olmayışı ikinci el pazarındaki değerini düşürür. Tersine lojistik kanalına ürün girişleri, satış fiyatı, talep gibi değişkenler ortamın belirsizliğini arttırmaktadır. Çizelge 2.3'te tersine lojistikte mâliyet düzeyleri belirtilmiştir

Çizelge 2.3 : Tersine lojistikte mâliyet düzeyi.

Mâliyet kalemleri	İleri lojistik ile karşılaştırılması
Nakliye	Daha yüksektir.
Stok bulundurma mâliyeti	Daha azdır.
Fire/kayıp	Çok azdır.
Eskime	Daha yüksek olabilir.
Toplama	Çok yüksek daha az standartlaştırılmış
Sınıflama	Çok daha yüksektir.
Yenileme	Tersine lojistik için önemlidir, ileri lojistikte önemi yoktur.

- İleri lojistikte tedarik zincirindeki taraflarla yani tedarikçi ve satıcı ile anlaşmalar yapılması daha kolaydır. Ancak tersine lojistikte ürünün bir örnek olmaması, miktar ve fiyat belirsizliği, talep değişkenliği gibi sebeplerle anlaşmalar daha karmaşık olacaktır.
- İleri lojistikte akışın izlenmesi, ürünlerin takibi bilişim sistemleri ile izlenmektedir. Tersine lojistikte ise akışların izlenebilirliği azdır. Ürünleri takip etmek zor olduğundan, kısa ve uzun vadeli planlama yapma olanağı güçleşmektedir.

İleri ve tersine lojistiğin bu farklılıkların bilinmesi, araştırmacılara, firmalara tersine lojistik operasyonlarında büyük fayda sağlayacaktır.

2.3 Tersine Lojistik ve Yeşil Lojistik

Tersine lojistik ve yeşil lojistik kavramı birbirinden farklı kapsamlara sahiptir.Tersine lojistik günümüzde önem kazanırken, lojistikte diğer bir önemli alan olan çevreye saygıyı ve doğaya dönüşümü ifade eden yeşil lojistik kavramı gelişmiştir.Yeşil lojistikte, üretim yapılırken ortaya çıkan kirliliği ve harcanan enerjiyi azaltmaya odaklanılır. Ayrıca yeşil lojistik bütün lojistik süreçlerine çevresel açıdan bakar ve özellikle ileri yönde lojistiğe odaklanır. Bir işlemin tersine lojistik olarak tanımlanması için,ürün yada malzemenin geriye doğru gönderilmesi gerekmektedir.Yeşil lojistikte öne çıkan ise çevresel konular, yenilenemeyen doğal kaynakların tüketimi, hava emisyonları, gürültü kirliliği ve çevreyi korumak adına yapılan her türlü eylemdir (Dekker ve diğerleri 2004; Şengül, 2009).

2.4 Tersine Lojistiğin Önündeki Engeller

Günümüz uygulamaları, sistem ve yönetimden kaynaklı sorunlar tersine lojistik uygulamalarını etkilemektedir. Aşağıda tersine lojistiğin önündeki engeller açıklamalarıyla belirtilmiştir (Ravi ve diğerleri, 2004) ;(Ravi ve Shankar,2005).

1.Bilgi ve Teknolojik Sistem Eksikliği: Bilgi ve teknoloji sistemleri, tersine lojistikte ürünün çevreye uygun olarak ve en iyi şekilde yeniden üretilmesini sağlar, bilgi teknolojisi sayesinde ürün geri kazanım süreçleri kontrol edilir. Tersine lojistik işlemlerinin etkin ve verimli bir şekilde uygulanması için bilgi ve teknolojik sistemleri önemli unsur oluşturmaktadır (Ravi ve Shankar, 2005).

2. Ürün Kalitesine İlişkin Problemler: İleri lojistikteki üretilen ürünün kalitesi ile tersine lojistikte geri dönen ürün arasında kalite açısından aynı standart olmayabilir. Tersine lojistikte geri dönüştürülen ürün önceden zarar görmüş veya beğenilmemiş olabilir. İleri lojistikte ise ürünlerin kalitesinin denetlenmesi, fiyatlandırılması daha kolay etmenlere bağlıdır. Tersine lojistikte ise düzenli bilgi akışının sağlanması zordur (Ravi ve Shankar, 2005).

3.Şirket Politikaları: Geri dönüştürülen ürünler, ürün kalitesi açısından yeni üretilen ürünün sağladığı güvenilirliği sağlayamayabilir. Şirketlerin kısıtlayıcı politikaları tersine lojistiğin önündeki engellerden biridir. Tersine lojistik ile üretilen ürünlerin kalite açısından yetersiz bulan şirketler mevcuttur ancak bu durum değişmektedir. Günümüzde şirketler tedarik zincirlerine geri kazanım süreçlerini ekleyip rakiplerine fark atmaktadır (Ravi ve Shankar, 2005).

4. Tersine Lojistik Değişimine Direnç: Tersine lojistik sistemleri oldukça mâliyetli yatırımlardır ve büyük ekonomik yatırımlar gerektirmektedir. Şirketler hem mâliyet hemde varolan yapıyı radikal olarak değiştirmemek adına tersine lojistiğe karşı direnç göstermektedirler. Bazı firmalar ise tersine lojistiğin yararlarının farkında değildir (Ravi ve Shankar, 2005).

5. Uygun Performans Ölçütlerinin Eksikliği: Bir sürecin doğru işlemesi için performans ölçümü; performans yönetimi, performans gelişimi, performans

dokümantasyonu gibi işlemlerin uygulanması gerekmektedir. Uygun performans ölçütleri belirleyen firmalar başarıya daha çabuk ulaşır ve tersine lojistik sürecinin istenen verimi sağlayıp sağlamadığı belirlenir. Şirketler hedeflerine tersine lojistik performans kriterlerini eklediklerinde daha çabuk başarıya ulaşacaklardır(Ravi ve Shankar, 2005).

6. Eğitim ve Bilgi Eksikliği: Tersine lojistiğin yeni süreçleri, tahminlerdeki belirsizliği ve uygulamaları için eğitimli kadroya ihtiyaç vardır.

7. Finansal Kısıtlar: Tersine lojistik sistemleri için çok önemli bir altyapıya ihtiyaç vardır. Bunlar personel eğitimi, teknolojik sistemler, uygun ekipmanlar, etkin bir bilgi sistemleridir. Bu altyapı için ise oldukça büyük miktarda finansal kaynak gerekmektedir. Parasal kaynak eksikliği tersine lojistiğin önündeki en büyük engellerden biridir.

8.Tersine Lojistik Bilgisinin Eksikliği: Tersine lojistiğin yararlarını, çevreye olan duyarlılığını, ürünleri değer katarak ekonomiye yarar sağlamasını yeterince bilinmemesi tersine lojistiğin önündeki engellerden birisidir. Günümüzde birçok tüketim ürünü, kısa yaşam çevrimine sahiptir. Bu kısa yaşam çevriminde geri gelen ürünleri yeniden işlenmesi için, firmaların tersine lojistiği etkin bir şekilde içeriğini ve kapsamını bilmesi gerekmektedir (Ravi ve Shankar, 2005).

2.5 Tersine Lojistikte Dünyadaki Durum

Pek çok ülkede tersine lojistik uygulamaları zorunlu hale gelmiştir. Dünyada paketli ürünler, elektronikli aletlerde, otomotiv sektöründe, cam ve plastik eşya sanayisinde tersine lojistik faaliyetleri uygulanmaktadır. Örneğin, Almanya'da 1991 yılında yürürlüğe giren yönetmeliğe göre firmalar sattıkları ürünlere ait paketlerin en az % 60-% 75'ini geri dönüştürmek zorundadırlar. ABD'de ise camın % 20'si, kâğıt ürünlerinin % 30'u ve alüminyum kutuların % 61'i geri dönüştürülmektedir. (Fleischmann ve diğerleri, 1997).Dünya, önemli derecede ekonomik kaynağını tersine lojistikte sağlanan ürün geri dönüşleriyle sağlamaktadır. Ayrıca ABD'de yeniden üretilen otomotiv parça pazarının 36 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir. Tüm marş ve alternatörlerin %95 i yeniden üretilerek kullanılmaktadır.

Bilgisayar ve elektronikli aletlerin geri dönüşümü ise kullanılmış bilgisayarlardaki parçaların örneğin pil ve yazıcı kartuşu gibi tekrar kullanılabilir yeni ürünlere dönüştürmek istemişlerdir. Dell kullanılmış bilgisayarlarındaki faydalı parçalarını geri kazanmak için; “Dell Değişimi” programını gerçekleştirmiştir.

Hollanda’da ise hükümet 1999 yılında çıkan bir yasaya göre tüm elektrikli elektronikli ürün üreten üreticileri hurdasını toplama zorunluluğunu getirmiştir. Buna uygun olarak geri dönüşüm tesisleri, toplama noktaları ve tersine dönüşüm ağını içeren sistemler açılmıştır (Fleischmann, 2001). Rogers ve Tibben-Lembke’nin ABD’de 1.003 işletme ile yaptıkları araştırmanın sonuçlarına göre ise, seçilmiş bazı sektörler için ürün dönüş oranları çizelge 2.3’te verilmiştir (Şengül, 2009).

Çizelge 2.3: Dünyada Geri Dönüş Oranları Örnekleri.

Endüstri	Yüzdesi
Dergi basımı	%50
Kitap basımı	%20-30
Kitap dağıtımı	%10-20
Katalog perakende satışları	%18-35
Elektronik dağıtımı	%10-12
Bilgisayar üreticileri	%10-20
CD-ROM	%18-25
Yazıcı	%4-8
Otomobil endüstrisi (parça)	%4-6
Tüketici elektroniği	%4-5
Ev kimyasalları	%2-3

2.6 Tersine Lojistikte Türkiye’deki Durum

Türkiye de lojistik faaliyetlerin toplam hacmi yaklaşık 30 milyar dolar düzeyindedir. Buna rağmen, Türkiye’de bulunan firmaların içinde tersine lojistiğin payı ancak %27,8’ dir ve sadece tersine lojistik sistemlerine odaklı hizmet veren bir firma bulunmamaktadır. Sadece birkaç firma yeni olarak tersine lojistik faaliyetlerine başlamıştır. Örneğin, SASA üretici firmalar adına tersine lojistik faaliyetlerini uygulayarak ürünlerinin %30’unu geri toplamakta ve topladığının %70’ini de geri

kazanmaktadır. Başka bir örnek olarak Şişecam firması, kullandığı şişelerin %30'unu kanunen geri toplamakta ve çeşitli işlemlerden geçirerek geri kazanmaktadır. Tetra pak firması ise lamine karton gibi kutuları geri kazanmaktadır. Sistemde oluşturulan ağlarda ise tersine lojistik süreçlerini içermeyip atıkların belli firmalar yada kurumlar tarafından toplanması şeklinde gerçekleşmektedir. Türkiye'de beyaz eşyada Arçelik, Profilo, Bosch; otomotivde Ford, Renault, Tofaş, Temsa,; beyaz eşyada elektrik/elektronikte Beko Elektronik, Aselsan Elektronik; mobilyada Boytaş, İstikbal Mobilya tersine lojistik faaliyetlerini uygulayarak geri dönüşüme hazırlanan firmalar arasında sayılabilir. Geri kazanım yada bertaraf işlemi yapan çevre ve orman bakanlığından çalışma izni alan firmalar ise 139 tanedir (Şengül, 2009).

3.TERSİNE LOJİSTİĞİN KAPSAMI

3.1 Neden Tersine Lojistik

Firmaları ve diğer organizasyonları tersine lojistik faaliyetlerine iten sebepler, ekonomik sebepler, yasal zorunluluklar veya çevresel kaygılar ile sosyal sorumluluk olabilir. Firma ve şirketlerin tersine lojistiği uygulama sebepleri aşağıda ifade edilmiştir (Şengül, 2009).

1. Ekonomi açısından (doğrudan ve dolaylı): Tersine lojistik faaliyetlerinin şirketler için ekonomik açıdan, büyük önemi vardır. Tersine lojistik firma ve işletmelere, geri kazanımıyla hammadde kullanımı azaltarak, bu sayede imha maliyetlerini azaltarak kazanımlar oluşturur. Ekonomik açıdan kazanımları doğrudan ve dolaylı olarak ayırabiliriz. Doğrudan kazançların ekonomiye faydası, malzeme girişi, katma değerli geri kazanımlar ve maliyetin azaltılması şeklindedir. Dolaylı kazançlar ise yeşil imaj, tüketici ilişkilerinin iyileştirilmesi, pazarın korunması, kanunlara uyulması şeklindedir. Pek çok firma ve işletme örneğin IBM geri dönen ürünlerle kazandığı hammaddeler sayesinde büyük kazançlar elde edip kar sağlamışlardır.

Doğrudan ve dolaylı kazanımlar çizelge 3.1’ deki gibidir (Dekker ve diğerleri, 2004).

Çizelge 3.1 : Ekonomik nedenlerin doğrudan ve dolaylı kazanımları.

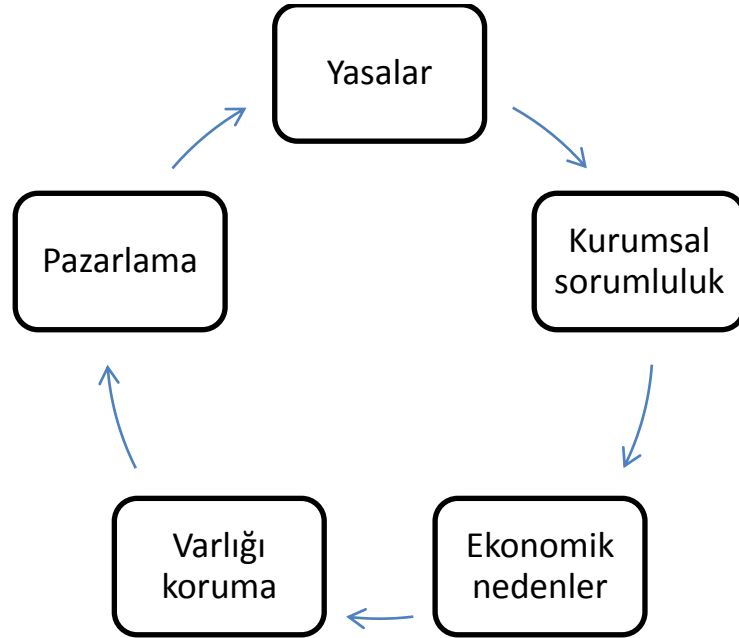
Doğrudan kazanımlar	Dolaylı kazanımlar
Malzeme girişi	Tahmin edilen/engellenen yasalar
Mâliyet düşüşü	Pazarı koruma
Katma değerli geri kazanım	Yeşil imaj(çevresel imaj)
	Gelişmiş müşteri ilişkisi

2. Pazarlama açısından: Günümüzde müşteriler bilinçlenmekte, çevre konusuna duyarlı hale gelmektedir. Bundan dolayı firmalar ise yeniden kullanım ve geri kazanım faaliyetlerini ön plana çıkarmaktadır. Bu rekabet ortamında tüketicilerden gelen ürünleri değerlendirmek, iyi bir garanti politikası ve tamir servisi sağlamak için sağlanan ‘yeşil ürün’ politikası firmaların çevresel imajına destek sağlamaktadır. (Thierry ve diğerleri, 1995). Diğer firmalarla rekabet için kurumlar tersine lojistik faaliyetleriyle pazar durumlarını iyileştirmeye çalışmaktadırlar.

3. Yasama açısından: Pek çok ülkede firmalar, ürettikleri ürünlerin belirli bir kısmını toplamakla yükümlüdürler. Avrupa Birliği ve pek çok dünya ülkesi yeşil yasaların geliştirilmesi ve uygulamasına önem vermektedirler. Örneğin Almanya 1991 ‘de yürürlüğe giren yasa ile paketlenme ve ambalaj atıklarının en az %60 -70 arasını geri dönüştürmek zorundadır. Türkiye’de ise ambalaj atıkları kontrolü yönetmeliği 2004’ te yürürlüğe girmiştir. Elektrik ve elektronik atıklar için ise WEEE (Waste Electronic and Electrical Equipment- Elektronik ve elektrik atık elemanları) yönergesi, Avrupa Birliği tarafından 2003’ te yayınlanmıştır. Bu yönergenin hedef noktası, elektrik ve elektronik ürünlerinin atıklarının birikmesinin engellenmesi, aynı zamanda bu tip ürünlerin yeniden kullanımının ve materyal geri kazanımının desteklenmesidir. Yönergenin genel amacı ise bu ürünler ile ilgili tüm paydaşların, yani üreticiler, dağıtıcılar, müşteriler ve ürün ömrü sonunda yapılacak işlemlerden sorumlu kurumların tamamının çevresel performansını arttırmaktır (Nakiboğlu, 2007). Türkiye’de ise , 2008 tarihinde elektrikli ve elektronik eşyalarda bazı zararlı maddelerin kullanımının sınırlandırılmasına dair yönetmelik çıkmıştır. Otomotiv sektörüne yönelik bir yasa ise ELV (End of Life Vehicle Directives- Yaşam Sonu Taşıt Yönergeleri)’dir. Bir aracın yaklaşık %75 i geri dönüştürülebilir yapıda olduğundan otomotiv geri dönüşümü büyük önem taşımaktadır. (Nakipoğlu 2007). 2007 yılında Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği ile pil ve akümülatörlerin çevreye verecekleri zararlar azaltılmaya çalışılmıştır. Bu yasal uygulamalar sayesinde ürünü kullandıktan sonra üreticilerin ürünü geri alma ve iyileştirme ve geri dönüşüm işlemlerini zorunlu hale getirmiştir bu sayede atık hacmi azalmış olmaktadır.

4. Varlığı koruma: Tersine lojistiğin kullanılmasının diğer bir önemli sebebi firmaların ürünlerle ilgili olan bilgilerini koruma isteğidir. Kullanılmış ürünün geri alınması sayesinde, ürünlerin bilgileri diğer üreticilerin eline geçmemektedir. Bu sayede firmalar ikincil pazar ve diğer rakiplerin eline geçebilecek ürün bilgilerini saklamaya çalışmaktadırlar. Firmaların tersine lojistik uygulamalarını hayata geçirme sebeplerinden biride rekabet avantajını korumak içindir.

5. Kurumsal Sorumluluk: Bu kavramda tersine lojistik kavramının farkındalığını arttırmak için işletmeleri zorlayan ilkeler ya da değerler setini içerir. Şekil 3.1’de tersine lojistiğin uygulama sebepleri ifade edilmektedir.



Şekil 3.1 : Tersine lojistiğin uygulama sebepleri.

3.2 Tersine Lojistik Ağlarda Ürün Geri Dönüşleri

Tersine lojistik ağlarında ürün geri dönüşleri üç gruba ayrılır. Bunlar üretim geri dönüşleri, dağıtım geri dönüşleri, tüketici kullanıcı geri dönüşleridir. Tersine lojistikte yeterince kaliteli ürün üretememe, ürünün kullanım süresinin dolması, bozulma, üründen fazla sayıda üretilen ürünlerin geri dönme sebepleri arasında gösterilebilir. Şekil 3.2 tersine lojistik ağlarında geri dönüşleri ifade etmektedir (Brito 2002; Şengül 2009).

1.Üretim geri dönüşleri

Üretim geri dönüşleri ile üretim esnasında yetersiz kaliteye sahip parçaların tekrar ele alınması ve üretim hattı boyunca yeniden şekil verilmesi sayesinde iç geri dönüş ile ekonomiye katkı sağlanması amaçlanır. Ayrıca çevresel düzenlemeler kapsamında emisyonların azaltılması ve tehlikeli üretim artıklarının uzaklaştırılmasını da kapsamaktadır. Üretim geri dönüşleri; artık hammadde geri dönüşleri, kalite-kontrol geri dönüşleri, üretim artıkları geri dönüşleri olarak sınıflandırılır (Brito 2002; Şengül 2009).

2.Dağıtım geri dönüşleri

Bu geri dönüş şekli, üretilen ürünün dağıtım süresince ortaya çıkan geri dönüşleri tanımlamak için kullanılır. Bu geri dönüşler; ürün geri çağırma, ticari geri dönüşler, stok düzenleme ve işlevsel geri dönüşlerdir. Ürün geri çağırma, dağıtılan ürünlerin güvenlik ya da sağlık problemlerinden dolayı geri toplatılması işlemlerini kapsar. Stok ayarlama dönüşleri, zincirdeki bir aktörün stokları yeniden dağıtması ile olur. Bu dönüş, antrepo ve mağazalar arasında yapılan stok uyarlaması örnek olarak gösterilebilir. İşlevsel dönüşler ise, palet ve konteyner gibi zincir içinde taşımayı ve ileri-geri hareketi sağlamaya yarayan ürünlerin dönüşleridir. Dağıtımda kullanılan konteyner ,palet vb. araçların geri dönüşleride fonksiyonel geri dönüşler olarakta adlandırılmaktadır. Bu ürün taşıyıcıları herhangi bir işleme tabi olmadan tekrar kullanılabilmelerinden dolayı ekonomik olarak ilgi çekicidirler (Brito, 2002; Şengül, 2009).

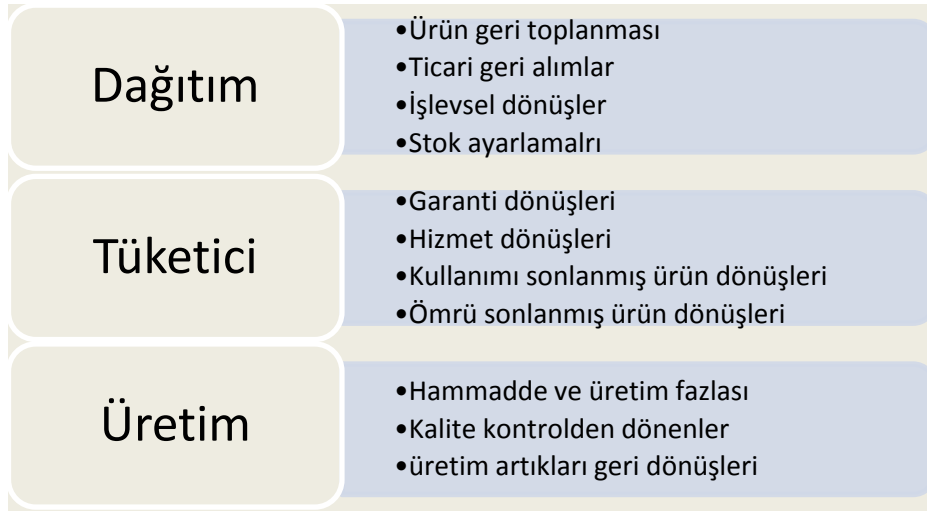
3.Tüketici kullanıcı geri dönüşleri

Tüketici kullanıcı geri dönüşleri, tüketiciye ulaşan ürünlerin çeşitli sebeplerden dolayı ,tekrardan geri gönderilmesi ile oluşur.Tüketici geri dönüşleri garanti geri dönüşleri,tamir için geri dönüşler,ömrü tükenmiş yani kullanımı sonlanmış, B2C geri alımları,kullanım sonu dönüşleri olarak sınıflandırılabilir.

Garantiden kaynaklı geri dönüşler hatalı ürünlerin tüketiciye verilmesinden kaynaklanabilir.Garantiden kaynaklı geri dönüşlerin kanuni bir tarafıda vardır.Bu geri dönüşlerde ürün yeniden tamire alınır,yedek parça kullanılabilir,bu sebeple geri dönüşe maruz kalırlar. B2C ticari geri alımları, müşteriler ürünü aldıktan sonra üründen hoşnut kalmadıkları takdirde kısa bir zaman içinde yapılabilen geri

alımlardır. Tüketicie servis hizmeti sağlanmasından dolayıda ürünler geri dönüş kapsamında değerlendirilebilir (Brito, 2002; Şengül, 2009).

Kullanım ömrü ekonomik olarak ya da fiziksel olarak sonlanmış ürünler ömrü sonlanmış ürün dönüşü adı altında alınmaktadır. Bu ürünler, geri alma yasaları ile orijinal ekipman üreticileri tarafından geri alınmakta ya da değerli malzemeler için komisyoncular tarafından geri alınmaktadır. Kullanım sonu dönüşleri ise, ürün kullanımı tamamlandıktan sonra ürünü elden çıkarılması sonucu oluşan akışı ifade eder (Dekker ve diğerleri 2004; Şengül, 2009).



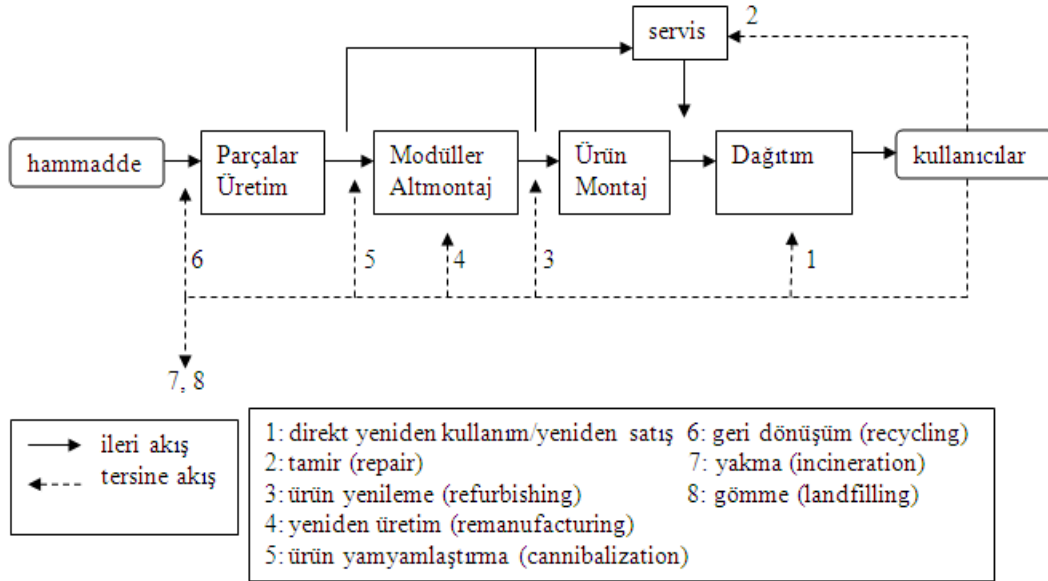
Şekil 3.2 : Tersine lojistik ağlarda ürün geri dönüşleri.

3.3 Tersine Lojistikte Uygulanan İşlemler

3.3.1 Tersine lojistikte ürün geri kazanım süreçleri

Ürün geri kazanım süreçleri her ürün için farklılık göstermektedir. Ürünlerin, ürün ömrünün hangi aşamasında nasıl değerlendirileceği veya nasıl yok edileceği birçok faktörü içinde bulunduran bir karardır. Bunlar arasında, ürünün yaşı, bileşimindeki maddelerin oranı ve cinsi, mevcut geri dönüşüm teknolojisi, ürünün demontaj yapılabilirlik düzeyi, yeniden üretim sürecinin kalite düzeyini yakalayabilme yeteneği, gerekli kalite kontrol testlerinin yeterliği, maliyet ve ürünün çevreye olan etkisi bu kararın verilmesinde etkili olacaktır (Nakipoğlu, 2007). Şekil 3.3’ de ,ürün geri kazanım işlemlerinin yanı sıra geri alım opsiyonlarında görülen yakma ve gömme işlemleri ürünlerin uygun şekilde yok edilmesini ifade eder. Yakma, eğer ürünü veya bileşeni diğer opsiyonlar ile değerlendirmek mümkün olmadığı veya yasal sebepler ile yok edilmesi gerektiği durumlarda enerji kazanımından dolayı

kullanılmaktadır. Kullanılmış ya da ömür sonuna gelmiş malzemeleri geri kazanmak için beş ürün geri kazanım işlemi vardır. Bunlar aşağıdaki gibi açıklanır (Karaçay, 2005) ve (Şengül, 2009).



Şekil 3.3 : Ürün geri alım opsiyonları (Thierry,1995).

Tamir: Tamir işlemi bozulmuş, kırılmış parçaların tamir edilmesi veya değiştirilmesini içerir. Burada amaç, geri dönen ürünü yeniden kullanılabilir ve işlek hale getirmektir. Tamir edilen ürünün kalitesi, yeni üretilen üründen daha düşüktür. Tamir işlemi parçaları sökme ve montajlama işlemleri içerebilir (Kumar 2008; Karaçay, 2005).

Ürün yenileştirme veya makyajlama: Amacı, kullanılmış ürünü belirlenmiş kalite standartlarına getirmektir. Kullanılmış ürünün demontaj ile ayrılan parçaları kontrol edilir ve değişime ihtiyacı olan modüller değiştirilir. Bazen de ürünün parçası çalışır durumda olur ancak eskimiş olduğundan dolayı teknolojik olarak daha iyi parça ile değiştirilir. Bu sayede ürün geliştirilmeside gerçekleşir. Ürün yenileştirme ürünün kalitesini artırır ve ürünün ömrünü uzatır. Genellikle pahalı ürünlerde (uçak vb. gibi) bu işlem uygulanır (Theirry, 1995; Karaçay, 2005).

Yeniden üretim: Yeniden üretimin amacı, kullanılmış ürünü yeni ürün kadar kalite standartlarına uygun bir hale getirmektir. Kullanılmış ürünün parçaları demonte edilir, tüm modül ve parçalar kontrolden geçirilir. Eskimiş, yıpranmış modüller yeni teknolojik olarak öncü olan modellerle değiştirilir. Tamir edilebilir parça ve modüller onarılır ve testlerden geçirilir. Bu sayede daha az bir mâliyetle yeni bir ürün elde edilerek, ürün geliştirme sağlanabilir (Fleischmann, 1997; Demirel ve Gökçen 2008).

Ürün yamyamlaştırma (Üründen parça alma): Yukarıda açıklanan üç tip geri alım için herhangi birinde kullanılmak üzere, kullanılmış üründen, belirli parçaların alınması işlemidir. Burada amaç kullanılmış ürün ya da bileşenden, kullanılabilir sınırlı bir dizi parçanın geri alınmasıdır. Bu parçalar yenileştirme ve onarım için kullanılacak parçalardan daha kaliteli olmalıdır. Daha sonra bu parçalar yeniden üretim, tamir ve ürün yenileştirme aşamalarında kullanılır (Karaçay, 2005;Demirel ve Gökçen 2008).

Geri dönüşüm: Yukarıda bahsedilen ürün geri alım opsiyonlarında amaç, kullanılmış ürünlerin ve bileşenlerin fonksiyonaltelerinin ve özelliklerinin mümkün olduğunca korunmasıdır. Geri dönüşümde ise, ürün ve bileşenlerin özellik ve fonksiyonları kaybolur. Yani geri dönüşüm işleminde ürünün yapısı korunmaksızın malzeme geri kazanılır. Geri dönüşümde ise amaç kullanılan ürünleri, parçaları yeniden kullanabilmektir. Bu işlem çok sayıda kullanılmış ürüne uygulanmaktadır (Karaçay, 2005).

Geri dönüşüm öncelikle ürün ve parçaların ayrışması ile başlar, malzemeler farklı sınıflara ayrılır. Ürünler daha sonra ihtiyaç oldukça malzeme gruplarına göre yeni parçaların üretiminde kullanılır (Demirel ve Gökçen 2008).

Tersine lojistikte ürün geri kazanım süreçleri arasındaki farklar çizelge 3.2’ de verilmiştir (Güner, 2001).

Çizelge 3.2: Ürün geri kazanım süreçleri arasındaki farklar.

