

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TERSİNE LOJİSTİK AÇISINDAN KATI ATIK YÖNETİMİNİN
İNCELENMESİ VE KAZANÇ ENÇOKLANMASI ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Öner ÇETİN

İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı

İşletme Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TERSİNE LOJİSTİK AÇISINDAN KATI ATIK YÖNETİMİNİN
İNCELENMESİ VE KAZANÇ ENÇOKLANMASI ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Öner ÇETİN
(507091044)**

İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı

İşletme Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sıtkı GÖZLÜ

HAZİRAN 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507091044 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Öner ÇETİN** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“TERSİNE LOJİSTİK AÇISINDAN KATI ATIK YÖNETİMİNİN İNCELENMESİ VE KAZANÇ ENÇOKLANMASI ÜZERİNE BİR UYGULAMA”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Sıtkı GÖZLÜ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Ferhan ÇEBİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Esra BAŞ
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **25 Nisan 2013**
Savunma Tarihi : **06 Haziran 2013**

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, son yıllarda sürekli değişen ekonomik koşullara uyum sağlayabilmek, çevresel sorunlara çözüm üretebilmek ve yasal zorunlulukları yerine getirebilmek amacıyla şirketler tarafından uygulanması hızla artan tersine lojistik süreci ve bu sürecin katı atıkların daha etkin ve verimli bir şekilde yönetilmesine olan etkileri incelenmiştir. Şirketlere ekonomik anlamda önemli yükümlülükler getiren katı atık yönetimi, tersine lojistik açısından değerlendirildikten sonra kazanç ençoklanması üzerine bir model kurulmuş ve sonuçları irdelenmiştir.

Çalışmanın her aşamasında yardımları ve yol gösterici fikirlerinden dolayı değerli Prof. Dr. Sıtkı Gözlü'ye, kurulan model için gerekli verilerin elde edilmesindeki yardımlarından dolayı Teklas A.Ş. çalışanlarına, değerli arkadaşlarıma ve aileme çok teşekkür ederim.

Haziran 2013

Öner Çetin
(Kimya Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. TERSİNE LOJİSTİK	3
2.1 Tersine Lojistiğin Tanımı Üzerine Literatür Araştırması.....	3
2.2 Tersine Lojistiğin Önemi	7
2.3 Dünyada Tersine Lojistik	11
2.4 Türkiye’de Tersine Lojistik.....	13
2.5 Tersine Lojistik Uygulanmasının Nedenleri	16
2.5.1 Çevresel faktörler	19
2.5.1.1 Yasal düzenlemeler	19
2.5.1.2 Yeşil lojistik	20
2.5.2 Ekonomik faktörler	21
2.5.2.1 Rekabet.....	21
2.5.2.2 Kar marjı	23
2.5.2.3 Müşteri memnuniyeti	24
2.6 Tersine Lojistik ile İleri Lojistiğin Farkları.....	25
2.7 Tersine Lojistiğin Önündeki Engeller	28
3. TERSİNE LOJİSTİK AĞI.....	33
3.1 Literatür Araştırması	33
3.2 Tersine Lojistik Ağı Türleri	36
3.3 Tersine Lojistik Ağındaki Faaliyetler	39
3.3.1 Literatür araştırması	39
3.3.2 Tersine lojistik ağındaki temel faaliyetler.....	43
3.3.2.1 Geri dönüştürme.....	44
3.3.2.2 Yeniden üretim.....	45
3.3.2.3 Yeniden kullanma	45
3.3.2.4 Yenileme	45
3.3.2.5 Onarma	45
3.3.2.6 Dış kaynak kullanımı	46
3.4 Tersine Lojistikte Geri Dönüşler.....	46
3.5 Tersine Lojistik Ağ Yapısı	49
3.5.1 Tersine lojistik ağ yapısının özellikleri.....	49
3.5.2 Tersine lojistik hiyerarşisi	50
3.5.3 Tersine lojistik ağı tasarımı.....	51
3.5.3.1 Tersine lojistik ağı tasarımında dikkat edilecek noktalar.....	54