	Ayrıştırılma düzeyi	Kalite ihtiyaçları	Ürün sonucu
Tamir	Üretim Düzeyinde	Ürünü çalışır durumda iade edilir.	Bazı parçalar onarılır veya yedekleriyle değiştirilir
Yenileştirme	Modül Düzeyinde	Tüm kritik modüller test edilir ve belirlenen kalite düzeyinde güncelleştirilir.	Bazı modüller onarılır/değiştirilir ve güncelleştirilir.
Yeniden üretim	Parça Düzeyinde	Tüm modül ve parçalar test edilir ve yeni ürün kalitesine güncelleştirilir.	Kullanılmış ve yeni modül/parçalar yeni ürün şeklinde birleştirilir ve güncelleştirilir.

Çizelge 3.2 (devam): Ürün geri kazanım süreçleri arasındaki farklar.

Parçalara ayırma (yamyamlaştırma)	Parçaların Seçilerek Geri Alınması Düzeyinde	Parçaların kullanılacağı prosesle bağlıdır.	Bazı parçalar tekrar kullanılır, kalan ürün geri dönüştürülür veya atılır.
Geri dönüşüm	Malzeme Düzeyinde	Orjinal parçaların üretimi için yüksek, diğerleri için düşüktür.	Malzemeler yeni parça üretmek için tekrar kullanılır.

Tersine lojistik hiyerarşisi aşağıdaki şekil 3.4' teki gibi tanımlanmaktadır (Nakiboğlu, 2007). Tersine lojistik hiyerarşisinde amaç üretimde girdi olan hammaddenin (malzeme veya enerji) az tüketilmesi şeklindedir. Eğer ürün geri dönüştürülebilir nitelikteyse hiyerarşide bir alt basamaklarında yer alan geri dönüşüm veya hammadde, işçilik, üretim aktiviteleri olan parçaların değerlerinin yeniden kazanılmasını amaçlayan yeniden kullanım işlemleri uygulanmaktadır.

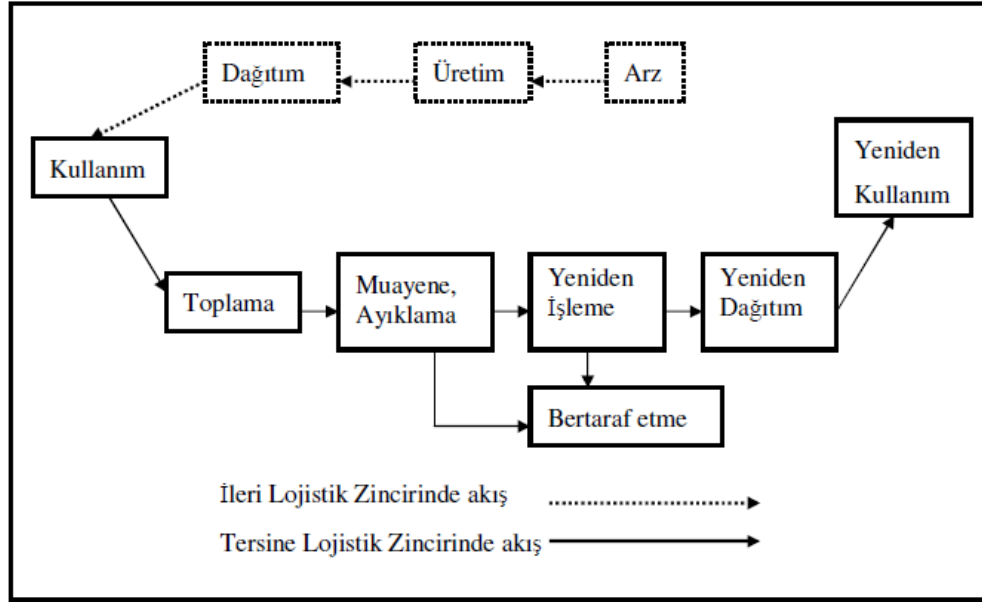
Eğer ürün, bileşen veya malzeme bunların hiçbirisi için uygun değilse veya yok edilmesi gerekiyorsa, enerji kazancı sağlayacak şekilde yok etme (yakma) veya yok etme (imha) tercih edilmelidir (Nakiboğlu, 2007).



Şekil 3.4 : Tersine lojistik hiyerarşisi.

3.3.2 Tersine lojistik ağ yapısındaki işlemler

Tersine lojistik ağ yapısına giren ürünler belirli işlemlere tabi tutulurlar. Aşağıdaki şekilde tersine lojistik ağ yapısındaki işlemleri tanımlamaktadır. Şekil 3.5'teki adımlar aşağıdaki gibi açıklanır (Fleischmann,2001).



Şekil 3.4 : İleri ve tersine lojistik zincirindeki akış.

Toplama: Bu işlem; kullanılmış ürünleri kaynağından, işlenmesi için götürülecek olan yere kadar olan fiziksel aktiviteleri kapsar. Toplama tersine lojistik ağ yapısının ilk işlemidir. İşlem ürünlerin tüketiciden toplanması ile başlar. Bu durum oldukça mâliyetlidir. Mâliyeti azaltmak için toplama işleminin, tüketicilerden aktif olarak değil, çeşitli noktalarda bulunan atık toplama noktaları ile tüketicinin kullandığı ürünü bu noktalara atılması ile sağlanır. Bu toplama merkezleri bir ara merkez olup, dağıtım kanalı noktasıdır. Atık cam, kağıt, ile çeşitli elektrikli aletlerin ve elektronik malzemelerin hurdalarının toplanması örnek olarak gösterilebilir. Mâliyeti azaltmak için diğer bir yöntem ise, toplama ve dağıtım kanallarının birleştirilmesidir. Buna depozito ürünleri örnek olarak verilebilir. Doldurulabilir şişelerin toplanması depozitoya bir örnektir. Başka bir yöntem ise, toplama işi 3. parti sağlayıcıları aracılığı ile de yapılmasıdır (Demirel ve Gökçen, 2008; Şengül, 2009).

Muayene ve Ayıklama: Muayene ve ayıklama işlemi üretici firmanın eline henüz geçmeyen ürünün geri kazanım ve elden çıkarma işlemleri için uygulanan işlemdir. Öncelikle tedarik zincirine girmemesi gereken ürünler ayrılır. Bu işlem değersiz ve gereksiz yükleme boşaltma giderlerine sebebiyet vermemesi açısından

önemlidir.Kısacası muayene ve ayıklama, kullanılmış ürünlerin bertarafı yada yeniden kullanım seçenekleriyle sonuçlandırıldığı bir işlemdir. Aynı zamanda, geri alınan ürün hangi aşamalardan geçirilip geçirilmeyeceğini veya elden çıkarılıp çıkarılmaması kararı alınır (Flesichmann, 2001). Muayene ve ayıklama aşaması demontajlama küçük parçalara ayırma, test etme, sınıflandırma ve depolama işlemlerini içerebilir (Şengül, 2009).

Kısacası, sınıflandırılan ürünler, çalışabilir durumdaki modülleri alınarak iyileştirilir ya da çalışır durumda olmayan modüllerin yenileriyle değiştirilerek, teknolojik yeniliklerin ilave edilmesi gibi nedenlerle ayrıştırma işlemine tabi tutulur. Tersine lojistik ağında muayene ve ayıklama yapılan tesislerin konumu maliyet yatırımı açısından oldukça önemlidir (Demirel ve Gökçen 2008).

Yeniden İşleme ya da doğrudan geri kazanım : Muayene ve ayıklama işleminden sonra ürünler yeniden kullanılabilir duruma getirilmek için ya yeniden işleme aşamasına girer yada ürünler doğrudan geri kazanım ile üretim aşamasına girer.Yeniden işleme aşamasında ise ürünler bazı işlemlere tabi tutularak yeniden kullanılabilme durumuna getirilir.Bu dönüşüm,demontajlama, geri dönüşüm,tamir etme,parça alma,ürünü yenileştirme,yeniden üretim,veya yeniden düzeltme işlemlerini kapsar.Yeniden işleme aşaması tersine lojistik ağ yapısında en yüksek mâliyetli yatırım getiren süreçtir. Özellikle yeniden üretim ve geri dönüşüm işlemlerinin mâliyeti yüksektir (Fleischmann,2001; Şengül 2009).

Elden Çıkarma (Bertaraf Etme): Ayıklama aşamasında çok fazla tamir gerektiği için reddedilen veya ekonomik nedenlerden dolayı kullanılamayacak olan ürünler için bir gerçekleşen adımdır.Bu ürünlerin ekonomik bir değeri yoktur.Pazar potansiyeli bulunmamaktadır.Ayıklama aşamasında atık olarak nitelendirilir ve bertaraf edilir.Taşıma, toprağa gömme ve yakma gibi adımlar içerebilir (Fleischmann, 2001; Şengül, 2009).

Yeniden Dağıtım: Yeniden değerlendirilen ürünlerin tedarikçiye ve pazarlara gönderilmesi işlemidir.Bu aşamanın geleneksel dağıtım ağından farkı ürünlerin geleneksel dağıtımda rotaları önceden bilinirken, tersine lojistikte ürünün nereye gideceği muayene ve ayıklama sürecinin sonunda belli olur.Satış, nakliye, depolama, kiralama işlemleri yeniden dağıtım aşamasına dahildir.Yeniden dağıtım stratejilerinin belirlenmesi için en önemli faktör piyasadan toplanılacak atık miktarlarıdır. Bu yüzden, belli bir zaman diliminde toplanabilen ürün miktarı, cinsi,

ürün miktarındaki değişiklik, toplanan malların değişik kullanım alanlarının varlığı, kaynakların bölgesel dağılımı stratejinin belirlenmesi açısından önemlidir (Fleischmann,2001; Şengül, 2009).

3.4 Tersine Lojistikte Yeniden Dağıtım Kanalları

Ürün aşamalardan geçerek tekrar üreticiye vardığında, ürünleri tekrardan dağıtmak için izlenebilecek yollardan bazıları aşağıda belirtilmiştir (Karaçay, 2005).

- **Outlet ile satış:** Üretici ürünleri geri alır ve işlemlerden sonra kendi outlet mağazalarında bu ürünleri satar. Marka sahibi firmalar tarafından uygulanır.
- **İkincil pazarlara satış:** Bu pazara dâhil olan ögeler, ürünleri düşük fiyata alan firmalardır. Bu düşük fiyatlı ürünleri kendi firmalarında veya diğer perakendeci aracılığı ile satabilirler.
- **Kurumlara bağış:** Ürünler belli durumlarda kurumlara bağışlanarak hem prestij hemde vergi kazanmak açısından avantajlı olacaktır.
- **Geri dönmüş ürünün internette açık artırma ile satışı:** Bu uygulamanın gittikçe artması beklenmektedir.

3.5 Tersine Lojistiğin İşletmelere Faydaları

Tersine lojistik aşağıdaki nedenlerden işletmelere faydaları bulunmaktadır (Nakipoğlu, 2007).

- **Değer geri kazanımı:** Malzeme veya ürün yeniden değerlendirilerek, ilk üretim esnasında katılan katma değer korunur. Yok olacak ürün tekrar değer kazanır.
- **Kar maksimizasyonu:** Ürün geri kazanımı ile hammadde, işçilik, enerji gibi mâliyetlerin azaltımı ile kar oranının artması hedeflenir.
- **Çevresel yükümlülüklerin yerine getirilmesi:** Atıkların geri dönüşümü sayesinde, zararlı maddelerin yönetimi amaçlanır.
- **Müşteri ilişkileri yönetiminde gelişme:** Satış sonrası hizmette iyileşme, firmaların müşteriye geri alım garantisi verebilme sayesinde müşteri ilişkilerini gelişmektedir.

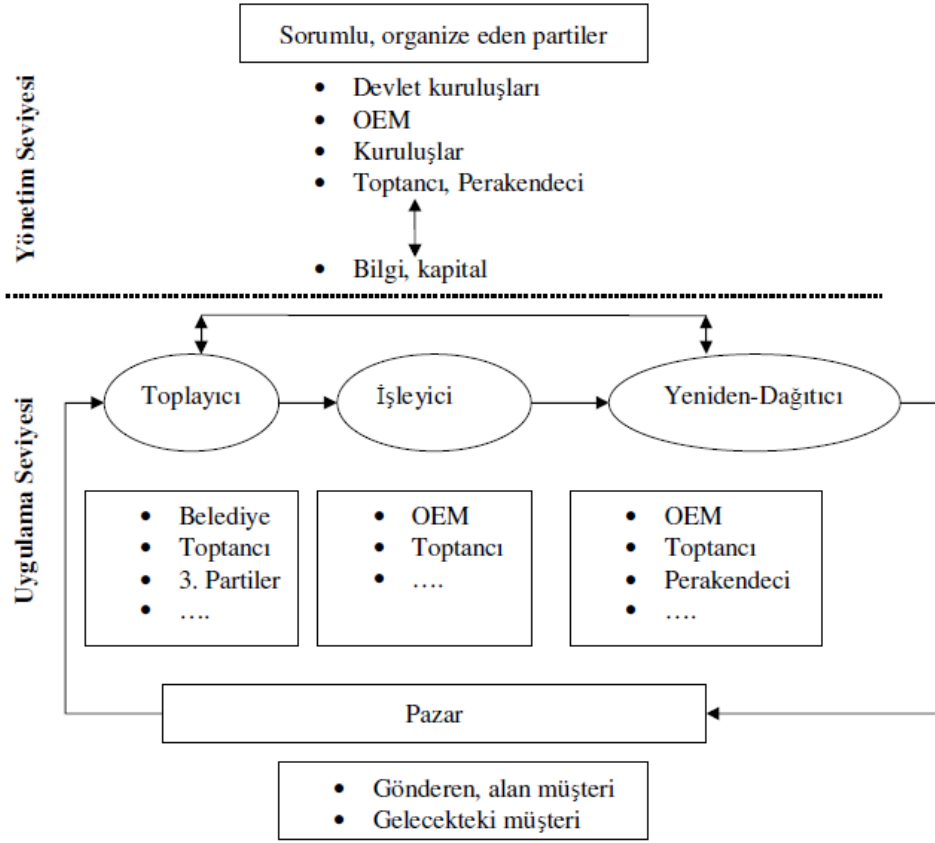
3.6 Tersine Lojistiğin Bileşenleri

Tersine lojistikte pek çok bileşen vardır. Bunlar şekil 3.6'teki gibidir. (Dekker ve diğerleri, 2004);

- İleri tedarik zinciri bileşenleri (toptancılar, perakendeciler, tedarikçiler, üreticiler vb.),
- Uzmanlaşan tersine lojistik sağlayıcıları (toptancılar, geri kazanım uzmanları, vb.),
- Fırsatçı bileşenler (yardım kuruluşları, vakıflar vb.).

Bazı bileşenler tersi tedarik zincirden ya da organizasyonundan sorumludur, bazıları ise zincirdeki görevlerin uygulanması için gereklidir.

Aşağıdaki şekilde lojistikte rol alan aktörler görülmektedir. Şeklin üst kısmı, sorumlu yada yasa tarafından sorumlu durumuna getirilen aktörleri göstermektedir. Bunlar ileri tedarik zinciri bileşenleridir. OEM (orjinal ekipman üreticileri), bazı devlet kuruluşları ileri zincirin elemanları arasında sayılırlar. Bu elemanların altında, iki ana lojistik faaliyeti vardır: toplama ve işleme. Toplama, işleme gibi tersine lojistik aktivitelerini gerçekleştiren bileşenler bağımsız elemanlardır. Bu elemanlar belediyeler, özel geri kazanım şirketleri, tersine lojistik hizmet sağlayıcıları olabilir. En sonunda da ürünler pazara yeniden dağıtılır. Pazarlardaki aktörler müşterilerdir. (Dekker ve diğerleri, 2004).



Şekil 3.5 : Tersine lojistikte aktörler.

4.TERSİNE LOJİSTİKTE ARAŞTIRMA ALANLARI VE PROBLEMLER

4.1 Tersine Lojistik Ağı Tasarımı

Tersine lojistikte, geri alınan ürünlerin toplanması, işlenmesi ve yeniden dağıtılması arasındaki ilişkileri kuran ayrıca ağıdaki katman seviyelerini, depoların ve tesislerin yerleşimini ağ tasarımı belirler. Tersine lojistik ağ tasarımı, ek olarak ileri lojistikteki tüm üyelerin dışında, ikincil pazarlar olarak adlandırılan ve talep noktası olarak görev yapan üçüncü partiler, atık gömme alanları, dernek ve kurumlar ve daha birçok elemana sahiptir. Tersine lojistik ağ tasarımında belirlenmek istenen, ürünün nereye gönderileceği, firmanın maksimum karla ya da minimum mâliyetle sistem tasarımının nasıl olacağına yöneliktir (Karaçay, 2005).

4.2 Geri Kazanımlı Üretim Ortamında Stok Kontrolü

Stok kontrolü geri kazanımlı üretim ortamında planlanması zor olan bir süreçtir. Çünkü geri kazanımlı ortam belirsizlikler içermektedir.

Tersine akışta planlanan stok kontrolünün amacı, ortaya çıkan ürün ve parçaları kontrol ederek gerekli kontrol ve planlamayı yaparak, istenen servis düzeyini minimum mâliyetle sağlamaktır. Stok kontrolü sayesinde sürekli gözlemlenen geri dönen ürünler için daha güvenilir bilgiler edinme ve belirsizliği azaltmak mümkündür (Karaçay, 2005).

4.3 Geri Kazanımlı Üretim Ortamında Üretim Planlama

Genellikle geri kazanımlı üretim ortamında iyi ve önceden belirlenmiş üretim adımları planı yapılamaz. Çünkü her ürün dönüşü için ayrı süreçler işlemekte, farklı tamirat işlemlerine ihtiyaç olmaktadır. Ayrıca birçok parça aynı tamirat işlemini gerektiriyorsa, kapasite probleminin ortaya çıkması olasıdır, ayrıca ürünlerin rotalama açısından karmaşıklıklar olması beklenmektedir. Bu üretim ortamı için geri kazanım opsiyonun seçimi, üretim ortamında çizelgeleme, MRP planının üretim

ortamına uygun hale getirilmesi, optimal demontaj çizelgesinin belirlenmesi gerekmektedir (Karaçay,2005).

4.4 Tersine Lojistik ve E-ticaret

Tersine lojistikte e-ticaretin önemi büyüktür. Özellikle elektronik pazarlardaki kullanılmış ürünler için e-ticaret modelleri çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. E-ticaretin pek çok hizmeti bulunmaktadır. Bunlar, elektronik pazarların lojistik yönü, stok kontrolü, sanal depolama, nakliye, çizelgeleme ve rotalama, operasyonlar, yerleşim belirleme gibi çok çeşitli sistemlerin tasarlanmasına yardımcı olmaktır.

Ayrıca hem toplama, seçme, yeniden dağıtımı içeren hemde parçalar veya yeniden üretilmiş ekipmanları sağlayan web tabanlı sistemler bulunmaktadır (Karaçay, 2005).

4.5 Tersine Lojistik için Bilgi ve İletişim Teknolojileri

Tersine lojistikte belirsizlikleri aşmak için operasyonların çoğu bilgi ve iletişim teknolojilerine bağlıdır. Ürünün zincirdeki yerinin belirlenmesi, izlediği tarihsel yolunun bilinmesi için bilgi teknolojilerin önemi büyüktür. İleri ve geri lojistik arasında bilgi ve bağın kurulması bilgi ve iletişim teknolojileri sayesinde. Gerçek zamanlı bilgilere erişilebilmesi ile sanal depolar oluşturularak karar almada kolaylık sağlanabilir. Stok düzeyleri kontrol edilebilir, ürünlerin izledikleri rotaların ve ürün toplama süreçlerinin izlenerek sistemin kontrolünde kolaylık sağlayacaktır. Bu sebeplerden dolayı tersine lojistikte bilgi ve iletişim teknolojilerinin rolü oldukça büyüktür (Karaçay,2005).

5. TERSİNE LOJİSTİK AĞI TASARIMI

5.1 Tersine Lojistik Ağı Tanımı

Geleneksel tedarik zincirinde lojistik ağına geri dönen ürünlerin yeniden pazarlanabilmesi veya elden çıkarılması için, belirli geri dönüşüm süreçlerine girmesi gerekmektedir. Toplama noktalarının, depolamanın buna bağlı olarak mesafelerin, işleme merkezlerinin konumları tedarik zinciri performans üzerinde büyük bir etkisi vardır. Şirketler kullanılan ürünlerden elde edilen geliri maksimize etme amaçları vardır. Bu yüzden sistemin etkili bir şekilde tasarlanması en iyi sonuca ulaşmak için çok önemlidir. Tersine tedarik zincirinin süreçlerinin karar verilmesinde, depolama ulaşım ve işleme süreçlerinin nasıl olacağına karar verilmesi önemli bir araştırma alanıdır. Şirketler hangi ürünün nasıl toplayacaklarını nasıl bir sistem ile işleme merkezlerinde geri dönüşüme veya imhaya alınacağına, oradanda hangi pazara hangi ürünün aktarılması gerektiğine karar vermek istemektedirler. Şekil 5.1 iki pazar arasındaki bağlantıyı, tersine kanal aktivitelerini yani tersine ağ yapısındaki işlemleri, (toplama, test etme, sınıflandırma, yeniden işleme, yeniden dağıtım) içermektedir. Kısacası, tersine lojistik ağı tasarımı kullanılmış ürün talebi ve yeniden kullanılabilir ürün talebi arasındaki bağlantıyı sağlar. Şekil 5.1 bu aradaki ilişkiyi ifade etmektedir (Dekker ve diğerleri, 2004).

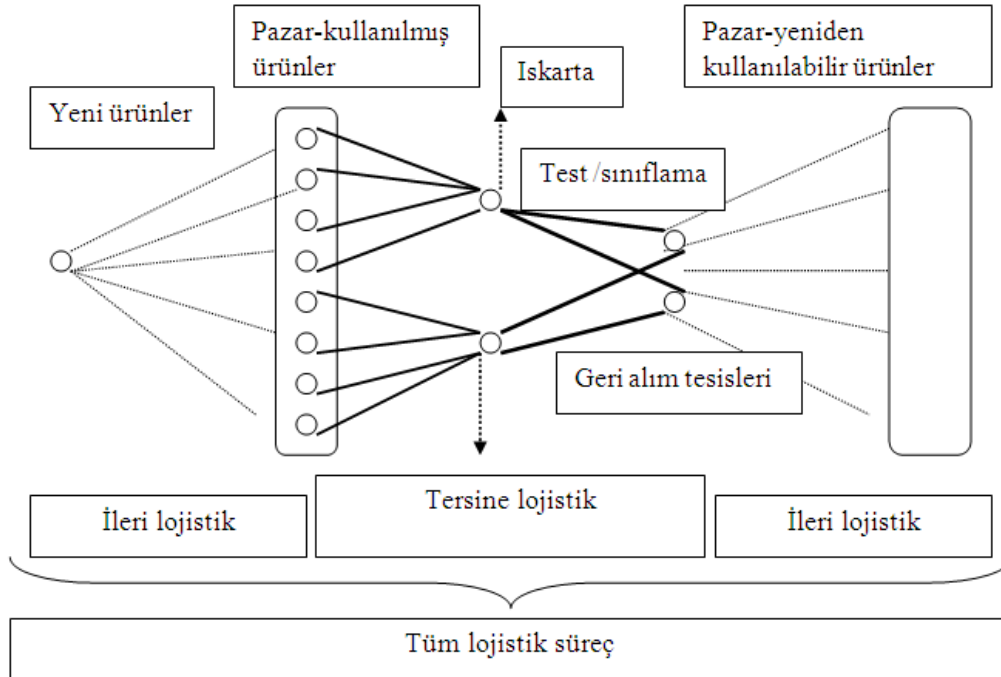
Tersine lojistik ağını tasarımı ileri lojistik ağların tasarımı kadar kolay değildir, bunun sebebi tersine lojistikteki belirsizliklerdir. Ürünler müşterilerden toplandığında izleyecekleri rotalar ürün tipi ve durumuna göre değişmektedir bunun yanı sıra ürün geri dönüş zamanları, miktarları belirsizdir. Ayrıca ürünün tüm bileşenleri imalat tesislerine taşımaya değecek değerde olmayacaktır. Geleneksel lojistik sistemlerinde kabul edilen pek çok varsayım tersine lojistikte geçersiz kalmaktadır.

Etkin bir tersine dağıtım kanalı tasarlamak için aşağıdaki bileşenleri göz önüne almak gerekir (Demirel ve Gökçen, 2008).

-Tersine dağıtım kanalında rol alan katılımcılar kimlerdir? ileri lojistik katılımcılarından (geleneksel imalatçılar, perakendeciler ve lojistik servis sağlayıcıları v.b.) ya da tersine dağıtım kanalında uzmanlaşmış birimlerden (ikincil malzeme satıcıları, malzeme geri kazanım tesisleri v.b.) oluşabilir.

-Tersine dağıtım ağında hangi fonksiyon nerede gerçekleştirilecektir? Tersine dağıtım kanalındaki olması beklenen işlemler; toplama, test etme, sınıflandırma, ürüne işlem uygulanması ve nakliyedir.Tersine lojistik ağı tasarlanırken bu işlemlerin yapılacağı uygun yerlerin belirlenmeside oldukça önemlidir.Özellikle test etme ve sınıflandırma işlemin yer seçiminin gerçekleştirilmesi ayrı bir önem taşır.Çünkü tersine lojistik mâliyetleri tesislerin yer seçimine bağlı olarak azaltılabilir.

- İleri ve tersine dağıtım kanalı arasındaki ilişki nedir? İki dağıtım kanalı için biri diğerinin tam simetrisi diyemeyiz.İleri ve tersine dağıtımın birleştirilme ihtimali oldukça düşüktür.Bunun sebebi,geri dönüşüm sistemlerinin açık döngü sistemi olarak tanımlanması yani ürünler orijinal üreticiye geri dönmekte,ikincil pazarlara veya diğer endüstrilerde kullanılabilir.Yeniden üretim sistemlerinde ise kapalı döngü olarak tanımlanır.Ürünler orijinal üreticiye gönderilir.Hem ileri hem tersi akışta bazı elemanlar aynı olsa bile,dağıtımda farklı fonksiyonlar devreye gireceğinden iki akışı entegre etmek oldukça karmaşıktır.



Şekil 5.1 : Tersine lojistik ağ tasarımı.

5.2 Tersine Lojistik Ağ Yapısı Türleri

Tersine lojistik ağ yapısı türleri, ürünlerin tiplerine ve geri kazanım şekillerine göre yediye ayrılmıştır.Aşağıda ayrıntılı açıklamaları verilmektedir (Brito, 2002; Şengül ,2009).

1) Genel Tersine Lojistik Ağı

Bu tersine lojistik ağı kanunlar çerçevesinde kurulan ağlardır.İtme sistemi prensibi uygulanır.Belediyelerin kağıt, plastik, şişe cam atık pillerin geri dönüşümü için atıkları toplaması, geri dönüşüm merkezlerine götürülmesi örnek olarak verilebilir.

2) Özel Tersine Lojistik Ağı

Bu ağ çeşidinde kar önemli bir unsurdur bu yüzden ekonomik olan ürün tipleriyle ilgilenir.Üreticiler geri dönüşüm ve taşıma mâliyetlerinden sorumludur.Ayrıca bu ağ tipleri çekme sistemlerini benimser.Geri dönüştürülecek ürünün belirli bir hacimde ve kar getirecek olması önemlidir.Bu ağlar için diğer bir tanımlamada katma değerli geri kazanım ağlarıdır.

3) Geri alınması zorunlu ürünler için tersine lojistik ağı

Bu ağ tipleri,daha önceden kullanılmış,çevreye zararlı olan ürünlerin toplatılması için kanunların koyduğu kurallardan dolayı oluşan ağ tipidir.Üreticiler kullanılmış ürünlerinden sorumlu tutulur.Ürünler ömür sonlarına geldiğinden değer elde etme olasılığı düşüktür.Kar elde etme anlayışından çok çevreye zarar veren ürünleri azaltmaya yarayan bir ağ tipidir.Çevreye duyarlılık açısından şirketlerce kurulması zorunludur. Sistemde ürünler test etme ve derecelendirme önem taşımamaktadır. Toplama alanında ürünler kabaca sınıflanır ve ileri derecede malzeme ayrımı geri dönüşüm sürecinde yapılır.

4) Yeniden kullanım ağı

Tekrar kullanılmak üzere geri dönen ürünlerin yeniden kullanılmak üzere üretilmesini yada ufak çaplı tamirini,temizlenmesini yenilenmesi işlemlerini içeren ağ tipidir.Örnek olarak paketleme ürünleri,cam ve plastik şişeler verilebilir.Yeniden kullanılan ürün ,yeni ürüne göre daha düşük kalitededir.Bu ağ tiplerine yeniden doldurulabilir konteynırlar için ağlar adıda verilmektedir.

5) Yeniden üretim ağı

Bir ürünün yeni duruma getirilmesi bu ağın amacıdır. Yeniden üretim için yeni modül veya parça kullanılabilir, yeni ürün ile aynı kalitede ve aynı özelliklere sahip olabilir. Ancak bu ağda yeniden üretilen ürünlerin sürdürülebilir hacmini sağlamak ve ürün tedarikinin belirsizliği, yeniden imalat ağlarının olumsuz özellikleridir. Örnek olarak elektrikli -elektronikli ürünlerin (fotokopi makinelerinin, scanner, printer ve faks makinelerinin) yeniden üretimi verilebilir .

6) Geri dönüşüm ağı

Ürünler geri dönüşüm işlemine uğradıklarından bu ağlarda ürün ve bileşenlerin özellik ve fonksiyonları kaybolur. Bu ağlar kar amacı güdmez, büyük yatırım gerektirmektedir. Araba, şişe cam kağıt elektrikli ve elektronik aletlerin geri dönüşüm çalışmaları bu ağ tiplerine dahil olabilmektedir. Ürünler önce sınıflandırılır, demontajlanır ve geri dönüşüme uğrarlar.

7) Tamir Servis Ağı

Bu ağ tipinde amaç ürünün kullanılabilir ve çalışır duruma getirmektir. Ürünün özellikleri korunur, müşterilerin garanti servisine ürünleri vermesi örnek olarak gösterilebilir.

5.3 Tersine Lojistik Ağ Yapısının Boyutları

Tersine lojistik ağ yapısının boyutları 3 tanedir. Bunlar ürünler, pazar ve kaynaklardır (Şengül, 2010).

1) Ürünler

Tersine lojistik ağına giricek olan kullanılmış ürünlerin özelliklerini içerir. Bunlar, ürünün ağırlığı, hacmi, fiziksel ve ekonomik değerlerdir. Gelen ürünün özellikleri kurulacak olan ağ planını doğrudan etkiler. Ürünün değerlendirilme şekli (yeniden kullanım, yeniden üretim ve malzeme geri alımı gibi) yatırım maliyetini ve kurulacak gerekli tesislerin şeklini belirler.

2) Pazar

Lojistik ağında farklı ürün tipleri için farklı pazarlar oluşturulabilir. Genel olarak, tedarikçiler, OEM'ler, hizmet sağlayıcılar, hurdacılar, tüketiciler ve halk geri alma işlemlerinin sistemlerinin kurulması için rol alırlar. Her bir parçanın pazar şartlarının önem dereceleri farklı olabilir. Diğer yandan üreticiler tarafından pazara sunulan

ürünler, kanuni zorlamalardan dolayı pazardaki ürünlerini geri çekmek zorunda kalabilirler. Tersine lojistik ağını kuran kişi, hem elden ürünün elden çıkarma pazarını hemde yeniden kullanım pazarını kapsayan bir ağ kurmalıdır.

3) Kaynaklar

Son olarak ağ tasarımının kaynaklar boyutu,tersine lojistik ağ planı için, geri alma tesislerini, insan kaynaklarını ve nakliye kaynaklarını içerir. Kaynaklar, lojistik ağ yapısının direk ekonomik boyutuyla bağlantılıdır. Tesisin tipi, ürünün işleme şekli, her türlü mâliyet, kısacası yatırım mâliyeti ağ yapısının kaynaklar boyutuna girer.

5.4 Tersine Lojistik Ağ Tasarımı Literatür Araştırması

Tersine lojistikte ağ tasarımını içeren çalışmalar uzun yıllar boyunca yapılmaktadır. Tersine lojistik ağı tasarımı ve modellenmesiyle ilgili yapılmış olan çalışmalar iki kategoride sınıflandırılabilir. Bunlardan ilki sadece tersine akışın ele alındığı bağımsız modeller, ileri ve geri akışın birlikte ele alındığı bütünleşik modeller olarak ayrılmaktadır (Demirel ve Gökçen 2008).

Literatürdeki çalışmalar kapasitesiz tesis yerleştirme modellerinden, kapasiteli tesis yerleştirme, çok katmanlı çok ürünlü ve çok zamanlı modellere kadar pek çok çalışma bulunmaktadır. Bununla beraber çeşitli optimizasyon modellerinin birlikte kullanılması ile çok sayıda güçlü çözüm algoritmaları, hibrit modeller oluşturulmuştur (Dekker ve diğerleri, 2004).

Farklı ürünlerin çeşitli opsiyonlarla geri kazanımı ele alan tersine lojistik ağ yapılarını ele alan ve modellenmesini konu edinen çalışmalar çizelge 5.1’ de verilmiştir. Çalışmalar sadece tersine akışın düşünüldüğü bağımsız modeller ve ileri ve tersine akışın birlikte modellendiği bütünleşik modeller olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca, çizelgede çalışmalara konu olan geri kazanımın seçeneği geliştirilen modelin yapısı, çözüm yöntemi, amaç fonksiyonu yer almaktadır. Yapılan çalışmalara bakıldığında, çoğunlukla tesis yer seçimi ve atama problemi yapısında olup karma tamsayılı matematiksel programlama modeli ile formüle edilerek çözüldüğü gözlemlenmektedir.

Genellikle geri kazanımlı sistemler, geleneksel yer seçimi ve atama problemlerinden farklı olarak itme yapısındadır. Yani malzeme akışını belirlemede talepten çok arz faktörü etkili olmaktadır. Ayrıca ürünlerin geri döndüğü sistemleride, tersine lojistiğe özgü olan durumlar için geleneksel yer seçimi ve atama problemlerinden farklı bir

takım kısıtlar bulunmaktadır. Bu kısıtlar ikincil pazarlar veya ürünlerin imha edildiği tesislere ait olabilir (Demirel ve gökçen 2008).

Modellerin amaçlarına bakıldığında bir kısmı ikincil pazarda satılan ürünler için amaç fonksiyonu karın enbüyüklenmesi şekilde kurulmuştur. Diğer modeller, özellikle imha ve yok etme işlemlerini içeren çalışmalar mâliyet enküçüklemesi içeren çalışmalardır. Mâliyetler işleme mâliyetlerini sabit mâliyet ve taşıma mâliyetlerini ve elde tutma, paketleme mâliyetlerini içerebilir.

Çizelgede bahsedilen çalışmalarda büyük çoğunluğunda deterministik yapı söz konusudur [Örn. 1,2,7,8], ayrıca geri kazanım sistemlerinin yapısında var olan geri dönen ürünlerin miktarı, zamanı ve kalitelerindeki belirsizliklerin çözümü için stokastik yapıda modeller geliştirilmiştir [Örn. 3,12,20].

Çizelgede belirtilen çalışmaların bir kısmı çok dönemli [Örn. 4,18], bir kısmı ise tek dönemli olarak modellenmiştir [Örn. 5,8]. Tasarlanan modeller, genellikle standart yazılımlar kullanılarak çözülmüş ve optimal çözüm elde edilmiştir.

Yukarıdaki çalışmaların bir kısmında yok etme opsiyonu modele dahil edilmiştir [Örn.18 ve 23], diğer modellerde ise çoğunlukla geri dönüşümü ele alan çalışmalar yapılmıştır. [Örn. 10,11,12].Ayrıca, çizelgedeki çoğu çalışmada lojistik sistemi, tek ürün için modellenirken [Örn. 1,22,23], diğerlerinde ise çok ürünlü bir sistem dikkate alınmıştır [Örn.4,8,9,17].

Çizelge 5.1: Tersine lojistik ağ tasarımında yapılan çalışmalar.

No	Yazarlar	Bütünleşik/Bağımsız	Amaç fonksiyonu	Örnek olay	Geri kazanım opsiyonu	Model	Çözüm yöntemi
1	Yongsheng ve Shouyang, 2008	Bütünleşik	Mâliyet enküçüklemesi	Var	Yeniden imalat ve Onarma	MILP	Optimal
2	Fleischmann vd. (2001)	Bütünleşik	Mâliyet enküçüklemesi	Yok	Genel ağ tasarımı	MILP	Optimal
3	Lee ve Dong (2007),	Bütünleşik	Mâliyet enküçüklemesi	Yok	Yeniden imalat	MILP	Sezgisel
4	Ko ve Evans (2007),	Bütünleşik	Mâliyet enküçüklemesi	Yok	Genel Ağ tasarımı	MINLP	Sezgisel
5	Listeş (2007)	Bütünleşik	Kâr enbüyüklemesi	Var	Yeniden İmalat	MILP	Sezgisel
6	Lu ve Bostel (2007)	Bütünleşik	Mâliyet enküçüklemesi	Yok	Yeniden İmalat	MILP	Sezgisel
7	El-Sayed ve diğerleri (2008),	Bütünleşik	Kâr enbüyüklemesi	Var	Genel Ağ Tasarımı	SMILP	Optimal

Çizelge 5.1(devam): Tersine lojistik ağ tasarımı yapılan çalışmalar.

8	Cruz-Rivera ve Ertel (2010)	Bütünleşik	Mâliyet enküçükleme	Var	Genel Ağ Tasarımı	MILP	Optimal
9	Das ve Chowdhury(2012)	Bütünleşik	Kâr enbüyüklemesi	Var	Yeniden imalat	MIP	Optimal
10	Wang vd. (1995)	Bağımsız	Mâliyet enküçükleme	Var	Geri dönüşüm	MILP	Optimal
11	Spengler vd. (1997)	Bağımsız	Mâliyet enküçükleme	Var	Geri dönüşüm	MILP	Optimal
12	Barros vd. (1998)	Bağımsız	Mâliyet enküçükleme	Var	Geri dönüşüm	MILP	Sezgisel
13	Listeş ve Dekker (2005)	Bağımsız	Kâr enbüyüklemesi	Var	Geri Dönüşüm	MILP	Optimal
14	Krikke vd. (1999)	Bağımsız	Mâliyet enküçükleme	Var	Yeniden İmalat	MILP	Optimal
15	Louwers vd. (1999)	Bağımsız	Mâliyet enküçükleme	Var	Geri dönüşüm	NLP	Optimal
16	Shih (2001)	Bağımsız	Kâr enbüyüklemesi	Var	Geri dönüşüm	MILP	Optimal
17	Assavapoke vd.	Bağımsız	Kâr	Var	Tamir	MILP	Optimal

Çizelge 5.1(devam): Tersine lojistik ağ tasarımı yapılan çalışmalar.

	(2006)		enbüyüklemesi		etme/Geri Dönüşüm		
18	Hu (2002)	Bağımsız	Mâliyet enküçüklemesi	Var	İmha	MILP	Optimal
19	Xanthopoulos ve Iakovou (2006)	Bağımsız	Kâr enbüyüklemesi	Yok	Genel ağ tasarımı	MILP	Optimal
20	Min vd. (2006)	Bağımsız	Mâliyet enküçüklemesi	Yok	Tamir etme	MINLP	Sezgisel
21	Tang ve Xie (2007),	Bağımsız	Mâliyet enküçüklemesi	Yok	Tamir Etme	MINLP	Sezgisel
22	Pati vd.(2008)	Bağımsız	Mâliyet ve uygunsuz atık kağıt miktarının enküçüklemesi, geri kazanılan atık kâğıtların enbüyüklemesi	Var	Geri dönüşüm	MIGP	Optimal
23	Shi(2009)	Bağımsız	Mâliyet enküçüklemesi	Var	İmha	MILP	optimal

5.4.1 Bütünleşik modeller

Çizelgede bulunan çalışmaların ilk 9 tanesi bütünleşik modellenen çalışmaları göstermektedir.

Yongsheng ve Shouyang (2008), iki akışı birden ele alan hem onarım hemde yeniden üretim seçeneklerinin eşzamanlı olarak düşünüldüğü tersine dağıtım ağı tasarımı oluşturmuşlardır. Modeli karma tamsayılı programlama ile kurgulayıp, dal-sınır algoritması ile çözmüşlerdir. Örnek olay üzerinden modelin uygulanabilirliği ispatlanmıştır.

Fleischmann ve diğerleri (2001), ise ileri ve tersine lojistik sistemlerini karşılaştırmıştır. Çalışmada genel bir tersine lojistik ağı oluşturulmuş ve tersine lojistik ağ yapısı hakkında bilgi verilmiştir.

Lee ve Dong (2007), ise çalışmasında hem ileri akışı hemde geri akışı ele alan bir deterministik model tasarlamışlardır. Model sezgisel bir yaklaşım ile çözülmüştür. Daha sonra model, bilgisayarların geri dönüşümü içeren, yeniden imalat ağında uygulanmıştır.

Ko ve Evans (2007), hem ileri hem geri akışı ele alan, 3. parti lojistik elemanları için bütünleşik karma tamsayılı doğrusal olmayan bir model kurmuşlardır. Çalışma iki aşamalı ve çok ürünlü, çok dönemlidir, genetik algoritma ile çözülmüştür. Modelin amacı taşıma, depolama ve işleme maliyetlerini en küçüklemek şeklinde formüle edilmiştir.

Listeş (2007), Tersine lojistik sistemlerinde hem ileri hemde geri akışı optimize etmek için stokastik modelleme kurmuştur. Senaryolar üzerinden modelin sayısal sonuçları gösterilmiştir.

Lu ve Bostel (2007), yeniden imalat ağı için, ileri ve tersi akışın ele alındığı 0-1 karma tamsayılı model geliştirmişler ve Lagrangian sezgisel metodu ile çözümlenmişlerdir. Modelin sayısal sonuçlarla etkisi kanıtlanmıştır.

El-Sayed ve diğerleri (2010), risk altında çok katmanlı, çok periyodlu, ileri ve tersine akışı ele alan lojistik ağ tasarımı oluşturmuşlardır. Modelin amacı toplam karı en büyükmektir. Problem stokastik karma tamsayılı doğrusal programlamayla (SMILP) çözülmüştür. Ağda ileri akışta olan üç katman (tedarikçi, tesis, dağıtım merkezi) ve tersi akışta iki katman (demontaj ve yeniden dağıtım merkezi) bulunmaktadır.

Cruz-Rivera ve Ertel (2010), karma tamsayılı doğrusal programlama modeli kurarak meksikadaki ömrü tükenmiş taşıtların tersine lojistik ağ tasarımını yapmışlardır.3 farklı ürün toplama yüzdesine göre model çözülmüştür. Hangi tesisin nereye ve ne kadar kapasite ile kurulması ve sistemin toplam mâliyeti göz önüne alınarak senaryolara göre belirlenmiştir.

Das ve diğerleri (2012), hem ileri hem tersine akışı ele alan bütünleşik bir tersine lojistik ağ tasarımını karma tamsayılı programlama ile (MIP) çözmüşlerdir. Amaç karı enbüyüklemektir.Çalışmada farklı kalite seviyelerine göre ürünler ,farklı geri dönüş şekillerine göre (garanti,tamir,kusurlu) ürün grupları sınıflandırılmıştır.Ürünler farklı geri dönüşüm aşamalarına girmektedir.Çok tesisli sistem dikkate alınmıştır.Ayrıca toplam tedarik zincir ağı göz önüne alınmış,modelin sayısal verilere dayanarak iyileştirme sağladığı ispatlanmıştır.

5.4.2 Bağımsız Modeller

Bağımsız modellerin literatür araştırmasını yaptığımız zaman stokastik ve deterministik modellenen pek çok çalışma olduğunu görmekteyiz.

Wang ve diğerleri (1995), geri kazanılan kâğıtların işlemini ele alan bir model geliştirmişlerdir. Modelin amacı taşıma mâliyetlerini enküçüklemek ve hangi noktalara işleme tesislerinin açılması gerektiğini belirlemektir.

Spengler ve diğerleri (1997), endüstriyel yan ürünlerin ve hayat çevrimini tamamlamış ürünlerin geri dönüşümü ve ayrıştırılmasını ele almışlardır.

Barros ve diğerleri (1998), Hollanda’da kumun geri dönüşümünü konu eden bir model kurmuşlardır. Bu iki aşamalı model sezgisel kullanarak çözülmüştür. Ayrıca, Listeş ve Dekker (2005) ‘de, Hollanda’da kumun geri dönüşümünü olayını incelemişlerdir. Belirsizlik yapısı için stokastik bir yaklaşım uygulayıp, deterministik tesis yer seçimi problemine uygulamışlardır

Krikke ve diğerleri (1999), tasarladığı model fotokopi makinelerinin yeniden imalat ağıdır. Bunun için doğrusal modelleme ve karma tam sayılı doğrusal modelleme yaklaşımları ele alınmıştır.

Louwers ve diğerleri (1999), halı atıkları için tesis yer seçimi problemi tasarlamışlardır. Modelin amacı taşıma, işleme ve depolama mâliyetlerinin enküçüklemektir. Modelin ABD ve Avrupa’da uygulaması yapılmıştır.

Shih (2001), Tayvandaki elektrikli ve elektronikli aletler için karma tamsayılı lineer programlama kurmuşlardır. Çalışmada aynı zamanda ikinci el ürünlerin satıldığı

pazardan elde edilen gelir dikkate alınmıştır ve farklı geri dönüş oranları ile senaryolar oluşturulmuştur. Amaç sistemin karını enbüyüklemektir.

Assavapoke ve diğerleri (2006),Teksasdaki elektronikli ürünlerin geri dönüşümünü içeren bir tersine lojistik ağı tasarlamışlardır. Parametrelerin kestirimi için istatistiksel model kullanılmıştır.

Hu ve diğerleri (2002), çalışmasında oluşturulan model, çok gruplu atık tipi ve çok periyodlu dönem için tasarlanmıştır. Çalışma tehlikeli atıklar üzerinedir. Amaç mâliyeti enküçüklemektir. Tersine lojistik ağ tasarımı ile birlikte mâliyetin mevcut duruma göre yaklaşık olarak %49 azaldığı gözlemlenmiştir.

Elektronik ürünlerin geri kazanımını inceleyen bir diğer çalışma da Xanthopoulos ve Iakovou (2006), elektrikli ve elektronikli ürünlerin geri kazanımıyla ilgili çalışmadır. Öncelikle tersine lojistiğin ağ tasarımı yapılmış ardından mevcut durum incelenerek alternatif ağ tasarımları incelenmiş son olarakta tesislerin yerleri belirlenerek yeni bir sistem geliştirmişlerdir.

Min ve diğerleri (2006), karma tamsayılı doğrusal olmayan bir programlama modeli geliştirmiş ve bu model genetik algoritmayla çözülmüştür. Tersine lojistik ağı çok katmanlıdır.

Tang ve Xie (2007), kurulan modeli genetik algoritma tabanlı sezgisel yöntem ile çözülmüştür. Amacı mâliyetin enküçüklenmesi şeklindedir. Ürünlerin geri kazandırıldığı modelin yapısı müşteriler, toplama ve tesislerden oluşmaktadır.

Kâğıt geri dönüşümünü ele alan bir diğer çalışma Pati ve diğerleri (2008), tarafından yapılmıştır. Model atık kâğıtların geri dönüşümü için amaç programlama şeklinde kurulmuştur. Modelin üç amacı bulunmaktadır. Bunlar atık miktarını ve mâliyeti enküçüklemek, geri dönüştürülebilen atık miktarını ise arttırmaktır. Çok katmanlı yapı bulunmaktadır, çok ürün, çok dönemli yapı ve çok tesisli sistem dikkate alınmıştır.

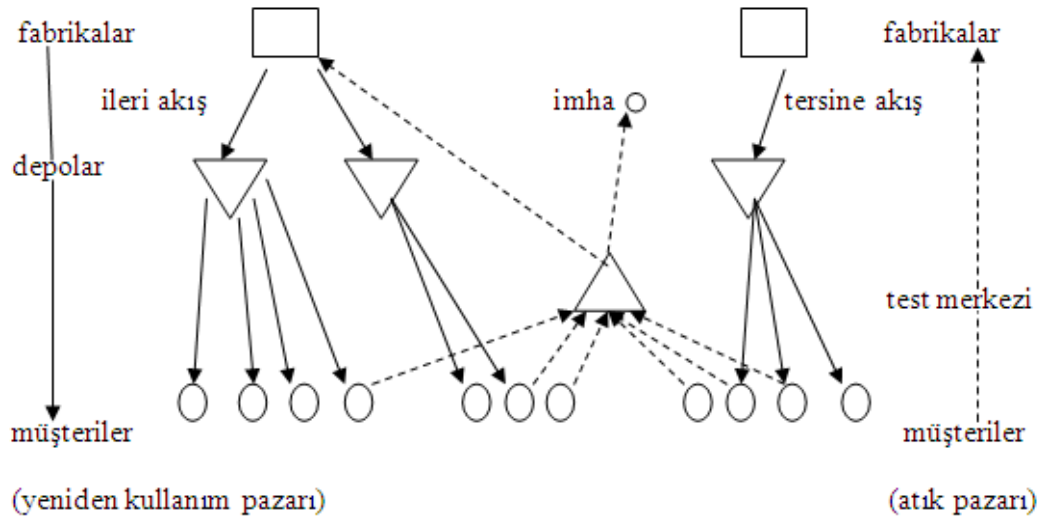
Shi ve diğerleri (2009), tıbbi atıkların imhası için tersine lojistik ağı tasarlamışlardır.Karma tamsayılı lineer programlama ile tesislerin mâliyet,ulaşım ve işleme mâliyetlerinin enküçüklenmesi amaçlanmıştır.Daha sonra model genetik algoritmayla çözülmüştür.

5.5 Tersine Lojistik Ağı Tasarımı için Temel Tesis Yerleştirme Modeli

Temel tesis yerleştirme modelleri karma tamsayılı doğrusal programlama modelleridir. Lojistik ağ tasarımı problemlerinde karma tamsayılı doğrusal programlama (MILP) tesis yerleştirme modelleri yaygın olarak yer almıştır.

Tersine lojistik ağı tasarımı nicel yaklaşımları için MILP yerleştirme problemleri uygun bir başlangıç olarak kabul edilmektedir. Birçok araştırmacı MILP yerleştirme modellerini tersine lojistik çalışmalarına adapte etmiştir (Dekker ve diğerleri, 2004). Geri kazanım ağları, kullanılmış ürünlerin toplandığı atık pazarı ve geri kazanılan ürünlerin yeniden satıldığı yeniden kullanım pazarları arasındaki bağlantıyı sağlayan yapılardır. Bu yapının içinde, seçme ve sınıflamanın yapıldığı demonte merkezleri, yeniden üretimin ve yeni ürün üretiminin yapıldığı fabrikalar, dağıtım depoları dikkate alınmıştır.

Toplanan ürünler için iki seçenek vardır: geri kazanım ve imha. Tek ürün tipi ile ağ yapısı üç kademededen oluşmaktadır. Test merkezleri, fabrikalar ve dağıtım depoları (Dekker ve diğerleri, 2004). Ağın genel yapısı şekil 5.2’ de görülmektedir (Köse, 2008).



Şekil 5.2: Geri kazanım modeli problem yapısı.

Geri kazanımın belirli maksimum oranla sınırlandırıldığı yapı MILP ile modellenmiştir.

İndis kümesi

I : Potansiyel fabrika yerleri kümesi

J : Potansiyel depo yerleri kümesi

K : Sabit müşteri yerleri kümesi

L : Potansiyel test merkezi yerleri kümesi

Değişkenler

Y_i^p : i fabrikasını açma göstergesi, $i \in I$

Y_j^h : j deposunu açma göstergesi, $j \in J$

Y_l^r : l test merkezini açma göstergesi, $l \in L$

X_{ij}^p : i fabrikasından j deposuna akan ürün miktarı

X_{jk}^h : j deposundan k müşterisine akan ürün miktarı

X_{kl}^c : k müşterisinden l test merkezine akan ürün miktarı

X_{li}^r : l test merkezinden i fabrikasına akan ürün miktarı

V_k : k müşterisinin karşılanmayan talep miktarı

U_k : k müşterisinden kullanılmış ürün (atık ürün) tedariği miktarı

Parametreler

d_k : k müşterisinin yıllık talebi, $k \in K$

u_k : k müşterisinden yıllık kullanılmış ürün dönüşü, $k \in K$

γ : ortalama geri kazanım başarısı

p_i : i fabrikası yıllık kapasitesi, $i \in I$

h_j : j deposu yıllık kapasitesi, $j \in J$

r_l : l test merkezi yıllık kapasitesi, $l \in L$

Mâliyetler

f_i^p : i fabrikasını açmanın yıllık sabit mâliyeti, $i \in I$

f_j^h : j deposunu açmanın yıllık sabit mâliyeti, $j \in J$

f_l^r : l test merkezini açmanın yıllık sabit mâliyeti, $l \in L$

C_{ij}^p : i fabrikasında birim üretim mâliyeti ve i fabrikasından j müşterisine birim nakliye mâliyeti toplamı

C_{jk}^h : j deposunda birim elleçleme ve depolama mâliyeti ve j deposundan k müşterisine birim nakliye mâliyeti toplamı

C_{kl}^c : k müşterisinden l test merkezine birim nakliye mâliyeti ve test, kontrol, imha etme mâliyeti toplamı

C_{li}^r : l test merkezinden i fabrikasına birim ulaşım mâliyeti ile yeniden işleme mâliyeti eksi üretim mâliyeti toplamı

C_k^Φ : k müşterisinin talebinin karşılanmaması birim ceza mâliyeti

C_k^o : k müşterisinden ürünlerin geri toplanılmaması ceza mâliyeti

$$\begin{aligned}
 & \sum_I f_i^p Y_i^p + \sum_J f_j^h Y_j^h + \sum_L f_l^r Y_l^r + \\
 & \sum_I \sum_J C_{ij}^p X_{ij}^p + \sum_K (C_k^b v_k + \sum_J C_{jk}^h X_{jk}^h) + \\
 & \sum_K C_k^o U_k + \sum_L C_{kl}^c X_{kl}^c + \sum_L \sum_I C_{li}^r X_{li}^r
 \end{aligned} \tag{5.1}$$

$$\sum_j X_{jk}^h + V_k = d_k \quad (5.2)$$

$$\sum_L X_{kl}^c + U_k = u_k \quad (5.3)$$

$$\sum_I X_{ij}^p = \sum_K X_{jk}^h \quad (5.4)$$

$$\sum_L X_{li}^r \leq \sum_j X_{ij}^p \quad (5.5)$$

$$\sum_I X_{li}^r \leq \gamma \sum_K X_{kl}^c \quad (5.6)$$

$$\sum_j X_{ij}^p \leq p_i Y_i^p \quad (5.7)$$

$$\sum_I X_{ij}^p \leq h_j Y_j^h \quad (5.8)$$

$$\sum_K X_{kl}^c \leq r_l Y_l^r \quad (5.9)$$

$$Diğerleri \geq 0 \quad (5.10)$$

$$Y_i^p, Y_j^h, Y_l^r \in \{0,1\} \quad (5.11)$$

(5.1) formülasyonu amaç fonksiyonunu ifade etmektedir. Amaç fonksiyonu sırasıyla açık fabrikaların yıllık mâliyeti, açık depoların yıllık mâliyeti, açık test merkezlerinin yıllık mâliyeti, i fabrikasından j deposuna ürün üretme ve nakliye mâliyeti, k müşteri talep mâliyeti, k müşterisi ürün geri toplama mâliyeti ve l test merkezinden i fabrikasına nakliye, yeniden işleme ve üretim mâliyetleri toplamını enküçüklemeyi amaçlar.

(5.2) kısıtı, tüm müşteriler için depolardan müşterilere olan yıllık ürün akışı ile karşılanamayan müşteri talebinin yıllık müşteri talebine eşit olması gerektiğini belirtir.

(5.3) kısıtı, müşterilerden test merkezlerine gelen kullanılmış ürün akışı ile müşterilerden toplanamayan atık ürün miktarının müşterilerden toplanan tüm kullanılmış ürün miktarına eşit olması gerektiğini belirtir.

(5.4) kısıtı, fabrikalardan depolara gelen ürün miktarının depolardan müşterilere gönderilen ürün miktarına eşit olması gerektiğini belirtir.

(5.5) kısıtı, test merkezlerinden fabrikalara gelen ürün miktarının fabrikalardan depolara giden ürün miktarına eşit veya ondan küçük olması gerektiğini belirtir.

(5.6) kısıtı, test merkezlerinden fabrikaya giden ürün miktarının müşterilerden test merkezlerine giden ürün miktarından eşit veya ondan küçük olması gerektiğini gösterir.

(5.7) kısıtı, depolardan fabrikaya giden yıllık ürün miktarının fabrikanın yıllık kapasitesinden eşit veya ondan küçük olması gerektiğini gösterir.

(5.8) kısıtı, fabrikalardan depolara giden yıllık ürün miktarının depoların yıllık kapasitesinden eşit veya ondan küçük olması gerektiğini gösterir.

(5.9) kısıtı, müşterilerden test merkezlerine olan yıllık ürün akış miktarının test merkezi kapasitelerine eşit veya ondan küçük olması gerektiğini gösterir.

(5.10) kısıtı ise fabrikalardan depolara, depolardan müşterilere, müşterilerden test merkezlerine, test merkezlerinden fabrikalara, karşılanmayan müşteri talebi ve toplanamayan kullanılmış ürün miktarının pozitif olma kısıtıdır.

(5.11) kısıtı, fabrika, depo ve test merkezlerinin açık olma veya açık olmama durumunu gösteren 0-1 tamsayı kısıtıdır.

Formülasyonun çözüm hızını arttırmak için aşağıdaki eşitsizlikler eklenebilir.

$$X_{jk}^h \leq \min(d_k, h_j) Y_j^h \quad \forall j \in J, k \in K \quad (5.12)$$

$$X_{kl}^c \leq \min(u_k, r_l) Y_l^r \quad \forall k \in K, l \in L \quad (5.13)$$

Model çok genel bir yapıya sahip olduğu için çok çeşitli tersine lojistik durumları için kullanılabilir. d_k ve u_k parametrelerinin farklı şekilde kullanılarak kapalı ve açık çevrim yapıları yansıtılabilir. Örneğin bazı müşteriler için d_k , $u_k > 0$ olması ile kapalı çevrim durumu karakterize edilebilir (Dekker ve diğerleri, 2004).

Formülasyon çoklu aşama tesis yerleştirme modellerinden çok farklılık göstermemektedir. Farklı olarak dikkat edilmesi gereken d_k ve u_k parametreleridir.

Bu parametreler kullanılmış ürünün arz ve talep tarafındaki pazar durumlarını dengeleme ihtiyacını yansıtır. Farklı olarak düşünülen diğer eleman ise **(5.6)**' ile sağlanan ek bağımsızlık derecesidir. Böylece imha hacmi sabit bir oran yerine alt sınırla kısıtlanır, geri kazanım stratejisi ve ağ tasarımı eş zamanlı olarak eniyilenir. (Dekker ve diğerleri, 2004; Köse, 2008).

6. SAĞLIK KURULUŞLARINDAN KAYNAKLANAN ATIKLAR

6.1 Kapsam ve İçeriği

Sağlık hizmetlerinin, insan sağlığına yönelik iyileştirmeler ile sağlık problemlerini azaltma amaçlarını gerçekleştirmek için tehlikeli atıklar yaratması kaçınılmazdır. Günümüzde sağlık sistemlerinin gelişmesi, nüfusun artması, sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atık miktarı yıllar içinde artmaktadır. Bu atıklar diğer atıklardan daha fazla oranda yaralanma riski ve daha yüksek enfeksiyon riski taşırlar. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından tıbbi atıkların güvenli yönetimi amacıyla yayımlanan Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliğine göre (2005) sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkları dört ana başlık altında toplayabiliriz (Url-1).

1.Evsel nitelikli atıklar: Ünitelerden kaynaklanan, başta mutfak, bahçe ve idari birimlerden kaynaklanan atıklar olmak üzere kontamine olmamış atıkları içermektedir. Genel atıklar ve ambalaj atıkları olarak iki alt başlığa ayrabiliriz.

Ambalaj Atığı: Ünitelerden kaynaklanan, kontamine olmamış, tekrar kullanılabilir, geri dönüştürülebilir ve geri kazanılabilir plastik, metal, cam ve kağıt-karton ambalajların atıklarını içerir.

2.Tıbbi atıklar: Ünitelerden kaynaklanan, kesici-delici ,enfeksiyöz, patolojik ve atıkları içeren atık grubudur.

Enfeksiyöz Atık: Enfeksiyon yapıcı etkenleri taşıdığı bilinen veya taşınması muhtemel başta kan ve kan ürünleri olmak üzere her türlü vücut sıvıları ile insan dokuları, organları, anatomik parçalar, otopsi materyali,; bu tür materyal ile bulaşmış eldiven, örtü, çarşaf, bandaj, ve benzeri atıkları; bakteri ve virüs tutucu hava filtrelerini; enfekte hayvan ve enfekte hayvanlara ve çıkartılarına temas etmiş her türlü malzemeyi, veterinerlik hizmetlerinden kaynaklanan atıklarını içerir.

Patolojik Atık: Cerrahi girişim, otopsi veya anatomi çalışması sonucu ortaya çıkan dokuları, organları, vücut parçalarını, insan fetusunu ve hayvan cesetlerini içerir.

Kesici-Delici Atık: Şırınga, enjektör ve diğer tüm deri altı girişim iğneleri, bisturi, bıçak, serum seti iğnesi, cerrahi suture iğneleri, biyopsi iğneleri, kırık cam, ampul, lam-lamel, kırılmış cam tüp ve petri kapları gibi yaralanmaya sebebiyet verebilecek olan atıkları içerir.

3.Tehlikeli atıklar: Ünitelerden kaynaklanan, genotoksik, farmasötik ve kimyasal atıklar ile ağır metal içeren atıkları ve basınçlı kapları içeren atık grubudur.

Farmasötik Atık: Bu atık grubu, kullanılmayan veya süresi dolmuş ,bozulmuş ilaçları serum ve aşı grubu ürünleri ve bu atıklara temas eden eldiven hortum şişe ve kutularını içerir.

Genotoksik Atık: Kanserojen maddeler ile hücre DNA'sı üzerinde mutasyona sebebiyet veren ,insan ve hayvan üzerinde mutasyona sebebiyet verebilen ağır kimyasal maddeleri ve kanser tedavisi için kullanılan ürünler ile radyoaktif maddeleride içeren atık türlerini kapsar (Url-1).

4.Radyoaktif atıklar: Tüm radyoaktif madde içeren atık grubudur.Türkiye atom enerjisi kurumu mevzuatına göre işlem görürler.

Çizelge 6.1 'de atık tipleri ve içerikleri gösterilmektedir.

6.2 Sağlık Kuruluşlarından Kaynaklanan Atıkların İmhasının Önemi

Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların kurallarına uygun toplanması ve bertarafının sistemli yapılması aşağıdaki sebeplerden dolayı önemlidir(Öztürk,2007).

1) Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların sağlığa olan etkileri

Hastane atıklarına maruz kalmak hastalık veya yaralanmaya yol açabilir. Tıbbi atıkların tehlikesi aşağıdaki özelliklerin bir veya daha fazlasından kaynaklanabilir.