3.6 Tersine Lojistikte Maliyet	58
4. KATI ATIK YÖNETİMİ	63
4.1 Atıklar ve Katı Atıklar	66
4.1.1 Katı atıklar	68
4.1.1.1 Evsel atıklar	69
4.1.1.2 Endüstriyel atıklar	69
4.1.1.3 Tarımsal atıklar	70
4.1.1.4 Tehlikeli atıklar	70
4.1.1.5 Tıbbi atıklar	72
4.2 Atığı Üründen Ayıran Kriterler	73
4.3 Atık ve Katı Atık Yönetimi	74
4.4 Katı Atık Yönetiminin Bileşenleri	77
4.4.1 Atıkların oluşumu	78
4.4.2 Atıkların ayrılması	78
4.4.3 Atıkların toplanması	78
4.4.4 Atıkların taşınması	79
4.4.5 Atıkların tekrar kullanımı ve geri kazanılması	79
4.4.6 Atıkların yok edilmesi	80
4.5 Katı Atık Yönetiminde Dış Kaynak Kullanımı	80
5. TERSİNE LOJİSTİK İLE KATI ATIK YÖNETİMİNİN İLİŞKİSİ	83
5.1 Tersine Lojistik Süreci İçinde Katı Atıklara Uygulanan İşlemler	87
5.1.1 Atıkların geri dönüştürülmesi	89
5.1.2 Atıkların yeniden üretime dahil edilmesi	91
5.1.3 Atıkların yeniden kullanımı	91
5.1.4 Atıkların bertaraf edilmesi	92
5.2 Çevreye Duyarlı İşletme ve Sürdürülebilirlik	97
5.3 Katı Atık Yönetiminin Yasal Düzenlemeler Açısından Değerlendirilmesi ...	101
5.4 Katı Atık Yönetiminin Ekonomik Açısından Değerlendirilmesi	102
6. TERSİNE LOJİSTİK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLEN KATI ATIKLARIN YÖNETİMİ İÇİN KAZANÇ ENÇOKLAMA MODELİ	105
6.1 Şirketin Tanıtımı	105
6.2 Şirketin Üretim Sisteminin Analizi	106
6.2.1 Ürün gamı	106
6.2.2 Muallimköy tesisi üretim sistemi	107
6.2.2.1 Kauçuk hortum üretimi	107
6.2.2.2 Fren hortumu üretimi	110
6.2.2.3 Plastik parça üretimi	112
6.2.2.4 Kalıp/aparat/otomasyon	114
6.3 Şirketin Katı Atık Yönetimi Süreci	115
6.3.1 Tehlikeli atıklar	117
6.3.2 Evsel atıklar	118
6.3.3 Geri dönüştürülen katı atıklar	118
6.3.4 Tekrar kullanılabilen katı atıklar	120
6.3.5 Diğer katı atıklar	120
6.3.6 Üretim esnasında oluşan katı atıklar ve katı atıklara uygulanan işlemler	120
6.4 Şirketin Katı Atık Yönetiminin Tersine Lojistik Açısından İncelenmesi	123
6.5 İşletmede Uygulanacak Katı Atık Yönetiminin Analiz Edilme Süreci	125
6.6 Katı Atık Yönetimi İçin Tasarlanan Tersine Lojistik Ağ yapısı	126
6.7 Tersine Lojistik Açısından Değerlendirilen Katı Atık Yönetimi İçin Model.	128
6.7.1 Amaç fonksiyonu	130

6.7.2 Kısıtlar.....	134
6.7.3 Veriler	136
6.7.4 Vakalar	140
6.7.5 Vakaların değerdendirilmesi.....	143
7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	147
KAYNAKLAR	153
EKLER.....	159
ÖZGEÇMİŞ.....	175

KISALTMALAR

EPDM	: Etilen propilen dimonomer
İZAYDAŞ	: İzmit atık ve artıkları arıtma yakma ve değerlendirme anonim şirketi
KAKY	: Katı atıkların kontrolü yönetmeliği
KAO	: Kalıp aparat otomasyon
LINGO	: Linear interactive and general optimizer (optimizasyon paket programı)
OSB	: Organize sanayi bölgeleri
TAKY	: Tehlikeli atıkların kontrolü yönetmeliği
TKKY	: Toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliği

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Tersine lojistiğin tanımında yer alan unsurlar (Lourenço ve Soto, 2002).	6
Çizelge 2.2 : Sektörlere ait ürün geri dönüş oranları (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998).	9
Çizelge 2.3 : Rogers ve Tibben-Lembke'nin (1998) araştırmasında yer alan firmaların stratejik hedeflerinin tersine lojistik açısından değerlendirilmiş oranları.	17
Çizelge 2.4 : Gilanlı ve arkadaşlarının (2012) araştırmasına göre işletmeleri tersine lojistik uygulama nedenleri.	18
Çizelge 2.5 : Tersine lojistiğin sağladığı rekabet avantajları (Jayamaraman ve Luo, 2007).	23
Çizelge 2.6 : İleri ve tersine lojistik faaliyetleri arasındaki temel farklar (Tibben-Lembke ve Rogers, 2002).	26
Çizelge 2.7 : Tersine lojistiğin maliyet düzeyi bakımından ileri lojistik ile karşılaştırılması (Tibben-Lembke ve Rogers, 2002).	27
Çizelge 2.8 : Tersine lojistiğin önündeki engeller.	28
Çizelge 2.9 : Gilanlı ve arkadaşlarının (2002) araştırmasına göre işletmelerin başarılı bir tersine lojistik uygulamasının önündeki engeller.	30
Çizelge 3.1 : Tersine lojistik faaliyetleri (Rogers ve Tibben-Lembke, 2001).	39
Çizelge 3.2 : Gilanlı ve arkadaşlarının (2012) araştırmasına göre ürünlerin geri dönme nedenleri.	48
Çizelge 5.1 : Chan ve Chan'in (2008) yaptığı anket araştırmasına göre tersine lojistik işlemlerini firmalara sağladıkların katkıların oransal gösterimi	85
Çizelge 5.2 : Mevcut bertaraf tesisleri kapasiteleri	96
Çizelge 5.3 : Çimento fabrikalarında alternatif yakıt olarak kullanılan atıkların türlere göre dağılımı.	97
Çizelge 6.1 : Kauçuk hortum üretim süreci esnasında oluşan katı atıklar	121
Çizelge 6.2 : Fren hortumu üretim süreci esnasında oluşan katı atıklar	122
Çizelge 6.3 : Plastik parça üretim süreci esnasında oluşan katı atıklar	122
Çizelge 6.4 : Kalıp aparat otomasyon bölümü üretim süreci esnasında oluşan katı atıklar	123
Çizelge 6.5 : Teklas Kauçuk A.Ş. nin çevre yönetimi kapsamında katı atıklar için takip ettiği yönetmelikler	124
Çizelge 6.6 : Rubio ve arkadaşlarının (2008) yaptığı çalışmaya göre literatürde tersine lojistik problemlerinin çözümü için kullanılan analiz teknikleri ve oranları	129
Çizelge 6.7 : Zaman adımlarına göre meydana gelen katı atık miktarları (birim: ton/zaman adımı)	138
Çizelge 6.8 : Amaç fonksiyonunda yer alan maliyet parametrelerin tahmini değerleri	139
Çizelge 6.9: Kısıt fonksiyonlarında yer alan parametrelerin tahmini değerleri.	140

Çizelge 6.10 :	Vaka 1 çalışmasında belirlenen varsayıma dahilinde zaman adımlarına göre meydana gelen katı atık miktarları (birim: ton/zaman adımı) ..	141
Çizelge 6.11 :	Vaka 3 çalışmasında belirlenen varsayım dahilinde zaman adımlarına göre meydana gelen katı atık miktarları (birim: ton/zaman adımı) ..	142
Çizelge 6.12 :	Vaka 5 çalışmasında belirlenen varsayım dahilinde zaman adımlarına göre meydana gelen katı atık miktarları (birim: ton/zaman adımı) ..	143
Çizelge 6.13 :	Vakaların maliyet açısından kıyaslanması	146