- Kalıtsal yapı (DNA) üzerinde değişikliklere neden olabilir,
- İnsan sağlığı üzerinde Enfeksiyona neden olabilecek maddeler içerir,
- Toksik ya da tehlikeli kimyasal maddeleri içerir,
- Radyoaktiftir,
- Kesicileri içerir.

Çizelge 6.1: Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların sınıflandırılması.

SAĞLIK KURULUŞLARINDAN KAYNAKLANAN ATIKLARIN SINIFLANDIRILMASI						
EVSEL NİTELİKLİ ATIKLAR		TIBBİ ATIKLAR			TEHLİKELİ ATIKLAR	RADYOAKTİF ATIKLAR
A: Genel Atıklar	B: Ambalaj Atıkları	C: Enfeksiyöz Atıklar	D: Patolojik Atıklar	E: Kesici Delici Atıklar	F: Tehlikeli Atıklar	G: Radyoaktif Atıklar
Sağlıklı insanların bulunduğu kısımlar, hasta olmayanların muayene edildiği bölümler, ilk yardım alanları, idari birimler, temizlik hizmetleri, mutfaklar, ambar ve atölyelerden gelen atıklar: B, C, D, E, F ve G gruplarında anılanlar hariç, tıbbi merkezlerden kaynaklanan tüm atıklar.	Tüm idari birimler, mutfak, ambar, atölye v.s den kaynaklanan tekrar kullanılabilir, geri kazanılabilir atıklar: - kağıt - karton - mukavva - plastik - cam - metal v.b.	Enfeksiyöz ajanların yayılımını önlemek için taşınması ve imhası özel uygulama gerektiren atıklar: Başlıca kaynakları; I. Mikrobiyolojik laboratuvar atıkları - Kültür ve stoklar - Enfeksiyöz vücut sıvıları - Serolojik atıklar - Diğer kontamine laboratuvar atıkları (lam-lamel, pipet, petri v.b) II. Kan ürünleri ve bunlarla kontamine olmuş nesneler III. Kullanılmış ameliyat giysileri (kumaş, önlük ve eldiven v.b) IV. Diyaliz atıkları (atık su ve ekipmanlar) V. Karantina atıkları VI. Bakteri ve virüs içeren hava filtreleri, VII. Enfekte deney hayvanı leşleri, organ parçaları, kanı ve bunlarla temas eden tüm nesneler	Anatomik atık dokular, organ ve vücut parçaları ile ameliyat, otopsi v.b. tıbbi müdahale esnasında ortaya çıkan vücut sıvıları: -Ameliyathaneler, morg, otopsi, adli tıp gibi yerlerden kaynaklanan vücut parçaları, organik parçalar, plasenta, kesik uzuvlar v.b (insani patolojik atıklar) - Biyolojik deneylerde kullanılan kobay leşleri	Batma, delme sıyrık ve yaralanmalara neden olabilecek atıklar: - enjektör iğnesi, - iğne içeren diğer kesiciler - bistüri - lam-lamel - cam pastör pipeti - kırılmış diğer cam v.b	Fiziksel veya kimyasal özelliklerinden dolayı ya da yasal nedenler dolayısı ile özel işleme tabi olacak atıklar - Tehlikeli kimyasallar - Sitotoksik ve sitostatik ilaçlar - Amalgam atıkları - Genotoksik ve sitotoksik atıklar - Farmasötik atıklar - Ağır metal içeren atıklar - Basınçlı kaplar	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu mevzuatı hükümlerine göre toplanıp uzaklaştırılır.

2) Risk altındaki kişiler

Hastane atıklarına maruz kalan tüm bireyler potansiyel olarak risk altındadırlar. Risk altındaki insanlar sağlık kurumlarının içinde olabileceği gibi tıbbi atıkların taşımacılığını ve imhasında rol alan bireylerde olabilir Risk altındaki başlıca gruplar aşağıdadır:

- Doktorlar, hemşireler, yardımcı sağlık çalışanları
- Sağlık kuruluşlarında veya evde tedavi ve sağlık hizmeti alan hastalar,
- Sağlık kuruluşlarının hasta ziyaretçileri,
- Atık bertaraf tesislerindeki işçiler
- Atık boşaltım sahalarında ayıklama yapan kişiler olarak sıralanabilir.

3) Enfekte atıklar ve kesicilerin tehlikeleri

Enfekte atıklar birçok bulaşıcı mikroorganizmalar içerir. Enfekte atıklardaki zararlı maddeler derideki batma, yıpranma veya kesi yoluyla insan vücuduna girebilir. Kesiciler ise ,tehlikeli virüs enfeksiyon geçirme riski nedeni ile çok tehlikeli bir atık sınıfı olarak kabul edilirler.

6.3 Sağlık Kuruluşlarından Kaynaklanan Atık Yönetimine İlişkin Genel Bilgiler

Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların bertarafı ve işleyişinin kanuni tarafı bulunmaktadır. Atıkların yönetimine ilişkin ilkeler tıbbi atık yönetmeliğine göre (2005) şunlardır;

- Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların çevre ve insan sağlığına zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı olarak alıcı ortama verilmesi yasaktır.
- Tıbbi, tehlikeli ve evsel atıkların oluşumunun ve miktarının kaynağında en aza indirilmesi esastır.
- Tıbbi atıkların, tehlikeli ve evsel atıklar ile karıştırılmaması ve tıbbi atıkların kaynağında diğer atıklardan ayrı olarak toplanması, biriktirilmesi, taşınması ve bertarafı esastır.
- Tıbbi atıkların yarattığı çevresel kirlenme ve bozulmadan doğan zararlardan dolayı tıbbi atık üreticileri, taşıyıcıları ve bertarafçıları kusur şartı olmaksızın sorumludurlar.
- Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıklar üreticileri atıklarının bertarafı için gerekli harcamaları karşılamakla yükümlüdürler.

Bu kapsama göre atık üreticilerin görevleri; atıkları kaynağında en aza indirecek sistemi kurmakla ve yönetmekle tıbbi, tehlikeli ve evsel nitelikli atıklar ile ambalaj atıklarını birbirleri ile karışmadan kaynağında ayrı olarak toplamakla, kesici-delici atıkları toplarken ise yönetmelikte belirtilen özel kaplarını kullanmakla, tıbbi ve evsel atıkları sadece bu iş için kullanılan araçların kullanılmasını kapsamaktadır.

6.3.1 Belediyelerin yükümlülükleri

Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların yönetimi için belediyeler büyük rol oynamaktadır. Aşağıda atıklar için belediyelerin yükümlülükleri verilmiştir.

- Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların geçici atık depolarından veya konteynerlerinden alınarak toplanması, taşınması, sterilizasyon işlemine tabi tutulması ve bertarafı ile ilgili detayları içeren Atık Yönetim Planı'nı hazırlamak, uygulamak ve halkın bilgilendirilmesini sağlamakla,
- Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların geçici atık depolarından alarak bertaraf sahasına taşımak/taşıtırmakla,
- Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların bertaraf/sterilizasyon tesislerini kurmak/kurdurmak, işletmek/işlettirmekle,
- Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların bertaraf tesisleri ile sterilizasyon tesisleri çevre lisansı almakla,
- Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların taşıma araçları için taşıma lisansı almakla,
- Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların yönetimiyle görevli personelini periyodik olarak eğitmekle/eğitimini sağlamakla,
- Sağlık kuruluşlarından toplanan, taşınan ve bertaraf edilen atık miktarlarını kayıt altına almak, bu bilgileri yıl sonu itibari ile valiliğe göndermek ve talep edilmesi halinde bakanlığın incelemesine açık tutmakla, yükümlüdürler (Url-1).

6.4 Türkiye’de Sağlık Kuruluşlarından Kaynaklanan Atıkların İmha Süreci

6.4.1 Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların toplanması ve taşınması

Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan dört çeşit atık özelliklerine göre ayrı toplanır ve ayrı işleme tutulurlar. Toplam atık miktarının yaklaşık %1’ ni oluşturan tehlikeli atıklar atıkların bertarafı Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliğine göre yapılır.

Radyoaktif atıklar ise Türkiye radyoaktif kurumunun mevzatına göre diğer atıklardan ayrı değerlendirilir.Bu sebeple tehlikeli ve radyoaktif atıklar çalışma kapsamına alınmamıştır.Çevre ve orman bakanlığının yayınladığı genelgeye göre,sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imhası için evsel ve tıbbi atıkların büyük bir önemi vardır. Evsel katı atıklar ile tıbbi atıkların bertarafının bir bütünlük içinde ele alınması, evsel katı atık ile ilgili olarak yapılacak çalışmalarda tıbbi atıkların bertarafının da bir bileşen olarak değerlendirmeye alınması gerekmektedir.

6.4.1.1. Evsel atıkların toplanması

Evsel nitelikli atıklar, tıbbi, tehlikeli ve ambalaj atıklarından ayrı olarak toplanır ve bu iş için siyah renkli plastik torbalar kullanılır. Evsel nitelikli atıklar, diğer atıklardan ayrı olarak sadece evsel atık taşınan araçlarla taşınarak geçici depoya veya konteynıra götürülür .Diğer atıklardan ayrı olarak geçici depolanırlar. Evsel nitelikli atıklar toplanmaları sırasında tıbbi atıklar ile karıştırılmazlar. Karıştırılmaları durumunda tıbbi atık olarak kabul edilirler.Ambalaj atıkları, diğer atıklardan ayrı olarak mavi renkli plastik torbalarda toplanırlar. Serum ve ilaç şişeleri gibi cam ambalaj atıkları ise bulaştırıcı etken içermiyorsa yine ambalaj atığı olarak değerlendirilir ve mavi renkli torbalarda toplanır. Toplanan evsel nitelikli atıkların, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği hükümleri doğrultusunda taşınmaları ve bertaraf edilmeleri sağlanır.

6.4.1.2 Tıbbi atıkların toplanması

Tıbbi atıkların kontrolü yönetmeliğine göre (2005), tıbbi atıklar evsel atıklar ve tehlikeli atıklar ile karıştırılmaz.

Tıbbi atıkların toplanmasında; yırtılmaya, delinmeye, patlamaya ve taşımaya dayanıklı; kırmızı renkli plastik torbalar kullanılır.Torbalar en fazla $\frac{3}{4}$ oranında doldurulur, ağızları sıkıca bağlanır Bu torbalar geri dönüşümde kullanılamaz.

Tıbbi atıkların bir alt grubu olan kesici ve delici atıklar ise diğer tıbbi atıklardan ayrı olarak özel plastik veya lamine kartondan yapılmış kutular içinde toplanmalıdır.Bu kutular delinmeye yırtılmaya ve patlamaya karşı dayanıklı olmalı ve “dikkat kesici ve delici atık” ibaresi bulunmalıdır.

6.4.1.3 Atıkların taşınması

Atıkların taşınmasının özel olarak dizayn ve imal edilmiş araçlarla yapılması gerekmektedir. Evsel atıklar ise tıbbi atıklardan ayrı araçlarla taşınmaktadır. Evsel atıkların toplanması ve taşınmasından belediyeler sorumludur.

Bu araçların teknik özellikleri aşağıda verilmektedir.

- Atıkların yüklendiği kısım tamamen kapalı olmalıdır,
- Sıkıştırma mekanizmasının bulunmamalıdır,
- Atık yükleme kısmının kaza halinde zarar görmemesi için sağlam yapılmalıdır,
- Atık yükleme kısmının iç yüzeyi paslanmaz, kolaylıkla temizlenebilen ve dezenfekte edilebilen bir yapıda olmalıdır,
- Sağ, sol ve arka yüzeylerinde görülebilecek uygun büyüklükte ve siyah renkli “Uluslararası Biyotehlike” amblemi ile siyah harfler ile yazılmış “dikkat tıbbi atık” ibaresi bulunmalıdır,
- Dış yüzeyi turuncu renge boyanmalıdır,
- Tıbbi atık taşıma araçları için ilgili valilikten taşıma lisansı alınması gerekmektedir.

6.4.2 Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların geçici depolara sevkiyatı ve depolanması

Şu an uygulanan yönetmeliğine göre 20 yatak ve üzeri kapasitesine sahip üniteler geçici atık deposu inşa etmekle yükümlüdür 20 ‘den daha az yatağa sahip olan kurumlar ise konteynır bulundurmak zorundadır.

Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıklar, bertaraf sahasına taşınmadan önce 48 saatten fazla olmamak üzere bu depolarda veya konteynırlerde bekletilebilir.

Geçici atık deposunun özellikleri şunlardır (Url-1):

- Geçici atık deposu iki bölmeli kapalı bir mekan olarak inşa edilir. Birinci bölmede tıbbi atıklar, ikinci bölmede ise evsel nitelikli atıklar depolanır.
- Geçici atık deposunun hacmi en az iki günlük atığı alabilecek boyutlarda olur.
- Deponun tabanı ve duvarları her türlü mikroorganizmaya karşı sızdırmazlık vazifesi görmelidir.
- Depolarda yeterli bir aydınlatma ve pasif havalandırma sistemi bulunur ve sıcak bölgelerde depo özel olarak soğutulur.

- Tıbbi atıkların konulduğu bölge turuncu renk ile belirtilir ve Dikkat! Tıbbi Atık” ibaresi bulunur.
- Geçici atık deposu, özellikle toplu yaşama yakın yerlerde kurulmaz.
- Tıbbi atıkların konulduğu bölmenin temizliği ve dezenfeksiyonu kuru olarak yapılır. Atıkların boşalmasından sonra dezenfekte işlemi uygulanır.
- Evsel nitelikli atıkların konulduğu bölmede ise kanalizasyona bağlı ızgaralı bir drenaj sistemi ve bölmenin kolaylıkla temizlenebilmesi için basınçlı bir su musluğu bulunur. Bölme atıkların boşaltılmasından sonra temizlenir, gerekirse dezenfekte edilir ve ilaçlanır.

6.4.3 Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların bertarafı

Ayrı toplanan tıbbi ve evsel atıklar farklı işlemlere tabi tutulurlar. Sağlık kuruluşları, ürettikleri atıkların toplanması, taşınması ve bertarafı için gereken harcamaları, bertaraf eden kurum ve kuruluşa ödemekle yükümlüdürler.

Atıkların taşıma ve işleme mâliyetleri, her yıl il Mahalli Çevre Kurulları tarafından belirlenmektedir. Aşağıda tıbbi ve evsel atıkların işleme süreçleri hakkında ayrıntılı açıklama yapılmıştır.

6.4.3.1 Tıbbi atıkların bertarafı

Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği gereğince atıklar için uygulanan hizmetler belediyeler tarafından verilebildiği gibi, bu konuda uzmanlaşmış özel sektör tarafından da verilebilmektedir. Türkiye’de tıbbi atıklar kireçle gömme (düzenli depolama) ,yakma veya sterilizasyon işlemine tabi tutularak bertaraf edilmektedir.

Bununla birlikte, 2010 tarihli Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmeliğin yayımlanarak yürürlüğe girmesi ile birlikte, herhangi bir ön işleme tabi olmayan, enfeksiyon riski taşıyan tıbbi atıkların düzenli depolama alanlarına kabul edilmesi yasaklanmıştır (Url-6).

Bu yüzden tıbbi atıkların, düzenli depolamaya (nihai bertaraf) gitmeden önce işleme (sterilizasyon, yakma) tabi tutulması gerekmektedir. İşleme tutulan tıbbi atıklar tehlikeli olma özelliklerini yitirirler ve düzenli depolamaya elverişli hale gelirler.

1) Yakma: Yakma işlemi tıbbi atık bertarafında en güvenli yöntemdir. Ancak ileri teknoloji sistemlerinin gerektirdiğinden kurulması ve işletilmesi oldukça mâliyetli ve zordur. Evsel nitelikli atıkların yakılması için kullanılan yakma

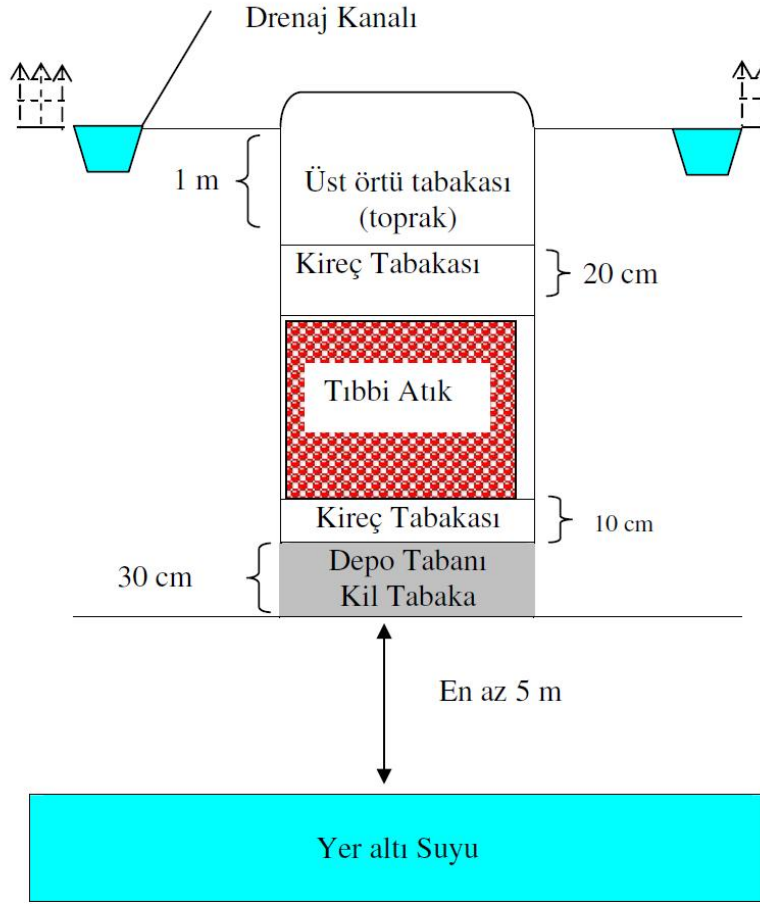
tesisleri tıbbi atıkların yakılması için kullanılmaz. İşleme tabi tutulan tıbbi atıklar tehlikeli olma özelliklerini yitirirler ve enerji kazanımında kullanılabilir (Url-5).

2) Sterilizasyon: Kesici-delici atıklar ile enfeksiyöz atıklar , sterilizasyon işlemine tabi tutularak zararsız hale getirilmektedir. Sterilize edilen atıklar zararsız hale getirilir, tehlikeli olma özelliklerini yitirirler ve böylece, tıbbi atıkların depolandığı yerlerde depolanarak bertaraf edilebilirler. Ayrıca sterilizasyon tesislerinde bir geçici atık deposunun bulunması, sistemin atık parçalama mekanizmasına sahip olması, işlemin elektronik olarak kayıt altına alınması ve sterilizasyon işlemine tabi tutulan enfeksiyöz atıkların zararsız hale getirilip getirilmediğinin test edilerek ölçülmesi gerekmektedir. Sterilizasyon sistemlerinin, kullanımda kolaylık, daha düşük yatırım ve işletme mâliyeti, etkinlik, güvenlik ve çevreye duyarlılık gibi avantajları bulunmaktadır. Patolojik atıklar ise sterilizasyon tesislerine kabul edilmemektedir (Url-6).

3) Kireçle gömme: Kireçle gömme işlemi, yönetmeliğe göre uygun bertaraf tesisleri açılıncaya kadar tıbbi atıkların bertarafı için kullanılan güvenilir bir yöntemdir. Ekonomik ve güvenilir olarak daha uygun bir işlem olduğundan Türkiye’de çoğu atık kireçle gömülmektedir. Aşağıda kireçle gömme işleminde uygulanması gereken esaslar belirtilmiştir (Url-6).

- Tıbbi atıklar evsel atık depolama sahası yakınında gömülebilir, ancak bu atıklardan ayrı olarak izole edilmiş bir sahada açılacak çukurlarda kireçle muamele edilerek gömülebilir.
- Öncelikle günlük olarak oluşan tıbbi atığın tamamını alabilecek kapasitede bir çukur açılacaktı ve açılan çukurun tabanı, yer altı suyunun en yüksek seviyesinden en az beş (5) metre yükseklikte olacaktır.
- Açılan çukurun tabanı 30 cm. kalınlığında sıkıştırılmış kil ile kaplanmalıdır.
- Kil tabakasının üstüne 10 cm kalınlığında sönmemiş kireç konulacaktır.
- Tıbbi atıklar bekletilmeden hızla gömülecektir.
- Depolama işlemi nihai olarak tamamlandıktan sonra yağmur sularının depo gövdesini kısa sürede terk etmesi için dolgu üstüne eğim verilecektir.
- Yağış sularının depoya girmesini önlemek için, saha kenarlarına drenaj kanalları açılacaktır.

Şekil 6.1 ‘de kireçle gömme çukurunun kesiti gösterilmektedir.



Şekil 6.1 : Kireçle gömme çukur kesiti.

6.4.3.2 Evsel atıkların bertarafı

Evsel atıklar, katı atıkların kontrolü yönetmeliğine göre işlem görürler. Evsel atıklar kompostlaştırma tesislerine, yakma merkezlerinde az bir kısımda sadece evsel atıkların kabul edildiği sterilizasyon merkezlerinede gidebilmektedirler. Geri dönüştürülebilir olan evsel atıklar ise geri dönüşüm merkezlerinde gidebilmektedir. Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan evsel atıklarının çok az bir kısmı geri dönüştürülebilir özelliktedir. Yakma ise hem mâliyetli hem de çevreye zararlı olduğundan evsel atıklar için çok uygulanmamaktadır. Kompostlaştırma işlemi ise organik evsel atıklar için uygulanabilmektedir. Bu sebeple sağlık kuruluşlarından kaynaklanan evsel atıklar için kompostlaştırma yöntemi kullanılmamaktadır. Bu tip atıklar Türkiye’de genelde düzenli depolama ile imha edilmektedir. Ancak düzenli depolamadan önce atıkların işleme tabi tutulması gerekmektedir. Bunun için öğütücü merkezine giden atıklar, ayrıştırılarak ve

sınıflandırılarak parçalanır, düzenli depolanmaya elverişli hale gelir ve nihai bertaraf için düzenli depolanmaya gönderilir.

6.4.4 Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların düzenli depolanması (nihai bertaraf)

Tıbbi atık kontrolü yönetmeliğine göre (2005) evsel atıklar ile sterilize edilen veya yakma işlemine tabi tutulan tehlikeli olma özelliklerini yitiren tıbbi atıkların, düzenli depolama alanlarında nihai bertarafı gerçekleşir. Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan evsel atıklar, diğer evsel atıklarla birlikte düzenli depolanır; tıbbi atıklar ise evsel atıklardan ayrı merkezlerde depolanabilir. Bunun için, taban geçirimsizliği sağlanmış özel bir bertaraf alanında bakanlıkça lisans alınan düzenli depolama merkezleri kullanılmaktadır. Düzenli depolamada dikkat edilecek noktalar, depolama alanlarının karstik bölgelerde; içme, kullanma ve sulama suyu temin edilen yer altı ve yer üstü suları koruma bölgelerinde ve en yakın yerleşme alanına uzaklığı 1000 metreden az olmamasıdır. Depo tesisi dolduktan sonra ise, deponun üstü yine mineral sızdırmazlık tabakası (kil) ve plastik geçirimsizlik tabakası kullanılarak depo gövdesine yüzeysel su girmeyecek şekilde sızdırmaz hale getirilmelidir.

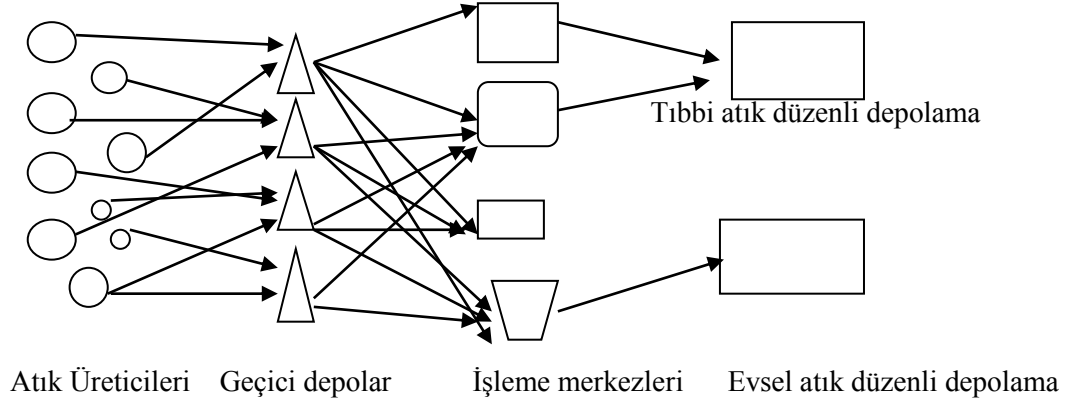
6.5 Türkiye’de Atıklarla İlgili Durum

Türkiyede tıbbi atıkların %50’ si kireçle gömülmekte, %16’ sı yakma merkezinde %34’ü ise sterilizasyon merkezinde işlem görmektedir. Lisanslı sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların taşımacılığı sağlanan iller 2011 itibariyle 50 adettir. Bu çerçevede, Çevre ve Orman Bakanlığınca 2006 yılında yayımlanmış genelgeye göre ve evsel katı atıklar ile tıbbi atıkların bertarafının bir bütünlük içinde ele alınması, evsel katı atık ile ilgili olarak yapılacak çalışmalarda tıbbi atıkların bertarafının da bir bileşen olarak değerlendirmeye alınması gerekmektedir.

2010 yılında Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmeliğin yürürlüğe girmesi ile tıbbi atıkların ön işleme tabii tutulmadan düzenli depolanması yasaklanmıştır. 2010 yılında yayınlanan tıbbi atık durum raporuna göre 2011 yılı içinde tüm sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkları kapsayan yeni bir yönetmelik yayınlanması planlanmış ancak bu uygulama şimdilik ertelenmiştir. 2012 temmuz ayı itibari ile çevre ve orman bakanlığı tıbbi atık genel müdürlüğü, sağlık

kuruluşlarından kaynaklanan atıkların genel müdürlüğü olarak değiştirilmiş, atık kapsamı evsel atıklar ile birlikte değerlendirilmeye başlanmıştır (Url-5).

Türkiyede var olan sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların tersine lojistik ağı şekilde 6.2' deki gibi olmaktadır.



Şekil 6.2: Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imhası için var olan tersine lojistik ağı.

7.ÖNERİLEN SAĞLIK KURULUŞLARINDAN KAYNAKLANAN ATIKLAR AĞ YAPISI İÇİN ÖRNEK

Türkiye’deki sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imhası için önerilen tersine lojistik ağ yapısı karma tamsayılı doğrusal programlama (MILP) ile modellenecektir. Amaç, “varolan işleme merkezleri ile birlikte potansiyel işleme merkezi yerleri belirleyerek, nerelerde tesis açılmalı? Hangi geçici depoya nerelerden ne kadar atık gelmeli? Geçici depolardan hangi atık türü hangi işleme tesisine ne kadar miktarda gitmeli? Düzenli depolamaya hangi işleme merkezlerinden ne kadar atık gitmeli?” gibi soruları yanıtlayan, mâliyeti enküçükleyen bir sistem oluşturmaktır.

Model karma tamsayılı doğrusal programlama (MILP) kullanılarak tasarlanacak ve FICO™ Xpress Optimization Suite programı ile çözülecektir.

Sistemde temel olarak toplama noktaları,geçici depo,işleme merkezleri ve nihai bertaraf alanı olarak adlandırılan 4 katman bulunmaktadır ve 3 akış oluşmaktadır. Akışlar; her bir ilde bulunan toplama noktalarından geçici depo noktalarına olan akış, geçici depo noktalarından ,atık tipine göre 4 çeşit işleme tesislerine olan akış ve işleme merkezlerinden atıkların düzenli depolamaya (nihai bertaraf) olan akışıdır.

7.1 Atıkların Toplama Noktalarına Toplanması

Önerilen ağda her bir ilde toplama noktası olduğu varsayılacak ve sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıklar (tıbbi,evsel) bütünü ile incelenecektir.Bu durumda 81 tane toplama noktası düşünülecektir.Toplama noktasına pek çok kaynaktan atık gelmesi beklenmektedir.Durum 7.1’de gösterilmektedir.Bunlar özel,devlet hastaneleri irili ufaklı pek çok sağlık kuruluşlarının atıklarıdır.Modelde atık üreticileri ile toplama noktası arasındaki olan akış ihmal edilmiştir.Aşağıda faaliyetleri sonucu atık oluşumuna neden olan sağlık kuruluşları belirtilmiştir.

Büyük Ölçekli Kaynaklar

- Üniversite hastaneleri ve klinikleri

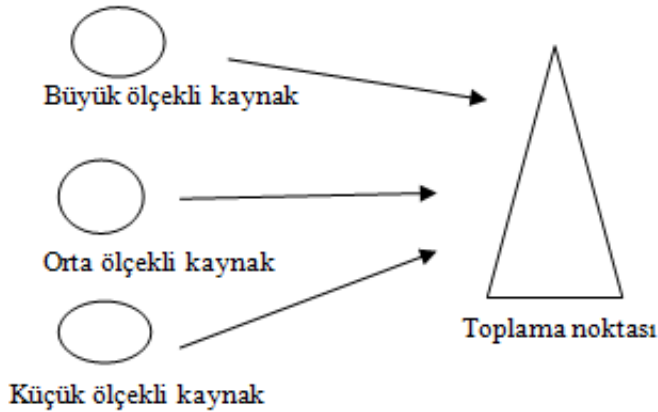
- Genel maksatlı hastaneler ve klinikleri
- Doğum hastaneleri ve klinikleri
- Askeri hastaneler ve klinikleri

Orta Ölçekli Kaynaklar

- Sağlık merkezleri, tıp merkezleri, dispanserler
- Ayakta tedavi merkezleri
- Tıbbi ve biyomedikal laboratuvarlar
- Kan bankaları ve transfuzyon merkezleri
- Acil yardım ve ilk yardım merkezleri
- Diyaliz merkezleri
- Rehabilitasyon merkezleri
- Biyoteknoloji laboratuvarları ve enstitüleri

Küçük Ölçekli Kaynaklar

- Kan bankaları ve transfuzyon merkezleri
- Doktor, diş ve ağız sağlığı muayenahaneleri
- Fizik tedavi merkezleri
- Ambulans hizmetleri



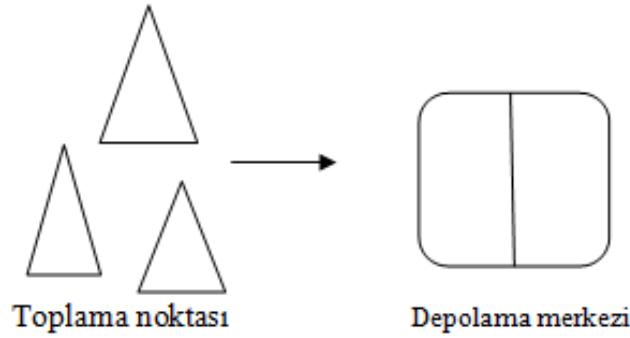
Şekil 7.1: Atıkların toplama noktasında toplanması.

7.2 Toplama Merkezinden Geçici Depolara Sevkiyat

20 yataktan fazla kapasiteli sağlık kuruluşları geçici depo, 20 yataktan az kapasiteli kuruluşlar ise konteynır inşa etmekle yükümlüdürler. Buda bazı sıkıntıları beraberinde getirmektedir. Personel yetersizliği, atıkların verimli ve düzgün

depolanamaması tehlikeli riskleri içermektedir.Aynı zamanda küçük depoların kapasiteleri en fazla 2 günlük atığı alabilecek boyuttadır.Önerilen modelde atıkların bazı illerde bulunan büyük geçici depolara götürüleceği öngörülmüştür.Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların depolanması için, tıbbi atık taşımacılığı yapılan iller baz alınarak 39 tane geçici depo konum kümesi oluşturulmuştur.Durum ile ilgili akış şekil 7.2’ de gösterilmiştir.

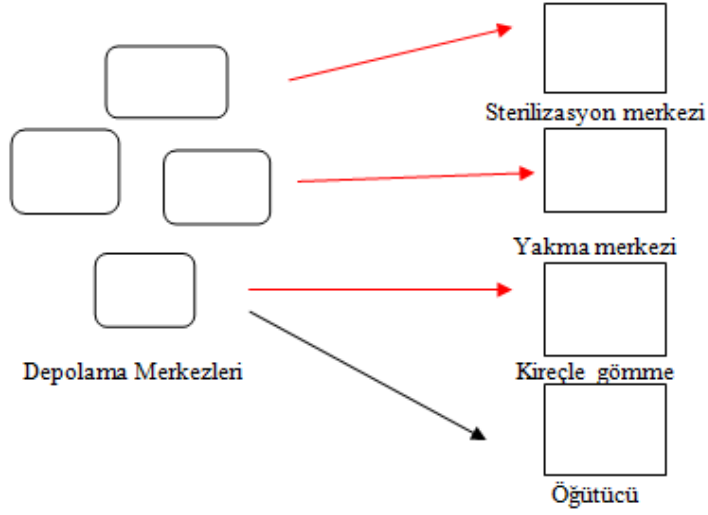
Bu durum,hem eğitimli personel ve belli bir sistem sayesinde atıkların riskini en aza indirecek hemde mâliyetten tasarruf sağlanması öngörülmektedir. Büyük miktarlarda yükün tek seferde taşınması ile özellikle taşıma mâliyetlerini azaltması beklenmektedir.Evsel atıklar ise tıbbi atıklardan ayrı araçlarla geçici depolama merkezine taşınmaktadır.



Şekil 7.2 :Atıkların toplama noktasından depolama merkezine sevkiyatı.

7.3 Depolama Merkezinden İşleme Merkezlerine Sevkiyat

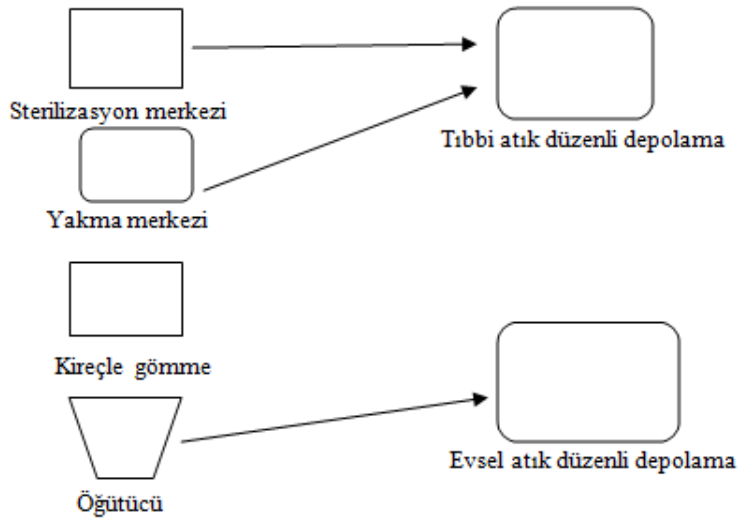
Hastane atıklarını geçici atık depolardan alınarak bertaraf tesisine taşınmasından büyükşehirlerde büyükşehir belediyeleri, diğer yerlerde ise belediyeler ile yetkilerini devrettiği kişi ve kuruluşlar sorumludur.Tıbbi atıkların işlenmesi evsel atıklardan ayrı olarak yapılır ve bertarafı özel işlem gerektirmektedir. Tıbbi atıklar işleme merkezi olarak sterilizasyon merkezine, yakma merkezine yada tıbbi atıklar izole edilmiş bir sahada açılacak çukurlarda kireçle muamele edilerek gömülecektir. Bu çalışmada evsel atıkların sadece öğütücü merkezine gittiği varsayılmıştır.Önerilen modelde, evsel atıklar öğütücü merkezinde boyutları küçük hale ve düzenli depolamaya elverişli bir hale getirilir.Ardından düzenli depolama alanına götürülürler.Akış şekil 7.3’ te gösterilmektedir.Tıbbi atıkların rotası kırmızı ok ile evsel atıklarınki ise siyah ok ile gösterilmiştir.



Şekil 7.3: Atıkların depolama merkezinden işleme merkezlerine sevkiyatı.

7.4 İşleme Merkezlerinden Düzenli Depolama Merkezine Sevkiyat

Düzenli depolama olarak adlandırdığımız nokta sağlık kuruluşları atıkların sürecinin son noktasıdır. Özel işleme giren (sterilizasyon ve yakma) tıbbi atıklar enfekte özelliklerini kaybederek tehlikeli olma niteliğini yitirirler. Bu işlemlerden sonra atıkların boyutları küçülür, hacim olarak azalır. Öğütme işlemine maruz kalan evsel atıklarda düzenli depolama alanlarına getirilerek nihai bertarafı gerçekleşir. Ön işleme tabi tutulan tıbbi ve evsel atıklar ayrı merkezlerde düzenli depolanırlar. Durum ile ilgili akış şekil 7.4 'te verilmiştir.

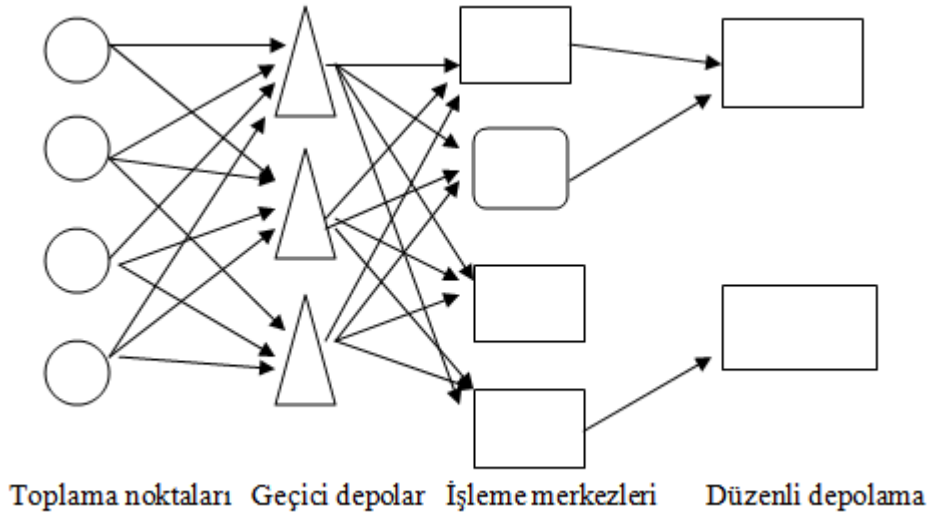


Şekil 7.4 : Atıkların işleme merkezlerinden düzenli depolamaya sevkiyatı.

7.5 Modelin Oluşturulması

7.5.1 Modelin amacı

Tersine lojistiğin,sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imhası için uygulanması, atıkların toplanması, depolanması, taşınması, işleme merkezinde atık türüne göre işlenmesi ve düzenli depolama alanında nihai bertarafının gerçekleşmesi süreçlerini içerecek oluşan tersi akışının optimize edilmesi olarak düşünülmüştür. Modelin amacı, akış boyunca oluşan mâliyetleri en küçüklemek ve senaryolara göre geçici depo, tesis yerlerinin belirlenmesi buna uygun en iyi akış miktarlarının bulunmasıdır.Senaryolar ileride beklenen atık artış miktarlarına göre oluşturulacaktır. Modelde oluşan mâliyetler atıkların oluşan akış boyunca taşıma, tesislerin sabit mâliyetleri ve atıkların işleme mâliyetleridir.Oluşan mâliyetlerin analizi yapılacaktır.Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imhası için önerilen tersine lojistik ağ yapısı aşağıdaki şekil 7.5’ te gösterilmektedir.



Şekil 7.5: Önerilen atık imhası tersine lojistik ağ yapısı.

7.5.2 Model parametrelerinin belirlenmesi

Türkiye’de sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların miktarı,imha ve taşıma mâliyetleri verilen kayıt altına tam anlamıyla alınamamasından dolayı Çevre ve Orman Bakanlığı, atık yönetimi dairesi başkanlığı ve tıbbi atık işleme merkezi olarak faaliyet gösteren SAS grup ile görüşmeler sonucu belirlenmiştir. Model için gerekli olan parametreler aşağıdaki gibidir.

Açığa çıkan toplam tıbbi ve evsel atık miktarı

Tıbbi ve evsel atıkların ton*km taşıma mâliyetlerinin belirlenmesi

Tıbbi ve evsel atığın işleme mâliyetleri

Geçici depolama noktalarının özellikleri

- Geçici depolama noktası konum kümelerinin belirlenmesi
- Geçici depolama noktalarının kapasitelerinin belirlenmesi
- Geçici depolama noktalarının yıllık sabit mâliyetlerinin belirlenmesi

İşleme merkezlerinin özellikleri

- İşleme merkezlerinin konum kümelerinin oluşturulması
- İşleme merkezlerinin kapasitelerinin belirlenmesi
- İşleme merkezlerinin yıllık sabit mâliyetlerinin belirlenmesi

Düzenli depolama merkezlerinin özellikleri

- Tıbbi atık düzenli depolama merkezlerinin belirlenmesi
- Evsel atık düzenli depolama merkezlerinin belirlenmesi

7.5.2.1 Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan toplam atık miktarı

Toplam tıbbi atık miktarı Türkiye çevre ve orman bakanlığı verilerine göre 2012 yılı için 114.000 ton olarak belirlenmiştir (Url-2).Tıbbi atıklar, devlet hastanelerinde yatak başı toplam atık miktarının % 80'nini, özel hastanelerde ise % 46'sını oluşturmaktadır (Url-3). Çevre ve Orman Bakanlığı bilir kişileriyle yapılan görüşmeye göre tıbbi atıklar,tüm sağlık kuruluşlarından kaynaklanan toplam atık miktarının yaklaşık olarak %60' ını oluşturmaktadır.Buna göre evsel atık miktarıda toplam atık miktarının %40 'ı olarak tahmin edilmektedir.Her bir ilde açığa çıkan atık miktarını belirlemek oldukça güçtür.Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atık miktarları nüfusa ve gelişmişlik bölgesine göre farklılık göstermektedir.DPT 'nin hazırladığı Türkiye'nin sosyo-ekonomik gelişmişlik indeksine göre il grupları çizelge 7.1'de verilmiştir (Url-7).

Çizelge 7.1: Gelişmişlik bölgelerine göre iller.

1. Derece Gelişmiş İller	2. Derece Gelişmiş İller	3. Derece Gelişmiş İller	4. Derece Gelişmiş İller	5. Derece Gelişmiş İller
Istanbul	Eskişehir	Bilecik	Kastamonu	Tunceli
Ankara	Antalya	Edirne	Çorum	Adıyaman
Izmir	Tekirdağ	Zonguldak	Giresun	Kars
Kocaeli	Adana	Çanakkale	Artvin	Gümüşhane
Bursa	Içel	Isparta	Erzincan	Bayburt

Çizelge 7.1(devam): Gelişmişlik bölgelerine göre iller.

Muğla	Manisa	Sivas	Batman
Aydın	Uşak	Aksaray	Mardin
Balıkesir	Konya	Kahramanmaraş	Van
Kırklareli	Gaziantep	Bartın	Siirt
Kayseri	Hatay	Tokat	Iğdır
Denizli	Sakarya	Çankırı	Hakkari
	Bolu	Sinop	Bitlis
	Burdur	Ordu	Ardahan
	Kırıkkale	Erzurum	Bingöl
	Kütahya	Diyarbakır	Ağrı
	Nevşehir	Yozgat	Şırnak
	Elazığ	Şanlıurfa	Muş
	Trabzon	Yalova	Kilis
	Samsun	Karabük	
	Kırşehir		
	Rize		
	Malatya		
	Amasya		
	Karaman		
	Afyon		
	Osmaniye		
	Düzce		
	Niğde		

Türkiyede toplamda 81 ilin her biri toplama noktası olarak belirlenmiştir. Gelişmişlik durumuna göre belirlenen bölgelerde, sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların toplanma yüzdeleri farklılık göstermektedir .Her bir ildeki toplam atık miktarındaki belirsizliği azaltmak için , sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atık toplama yüzdeleri 1.derece gelişmiş bölge için %48, 2.bölge için %25,3.bölge için %20 4.bölge için %5 ve 5.bölge için %2’ sinin olduğu varsayılmıştır. Belirlenen bölgelerin içindeki illerdeki atık miktarları ise nüfus yoğunluğuna göre belirlenmiştir.

2012 sağlık kuruluşlarından kaynaklanan toplam tıbbi atık miktarı yaklaşık olarak 114.000 tondur (Url-2). Evsel atık miktarıda hesaba katılınca 190.000 ton olarak tahmin edilmektedir.Çizelge 7.2 toplam atık miktarını göstermektedir.

Çizelge 7.2: Atık cinslerine göre toplam atık miktarı.

Toplam atık miktarı	Ton/yıl
Tıbbi atık	114.000
Evsel atık	76.000
Toplam	190.000

Böylece,

1.derecede gelişmiş bölge için 91.200 ton,

2.derecede gelişmiş bölge için 47.500 ton,

3.derecede gelişmiş bölge için 38.000 ton,

4.derecede gelişmiş bölge için 9500 ton,

5.derecede gelişmiş bölge için 3800 ton ,

Olarak belirlenmiştir.

Her bir ildeki toplam atık miktarını belirlemek için , bölgelere göre nüfus yoğunluğu belirlenmiştir.Çizelge 7.3’ da nüfus yoğunlukları belirlenmiştir.

Çizelge 7.3: Gelişmişlik durumuna göre illerin nüfus yoğunlukları.

1.derece gelişmiş iller	2.derece gelişmiş iller	3.derece gelişmiş iller	4.derece gelişmiş iller	5.derece gelişmiş iller
İstanbul (%50)	Eskişehir (%6)	Bilecik (%2)	Kastamonu (%3)	Tunceli (%1)
Ankara (%18)	Aantalya (%15)	Edirne (%3)	Çorum (%5)	Adıyaman (%9)
İzmir (%15)	Tekirdağ (%6)	Zonguldak (%4)	Giresun (%4)	Kars (%5)
Kocaeli (%7)	Adana (%16)	Çanakkale (%3)	Artvin (%2)	Gümüşhane (%2)
Bursa (%10)	İçel (%13)	Isparta (%3)	Erzincan (%2)	Bayburt (%1)
	Muğla (%7)	Manisa (%2)	Sivas (%6)	Batman (%8)
	Aydın (%8)	Uşak (%2)	Aksaray (%3)	Mardin (%12)
	Balıkesir (%9)	Konya (%10)	Kahramanmaraş (%10)	Van (%16)
	Kırklareli (%3)	Gaziantep (%8)	Bartın (%2)	Siirt (%5)
	Kayseri (%10)	Hatay (%5)	Tokat (%6)	Iğdır (%3)
	Denizli (%7)	Sakarya (%2)	Çankırı (%2)	Hakkari (%4)
		Bolu (%2)	Sinop (%2)	Bitlis (%5)

Çizelge 7.3 (devam): Gelişmişlik durumuna göre illerin nüfus yoğunlukları.

		Burdur (%2)	Ordu (%7)	Ardahan (%2)
		Kırıkkale (%2)	Erzurum (%8)	Bingöl (%4)
		Kütahya (%4)	Diyarbakır (%14)	Ağrı (%8)
		Nevşehir (%2)	Yozgat (%5)	Şırnak (%7)
		Elazığ (%3)	Şanlıurfa (%15)	Muş (%6)
		Trabzon (%5)	Yalova (%2)	Kilis (%2)
		Samsun (%7)	Karabük (%2)	
		Kırşehir (%2)		
		Rize (%2)		
		Malatya (%4)		
		Amasya (%2)		
		Karaman (%2)		
		Afyon (%4)		
		Osmaniye (%3)		
		Düzce (%2)		
		Niğde (%2)		

Bu verilerden yola çıkarak mevcut durumda her bir ilden açığa çıkması beklenen atık miktarları EK A.1 'de gösterilmiştir.

7.5.2.2 Tıbbi ve evsel atıkların taşıma mâliyeti

Taşıma mâliyetleri, taşıma işlemini yapan belediye ve işletmeler ile yapılan görüşmeler sonucu ortalama değerleri belirlenmiştir. Tıbbi atık üreticileri, ürettikleri atıkların toplanması, taşınması ve bertarafı için gereken harcamaları, bertaraf eden kurum ve kuruluşa ödemekle yükümlüdürler. Tüm araçların km başına taşıma mâliyeti 2 TL olarak belirlenmiştir. Geçici depolardan, tıbbi atıkları taşıyan araçlar yaklaşık 1,5 ton kapasitelidir. Bu sebeple yaklaşık olarak tıbbi atıkları taşımanın mâliyeti km*ton başına 1,3 TL olarak belirlenmiştir. Evsel atıkları taşıyan aracın kapasitesi ise yaklaşık 2 ton civarındadır. Evsel atıkları taşıma mâliyeti km*ton başına 1 TL olarak hesaplanmıştır. Toplama noktalarından geçici depolara ve işlenmiş atıkların düzenli depolamaya taşıma mâliyetleride, araçların kapasiteleri 1,5 ton olduğu için 1,3 TL olarak belirlenmiştir.

Çizelge 7.4 atık cinsine göre taşıma mâliyetlerini belirtmektedir.

Çizelge 7.4: Atıkların taşıma mâliyetleri.

Taşıma mâliyetleri	TL/ton*km
Tıbbi atık	1.3
Evsel atık	1
İşlenmiş atık	1.3

7.5.2.3 Depo ve tesislerin kapasitelerinin belirlenmesi

1. Geçici depolar

Önerilen modelde, sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların depolanması için, tıbbi atık taşımacılığı yapılan iller baz alınarak oralarda geçici büyük depoların olduğu varsayılmıştır. 39 tane geçici depo konum kümesi oluşturulmuştur.

Bu depoların günlük kapasiteleri; her bir sağlık kurumunda depo bulunduğu için varsayılan depo tipinde kapasitenin büyük olması gerektiği düşünülmüş, bundan dolayı batı için 120 ton, orta için 90 ton doğu için ise 60 ton olarak belirlenmiştir. Ancak depoların $\frac{3}{4}$ 'ünün kullanılması gerektiğinden, kullanılabilir kapasite olarak batı geçici deposu 90 ton, orta geçici deposu 68 ton ve doğu deposu 45 ton kapasitelidir. Batı depoları Marmara bölgesi, Ege bölgesi ve Akdeniz Bölgesinde kurulan depolardır. Orta depoları Karadeniz ve iç Anadolu bölgelerinde kurulan

depolardır. Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgesinde kurulan depolar ise doğu depolarıdır. Geçici depolar Çizelge 7.5'te konumları, depo tipleri ve kapasiteleriyle gösterilmiştir.

Çizelge 7.5: Potansiyel geçici depo konumları ve depo tipleri.

İller	Depo tipi	Günlük kapasite	Yıllık kapasite/ton
1.Adana	Batı	90 ton	23.400
2.Adıyaman	Doğu	45 ton	11.700
3.Ağrı	Doğu	45 ton	11.700
4.Amasya	Orta	68 ton	17.680
5.Ankara	Orta	68 ton	17.680
6.Antalya	Batı	90 ton	23.400
7.Batman	Doğu	45 ton	11.700
8.Bayburt	Orta	68ton	17.680
9.Bingöl	Doğu	45 ton	11.700
10.Çanakkale	Batı	90 ton	23.400
11.Çorum	Orta	68 ton	17.680
12.Diyarbakır	Doğu	45 ton	11.700
13.Erzurum	Doğu	45 ton	11.700
14.Gaziantep	Doğu	45 ton	11.700
15.Giresun	Orta	68 ton	17.680
16.Iğdır	Doğu	45 ton	11.700
17.İstanbul	Batı	90ton	23.400
18.İzmir	Batı	90 ton	23.400
19.Kars	Doğu	45 ton	11.700
20.Kastamonu	Orta	68 ton	17.680
21.Kayseri	Orta	68 ton	17.680
22.Kırıkkale	Orta	68 ton	17.680
23.Kocaeli	Batı	90 ton	23.400
24.Malatya	Doğu	45 ton	11.700
25.Maras	Batı	90 ton	23.400
26.Muğla	Batı	90 ton	23.400
27.Muş	Doğu	45 ton	11.700
28.Ordu	Orta	68 ton	17.680
29.Osmaniye	Orta	68 ton	17.680
30.Rize	Orta	68 ton	17.680
31.Sanlıurfa	Doğu	45 ton	11.700
32.Şırnak	Doğu	45 ton	11.700

Çizelge 7.5 (devam): Potansiyel geçici depo konumları ve depo tipleri.

33.Sinop	Orta	68 ton	17.680
34.Sivas	Orta	68 ton	17.680
35.Tokat	Orta	68 ton	17.680
36.Trabzon	Orta	68 ton	17.680
37.Tunceli	Doğu	45 ton	11.700
38.Yozgat	Orta	68 ton	17.680
39.Zonguldak	Orta	68 ton	17.680

2. Sterilizasyon merkezleri

Çevre ve orman bakanlığının yayınladığı 2010 yılı tıbbi atık durum raporuna göre ülkemizde 17 adet sterilizasyon merkezi faaliyettedir. Sterilizasyon tesisi bulunan iller ise Edirne, Trabzon, Kayseri, Aydın, Konya, Samsun, Bursa, Zonguldak, Kocaeli, Afyonkarahisar, Sakarya, Çorum, Erzurum, Gaziantep, Eskişehir, Van, Isparta'dır. Tıbbi atık yönetimi ve işleyişi Türkiye'de yeni oluşum içerisinde olduğundan sterilizasyon tesisleri yeterince kapasiteye sahip değildir bu sebeple Çevre ve Orman bakanlığınca yeni tıbbi atık sterilizasyon tesisi kurması gereken iller ise Tekirdağ, İzmir, İstanbul, Ankara, Mersin, Kırşehir, Adana, Elazığ, Diyarbakır, Malatya, Şanlıurfa, Sivas, Antalya olarak belirlenmiştir (Url-5).

Var olan sterilizasyon merkezlerinin kapasiteleri çizelgedeki gibidir. İstaç ve Sas grup ile yapılan görüşme sonucunda modelde potansiyel olarak belirlenen sterilizasyon merkezleride konum kümelerine ayrılmış konumuna göre yıllık kapasite belirlenmiştir. Batı için 7500 ton , orta için 4800 ton doğu için ise 3200 ton olarak kabul edilmiştir.Çizelge 7.6' da sterilizasyon merkezlerinin kapasiteleri belirtilmiştir.

Çizelge 7.6: Mevcut ve potansiyel sterilizasyon merkezlerinin yıllık kapasiteleri.

İller	Tesis tipi	Yıllık kapasite/ton	Tesis Türü
1. Adana	Batı	7500	Potansiyel
2. Afyon	Batı	4800	Mevcut
3. Ankara	Orta	4800	Potansiyel
4. Antalya	Batı	7500	Mevcut
5. Aydın	Batı	3200	Potansiyel
6. Bursa	Batı	5616	Mevcut
7. Çorum	Orta	3900	Mevcut
8. Diyarbakır	Doğu	3200	Potansiyel
9. Edirne	Batı	2860	Mevcut

Çizelge 7.6 (devam): Mevcut ve potansiyel sterilizasyon merkezlerinin yıllık kapasiteleri.

10. Elazığ	Doğu	3200	Potansiyel
11. Erzurum	Doğu	2700	Mevcut
12. Eskişehir	Orta	4400	Mevcut
13. Gaziantep	Doğu	5616	Mevcut
14. Isparta	Orta	5000	Mevcut
15. İstanbul	Batı	7500	Potansiyel
16. İzmir	Batı	7500	Potansiyel
17. Kayseri	Orta	4000	Mevcut
18. Kırşehir	Orta	4800	Potansiyel
19. Kocaeli	Batı	4800	Mevcut
20. Konya	Orta	1680	Mevcut
21. Malatya	Doğu	3200	Potansiyel
22. Mersin	Batı	7500	Potansiyel
23. Sakarya	Batı	4680	Mevcut
24. Samsun	Orta	6500	Mevcut
25. Sivas	Orta	4800	Potansiyel
26. Şanlıurfa	Doğu	3200	Potansiyel
27. Tekirdağ	Batı	7500	Potansiyel
28. Trabzon	Orta	3000	Mevcut
29. Van	Doğu	2200	Mevcut
30. Zonguldak	Orta	4800	Mevcut

3. Yakma merkezleri

Türkiye’de şu an faaliyette olan biri İstanbul diğeri Kocaeli olan iki yakma merkezi vardır (Url-5).Kocaelinde bulunan izaydaş işleme merkezinin yakma ünitesinin kapasitesi, 52.500 ton/yıl yakma kapasiteli olup, tesisin çalışma prensibi, endüstriden kaynaklanan yanabilir nitelikteki plastik atıklar, kullanılmış yağlar, ilaç ve kozmetik atıkları, petrokimya atıkları, PVC, solvent, boya atıkları, yapıştırıcı ve yapışkanlar, arıtma çamurları v.b. tehlikeli atıklar ile tıbbi atıkların yakılarak bertaraf edilmesine dayanır (Url-4). İstanbul’da ise İstaç yakma merkezine sahip olan kurumdur ,günlük kapasitesi yaklaşık 30 tondur. Bu iki merkezin kapasiteleri tıbbi atıklar için kapasitesi yaklaşık 8000 ton civarındadır. Potansiyel yakma merkezi olarak 7 adet merkez belirlenmiştir. Buna göre kurulması amaçlanan yakma merkezleri, Ankara, Erzurum, Gaziantep, Konya, Manisa, Sinop, Sivas olarak belirlenmiştir. Potansiyel yakma merkezlerinin kapasiteleri tahmini olarak konum kümelerine göre

belirlenmiştir.Batı bölgesine doğru gidildikçe tesis kapasitesi yaklaşık 1.5 kat artmaktadır.Çizelge 7.7 ‘de yıllık kapasiteler gösterilmektedir.

Çizelge 7.7: Mevcut ve potansiyel yakma merkezlerinin yıllık kapasiteleri.

İller	Tesis tipi	Yıllık kapasite/ton	Tesis türü
1 Ankara	Orta	5500	Potansiyel
2 Erzurum	Doğu	3700	Potansiyel
3 Gaziantep	Doğu	3700	Potansiyel
4 İstanbul	Batı	8000	Mevcut
5 Kocaeli	Batı	8000	Mevcut
6 Konya	Orta	5500	Potansiyel
7 Manisa	Batı	8000	Potansiyel
8 Sinop	Orta	5500	Potansiyel
9 Sivas	Orta	5500	Potansiyel

4. Kireçle gömme merkezleri

Çevre ve orman Bakanlığı’nın yönergesine göre, Türkiye’de sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıklar için özel bir işleme merkezi kuruluncaya kadar, tıbbi atıkları için o bölgelerde kireçle gömme işlemi uygulanmaktadır. Buna göre kireçle gömme merkezi konum kümeleri şu an sterilizasyon merkezi olmayan ve kurulması amaçlanan illerde uygulandığı kabul edilmiş ve Tekirdağ, İzmir, İstanbul, Ankara, Mersin, Kırşehir, Adana, Elazığ, Diyarbakır, Malatya, Şanlıurfa, Sivas, Antalya illerinde kireçle gömme işlemi uygulandığı belirlenmiştir.Şu an sterilizasyon ve yakma merkezi bulunmayan illerden Bolu, Düzce, Giresun, Hakkari, Kırıkkale, Kilis, Kütahya,Nevşehir,Ordu,Osmaniye,Rize,Sinop,Uşak potansiyel iller olarak alınmıştır. Kapasiteleri ise batı tesisi için günlük yaklaşık 35 ton,orta tip tesisler için günlük 25 ton,doğu tipi tesislerde ise yaklaşık 20 ton olduğu belirlenmiştir.Çizelge 7.8’de mevcut ve potansiyel tesislerin yıllık kapasiteleri gösterilmektedir.

Çizelge 7.8: Mevcut ve potansiyel kireçle gömme merkezi yıllık kapasiteleri.

İller	Tesis Tipi	Yıllık kapasite/ton	Tesis Türü
1. Adana	Batı	9000	Mevcut
2. Ankara	Orta	6500	Mevcut
3. Antalya	Batı	9000	Mevcut
4. Bolu	Orta	6500	Potansiyel
5. Diyarbakır	Doğu	5000	Mevcut

Çizelge 7.8 (devam):Mevcut ve potansiyel kireçle gömme merkezi yıllık kapasiteleri.

6. Düzce	Orta	6500	Potansiyel
7. Elazığ	Doğu	5000	Mevcut
8. Giresun	Orta	6500	Potansiyel
9. Hakkari	Doğu	5000	Potansiyel
10. İstanbul	Batı	6500	Mevcut
11. İzmir	Batı	9000	Mevcut
12. Kırıkkale	Orta	6500	Potansiyel
13. Kırşehir	Orta	6500	Mevcut
14. Kilis	Doğu	5000	Potansiyel
15. Kütahya	Batı	9000	Potansiyel
16. Malatya	Doğu	5000	Mevcut
17. Mersin	Batı	9000	Mevcut
18. Nevşehir	Orta	6500	Potansiyel
19. Ordu	Orta	6500	Potansiyel
20. Osmaniye	Orta	6500	Potansiyel
21. Rize	Orta	6500	Potansiyel
22. Sinop	Orta	6500	Potansiyel
23. Sivas	Orta	6500	Mevcut
24. Şanlıurfa	Doğu	5000	Mevcut
25. Tekirdağ	Batı	9000	Mevcut
26. Uşak	Batı	9000	Potansiyel

5. Öğütücü merkezi

Türkiye’de sağlık kuruluşlarından kaynaklanan evsel atıklar, diğer evsel atıklarla karışıp işleme tabi tutulduğu için işleme merkezlerin sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıklar için kapasitesi hakkında bir bilgi bulunmamaktadır.Bu modelde evsel atıkların gittiği varsayılan öğütücü merkezlerinin kapasitesi tüm evsel atıklar için yıllık yaklaşık olarak 100.000 tondur. Bu kapasitenin yaklaşık %30’unun sadece sağlık kuruluşlarından kaynaklanan evsel atıklar için kullanıldığı varsayılmıştır.Öğütme merkezlerinin potansiyel ve mevcut tesis konum kümeleri sterilizasyon merkezlerinin konum kümeleriyle aynı iller alınmıştır.

6. Düzenli depolama merkezi

İşlemeye alınan tıbbi ve evsel atıklar ardından nihai bertarafın gerçekleşmesi için düzenli depolamaya götürülür. Önerilen modelde işlemeye tabi tutulan tıbbi atıklar,tıbbi atıkların düzenli depolandığı sahalara, evsel atıklar ise diğer sektörlerde açığa çıkan evsel atıklarla birlikte ayrı bir bölgede düzenli depolanır.Tıbbi atıkların sterilizasyon ve yakma işlemine maruz kalanlarla öğütücü işlemine tabi tutulan evsel

atıklar düzenli depolama alanlarına götürülürler.Düzenli depolama alanlarının kapasiteleri sonsuz olarak alınmıştır. Tıbbi atıkların düzenli depolandığı 7 merkez bulunmaktadır.Bu iller Ankara, Bursa, İzmir, Gaziantep, Denizli, Malatya, Erzincan olarak belirlenmiştir.Evsel atıklar ise,Ankara, Antalya, Aydın, Bolu, Bursa, Erzurum, Gaziantep, İzmir, Kocaeli, Trabzon ve Yozgat ilerindeki merkezlerde düzenli depolanmaktadır (Url-2).

7.5.2.4 Depo ve tesislerin sabit mâliyetlerinin belirlenmesi

1. Geçici depoların sabit mâliyeti

Geçici depoların yıllık sabit mâliyetleri oluşturulurken batı, orta, doğu olarak belirlenen üç konum kümesine göre farklı mâliyet kalemleri geliştirilerek hesaplanacaktır.Çizelge 7.9 üç farklı depo tipi için mâliyet kalemlerini göstermektedir.

Çizelge 7.9: Üç farklı depo tipi için mâliyet kalemleri.

Mâliyet Kalemleri(TL)	Batı	Orta	Doğu
Arsa satın alma (m ²)	120	70	40
Ofis (m ²)	250	250	250
Yönetici (aylık)	2250	1800	1500
Güvenlikçi(aylık)	800	800	800
İşçi(aylık)	700	700	700
Forklift(adet)	40.000	40.000	40.000
Konteynır(adet)	800	800	800
IT donanım yazılım (adet)	2500	2500	2500
Kantar	10.000	10.000	10.000
Yıllık sabit enerji gideri (m ²)	1	1	1
Yıllık sabit ofis gideri	20	20	20

Yıllık sabit mâliyetler, yıllık sabit enerji gideri, yıllık sabit ofis gideri ve amortisman değeri ile yönetim giderlerinin toplamı olarak hesaplanmıştır.

Amortisman giderleri =Arsa satın alma mâliyeti/30 + ofis yapım mâliyeti/30+ekipman/10 olarak hesaplanmıştır.

Arsa satın alma mâliyeti batı, orta doğu depo tiplerine göre farklılık göstermektedir.Çizelge 7.10 arsa satın alma mâliyetlerini göstermektedir.

Çizelge 7.10: Üç farklı depo tipi için arsa mâliyetleri.

Depo tipi	Alan(m ²)	Arsa mâliyeti(TL)
Batı	1000	120.000
Orta	700	49.000
Doğu	300	12.000

Geçici depolarda ofis kurulması planlanmaktadır. Batı depo tipi için 90 m² ofis alanı, orta depo tipi için 60 m² ofis alanı ve doğu için ise 40 m² ofis alanı kurulması planlanmaktadır.Çizelge 7.11 depo tipleri için ofis yapım mâliyetlerini göstermektedir.

Çizelge 7.11: Üç farklı depo tipi için ofis yapım mâliyetleri.

Depo tipi	Alan(m ²)	Ofis yapım mâliyeti(TL)
Batı	90	22.500
Orta	60	15.000
Doğu	40	10.000

Yıllık sabit enerji gideri toplam arsanın m² sine göre hesaplanmıştır.Çizelge 7.12 değerleri göstermektedir.

Çizelge 7.12: Üç farklı depo tipi için sabit enerji giderleri.

Depo tipi	Alan(m ²)	Sabit enerji gideri(TL)
Batı	1000	1000
Orta	700	700
Doğu	300	300

Yıllık sabit ofis giderinde, yıllık su telefon temizlik gibi sabit mâliyetler göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Sabit ofis giderleri çizelge 7.13' teki gibidir.

Çizelge 7.13: Üç farklı depo tipi için sabit ofis giderleri.

Depo tipi	Alan(m ²)	Sabit ofis gideri(TL)
Batı	1000	20.000
Orta	700	14.000
Doğu	300	6000

Çalışan giderleri mâliyet kalemi personel sayısı dikkate alınarak hesaplanmıştır. Çizelge 7.14’ te çalışan giderleri gösterilmektedir.

Çizelge 7.14: Üç farklı depo tipi için çalışan giderleri.

Depo tipi	Yönetici	Güvenlik	İşçi	Çalışan giderleri(TL)
Batı	1	2	10	130.200
Orta	1	2	6	91.200
Doğu	1	2	3	62.400

Geçici depolarda kullanılan ekipmanlar ve bunların mâliyeti çizelge 7.15’te gösterilmiştir. Sağlık kuruluşları atıkları için geçici depolarda IT ,konteynır, forklift ve kantar ekipmanları kullanılmaktadır.

Çizelge 7.15: Üç farklı depo tipi için ekipman mâliyetleri.

Depo tipi	Kantar	IT	Konteynır	Forklift	Ekipman mâliyeti(TL)
Batı	1	1	5	2	96.500
Orta	1	1	3	1	54.900
Doğu	1	1	1	1	53.300

Amoritisman giderleri =Arsa satın alma mâliyeti/30 + ofis yapım mâliyeti/30+ekipman/10 olarak hesaplanmıştır. çizelge 7.16’da geçici depoların amortisman ve yıllık sabit mâliyetleri gösterilmiştir.

Çizelge 7.16: Üç farklı depo tipi için yıllık sabit mâliyet.

Depo tipi	Amortisman giderleri(TL)	Yıllık sabit mâliyet (TL)
Batı	14.400	165.600
Orta	7623	113.523
Doğu	6063	74.763

2. Sterilizasyon merkezlerinin sabit ve işleme mâliyeti

Sterilizasyon merkezlerinin yıllık sabit mâliyetleri tesislerin kapasitesine ve konum kümelerine göre farklılık göstermektedir. Sterilizasyon merkezi kullanılan teknolojiye göre Türkiye’de açılması oldukça mâliyetli olan bir sistemdir.

Batı konumunda bulunan ,kapasitesi yıllık yaklaşık olarak 4800 ton olan 700 m² kapalı alana ve 1000 m² açık alana sahip olan sterilizasyon merkezini kurma mâliyeti yaklaşık olarak 1.2 milyon TL olarak tahmin edilmektedir.Tesisin amortismanı 30 yıl olarak alınmıştır.

Sterilizasyon merkezinde ortalama olarak 2 mühendis,1 güvenlik görevlisi 10 tane işçi bulunmaktadır. Çalışanların yıllık mâliyetleri çizelge 7.17 ‘de gösterilmiştir.

Çizelge 7.17: Sterilizasyon merkezi çalışanlarının yıllık mâliyeti.

Çalışan	Aylık mâliyet(TL)	Yıllık mâliyet(TL)
Mühendis(2 adet)	2000	48.000
Güvenlik görevlisi	800	9600
İşçi(10 adet)	700	84.000

Çalışanların toplam mâliyeti,141.600 TL olarak belirlenmiştir.

Tesisin bir yıllık giderleri çizelge 7.18’ te gösterilmiştir.

Çizelge 7.18: Sterilizasyon merkezinin enerji ve ofis giderleri.

	Mâliyet(TL)
Enerji gideri	6000
Ofis giderleri	5000

Sterilizasyon merkezinde işleme mâliyeti il mahalli çevre kurulu tarafından belirlenen işleme mâliyetlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. İşleme mâliyeti kg başına 1,2 TL olarak belirlenmiştir.1 ton için ise 1200 TL olarak hesaplanmıştır. Toplam yıllık sabit mâliyet ,4800 ton kapasiteli tesis için 192.600 TL olarak hesaplanmıştır. Çizelge 7.19 yıllık sabit ve işleme mâliyetlerini göstermektedir.

Çizelge 7.19: Sterilizasyon merkezi yıllık sabit ve işleme mâliyeti.

	Yıllık sabit mâliyet (TL)	İşleme mâliyeti (TL)
4800 ton kapasiteli Sterilizasyon merkezi	192.600	1200

Diğer tesislerin yıllık sabit mâliyetleri kapasitelerine göre belirlenmiştir.Çizelge 7.20 illere göre sabit mâliyetleri göstermektedir.

Çizelge 7.20: Sterilizasyon merkezlerinin kapasitelerine göre yıllık sabit mâliyeti.

İller	Tesis tipi	Yıllık kapasite/ton	Sabit mâliyet(TL)
1. Adana	Batı	7500	300.937
2. Afyon	Orta	4800	192.600
3. Ankara	Orta	4800	192.600
4. Antalya	Batı	7500	300.937
5. Aydın	Batı	3200	128.400
6. Bursa	Batı	5616	225.342
7. Çorum	Orta	3900	237.046
8. Diyarbakır	Doğu	3200	128.400
9. Edirne	Batı	2700	108.813
10. Elazığ	Doğu	3200	128.400
11. Erzurum	Doğu	2700	108.813
12. Eskişehir	Orta	4800	192.600
13. Gazianep	Doğu	5616	225.342
14. Isparta	Orta	4800	192.600
15. İstanbul	Batı	7500	300.937
16. İzmir	Batı	7500	300.937
17. Kayseri	Orta	4000	160.500
18. Kırşehir	Orta	4800	192.600
19. Kocaeli	Batı	4800	192.600
20. Konya	Orta	2700	108.813
21. Malatya	Doğu	3200	128.400
22. Mersin	Batı	7500	300.937
23. Sakarya	Batı	4800	192.600
24. Samsun	Orta	6500	260.812
25. Sivas	Orta	4800	192.600

Çizelge 7.20 (devam): Sterilizasyon merkezlerinin kapasitelerine göre yıllık sabit mâliyeti.

26. Şanlıurfa	Doğu	3200	128.400
27. Tekirdağ	Batı	7500	300.937
28. Trabzon	Orta	3900	237.046
29. Van	Doğu	2400	96.300
30. Zonguldak	Orta	4800	192.600

3. Yakma merkezlerinin sabit ve işleme mâliyeti

Yakma merkezi, hem işleme mâliyeti hem de yıllık işletme mâliyeti açısından oldukça zor bir tesis türüdür bu sebeple Türkiye’de az sayıda tesis bulunmaktadır.8000 ton kapasiteli yakma merkezinin kurulma mâliyeti 2.7 milyon TL olarak alınmıştır. Tesisin amortisman değeri 30 yıldır.Yakma merkezinde çalışanların yıllık mâliyetleri çizelge 7.21’de verilmiştir.

Çizelge 7.21: Yakma merkezi çalışanlarının yıllık mâliyeti.

Çalışan	Aylık mâliyet(TL)	Yıllık mâliyet(TL)
Mühendis(2 adet)	2000	48000
Güvenlik görevlisi	800	9600
İşçi(10 adet)	700	84.000

Çalışanların toplam mâliyeti,141.600 TL olarak belirlenmiştir.

Tesisin bir yıllık giderleri çizelge 7.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.22: Yakma merkezinin yıllık enerji ve ofis giderleri.

	Mâliyet(TL)
Enerji gideri	8000
Ofis giderleri	5000

Yakma merkezinin toplam yıllık mâliyeti çizelge 7.23’ de gösterilmiştir. İşleme mâliyeti il mahalli çevre kurulunun belirlediği fiyatların ortalaması alınarak yaklaşık olarak kg başına 1,5 TL olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 7.23: Yakma merkezinin yıllık sabit ve işleme mâliyeti.

	Yıllık sabit mâliyet(TL)	İşleme mâliyeti(TL)/ton
8000 ton kapasiteli yakma merkezi	244.600	1500

Çizelge 7.24’te var olan yakma merkezi ve belirlenen potansiyel merkezlerin yıllık sabit mâliyetleri belirtilmiştir.

Çizelge 7.24: Yakma merkezlerinin kapasitelerine göre yıllık sabit mâliyetleri.

İller	Tesis tipi	Yıllık kapasite/ton	Sabit mâliyet (TL)
1. Ankara	Orta	5500	168.690
2. Erzurum	Doğu	3700	113.240
3. Gaziantep	Doğu	3700	113.240
4. İstanbul	Batı	8000	244.600
5. Kocaeli	Batı	8000	244.600
6. Konya	Orta	5500	168.690
7. Manisa	Batı	8000	244.600
8. Sinop	Orta	5500	168.690
9. Sivas	Orta	5500	168.690

4. Kireçle gömme merkezlerinin sabit ve işleme mâliyeti

Kireçle gömme merkezi kurulum mâliyeti, yaklaşık 6500 tonluk kapasiteli,600 m² kapalı alana sahip olan bir tesis için yaklaşık olarak 1,2 milyon TL kurulum ücreti olduğu belirlenmiştir. Tesisin amortismanı 30 yıllık olarak hesaplanmıştır. İşleme mâliyeti il mahalli çevre kurulunun belirlediği fiyatların ortalaması alınarak yaklaşık olarak kg başına 1 TL olarak hesaplanmıştır.Çizelge 7.25’ te tesis çalışanlarının yıllık giderleri gösterilmiştir.

Çizelge 7.25: Kireçle gömme merkezinin yıllık çalışan mâliyeti.

Çalışan	Aylık mâliyet(TL)	Yıllık mâliyet(TL)
Mühendis(2 adet)	2000	48.000
Güvenlik görevlisi	800	9600
İşçi(10 adet)	700	84.000

Çalışanların toplam mâliyeti,141.600 TL olarak belirlenmiştir.

Çizelge 7.26' te tesisin yıllık enerji ve ofis giderleri gösterilmiştir.

Çizelge 7.26: Kireçle gömme merkezinin yıllık enerji ve ofis mâliyeti.

	Mâliyet (TL)
Enerji gideri	7000
Ofis giderleri	7000

Çizelge 7.27'da tesisin yıllık mâliyeti ve il mahalli kurulunun belirlediği işleme fiyatlarının ortalamaları alınarak oluşturulan işleme mâliyeti verilmiştir.

Çizelge 7.27: Kireçle gömme merkezinin yıllık sabit ve işleme mâliyeti.

	Yıllık sabit mâliyet (TL)	İşleme mâliyeti (TL)/ton
6500 ton kapasiteli Kireçle gömme merkezi	195.600	1000

Çizelge 7.28'de potansiyel ve mevcut kireçle gömme merkezlerinin kapasiteleri verilmiştir.

Çizelge 7.28:Kireçle gömme merkezlerinin kapasitelerine göre yıllık sabit mâliyetleri.

İller	Tesis Tipi	Yıllık kapasite/ton	Sabit mâliyet (TL)
1. Adana	Batı	9000	270.830
2. Ankara	Orta	6500	195.600
3. Antalya	Batı	9000	270.830
4. Bolu	Orta	6500	195.600
5. Diyarbakır	Doğu	5000	150.461
6. Düzce	Orta	6500	195.600
7. Elazığ	Doğu	5000	150.461
8. Giresun	Orta	6500	195.600
9. Hakkari	Doğu	5000	150.461
10. İstanbul	Batı	6500	195.600
11. İzmir	Batı	9000	270.830
12. Kırıkkale	Orta	6500	195.600
13. Kırşehir	Orta	6500	195.600
14. Kilis	Doğu	5000	150.461

Çizelge 7.28 (devam):Kireçle gömme merkezlerinin kapasitelerine göre yıllık sabit mâliyetleri.

15. Kütahya	Batı	9000	270.830
16. Malatya	Doğu	5000	150.461
17. Mersin	Batı	9000	270.830
18. Nevşehir	Orta	6500	195.600
19. Ordu	Orta	6500	195.600
20. Osmaniye	Orta	6500	195.600
21. Rize	Orta	6500	195.600
22. Sinop	Orta	6500	195.600
23. Sivas	Orta	6500	195.600
24. Şanlıurfa	Doğu	5000	150.461
25. Tekirdağ	Batı	9000	270.830
26. Uşak	Batı	9000	270.830

5. Öğütücü merkezlerinin sabit ve işleme mâliyeti

Sadece sağlık kuruluşlarından kaynaklanan evsel atıkların tesisi olmadığı için net bir bilgiye ulaşılmadığından yapılan görüşmeler ışığında kurulum mâliyetinin yaklaşık 900.000 TL olacağı öngörülmektedir.Tüm tesislerin kapasiteleri yıllık 30.000 ton olarak alındığından tesislerin yıllık mâliyetleri 183.600 TL olarak hesaplamıştır.Değerler çizelge 7.31’ de gösterilmiştir.Sırasıyla; çizelge 7.29 öğütücü merkezinde çalışanların yıllık mâliyetlerini ,çizelge 7.30 öğütücü merkezinin yıllık enerji ve ofis giderlerini göstermektedir.

Çizelge 7.29: Öğütücü merkezinin yıllık çalışan mâliyeti.

Çalışan	Aylık mâliyet(TL)	Yıllık mâliyet(TL)
Mühendis(2 adet)	2000	48.000
Güvenlik görevlisi	800	9600
İşçi(10 adet)	700	84.000

Çizelge 7.30: Öğütücü merkezinin yıllık enerji ve ofis giderleri.

	Yıllık Mâliyet(TL)
Enerji gideri	7000
Ofis giderleri	5000

Çizelge 7.31: Öğütücü merkezinin yıllık sabit ve işleme mâliyeti.

	Yıllık sabit mâliyeti (TL)	İşleme mâliyeti (TL)
Öğütücü merkezi	183.600	800

7.5.3 Modelin Varsayımları

- 1 Modelde atıkların götürüldüğü geçici depolar, tıbbi atık taşımacılığı yapılan iller baz alınarak oluşturulmuştur.
- 2 Depolarda var olan atıkların %60'ı tıbbi , %40'ı evsel atıktır.
- 3 Her bir depoda bulunan tıbbi atıkların %50' si kireçle gömülecek,%34'ü sterilizasyon merkezinde,%16' sı ise yakma merkezinde işlenecektir.
- 4 Açığa çıkan evsel atıklar organik ve geri dönüştürülebilir özellikte değildir.
- 5 Evsel atıklar sadece öğütücü merkezlerinde işlenerek,atık grupları sınıflandırılır ve düzenli depolamaya (nihai bertaraf) elverişli hale gelirler.
- 6 Öğütücü merkezlerinin konum kümeleri sterilizasyon merkezlerinin konum kümeleriyle aynı alınmıştır.
- 7 Öğütücü merkezlerinin toplam kapasitelerinin %30'u sadece sağlık kuruluşlarından kaynaklanan evsel atıklar içindir.
- 8 Önerilen tersine lojistik ağında,sadece ön işleme tabi tutulan atıkların düzenli depolanmasıyla ilgili olarak; modelde tıbbi atıkların sterilizasyon ve yakma işlemine maruz kalanlarla evsel atıkların öğütücü işlemine tabi tutulan tüm atıklar düzenli depolama alanlarına götürülürler.
- 9 Düzenli depolama (nihai bertaraf) alanlarının kapasiteleri sonsuz alınmıştır.
- 10 Modelin amaç fonksiyonuna depolama, elleçleme ve nihai bertaraf alanındaki işleme mâliyetleri göz önüne alınmamıştır.

7.5.4 Sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imhası için tersine lojistik modeli

İndisler

i :Toplama noktaları ($i=1,...81$)

j :Depolama merkezi ($j=1,...39$)

m : Sterilizasyon merkezi ($m=1,...30$)

n : Yakma merkezi ($n=1,...9$)

l : Kireçle gömme merkezi ($l=1,\dots,26$)

k : Öğütücü merkezi ($k=1,\dots,30$)

y : tıbbi atık düzenli depolama noktaları ($y=1,\dots,7$)

x : evsel atık düzenli depolama noktaları ($x=1,\dots,11$)

Parametreler

Q_i : i . toplama noktasındaki toplam atık miktarı(ton/yıl)

$C1_j$: j . depolama merkezinin sabit mâliyeti (TL/yıl)

$C2_m$: m . sterilizasyon merkezinin sabit mâliyeti (TL/yıl)

$C3_n$: n . yakma merkezinin sabit mâliyeti (TL/yıl)

$C4_l$: l . kireçle gömme merkezinin sabit mâliyeti (TL/yıl)

$C5_k$: k . öğütücü merkezinin sabit mâliyeti (TL/yıl)

$TCap1_j$: j . depolama merkezinin maksimum kapasitesi (ton/yıl)

$TCap2_m$: m . sterilizasyon merkezinin maksimum kapasitesi (ton/yıl)

$TCap3_n$: n . yakma merkezinin maksimum kapasitesi (ton/yıl)

$TCap4_l$: l . kireçle gömme merkezinin maksimum kapasitesi (ton/yıl)

$TCap5_k$: k . öğütücü merkezinin maksimum kapasitesi (ton/yıl)

$M1_{im}$: i . toplama noktasıyla j . depo arasındaki mesafe (km)

$M2_{jm}$: j . depo ile m . sterilizasyon merkezi arasındaki mesafe (km)

$M3_{jn}$: j . depo ile n . yakma merkezi arasındaki mesafe (km)

$M4_{jl}$: j . depo ile l . kireçle gömme merkezi arasındaki mesafe (km)

$M5_{jk}$: j . depo ile k . öğütücü merkezi arasındaki mesafe (km)

$M6_{my}$: m . sterilizasyon merkezi ile y . tıbbi atık düzenli depolama merkezi arasındaki mesafe (km)

$M7_{ny}$: n . yakma merkezi ile y . tıbbi atık düzenli depolama merkezi arasındaki mesafe (km)

$M8_{kx}$: k . öğütücü merkezi ile x . evsel atık düzenli depolama merkezi arasındaki mesafe (km)

Karar değişkenleri

X_{ij} : i . toplama noktasından j . depolama merkezine giden toplam atık miktarı (ton/yıl)

$Y1_{jm}$: j . depolama merkezinden m . sterilizasyon merkezine giden tıbbi atık miktarı (ton/yıl)

$Y2_{jn}$: j . depolama merkezinden n . yakma merkezine giden tıbbi atık miktarı (ton/yıl)

$Y3_{jl}$: j . depolama merkezinden l . kireçle gömme merkezine giden tıbbi atık miktarı (ton/yıl)

$Y4_{jk}$: j . depolama merkezinden k . öğütücü merkezine giden evsel atık miktarı (ton/yıl)

$Y5_{my}$: m . sterilizasyon merkezinden y . düzenli depolama merkezine giden tıbbi atık miktarı (ton/yıl)

$Y6_{ny}$: n . yakma merkezinden y . düzenli depolama merkezine giden tıbbi atık miktarı (ton/yıl)

$Y7_{kx}$: k . öğütücü merkezinden x . düzenli depolama merkezine giden evsel atık miktarı (ton/yıl)

$Q1_j$: j . depodaki toplam atık miktarı (ton/yıl)

$Q2_j$: j . depodaki sterilizasyon merkezine gidecek toplam tıbbi atık miktarı (ton/yıl)

$Q3_j$: j . depodaki yakma merkezine gidecek toplam tıbbi atık miktarı (ton/yıl)

$Q4_j$: j . depodaki kireçle gömme merkezine gidecek toplam tıbbi atık miktarı (ton/yıl)

$Q5_j$: j . depodaki öğütücü merkezine gidecek toplam evsel atık miktarı (ton/yıl)

$Q6_m$: m . sterilizasyon merkezindeki toplam tıbbi atık miktarı (ton/yıl)

$Q7_n$: n . yakma merkezindeki toplam tıbbi atık miktarı (ton/yıl)

$Q8_l$: l . kireçle gömme merkezindeki toplam tıbbi atık miktarı (ton/yıl)

$Q9_k$: k . öğütücü merkezindeki toplam evsel atık miktarı (ton/yıl)

$Q10_y$: y . tıbbi atık düzenli depolama merkezindeki atık miktarı (ton/yıl)

$Q11_x$: x . evsel atık düzenli depolama merkezindeki atık miktarı (ton/yıl)

P_j : { 1, eğer depolama merkezi varsa,

0, eğer yoksa

T_m : { 1, eğer sterilizasyon merkezi varsa,

0, eğer yoksa

D_n : { 1, eğer yakma merkezi varsa,

0, eğer yoksa

V_l : { 1, eğer kireçle gömme merkezi varsa,

0, yoksa

U_k : { 1, eğer öğütücü merkezi varsa,

0, yoksa

Sabitler

SO: Sterilizasyon merkezine giden atık oranı /0.204

YO: Yakma merkezine giden atık oranı / 0.096

KG: Kireçle gömme merkezine giden atık oranı /0.3

EA: Evsel atık oranı/0.4

T_1 : Tıbbi atığı taşımanın mâliyeti/1.3 (km*ton)

T_2 : Evsel atığı taşımanın mâliyeti/1 (km*ton)

T_3 : İşlenen atıkların düzenli depolamaya taşıma mâliyeti/1.3 (km*ton)

T_4 : Atıkların toplama noktasından geçici depolara taşıma maliyeti/1.3 (km*ton)

$Jmax$: En fazla depo sayısı /39

$Mmax$: En fazla sterilizasyon merkezi sayısı/30

$Nmax$: En fazla yakma merkezi sayısı/9

$Lmax$: En fazla kireçle gömme merkezi sayısı/26

$Kmax$: En fazla öğütücü merkezi sayısı/30

I_1 : Sterilizasyon merkezinde tıbbi atığın işleme mâliyeti/1200 TL (ton)

I_2 : Yakma tesisinde tıbbi atığın işleme mâliyeti/1500 TL(ton)

I_3 : Kireçle gömme merkezinde tıbbi atığın işleme mâliyeti/800 TL(ton)

I_4 : Öğütücü merkezinde evsel atığın işleme mâliyeti/1000 TL(ton)

MODEL

Amaç Fonksiyonu

$Enk z =$

$$\begin{aligned} & \sum_j C1_j * P_j + \sum_m C2_m * T_m + \sum_n C3_n * D_n + \sum_l C4_l * V_l \\ & + \sum_k C5_k * U_k + \sum_m Q6_m * I_1 + \sum_n Q7_n * I_2 + \sum_l Q8_l * I_3 \\ & + \sum_k Q9_k * I_4 + \sum_i \sum_j M1_{ij} * T_4 * X_{ij} + \sum_j \sum_m M2_{jm} * T_1 * Y1_{jm} \\ & + \sum_j \sum_n M3_{jn} * T_1 * Y2_{jn} + \sum_j \sum_l M4_{jl} * T_1 * Y3_{jl} \\ & + \sum_j \sum_k M5_{jk} * T_2 * Y4_{jk} + \sum_m \sum_y M6_{my} * T_3 * Y5_{my} \\ & + \sum_n \sum_y M7_{ny} * T_3 * Y6_{ny} + \sum_k \sum_x M8_{kx} * T_3 * Y7_{kx} \end{aligned} \quad (7.1)$$

Kısıtlar

1. Ürün akış kısıtları

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} = Q_i, i: 1, \dots, 81 \quad (7.2)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ij} = Q1_j, j: 1, \dots, 39 \quad (7.3)$$

$$Q1_j * SO = Q2_j, j: 1, \dots, 39 \quad (7.4)$$

$$\sum_{m=1}^M Y1_{jm} = Q2_j, j: 1, \dots, 39 \quad (7.5)$$

$$\sum_{j=1}^J Y1_{jm} = Q6_m, m: 1, \dots, 30 \quad (7.6)$$

$$Q1_j * YO = Q3_j, j: 1, \dots, 39 \quad (7.7)$$

$$\sum_{n=1}^N Y2_{jn} = Q3_j, j: 1, \dots, 39 \quad (7.8)$$

$$\sum_{j=1}^J Y2_{jn} = Q7_n, n: 1, \dots, 9 \quad (7.9)$$

$$Q1_j * KG = Q4_j, j: 1, \dots, 39 \quad (7.10)$$

$$\sum_{l=1}^L Y3_{jl} = Q4_j, j: 1, \dots, 39 \quad (7.11)$$

$$\sum_{j=1}^J Y3_{jl} = Q8_l, l: 1, \dots, 26 \quad (7.12)$$

$$Q1_j * EA = Q5_j, j: 1, \dots, 39 \quad (7.13)$$

$$\sum_{k=1}^K Y4_{jk} = Q5_j, j: 1, \dots, 39 \quad (7.14)$$

$$\sum_{j=1}^J Y4_{jk} = Q9_k, k: 1, \dots, 30 \quad (7.15)$$

$$\sum_{y=1}^Y Y5_{my} = Q6_m, m: 1, \dots, 30 \quad (7.16)$$

$$\sum_{y=1}^Y Y6_{ny} = Q7_n, n: 1, \dots, 9 \quad (7.17)$$

$$\sum_{x=1}^X Y7_{kx} = Q9_k, k: 1, \dots, 30 \quad (7.18)$$

$$\sum_{m=1}^M Y5_{my} + \sum_{n=1}^N Y6_{ny} = Q10_y, y: 1, \dots, 7 \quad (7.19)$$

$$\sum_{k=1}^K Y7_{kx} = Q11_x, x: 1, \dots, 11 \quad (7.20)$$

2. Kapasite kısıtları

$$Q1_j \leq Tcap1_j * P_j, j: 1, \dots, 39 \quad (7.21)$$

$$Q6_m \leq Tcap2_m * T_m, m: 1, \dots, 30 \quad (7.22)$$

$$Q7_n \leq Tcap3_n * D_n, n: 1, \dots, 9 \quad (7.23)$$

$$Q8_l \leq Tcap4_l * V_l, l: 1, \dots, 28 \quad (7.24)$$

$$Q9_k \leq Tcap5_k * U_k, k: 1, \dots, 30 \quad (7.25)$$

3. Yeni tesis açma kısıtı

$$\sum_{j=1}^J P_j \leq Jmax \quad (7.26)$$

$$\sum_{m=1}^M T_m \leq Mmax \quad (7.27)$$

$$\sum_{l=1}^L V_l \leq Lmax \quad (7.28)$$

$$\sum_{n=1}^N D_n \leq Nmax \quad (7.29)$$

$$\sum_{k=1}^K U_k \leq Kmax \quad (7.30)$$

$$4. \text{ Negatif olmama kısıtı} \quad (7.31)$$

$Diğerleri \geq 0$

5. Tamsayı kısıtları

$$P_j, T_m, D_n, V_l, D_n \in \{0, 1\} \quad (7.32)$$

(7.1) Modelin amaç fonksiyonudur, tüm sistemin mâliyetini enküçüklemektedir. Toplam mâliyet; depolardan işleme tesislerine, işleme tesislerinden düzenli depolama alanına giden atıkların taşıma mâliyetlerini, atıkların işleme mâliyetleri ve tüm tesislerin sabit mâliyetlerini içerir.

(7.2) kısıtı, i toplama noktasından tüm j depolama merkezilerine giden atık miktarının, i toplama noktasındaki ürün miktarına denk olma durumunu belirler.

(7.3) kısıtı, j geçici deposuna tüm i toplama noktalarından gelen atık miktarının geçici depodaki ürün miktarına denk olması kısıtıdır.

(7.4) tüm j depolama merkezlerindeki SO oranı ile elde edilen atık miktarının j depolama merkezindeki sterilizasyon merkezine gidecek olan atık miktarına denk olma kısıtıdır.

(7.5) kısıtı, tüm j depolama merkezlerinden m sterilizasyon merkezine giden atık miktarının j depolama merkezindeki sterilizasyon merkezine gidecek olan atık miktarına denk olma kısıtıdır.

(7.6) kısıtı, tüm j depolama merkezlerinden m sterilizasyon merkezine giden atık miktarının, m sterilizasyon merkezindeki atık miktarına denk olma kısıtıdır.

(7.7) tüm j depolama merkezlerindeki YO oranı ile elde edilen atık miktarının, j depolama merkezindeki yakma merkezine gidecek olan ürün miktarına denk olma kısıtıdır.

(7.8) kısıtı, tüm j depolama merkezlerinden n yakma merkezine giden atık miktarının j depolama merkezindeki yakma merkezine gidecek olan atık miktarına denk olma kısıtıdır.

(7.9) kısıtı, tüm j depolama merkezlerinden n yakma merkezine giden atık miktarının, n yakma merkezindeki atık miktarına denk olma kısıtıdır.

(7.10) tüm j depolama merkezlerindeki KG oranı ile elde edilen atık miktarının, j depolama merkezinden kireçle gömme merkezine gidecek olan atık miktarına denk olma kısıtıdır.

(7.11) kısıtı, tüm j depolama merkezlerinden l kireçle gömme merkezine giden atık miktarının j depolama merkezindeki kireçle gömme merkezine gidecek olan atık miktarına denk olma kısıtıdır.

(7.12) kısıtı, tüm j depolama merkezlerinden l kireçle gömme merkezine giden atık miktarının, l kireçle gömme merkezindeki atık miktarına denk olma kısıtıdır.

(7.13) tüm j depolama merkezlerindeki EA oranı ile elde edilen atık miktarının, j depolama merkezindeki öğütücü merkezine gidecek olan ürün miktarına denk olma kısıtıdır.

(7.14) kısıtı, tüm j depolama merkezinden k öğütücü merkezine giden atık miktarının j depolama merkezindeki öğütücü merkezine gidecek olan atık miktarına denk olma kısıtıdır.

(7.15) kısıtı, tüm j depolama merkezinden k öğütücü merkezine giden evsel atık miktarının, k . öğütücü merkezindeki ürün miktarına denk olma kısıtıdır.

(7.16) kısıtı, tüm m sterilizasyon merkezinden y düzenli depolama alanına giden tıbbi atık miktarının m sterilizasyon merkezindeki tıbbi atık miktarıyla denk olma kısıtıdır.

(7.17) kısıtı, tüm n yakma merkezinden y düzenli depolama alanına giden tıbbi atık miktarının n yakma merkezindeki tıbbi atık miktarıyla denk olma kısıtıdır.

(7.18) kısıtı, tüm k öğütücü merkezinden x düzenli depolama alanına giden evsel atık miktarının k öğütücü merkezindeki evsel atık miktarıyla denk olma kısıtıdır.

(7.19) tüm m sterilizasyon merkezinden ve n yakma merkezinden açığa çıkan tıbbi atıkların toplamının y düzenli depolama alanındaki ürün miktarına denk olma kısıtıdır.

(7.20) tüm k öğütücü merkezinden açığa çıkan evsel atıkların x . düzenli depolama alanındaki atık miktarına denk olma kısıtıdır.

(7.21) j geçici deposundaki toplam atık miktarının, deponun kapasitesine eşit veya daha küçük olma kısıtıdır.

(7.22) m sterilizasyon merkezindeki toplam atık miktarının, sterilizasyon merkezinin kapasitesine eşit veya daha küçük olma kısıtıdır.

(7.23) n yakma merkezindeki toplam atık miktarının, yakma merkezinin kapasitesine eşit veya daha küçük olma kısıtıdır.

- (7.24) l kireçle gömme merkezindeki toplam atık miktarının, kireçle gömme merkezinin kapasitesine eşit veya daha küçük olma kısıtıdır.
- (7.25) k öğütücü merkezindeki toplam atık miktarının, öğütücü merkezinin kapasitesine eşit veya daha küçük olma kısıtıdır.
- (7.26) mevcut olması istenen maksimum geçici depo sayısını ifade eden kısıttır.
- (7.27) mevcut olması istenen maksimum sterilizasyon merkezi sayısını ifade eden kısıttır.
- (7.28) mevcut olması istenen maksimum yakma merkezi sayısını ifade eden kısıttır.
- (7.29) mevcut olması istenen maksimum kireçle gömme merkezi sayısını ifade eden kısıttır.
- (7.30) mevcut olması istenen maksimum öğütücü merkezi sayısını ifade eden kısıttır.
- (7.31) kısıtı, diğer tüm değişkenler için negatif olmama kısıtıdır.
- (7.32) kısıtı, geçici depo ve atık işleme tesislerinin açılıp açılmaması gerektiğini gösteren 0-1 tamsayı kısıtıdır.

7.6 Modelin Uygulaması ve Değerlendirilmesi

Tersine lojistik ağ yapılarında en önemli özelliklerinden biri belirsizliktir. Lojistik alt yapısının stratejik tasarımı yapılırken belirsizlikler üzerine inşa edilir. Sistemde en büyük belirsizlik ise ileriki yıllarda açığa çıkması beklenen atık miktarıdır. Modelin amacı ileriki dönemlerde beklenen atık artış miktarına göre sistemin durumunu analiz etmek ve sistemin maliyetini en küçükleyecek şekilde akış miktarlarını bulmaktır. Bu amaçla sağlanan olası depolama ve işleme merkezleri noktaları kümesinden uygun olanlar seçilecektir. Türkiye’de sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların artış miktarları bölgelere göre farklılık göstermektedir. Örneğin, toplam tıbbi atık miktarındaki artış Bursa bölgesinde %20,75, Adapazarı bölgesinde 2000–2008 yılları arasında %56,42, İstanbul bölgesinde 1996–2008 yılları arasında %18,44 olmaktadır. Artışlar her yıl değişmektedir (Albayrak ve diğerleri, 2008). Risk analizi bu çalışmada ileriki yıllarda beklenen atık artış miktarı tahminini belirlemek için kullanılmıştır. Amaç belirsiz olan atık miktarını kestirebilmek ve artış oranlarına bağlı olarak duyarlılık analizini uygulamaktır. Çevre ve orman bakanlığı bilir kişileriyle yapılan görüşme doğrultusunda ,5 yıl sonra

sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atık miktarındaki artış oranları belirlenmiş ve bu veriler ışığında 5 yıl sonra beklenen artış miktarı oluşturulmuştur.

Yapılan görüşmeler sonucunda, bilir kişilerin 0,6 olasılıkla 5 yıl içinde beklenen atık artış miktarının %40 oranında olacağı, 0,25 olasılıkla artış miktarının %60 olması beklendiği 0,15 olasılıklarda %80 artış miktarı beklendiği belirlenmiştir. Çizelge 7.32’ de olasılıklar ve artış miktarları belirtilmiştir.

Çizelge 7.32 :Bilir kişilerin 5 yıl sonra tahmin ettikleri toplam atık artış oranları.

Olasılıklar	Artış oranı
0,60	%40
0,25	%60
0,15	%80

5 yıl içinde beklenen atık miktarındaki denklem (7.33) ile hesaplanır.

$$E(x) = \sum x \cdot f(x) \quad (7.33)$$

Burada x artış miktarını, $f(x)$ ise bilirkişilerin tahmin ettikleri atık artış miktarındaki olasılıklardır.

5 yıl için atık artış miktarı için beklenen değer, %51 olarak hesaplanmaktadır.Bu yıl bazında düşünülürse yaklaşık %10 luk bir artışın olacağı öngörüsünü getirmektedir.

Duyarlılık analizi için ,model üzerinde 11 farklı senaryo düşünülmüştür. 11 farklı senaryo ,her bir yıl için %10’luk atık artış miktarı göz önüne alınarak oluşturulacaktır. Mevcut durumu ele alan sistem ile ,%10, %20, %30, %40, %51, %60, %70, %80, %90 ve %100’lük atık artış miktarlarına göre senaryolar sırasıyla oluşturulmuştur.

Senaryo 1 mevcut durumu,senaryo 6, beş yıl sonra beklenen %51oranındaki atık artış miktarı olan sistemi incelemektedir.

Modelin amacı her yıl beklenen atık artış miktarına göre kurulması gereken geçici depo, sterilizasyon merkezi, yakma ,kireçle gömme ve öğütücü merkezlerinin yerlerinin saptanmasına ek olarak hangi toplama noktasından hangi geçici depoya ne kadar ürün aktarımının olması gerektiği,hangi işleme merkezinden hangi düzenli depolamaya ne kadar ürün miktarının gideceğini ve atık cinslerine göre hangi atık türünün hangi işleme merkezine ne kadar miktarda atık götürüleceği ve bunun

yanında sistemin taşıma, yıllık tesis mâliyetleri ve işleme mâliyetlerini en küçüklemesi olarak kurgulanmıştır. Düzenli depolama merkezlerinin kapasiteleri sonsuz olarak alınmıştır.Ancak hangi düzenli depolamaya hangi illerde ne kadar miktarda düzenli depolama yapılması gerektiğinde hesaplanmıştır.Düzenli depolara taşıma mâliyetleri amaç fonksiyonuna dahil edilmiştir.

Sistemde toplam çıkan mâliyetin analizi yapılarak hangi mâliyet kaleminin yüzde kaç oranda toplam mâliyeti etkilediği hesaplanmıştır.

Mevcut durumun analiz edildiği senaryo 1 ile 5 yıl sonra %51 oranında atık miktarı artışını ele alan senaryo 6 detaylı incelenecektir.

Çizelge 7.33 ,her bir senaryo için açılması gereken tesis sayılarını göstermektedir.

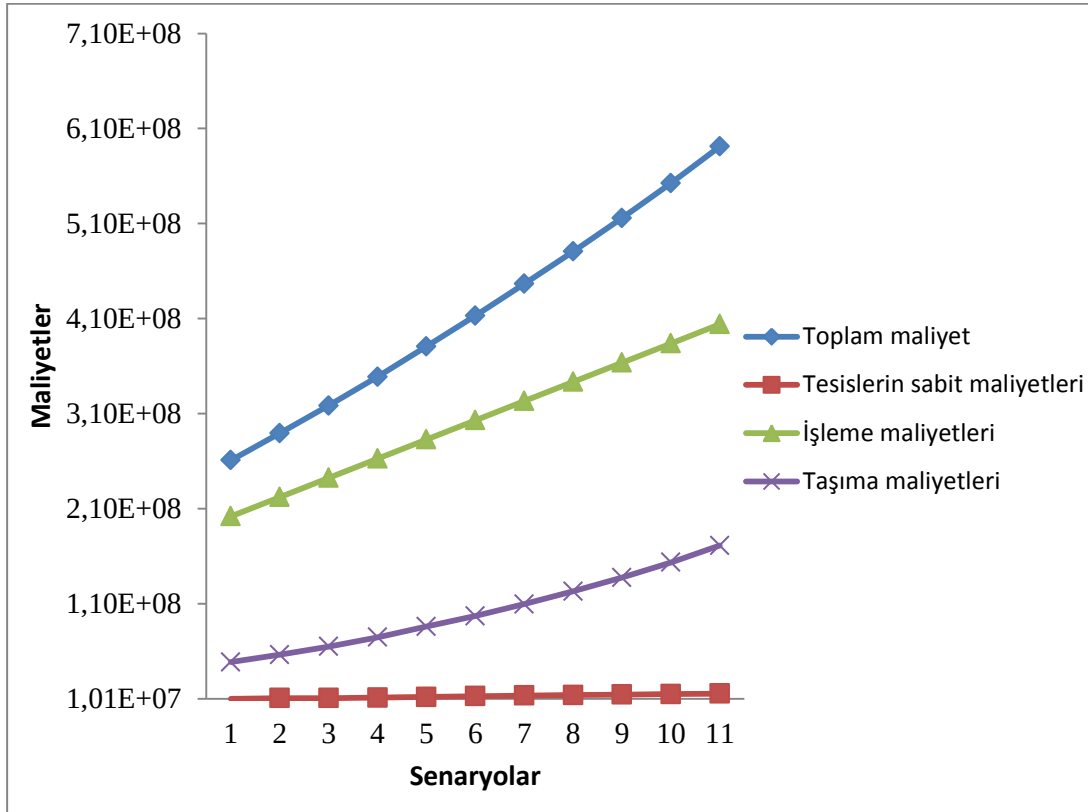
Çizelge 7.33:Senaryolara göre toplamda açılan depo ve tesis sayıları.

Senaryo	Açılan geçici depo sayısı	Açılan sterilizasyon merkezi sayısı	Açılan yakma merkezi sayısı	Açılan kireçle gömme merkezi sayısı	Açılan öğütücü merkezi sayısı
1	19	10	5	14	10
2	20	12	5	14	10
3	22	12	5	14	10
4	23	13	5	14	10
5	25	14	5	15	10
6	27	15	6	17	10
7	28	15	6	19	11
8	29	16	6	20	11
9	29	17	7	21	11
10	31	19	7	21	11
11	32	20	8	21	11

Çizelgeye 7.33'e bakıldığı zaman en büyük tesis sayısının artışının depolama merkezlerinde olduğunu görüyoruz. Mevcut durum için sadece 19 adet büyük depolama merkezi yeterli görülmektedir.Taşıma mâliyetinden tasarruf için ileriki dönemlerde büyük geçici depolar kurulabilir.İleriki yıllarda sterilizasyon merkezi sayısında ciddi bir değişim olmayacağı beklenmektedir.Var olan sterilizasyon merkezi sayısı 17 adet idi.Mâliyetin en küçüklendiği sistemin en iyi çözümüne bakarak,mevcut durum için 10 adet yeterlidir,beklenen atık miktarının %100 artması

durumundada en fazla 20 olabileceği öngörülmüştür. Şu an faaliyette olan 2 yakma merkezinin mevcut sistemde dahi sistemin mâliyetin enküçüklendiği durumda elde edilen en iyi çözümde yeterli görülmemekle beraber en az 5 adet olması beklenmektedir. Mevcut olduğu varsayılan 13 adet kireçle gömme merkezine ek olarak ileriki yıllarda en fazla 8 adet daha tesisin eklenmesi gerektiği belirlenmiştir. Öğütücü merkezinde ise yeterli kapasite varlığından dolayı önemli bir artış gözlemlenmemektedir. Bu verilere dayanarak uzun vadede sadece sağlık kuruluşlarından kaynaklanan evsel atıklar için tesisler kurulabilir.

Sistemin en iyi çözümüne göre oluşan mâliyetler ve analizleri çizelge 7.34 'te gösterilmiştir.



Şekil 7.6: Tersine lojistik ağında oluşan mâliyetlerin analizi.

Çizelge 7.34: Senaryolara göre tersine lojistik ağında oluşan mâliyetler.

Senaryo	Toplam mâliyet	Tesis mâliyetleri	İşleme mâliyetleri	Taşıma mâliyetleri
1	2,6097e+008	1,0093e+007	2,02127e+008	4,87492e+007
2	2,89583e+008	1,07361e+007	2,22351e+008	5,64956e+007
3	3,18439e+008	1,08109e+007	2,42553e+008	6,50748e+007
4	3,48858e+008	1,13028e+007	2,62777e+008	7,47779e+007
5	3,80849e+008	1,18904e+007	2,8298e+008	8,59788e+007
6	4,13126e+008	1,28304e+007	3,03202e+008	9,70936e+007
7	4,46597e+008	1,3487e+007	3,23405e+008	1,09712e+008
8	4,80613e+008	1,39496e+007	3,43626e+008	1,23037e+008
9	5,15901e+008	1,45558e+007	3,63829e+008	1,37516e+008
10	5,52641e+008	1,50158e+007	3,84053e+008	1,53572e+008
11	5,91094e+008	1,55588e+007	4,04255e+008	1,71281e+008

Şekil 7.6' da görüldüğü gibi atıkları işleme mâliyetleri toplam mâliyetin büyük bir yüzdeliğini oluşturmaktadır,onu taşıma mâliyetleri daha sonra ise tesis mâliyetleri izlemektedir.Mevcut duruma bakıldığında işleme mâliyetleri toplam mâliyetin yaklaşık olarak %77' sini oluşturduğunu görülmektedir.Bu oran 10 yıl sonra tahmin edilen atık miktar artışı göz önüne alındığında,bu oran %68'e düşmektedir. Tesis mâliyetlerinde ileriki dönemlerde çok büyük bir değişiklik gözlemlenmemektedir.Taşıma mâliyetleri ise her senaryo için yaklaşık %15 lik bir değerle artmaktadır.Taşıma ve işleme mâliyetleri ileriki dönemde artması beklenen atık miktarına bağlı olarak değişmektedir.Tesis mâliyetleri için ise böyle bir durum söz konusu değildir.

Senaryo 1, şu an var olan sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atık miktarı göz önüne alınarak oluşturulmuştur.. Senaryo 1 için toplam mâliyet 260.970.000 TL olarak bulunmuştur.Taşıma mâliyetleri,48.749.200 TL,işleme mâliyetleri 202.127.000 TL ,tesis mâliyetleri ise 10.093.000 TL olarak hesaplanmıştır. Bu senaryoya göre illerde toplanan atık miktarları EK A.1' de gösterilmiştir. Sistem mâliyetinin en küçük olduğu duruma göre açılması gereken geçici depolar Adana,Ankara Antalya,Çanakkale,Diyarbakır,Erzurum,Gaziantep,İstanbul,İzmir,Kırıkkale,Kayseri, Kocaeli,Malatya,Muğla,Muş,Ordu,Şırnak,Trabzon,Zonguldak olarak tespit edilmiştir. Toplama noktalarından geçici depolara olan akış miktarları, geçici depoların kullanılan kapasiteleri ve kullanılmayan kapasiteleri EK A.2 'de gösterilmiştir.Açılması karar verilen sterilizasyon tesisleri, var olan Bursa,Erzurum,Gaziantep,Kocaeli, Trabzon,Zonguldak'taki tesislere ek olarak potansiyel olarak belirlenen Ankara,Antalya, ,İzmir ve Malatya tesislerinin açılması gerektiği belirlenmiştir. EK A.3 toplama merkezlerinden sterilizasyon merkezlerine giden tıbbi atık miktarlarını, sterilizasyon merkezinin kullanılan kapasitelerini ve kullanılmayan kapasitelerini göstermektedir.Açılan yakma merkezleri ise Ankara,Erzurum,Gaziantep,Kocaeli ve Manisa olarak belirlenmiştir.Kocaeli dışında açılan diğer tüm yakma merkezleri potansiyel olarak belirlenen merkezlerdir. EK A.4 toplama merkezlerinden yakma merkezlerine giden tıbbi atık miktarlarını, yakma merkezinin kullanılan kapasitelerini ve kullanılmayan kapasitelerini göstermektedir.Tıbbi atıkların işlemeye alındığı bir diğer merkez olan kireçle gömme merkezi ise var olan Adana ,Ankara, Antalya, Diyarbakır, İstanbul, İzmir, Malatya ve Tekirdağa ek olarak potansiyel olarak önceden belirlenen Kırıkkale,Bolu,Düzce,Kilis,Nevşehir ve Orduda açılması gerektiği belirlenmiştir. EK

A.5 toplama merkezlerinden kireçle gömme merkezlerine giden tıbbi atık miktarlarını, kireçle gömme merkezinin kullanılan kapasitelerini ve kullanılmayan kapasitelerini göstermektedir. Evsel atıkların işleme alındığı öğütücü merkezlerinin açıldığı yerler ise Ankara, Antalya, Aydın, Bursa, Erzurum, Gaziantep, İzmir, Kayseri, Kocaeli ve Trabzon olarak belirlenmiştir. Ankara, Antalya ve İzmir dışındaki diğer tesisler var olan tesislerdir. EK A.6 toplama merkezlerinden öğütücü merkezlerine giden tıbbi atık miktarlarını, öğütücü merkezinin kullanılan kapasitelerini ve kullanılmayan kapasitelerini göstermektedir. Tıbbi atıkların düzenli depolama yapıldığı iller ve düzenli depolamaya giden atık miktarları ise EK A.7’ de gösterilmiştir. Evsel atıkların düzenli depolama yapıldığı iller ve düzenli depolamaya giden atık miktarları ise EK A.8’ de gösterilmiştir.

Senaryo 6 ise beş yıl sonra tahmin edilen atık artış miktarı olan, %51’ lik atık artış oranına göre oluşturulmuştur. Senaryo 6 için toplam mâliyet 413.126.000 TL olarak bulunmuştur. Tesis mâliyetleri 12.830.400 TL, işleme mâliyetleri 303.202.000 TL, taşıma mâliyetleri ise 97.093.600 TL olarak hesaplanmıştır. Bu senaryoya göre illere göre toplanan atık miktarları EK B.1’ de gösterilmiştir. Sistem mâliyetinin en küçük olduğu duruma göre açılması gereken geçici depolar, Adana, Adıyaman, Ankara, Antalya, Bingöl, Çanakkale, Çorum, Diyarbakır, Erzurum, Gaziantep, İstanbul, İzmir, Kastamonu, Kırıkkale, Kayseri, Kocaeli, Malatya, Muğla, Muş, Ordu, Osmaniye, Şanlıurfa, Şırnak, Tokat, Trabzon, Yozgat, Zonguldak olarak tespit edilmiştir. Toplama noktalarından geçici depolara olan akış miktarları, geçici depoların kullanılan kapasiteleri ve kullanılmayan kapasiteleri EK B.2 ‘de gösterilmiştir. Açılması beklenen sterilizasyon tesisleri, var olan Aydın, Çorum, Bursa, Erzurum, Gaziantep, Kocaeli, Trabzon, Zonguldak’taki tesislere ek olarak potansiyel olarak belirlenen Adana, Ankara, Antalya, İstanbul, İzmir, Kırşehir ve Malatya tesislerinin açılması gerektiği belirlenmiştir. EK B.3 toplama merkezlerinden sterilizasyon merkezlerine giden tıbbi atık miktarlarını sterilizasyon merkezinin kullanılan kapasitelerini ve kullanılmayan kapasitelerini göstermektedir. Açılan yakma merkezleri ise Ankara, Erzurum, Gaziantep, Kocaeli, Manisa ve Sivas olarak belirlenmiştir. Kocaeli dışında açılan diğer tüm yakma merkezleri potansiyel olarak belirlenen merkezlerdir. EK B.4 toplama merkezlerinden yakma merkezlerine giden tıbbi atık miktarlarını, yakma merkezinin kullanılan kapasitelerini ve kullanılmayan kapasitelerini göstermektedir. Tıbbi atıkların işlemeye alındığı bir diğer merkez olan kireçle gömme merkezi ise var olan

Adana ,Ankara,Antalya,Diyarbakır,İstanbul,İzmir,Malatya,Şanlıurfa ve Tekirdağ ek olarak potansiyel olarak önceden belirlenen Kırıkkale,Bolu,Düzce,Kilis,Nevşehir Ordu,Sinop ve Uşak'ta açılması gerektiği belirlenmiştir. EK B.5 toplama merkezlerinden kireçle gömme merkezlerine giden tıbbi atık miktarlarını,kireçle gömme merkezinin kullanılan kapasitelerini ve kullanılmayan kapasitelerini göstermektedir Evsel atıkların işleme alındığı öğütücü merkezlerinin açıldığı yerler ise Ankara,Antalya,Aydın,Bursa,Erzurum,Gaziantep,İzmir,Kayseri,Kocaeli ve Trabzon olarak belirlenmiştir.Ankara Antalya ve İzmir dışındaki diğer tesisler var olan tesislerdir. EK B.6 toplama merkezlerinden öğütücü merkezlerine giden tıbbi atık miktarlarını,öğütücü merkezinin kullanılan kapasitelerini ve kullanılmayan kapasitelerini göstermektedir. Tıbbi atıkların düzenli depolama yapıldığı iller ve düzenli depolamaya giden atık miktarları ise EK B.7' de gösterilmiştir. Evsel atıkların düzenli depolama yapıldığı iller ve düzenli depolamaya giden atık miktarları ise EK B.8' de gösterilmiştir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tersine lojistik uygulamaları, firmalara hammadde mâliyetlerini azaltarak, müşterilerle olan ilişkileri güçlendirerek, sosyal sorumluluğu sağlayarak ‘çevreci firma’ imajını elde ederek kar elde etmek isteyen firmalar için büyük önem taşımaktadır. Dünyada tersine lojistiğin pek çok uygulama alanı bulunmaktadır. Türkiye’de ise yeni yürürlüğe konan yasalarla birlikte tersine lojistik alanında uygulamalar sayıca artmaktadır. Tersine lojistik araştırma alanlarında tersine lojistik ağ tasarımı önemi büyüktür. Artık günümüzde tersine lojistik uygulamaları, sadece hammadde kazancı, geri dönüştürülebilir ürünler kıt kaynakların gündeme gelmesi sorunu için değil, bazı sosyal sorumluluklar, kanunlar ve çevre sağlığı içinde gerekli olabilmekle beraber atık yönetiminin ayrılmaz bir parçasını oluşturmaktadır.

Çalışmada öncelikle tersine lojistik kavramından ve içeriğinden bahsedilmiş, ileri lojistik ve yeşil lojistik arasındaki farklılıklar belirtilmiş, Türkiye ve dünyada uygulama alanlarından bahsedilmiştir. Ardından tersine lojistiği uygulamaya iten güçleri ve günümüzde tersine lojistiğin önündeki engellerden bahsedilmiştir. Tersine lojistiğin araştırma alanları belirtilmiş ve tersine lojistik ağ tasarımı üzerinde durulmuştur. Literatürde yapılan çalışmalarla tersine lojistik ağ tasarımı üzerinde yapılan çalışmalara bakılmıştır, ardından tersine lojistik ağları için temel bir model olan karma tamsayılı doğrusal programlama modeli aktarılmıştır.

Uygulama olarak, Türkiye’de oluşan sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imha modeli göz önüne alınmıştır. Bu çalışma kapsamında sağlık kuruluşlarından kaynaklanan 2 tip atık (tıbbi ve evsel) ele alınmıştır. Toplanan atıklar imha edilmektedir. Ancak etkili bir atık geri toplama ve imha ağ yapısı mevcut değildir. Buda çevre ve insan sağlığı açısından büyük risk oluşturmaktadır. Bu nedenle önce var olan sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imha süreci göz önüne alınmış, görüşmeler ışığında, sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların önerilen toplama ağı oluşturulmuştur. Bu kapsamda, atıkların imhası için, en uygun geçici depoların, her bir atık tipi için işleme merkezlerinin, nihai bertaraf alanlarının, yerinin seçimi problemi, toplama noktalarından geçici depolara, geçici depolardan atık tiplerine

göre işleme merkezlerine, işleme merkezlerinden düzenli depolama alanlarına gönderilecek ürün miktarlarının seçimi gibi önemli kararların verilmesi söz konusudur. Bu açıdan bakıldığında tersine lojistik ağı tasarımı problemi hem bir yer seçimi hem de bir atama problemidir.

Bu çalışma kapsamında tersine lojistik ağı tasarımı için temel bir model olan karma tamsayılı doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur. Bu model ile yukarıda sözü edilen kararlar sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imhası için alınmaya çalışılmıştır. Model FICO™ Xpress Optimization Suite optimizasyon programı ile çözülmüştür.

Modelde, Türkiye’deki her ilde bir toplama noktası olduğu düşünülmüştür. Her ilde açığa çıkan atık miktarı o ilin sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyi ve nüfus bilgileri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Diğer parametreler çevre ve orman bakanlığı atık yönetimi daire başkanlığı verileri ve bakanlık çalışanları ile yapılan görüşmeler sayesinde belirlenmiştir. İleriki yıllarda atık miktarındaki artış oranı için bakanlıkta çalışan bilirkişiler doğrultusunda olası artış miktarları belirlenmiş, atık miktar artışı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Risk analizi bu çalışmada ileriki yıllarda beklenen atık miktarı tahminini belirlemek için kullanılmıştır. Bunun sonucu olarak 5 yıl sonra atık miktarındaki artış oranı %51 oranında olacağı tahmin edilmiştir %51’ lik artış oranı yıl bazında yaklaşık %10 luk bir değere denk geldiğinden, duyarlılık analizi bu atık artış miktarına göre oluşturulmuştur.11 senaryo incelenmiştir. Mevcut durumu ele alan sistem ile ,%10, %20, %30, %40, %51, %60, %70, %80, %90 ve %100 lük artışlara göre senaryolar oluşturulmuştur.

Modelin amacı, toplama noktalarından nihai bertaraf alanına kadar olan süreçteki meydana gelen mâliyetleri enküçükleyecek olan akışları bulmak, ayrıca, ileriki yıllarda atık miktarı artışına göre açılması beklenen tesis tipleri ve sayıları hakkında stratejiler belirlemektedir. Bu amaçla sağlanan olası depolama ve işleme merkezleri noktaları kümesinden uygun olanlar seçilecektir. Buna göre, atık miktarı arttıkça öğütücü merkezi dışında diğer tüm tesislerin sayısının artması beklenmektedir. En ciddi tesis artışı geçici depolama merkezlerinde görülmektedir. Mevcut durum için varolan sterilizasyon merkezi sayısı 10 adettir ve ileride ciddi bir artış söz konusu değildir,10 yıl sonraki atık artış oranına göre en fazla 20 tesis açılmalıdır, buna rağmen yakma merkezinde mevcut durumda dahi var olan 2 merkez yeterli olmamaktadır. En iyi çözümün sağladığı sisteme göre en az 5 adet olmalıdır. Mevcut olarak belirlenen kireçle gömme tesis sayısı 13 adet idi. Maliyetin enküçüklendiği

sistemin çözümüne göre 14 adet olması gerekmekte,10 yıl sonraki artış miktarında ise en fazla 21 adet olması beklenmektedir. Sadece sağlık kuruluşlarından kaynaklanan evsel atıklar için işleme merkezleri bulunmuyordu. Sonuçlara göre, sadece bu tip evsel atıklar için tesisler kurulabilir. Bu modelde söz konusu olan mâliyetler, taşıma mâliyetleri, tesislerin ve depoların sabit mâliyeti ve atıkların işleme mâliyetidir. Senaryolara bakıldığında, toplam mâliyet kalemi üzerinde en etkili olan mâliyet türü atık işleme mâliyetleridir. Atık miktarı arttıkça her bir atık tipi için işleme mâliyetleri artmaktadır, ardından taşıma mâliyetleri ve son olarakta tesislerin sabit mâliyetleri gelmektedir. Tersine lojistik ağı tasarımı sayesinde insan ve çevre sağlığı için önemli bir konu olan atık yönetiminin parçasını oluşturan sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkların imha süreci belirlenen stratejiler sayesinde daha az maliyetli bir sistemle uygulanabilecektir.

Çalışma sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıkları bütünüyle ele alması ve tüm sürecin uygulanan gerçek sistem baz alınarak modellenmesi ve atıkların çok tipli işleme merkezlerine gitmesi anlamında literatüre pek çok yenilik getirmektedir.

Uygulamada kullanılan verilerin çoğu belirsizlik içermektedir. İleriki çalışmalarda bu belirsizliklerin çözümü için stokastik modeller oluşturulabilir veya istatistiksel tekniklerden faydalanabilir. Model kapsamı dahada genişletilebilir, elleçleme, toplama, paketlenme ve nihai bertaraf mâliyetleri eklenebilir.

Ayrıca model çok dönemli yapı için geliştirilebilir bunun için, model doğrusal olmayan bir yapıya dönüşmektedir.Çözüm için sezgisel metotlardan faydalanılabilir.

KAYNAKLAR

- Albayrak D., Esmen C., Varınca K.,** (2008).Tıbbi Atık Bertaraf Yöntemlerinde Buharlı Sterilizasyon Teknolojisi,**4**.
- Assavapoke, T., Wayuparb, P., Yao, H.** (2006).Reverse Logistics Network Design for Electronic Products in the State of Texas, Technical Report at the University of. Houston.
- Barros A.I., Dekker R., Scholten V.A.**(1998). A Twolevel Network for Recycling Sand: A Case Study, *European Journal of Operational Research*, **110**, 199–214.
- Brito, M.P., Flapper, S.D.P., Dekker, R.,**(2002) .Reverse Logistics: a review of case studies ERIM Report Series Research in *Management, Econometric Institute Report EI* .
- Cruz-Rivera, R., Ertel, J.** (2008). Reverse logistics network design for the collection of End-of-Life vehicles in Mexico, *European Journal of Operational Research*.
- Das K. , Chowdhury A.,**(2012), Designing a reverse logistics network for optimal collection, recovery and quality-based product-mix planning, *Int. J. Production Economics*, **135** ,209–221.
- Dekker, R., Fleischmann, M., Inderfurth, K., & Wassenhove, L.N.V.,** (2004). Reverse logistics, *Springer –Verlag*, Heidelberg.
- Demirel, H. Ö., Gökçen, H.,** (2008). Geri kazanımlı imalat sistemleri için lojistik ağı tasarımı: literatür araştırması, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*,**23-4**, 903-912.
- El-Sayed,M., El-Kharbotly,N.**(2010). A stochastic model for forward–reverse logistics network design under risk, *Computers & Industrial Engineering*, **58**, 423–431.
- Fleischmann M., Beullens, P., Bloemhof-Ruwaard, J.M., van Wassenhove, L.N.** (2001). The Impact of Product Recovery on Logistics Network Design, *Production and OperationsManagement*, **10**, 156.
- Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J.M.,Dekker, R., van der Laan, E., van NunenJ.A.E.E. van Wassenhove, L.N.**(1997). Quantitative models for reverse logistics: a review (Invited Review), *European Journal of Operational Research*, **103**, 1-17.
- Guide, Jr. VDR, Vaidyanathan,J., Rajesh,S.,W.C. Benton.** (2000). Supply-Chain Management for Recoverable Manufacturing Systems, *Interfaces*, **30 (3)**, 125-142.

- Guide, V. D. R., & Wassenhove, L. N. V.,** (2001): Business aspects of closed-loop supply chains, *The Carnegie Bosch Institute International Conference on Closed-Loop Supply Chains*.
- Güner E.,**(2001).Yeniden Ürün Değerlendirme Yönetimi, *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Der.*,**16(2)** , 28-38.
- Hu T., Sheu J.,**(2002),A reverse logistics cost minimization model for the treatment of hazardous wastes, *Transportation Research Part E*, **38**, 457–473.
- Köse,S.,**(2008).Tersine lojistik ve Atık kızırtma Yağları geri kazanım ağı,(Yüksek lisans tezi).Adres : <http://yok.gov.tr>.
- Karaçay G.** (2005). Tersine Lojistik: Kavram ve İşleyiş, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, **14(1)** , 317-331 .
- Krikke, H.R., van Harten, A., Schuur, P.C.**(1999).“Business Case Oce: Reverse Logistic Network Redesign for Copiers”, *OR Spectrum*, **21**, 381-409.
- Kroon, L. ve Vrijens G.W.** (1996). Returnable Containers: An Example of Reverse Logistics, *International Journal of Physical Distribution Logistic Management*, **25(2)** ,56-68.
- Koban ,E. ve Keser H.Y.,**(2007).Dış Ticarete Lojistik, Ekin Yayınevi, Bursa, 1.Basım.
- Ko, H.J. ve Evans, G.W.**(2007).A Generic Algorithmbased Heuristic for the Dynamic Integrated Forward/Reverse Logistics Network for 3PL’s, *Computers and Operations Research*, **34**, 346-366.
- Kumar, S., ve Putnam, V.,** (2008).Cradle to cradle: Reverse logistics strategies and opportunities across three industry sectors, *Int. J. Production Economics*, **115**, 305-315.
- Lee, D.H. ve Dong, M.**(2007). A Heuristic Approach to Logistics Network Design for End-of-lease Computer Products Recovery, *Transportation Research Part E*.
- Listeş, o. ve Dekker, R.**(2005). A Stochastic Approach to a Case Study for Product Recovery Network Design, *European Journal of Operational Research*, **160**, 268-287.
- Listeş, O.,**(2007). “A Generic Stochastic Model for Supply-and-Return Network Design”,*Computers and Operations Research*, **34**, 417-442.
- Louwers, D., Kip, B.J., Peters, E., Souren, F., Flapper, S.D.P.**(1999).A Facility Location Allocation Model for Reusing Carpet Material, *Computers and Industrial Engineering*, **36**, 855– 869.
- Lu, Z. , Bostel,N.**(2007). A facility location model for logistics systems including reverse flows: The case of remanufacturing activities, *Computers and Operations Research* ,**34**, 299–323.
- Min H., Ko, H.J., Ko, C.S.**(2006). A Genetic Algorithm Approach to Developing the Multiechelon Reverse Logistics Network for Product Returns, *Omega*, **34**, 56-69.

- Nakıboğlu, G.**(2007).Tersine lojistik: Dünyadaki önemi ve uygulamaları, *Gazi Üniversitesi iktisadi ve idari Bilimler Fakültesi Dergisi*, **9 / 2** ,181 – 196.
- Öztürk,M.** (2007). Sağlık Kuruluşlarında atık yönetimi,Tıbbi atıkların kontrolü yönetmeliği ve getirdiği sorumluluklar,5.*Ulusal sterilizasyon ve dezenfeksiyon kongresi*.
- Pati, R.K., Vrat, P., Kumar, P.** (2008). A Goal Programming Model for Paper Recycling System, *Omega*, **36**, 405- 417.
- Ravi, V. ve Ravi,S.**(2004). Analysis of Interactions Among The Barries of Reverse Logistics, *Technological Forecasting and Social Change*, 1013-1017.
- Ravi, V. ve Shankar, R.** (2005).Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics, *Technological Forecasting & Social Change*, **72**, 1011-1029.
- Rogers, D., ve Tibben, R.S.,** (1999). Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices. Reverse Logistics Executive Council.
- Rogers, D. ve Tibben, R.S.,** (2001).An Examination of Reverse Logistics Practices,*Journal of Business Logistics*, **22**, 129-147.
- Shi, L., Fan,H., Gao,P., Zhang,H.**(2009).Network Model and Optimization of Medical Waste Reverse Logistics by Improved Genetic Algorithm, *Springer* , 40–52.
- Shih, L.S.,**(2001) “Reverse Logistics System Planning for Recycling Electrical Appliances and Computers in Taiwan”, *Resources, Conservation and Recycling*, **32**, 55-72.
- Spengler T., Püchert H., Penkuhn T., Rentz O.** (1997).Environmental Integrated Production and Recycling Management, *European Journal of Operational Research*, **97**, 308-326.
- Stock J.R.,** (2001). Reverse Logistics in The Supply Chain, *Global Purchasing & Supply Chain Strategies*, 44-48.
- Şengül Ü.** (2009). Tersine lojistik kavramı ve tersine lojistik ağı tasarımı.
- Şengül, Ü.** (2010).Tersine lojistik ağ tasarımında karma tamsayılı programlama modeli ve ambalaj atıkları geri dönüşümü için bir uygulama, (Doktora tezi).Adres: <http://yok.gov.tr>.
- Tang Q., Xie, F.**(2007).A Genetic Algorithm for Reverse Logistics Network Design, Third International Conference on Natural Computation, **4**, 277-281.
- Thierry M., Salomon M., Nunen V.J., Wasenhove L.V.**(1995).Strategic Issues in Product Recovery Management, *California Management Review*, **37(2)** .
- Tibben-Lembke, R.S. ve Rogers, D.S.** (2002). Differences Between Forward and Reverse Logistics in a Retail Environment, *Supply Chain Management: An International Journal*, **7(5)** , 271-282.
- Wang, C.H., Even, J.C., Adams, S.K.** (1995). A Mixed Integer Linear Model for Optimal Processing and Transport of Secondary Materials, Resources, Conservation and Recycling, **15**, 65-78.

Xanthopoulos, A. ve Iakovou, E.(2006).A Methodological Framework for the Efficient Configuration of a Reverse Logistics Network, in Protection,114-135.

Yongsheng, Z., ve Shouyang, W., (2008): Generic model of reverse logistics network design, *Journal of Transportaion Systems Engineering and Information Technology*, **8**, 71-78.

Url-1 <www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/yonetmelikler/tibbi >, alındığı tarih: 29.05.2012.

Url2<<http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/atikyonetimi/Files/Belgeler/sagmenu/atikeylemplani.pdf> >, alındığı tarih: 13.07.2012.

Url-3<<http://www.geposb.com.tr/tr/SolDetay.php?ID=97>>alındığı tarih:22.06.2012.

Url-4< <http://www.izaydas.com.tr/icerik.asp?id=37>>, alındığı tarih: 15.07.2012.

Url5<<http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/atikyonetimi/Files/Birimler/Özel%20Atık/tibbi%20atık/2010%20tibbi%20atık%20durum%20raporu.pdf>>, alındığı tarih: 02.06.2012.

Url-6 <<http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/tibbi/tibbiatikkavuz.pdf>,> alındığı tarih: 06.08.2012.

Url-7 <<http://www.dpt.gov.tr/bgysu/koy/koy68-99.html> >, alındığı tarih: 23.05.2012.

Url-8 < www.supply-chain.org>, alındığı tarih:31.10.2012.

EKLER

EK A: Senaryo 1 için bilgiler

EK B : Senaryo 6 için bilgiler

EK A

Çizelge A.1 : Senaryo 1 için toplama merkezlerindeki miktarlar/ton.

1 Adana:7600	42 Konya :760
2 Adıyaman:855	43 Kütahya:1520
3 Afyonkarahisar:1520	44 Malatya:1520
4 Ağrı:760	45 Manisa:3040
5 Amasya:760	46 Kahramanmaraş:950
6 Ankara:16.416	47 Mardin:1140
7 Antalya:7125	48 Muğla:3325
8 Artvin:190	49 Muş:570
9 Aydın:3800	50 Nevşehir:760
10 Balıkesir:4275	51 Niğde:1520
11 Bilecik:760	52 Ordu:665
12 Bingöl:380	53 Rize:760
13 Bitlis:475	54 Sakarya:1900
14 Bolu:760	55 Samsun:2660
15 Burdur:760	56 Siirt:475
16 Bursa:9120	57 Sinop:190
17 Çanakkale:1140	58 Sivas:570
18 Çankırı:190	59 Tekirdağ:2850
19 Çorum:475	60 Tokat:570
20 Denizli:3325	61 Trabzon:1900
21 Diyarbakır:1330	62 Tunceli:95
22 Edirne:1140	63 Şanlıurfa:1425
23 Elazığ:1140	64 Uşak:760
24 Erzincan:190	65 Van:1520
25 Erzurum:760	66 Yozgat:475
26 Eskişehir:2850	67 Zonguldak:1520
27 Gaziantep:3800	68 Aksaray:285

Çizelge A.1(devam):Senaryo 1 için toplama merkezlerindeki miktarlar/ton.

28 Giresun:380	69 Bayburt:95
29 Gümüşhane:190	70 Karaman:760
30 Hakkari:380	71 Kırıkkale:760
31 Hatay:3040	72 Batman:760
32 Isparta:1140	73 Şırnak:665
33 Mersin:6175	74 Bartın:190
34 İstanbul:45.600	75 Ardahan:190
35 İzmir:13680	76 Iğdır:285
36 Kars:475	77 Yalova:190
37 Kastamonu:285	78 Karabük:190
38 Kayseri:4750	79 Kilis:190
39 Kırklareli:1425	80 Osmaniye:1140
40 Kırşehir:760	81 Düzce :760
41 Kocaeli:6384	

Çizelge A.2 : Senaryo 1 için geçici depo bilgileri.

Açılan depolar	Geçici Atık gönderilen iller ve miktarları(ton/yıl)	Kullanılan kapasite	Kullanılmayan kapasite
Adana	Adana-7600 Mersin-6175 Karaman-760	14.535	8865
Ankara	Ankara-14.830 Eskişehir-2850	17.680	0
Antalya	Afyonkarahisar-1520 Antalya-7125 Burdur-760 Denizli-3325 Isparta-1140 Konya-676,558 Kütahya-1520	16.826,558	6573,5

Çizelge A.2 (devam) :Senaryo 1 için geçici depo bilgileri.

	Uşak-760		
Çanakkale	Bursa-3943,53 Çanakkale-1140 Edirne-1140 İstanbul-231,863 Kırklareli-1425 Tekirdağ-2850	10.730,4	12.669,6
Diyarbakır	Diyarbakır-1330 Mardin-1140 Siirt-475 Batman-760	3705	7995
Erzurum	Ağrı-760 Artvin-190 Bingöl-380 Kars-475 Erzincan-190 Erzurum-760 Bayburt-95 Ardahan-190 İğdır-285	3154	8546
Gaziantep	Adıyaman-855 Gaziantep-3800 Hatay-3040 Kahramanmaraş-950 Şanlıurfa-1425 Kilis-190 Osmaniye-1140	11.400	300
İstanbul	İstanbul-23.400	23.400	0
İzmir	Balıkesir-4275 Bursa-2405 İzmir-13680 Manisa-3040	23.400	0
Kırıkkale	Amasya-760	5849,4	11.830,6

Çizelge A.2 (devam):Senaryo 1 için geçici depo bilgileri.

	Ankara-1586 Çankırı-190 Çorum-475 Kastamonu-285 Kırşehir-760 Konya-83.41 Sinop-190 Yozgat-475 Aksaray-285 Kırıkkale-760		
Kayseri	Kayseri-4759 Nevşehir-760 Niğde-1520	7039	10.641
Kocaeli	İstanbul-16.826 Kocaeli-6384 Yalova-190	23.400	0
Malatya	Malatya-1520 Elazığ-1149 Sivas-570 Tunceli-95	3334	8366
Muğla	Aydın-3800 Muğla-3325	7125	1675
Muş	Bitlis-475 Muş-570 Van-1520	2565	9135
Ordu	Giresun-380 Ordu-665 Samsun-2660 Tokat-570	4275	13.405
Şırnak	Hakkari-380 Şırnak-665	3895	7805
Trabzon	Gümüşhane-190 Rize-760	2850	14.830

Çizelge A.2(devam): Senaryo 1 için geçici depo bilgileri.

	Trabzon-1900		
Zonguldak	Bilecik-760 Bolu-760 Bursa-2771,47 İstanbul-5374 Sakarya-1900 Zonguldak-1520 Bartın-190 Düzce-190 Karabük-190	13.655,47	4024,53

Çizelge A.3 : Senaryo 1 için sterilizasyon merkezi bilgileri.

Açılan sterilizasyon merkezleri	Tıbbi Atık gönderen depolar ve miktarları(ton/yıl)	Kullanılan kapasite	Kullanılmayan kapasite
Ankara	Ankara-3606,72 Kırıkkale-1193,28	4800	0
Antalya	Antalya-3432,62	3432,62	4067,38
Bursa	Çanakkale-868,8 Kocaeli-4747,2	5616	0
Erzurum	Erzurum-678,3 Muş-81,25	759,55	1940,45
Gaziantep	Adana-2965,14 Gaziantep-2325,6 Kayseri-112,08 Şırnak-213,18	5616	0
İzmir	Çanakkale-1272,9 İzmir-4773,6 Muğla-1453,5	7500	0
Kocaeli	İstanbul-4773,6 Kocaeli-26,4	4800	0
Malatya	Diyarbakır-755,82 Kayseri-1323,88 Malatya-678,3	3200	0

Çizelge A.3 (devam) : Senaryo 1 için sterilizasyon merkezi bilgileri.

	Muş-442		
Trabzon	Ordu-872,1 Trabzon-581,4	1453,5	1546,5
Zonguldak	Zonguldak-2902	2902	1898

Çizelge A.4 : Senaryo 1 için yakma merkezi bilgileri.

Açılan yakma merkezleri	Tıbbi Atık gönderen depolar ve miktarları (ton/yıl)	Kullanılan kapasite	Kullanılmayan kapasite
Ankara	Ankara-1697,28 Kayseri-675,744 Kırıkkale-561,544 Ordu-410,4 Zonguldak-1365,65	4710,61	789,39
Erzurum	Erzurum-319,2 Muş-246,24 Trabzon-273,6	839,04	2860,96
Gaziantep	Adana-1395,36 Diyarbakır-355,68 Gaziantep-1094,4 Malatya-319,2 Şırnak-100,32	3264,96	435,04
Kocaeli	İstanbul-2246,4 Kocaeli-2246,4	4492,8	3507,2
Manisa	Antalya-1615,35 Çanakkale-1007,86 İzmir-2246,4 Muğla-684	5553,61	2446,39

Çizelge A.5 : Senaryo 1 için kireçle gömme merkezi bilgileri.

Açılan kireçle gömme tesisleri	Tıbbi atık gönderen depolar ve miktarları(ton/yıl)	Kullanılan kapasite	Kullanılmayan kapasite
Adana	Adana-4360,5	4360,5	4639,5
Ankara	Ankara-5304	5304	1196
Antalya	Antalya-5048,98 Muğla-157,5	5206,48	3793,52
Bolu	Kocaeli-2807,64	2807,64	3692,36
Diyarbakır	Diyarbakır-1111,5 Erzurum-997,5 Muş-769,5 Şırnak-313,5	3192	1808
Düzce	Kocaeli-2232,36 Zonguldak-4267,64	6500	0
İstanbul	İstanbul-7020 Kocaeli-1980	8000	1000
İzmir	İzmir-7020 Muğla-1980	8000	1000
Kırıkkale	Kırıkkale-1754,82	1754,82	4745,18
Kilis	Gaziantep-3420	3420	1580
Malatya	Malatya-997,5	997,5	4002,5
Nevşehir	Kayseri -2111,7	2111,7	4388,3
Ordu	Ordu-1282,5 Trabzon-855	2137,5	4362,5
Tekirdağ	Çanakkale-3149,56	3149,56	5850,44

Çizelge A.6 : Senaryo 1 için öğütücü merkezi bilgileri.

Açılan öğütücü tesisleri	Evsel atık gönderen depolar ve miktarları (ton/yıl)	Kullanılan kapasite	Kullanılmayan kapasite
Ankara	Ankara-7072 Kırıkkale-2339,76	9411,76	20.599,24
Antalya	Antalya-6730,64	6730,64	23.269,36
Aydın	Muğla-2850	2850	27.150
Bursa	Çanakkale-4199,41	4199,41	25.800,59
Erzurum	Erzurum-1330 Muş-1026	2356	27.644
Gaziantep	Adana-5814 Diyarbakır-1482 Gaziantep-4560 Malatya-1330 Şırnak-418	13.604	16.396
İzmir	İzmir-9360	9360	20.640
Kayseri	Kayseri-2815,6	2815,6	27.184,4
Kocaeli	İstanbul-9360 Kocaeli-9360 Zonguldak-5690	24.410	5590
Trabzon	Ordu-1710 Trabzon-1140	2850	27.150

Çizelge A.7 : Senaryo 1 için tıbbi atıkların düzenli depolama merkezi bilgileri.

Düzenli depolama merkezleri	Sterilizasyon merkezinden gelen atıklar(ton/yıl)	Yakma merkezinden gelen atıklar(ton/yıl)
Adana	Ankara-4800 Zonguldak-2902	Ankara-4710,61
Bursa	Kocaeli-4800 Bursa-5616	Kocaeli-4492,8
Denizli	Antalya-3432,62	
Erzincan	Erzurum-759,566 Trabzon-1453,5	Erzurum-839,04
Gaziantep	Gaziantep-5616	Gaziantep-3264,96
İzmir	İzmir-7500	Manisa-5553,61
Malatya	Malatya-3200	

Çizelge A.8 : Senaryo 1 için evsel atıkların düzenli depolama merkezi bilgileri.

Düzenli depolama merkezleri	Öğütücü merkezinden gelen atıklar(ton/yıl)
Ankara	Ankara-9411,76
Antalya	Antalya-6730,64
Aydın	Aydın-2850
Bursa	Bursa-4199,41
Erzurum	Erzurum-2356
Gaziantep	Gaziantep-13.604
İzmir	İzmir-9360
Kocaeli	Kocaeli-24.410
Trabzon	Trabzon-2850
Yozgat	Kayseri-2815,6

EK B**Çizelge B.1 : Senaryo 6 için toplama merkezindeki miktarlar/ton.**

1 Adana: 11.400	42 Konya : 1140
2 Adıyaman: 1282,5	43 Kütahya: 2280
3 Afyonkarahisar: 2280	44 Malatya: 2280
4 Ağrı: 1140	45 Manisa: 4560
5 Amasya: 1140	46 Kahramanmaraş: 1425
6 Ankara: 24624	47 Mardin: 1710
7 Antalya: 10687,5	48 Muğla: 4987,5
8 Artvin: 285	49 Muş: 855
9 Aydın: 5700	50 Nevşehir: 1140
10 Balıkesir: 6412,5	51 Niğde: 2280
11 Bilecik: 1140	52 Ordu: 997,5
12 Bingöl: 570	53 Rize: 1140
13 Bitlis: 712,5	54 Sakarya: 2850
14 Bolu: 1140	55 Samsun: 3990
15 Burdur: 1140	56 Siirt: 712,5
16 Bursa: 13.680	57 Sinop: 285
17 Çanakkale: 1710	58 Sivas: 855
18 Çankırı: 285	59 Tekirdağ: 4275
19 Çorum: 712,5	60 Tokat: 855
20 Denizli: 4987,5	61 Trabzon: 2850
21 Diyarbakır: 1995	62 Tunceli: 142,5
22 Edirne: 1710	63 Şanlıurfa: 2137,5
23 Elazığ: 1710	64 Uşak: 1140
24 Erzincan: 285	65 Van: 2280
25 Erzurum: 1140	66 Yozgat: 712,5
26 Eskişehir: 4275	67 Zonguldak: 2280
27 Gaziantep: 5700	68 Aksaray: 427,5

Çizelge B.1(devam) : Senaryo 6 için toplama merkezindeki miktarlar/ton.

28 Giresun: 570	69 Bayburt: 142,5
29 Gümüşhane: 285	70 Karaman: 1140
30 Hakkari: 570	71 Kırıkkale: 1140
31 Hatay: 4560	72 Batman: 1140
32 Isparta: 1710	73 Şırnak: 997,5
33 Mersin: 9262,5	74 Bartın: 285
34 İstanbul: 68.400	75 Ardahan: 285
35 İzmir: 20.520	76 Iğdır: 427,5
36 Kars: 712,5	77 Yalova: 285
37 Kastamonu: 427,5	78 Karabük: 285
38 Kayseri: 7138,5	79 Kilis: 285
39 Kırklareli: 2137,5	80 Osmaniye: 1710
40 Kırşehir: 1140	81 Düzce : 1140
41 Kocaeli: 9576	

Çizelge B.2 : Senaryo 6 için geçici depo bilgileri.

Açılan geçici depolar	Atık gönderen iller ve miktarları(ton/yıl)	Kullanılan kapasite	Kullanılmayan kapasite
Adana	Adana-11400 Mersin-9263 Karaman-1140	21.803	1597
Adıyaman	Adıyaman-1283	1283	11.417
Ankara	Ankara-12.265 Bilecik-1140 Eskişehir-4275	17.680	0

Çizelge B.2 (devam):Senaryo 6 için geçici depo bilgileri.

Antalya	Afyon-2280 Antalya-10.688 Burdur-1140 Bursa-3022 Isparta-1710 Konya-1140 Kütahya-2280 Uşak-1140	23.400	0
Bingöl	Bingöl-570 Tunceli-143	713	10.987
Çanakkale	Balıkesir-369 Bursa-6762 Çanakkale-1710 Edirne-1710 İstanbul-6436 Kırklareli-2138 Tekirdağ-4275	23.400	0
Çorum	Amasya-1140 Çorum-713	1853	15.827
Diyarbakır	Diyarbakır-1995 Mardin-1710 Siirt-713 Batman-1140	5558	6142
Erzurum	Ağrı-1140 Artvin-285	4419	7281

Çizelge B.2 (devam) : Senaryo 6 için geçici depo bilgileri.

	Erzincan-285 Erzurum-1140 Kars-713 Bayburt-143 Ardahan-285 Iğdır-428		
Gaziantep	Gaziantep-5700 Hatay-4290 Kahramanmaraş-1425 Kilis-285	11.700	0
İstanbul	İstanbul-23.400	23.400	0
İzmir	Balıkesir-2880 İzmir-20.520	23.400	0
Kastamonu	Bolu-1140 Kastamonu-428 Kocaeli-9340 Sakarya-2850 Sinop-285 Bartın-285 Yalova-285 Karabük-285 Düzce-1140	16.038	1642
Kayseri	Kayseri-7139 Nevşehir-1140	10.987	6693

Çizelge B.2(devam) : Senaryo 6 için geçici depo bilgileri.

	Niğde-2280 Aksaray-428		
Kırıkkale	Ankara-12.359 Bursa-3896 Çankırı-285 Kırıkkale-1140	17.680	0
Kocaeli	İstanbul-23.164 Kocaeli-236	23.400	0
Malatya	Elazığ-1710 Malatya-2280 Sivas-855	4845	12.835
Muğla	Aydın-5700 Balıkesir-3164 Denizli-4988 Manisa-4560 Muğla-4988	23.400	0
Muş	Bitlis-713 Muş-855 Van-2280	3848	7852
Ordu	Giresun-570 Ordu-998 Samsun-3990	5558	12.122
Osmaniye	Hatay-270 Osmaniye-1710	1980	15.700

Çizelge B.2 (devam) : Senaryo 6 için geçici depo bilgileri.

Şanlıurfa	Şanlıurfa-2138	2138	9562
Şırnak	Hakkari-570 Şırnak-998	1568	10.132
Tokat	Tokat-855	855	16.825
Trabzon	Gümüşhane-285 Rize-1140 Trabzon-2850	4275	13.405
Yozgat	Kırşehir-1140 Yozgat-713	1853	15.827
Zonguldak	İstanbul-15.400 Zonguldak-2280	17.680	0

Çizelge B.3 : Senaryo 6 için sterilizasyon merkezi bilgileri.

Açılan sterilizasyon merkezleri	Tıbbi atık gönderen depolar ve miktarları (ton/yıl)	Kullanılan kapasite	Kullanılmayan kapasite
Adana	Adana-2900,16	2900,16	4599,84
Ankara	Ankara-3606,72 Kırıkkale-1193,28	4800	0
Antalya	Antalya-4773,6	4773,6	2726,4
Aydın	Muğla-3200	3200	0
Bursa	Çanakkale-4773,6 Kocaeli-842,4	5616	0
Çorum	Çorum-378,012	3649,7	250,3

Çizelge B.3 (devam) : Senaryo 6 için sterilizasyon merkezi bilgileri.

	Kastamonu-3271,75		
Erzurum	Erzurum-901,476	901,476	1798,5
Gaziantep	Adana-1547,65 Adıyaman-261,732 Diyarbakır-27,036 Gaziantep-2386,8 Kayseri-232,8 Osmaniye-403,92 Şanlıurfa-436,152 Şırnak-319,872	5615,9	0,1
İstanbul	İstanbul-3904,8	3904,8	3595,2
İzmir	İzmir-4773,6 Muğla-1573,6	6347,2	1152,8
Kırşehir	Kayseri-2008,55 Kırıkkale-2413,44 Yozgat-378,01	4800	0
Kocaeli	İstanbul-868,8 Kocaeli-3931,2	4800	0
Malatya	Bingöl-145,452 Diyarbakır-1106,7 Malatya-988,3 Muş-784,9 Tokat-174,42	3200	0
Trabzon	Ordu-1133,83	2005,9	995

Çizelge B.3 (devam) : Senaryo 6 için sterilizasyon merkezi bilgileri.

	Trabzon-872,1		
Zonguldak	Zonguldak-3606,7	3606,7	1193,3

Çizelge B.4 : Senaryo 6 için yakma merkezi bilgileri.

Açılan merkezleri	yakma Tıbbi atık gönderen depolar ve miktarları (ton/yıl)	Kullanılan kapasite	Kullanılmayan kapasite
Ankara	Adana-37,7 Ankara-1697,2 Çorum-177,8 Kastamonu-1539,6 Kayseri-175,23 Kırıkkale-1697,28	5324,81	175,19
Erzurum	Bingöl-68,44 Diyarbakır-533,56 Erzurum-424,22 Muş-369,4 Şırnak-150,5 Trabzon-410,4	1956,5	1743,5
Gaziantep	Adana-2058,3 Adıyaman-123,1 Gaziantep-1123,2 Osmaniye-190,08 Şanlıurfa-205,24	3700	0
Kocaeli	Çanakkale-985,6 İstanbul-2246,4	7175,6	824,4

Çizelge B.4(devam) : Senaryo 6 için yakma merkezi bilgileri.

	Kocaeli-2246,4 Zonguldak-1697,28		
Manisa	Antalya-2246,4 Çanakkale-1260,8 İzmir-2246,4 Muğla-2246,4	8000	0
Sivas	Kayseri-879,5 Malatya-465,12 Ordu-533,56 Tokat-82,08	1960,2	3539,8

Çizelge B.5 : Senaryo 6 için kireçle gömme merkezi bilgileri.

Açılan kireçle gömme merkezi	Tıbbi atık gönderen depolar ve miktarları (ton/yıl)	Kullanılan kapasite	Kullanılmayan kapasite
Adana	Adana-6540,9 Osmaniye-594	7134,9	1865,1
Ankara	Ankara-5340	5340	1160
Antalya	Antalya-7020	7020	1980
Bolu	Kocaeli-3844	3844	2656
Diyarbakır	Bingöl-213,9 Diyarbakır-1667,4 Erzurum-1325,7 Muş-1154,4	4831,4	168,6

	Şırnak-470,4		
Düzce	Kocaeli-1196 Zonguldak-5304	6500	0
İstanbul	İstanbul-7020 Kocaeli-1980	9000	0
İzmir	İzmir-7020 Muğla-1980	9000	0
Kırıkkale	Çorum-555,9 Kırıkkale-5304 Yozgat-555,9	6415,8	84,2
Kilis	Gaziantep-3510	3510	1490
Malatya	Malatya-1453,5	1453,5	3546,5
Nevşehir	Kayseri-3296,1	3296,1	3203,9
Ordu	Ordu-1667,4 Tokat-256,5 Trabzon-1282,5	3206,4	3293,6
Sinop	Kastamonu-4811,4	4811,4	1688,6
Şanlıurfa	Adıyaman-384,9 Şanlıurfa-641,9	1026,8	3973,2
Tekirdağ	Çanakkale-7020	7020	1980
Uşak	Muğla-5040	5040	3960

Çizelge B.6 : Senaryo 6 için öğütücü merkezi bilgileri.

Açılan öğütücü merkezleri	Evsel atık gönderen depolar ve miktarları (ton/yıl)	Kullanılan kapasite	Kullanılmayan kapasite
Ankara	Ankara-7072 Çorum-741,2 Kastamonu-6415,2 Kırıkkale-7072 Tokat-342 Yozgat-741,2	22.383,6	7616,4
Antalya	Antalya-9360	9360	20.640
Aydın	Muğla-9360	9360	20.640
Bursa	Çanakkale-9360	9360	20.640
Erzurum	Bingöl-285,2 Erzurum-1767,6 Muş-1539,2	3565	26.435
Gaziantep	Adana-8721,2 Adıyaman-513,2 Diyarbakır-2223,2 Gaziantep-4680 Malatya-1938 Osmaniye-792 Şanlıurfa-855,2 Şırnak-627,2	20.350	9650

Çizelge B.6 (devam) :Senaryo 6 için öğütücü merkezi bilgileri.

İzmir	İzmir-9360	9360	20.640
Kayseri	Kayseri-4394,8	4394,8	25.605,2
Kocaeli	İstanbul-9360 Kocaeli-9360 Zonguldak-7072	25.792	4280
Trabzon	Ordu-2223,2 Trabzon-1710	3933,2	26.066,8

Çizelge B.7 : Senaryo 6 için tıbbi atıkların düzenli depolama merkezi bilgileri.

Düzenli depolama merkezleri	Sterilizasyon merkezinden gelen atıklar(ton/yıl)	Yakma merkezinden gelen atıklar(ton/yıl)
Adana	Ankara-4800 Çorum-3649,76 Diyarbakır-4800 Zonguldak-3606,72	Ankara-5500
Bursa	Kocaeli-4800 Bursa-5616 İstanbul-3904,8	Kocaeli-7175,68
Denizli	Antalya-4773,6 Aydın-3200	
Erzincan	Erzurum-901,476 Trabzon-2005,93	Erzurum-1956,58 Sivas-1960,29
Gaziantep	Gaziantep-5616 Adana-2900,16	Gaziantep-3700
İzmir	İzmir-6347,2	Manisa-8000
Malatya	Malatya-3200	

Çizelge B.8 : Senaryo 6 için evsel atıkların düzenli depolama merkezi bilgileri.

Düzenli depolama merkezleri	Öğütücü merkezinden gelen atıklar(ton/yıl)
Ankara	Ankara-22.383,6
Antalya	Antalya-9360
Aydın	Aydın-9360
Bursa	Bursa-9360
Erzurum	Erzurum-3592
Gaziantep	Gaziantep-20.350
İzmir	İzmir-9360
Kocaeli	Kocaeli-25.792
Trabzon	Trabzon-3933,2
Yozgat	Kayseri-4394,8

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Ayşenur BUDAK

Doğum Yeri ve Tarihi: İzmir- 25.09.1987

Lisans: Sabancı Üniversitesi-2010

Üretim Sistemleri ve Endüstri Mühendisliği