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : 1995-2005 yılları arasında yayınlanan makalelerin yıllara göre dağılımı (Rubio ve diğ., 2008).....	5
Şekil 3.1 : Kapalı çevrim tedarik zinciri (Blumber, 2005).	37
Şekil 3.2 : Tersine lojistik süreci (De Brito ve Dekker, 2003).	40
Şekil 3.3 : Tersine lojistik sisteminde yer alan faaliyetler (Stock ve diğ., 2002).	41
Şekil 3.4 : Ürün kurtarma seçenekleri piramidi (Skapa ve Klapalova, 2000)	42
Şekil 3.5 : Tersine lojistik sürecindeki 4 temel adım (Lambert ve diğ., 2011).	43
Şekil 3.6 : Tersine lojistik hiyerarşisi (Carter ve Ellram, 1998).	51
Şekil 3.7 : Kapalı çevrim tedarik zinciri.....	51
Şekil 3.8 : Geri kazanım tesislerinde geri dönüşüm süreçlerinin sınıflandırılması ...	52
Şekil 3.9 : En genel ifadeyle tersine lojistik süreci bileşenleri	53
Şekil 3.10 : En genel İleri ve Tersine Lojistik Sistemi	53
Şekil 3.11 : Tersine lojistik sürecinde müşteriye ulaştırılamayan ürünler ve atıklar için uygulanan işlemler	53
Şekil 3.12 : Tersine lojistik ağı	54
Şekil 3.13 : Tersine lojistik çerçevesi (De Brito, 2004).	56
Şekil 3.14 : Yüksek tersine lojistik maliyetlerinin nedenleri (Jian-guo ve diğ., 2007).	59
Şekil 4.1 : Yaşam döngüsüne dayalı entegre katı atık yönetimi (Developing integrated solid waste management plan, 2009).	64
Şekil 4.2 : Atıkların oluşumuna dayalı entegre katı atık yönetimi (Developing integrated solid waste management plan, 2009).	65
Şekil 4.3 : Yönetime dayalı entegre katı atık yönetimi (Developing integrated solid waste management plan, 2009).	66
Şekil 4.4 : Atık hiyerarşisi (Wilson ve diğ., 2001).	68
Şekil 4.5 : Katı atık yönetiminin temel adımları.....	77
Şekil 5.1 : Tersine lojistik ile yönetilen atık değerlendirme sisteminde temel adımlar (Grabara ve Nowakowska, 2009).	86
Şekil 5.2 : Tersine lojistiğin atık yönetimi açısından kapsamı (Setaputra, 2005)	87
Şekil 5.3 : Endüstriyel atıkların yönetilme süreci.....	88
Şekil 5.4 : Katı atıkların geri kazanılması, değerlendirilmesi ve bertaraf edilmesi...	94
Şekil 5.5 : Süreklilik anlayışıyla yönetilen endüstriyel pazarlamanın aşamaları (Lee ve Lam, 2012).	99
Şekil 5.6 : Tersine lojistik anlayışında çevresel bakış açısı ile ekonomik bakış açısının kıyaslanması (Akkerman ve Van Donk, 2006).	100
Şekil 6.1 : Ekstrüzyon hattı temel ekipmanları.....	108
Şekil 6.2 : Otoklav maça sistemi	109
Şekil 6.3 : Isıl işlemin yapıldığı fırın	109
Şekil 6.4 : Kauçuk hortum üretimi ve üretim esnasında ortaya çıkan atıklar.....	110
Şekil 6.5 : Fren hortum üretimi aşamaları	111
Şekil 6.6 : Fren hortumu üretimi esnasında ortaya çıkan atıklar	112
Şekil 6.7 : Plastik parça üretiminin aşamaları	113

Şekil 6.8 : Plastik komponent üretim esnasında ortaya çıkan atıklar	114
Şekil 6.9 : Tersine lojistiğin iş süreçlerine kattığı faydalar	125
Şekil 6.10 : Katı atıkların yönetimi için tasarlanan ağ yapısı	127
Şekil 6.11 : Modelin oluşturulması ve izlenecek yol.....	130
Şekil 7.1 : Tüm vaka çalışmalarında elde edilen kazanç miktarları, vaka çalışmalarının vaka 1 çalışması ile kıyaslandığında ortaya çıkan kazanç artış oranları.....	151

TERSİNE LOJİSTİK AÇISINDAN KATI ATIK YÖNETİMİNİN İNCELENMESİ VE MALİYET MİNİMİZASYONU ÜZERİNE BİR UYGULAMA

ÖZET

Bu çalışmada günümüzde birçok işletmenin ekonomik kazanç sağlamak, çevreye duyarlı bir üretim gerçekleştirmek ve yasalara uyum zorunluluğunu yerine getirmek amacıyla uyguladığı tersine lojistik süreci incelenmiştir. Geri dönen ürünlerden ve işletme bünyesinde oluşan atıklardan değer yaratmak ile ilişkilendirilen bu sürece katı atıkların etkin ve etkili bir şekilde yönetilmesi bakış açısıyla yaklaşmıştır. Bu bağlamda çalışmanın birinci bölümünde 1970’li yıllardan itibaren literatürde yer alan tersine lojistik üzerine yapılan araştırma ile tersine lojistik süreci tanımlanmış ve tersine lojistiğin önemi vurgulanmıştır. Bu önemi vurgulamak amacıyla 2000’li yıllarda yeşil üretim süreçlerine yönelimin hızla artmasıyla birçok işletmede uygulama alanı bulan tersine lojistiğin işletmeler tarafından neden uygulanmak istendiği ve neden uygulanmaktan kaçınıldığı tartışılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde tersine lojistiğin temel amaçlarından biri olarak gösterilen atıkların tekrar değerlendirilmesini kapsamlı bir şekilde anlamak amacıyla tersine lojistik sistemi stratejik, taktik ve operasyonel yönleri açısından incelenmiş ve etkin bir tersine lojistik ağı oluşturmak için gerekli karar yapıları belirtilmiştir. Bu kapsamda tersine akış içinde atıklara uygulanan ayırma, toplama, taşıma, depolama, yeniden üretime dahil etme ve bertaraf etme işlemleri, amaçları ve uygulama şekilleri açısından açıklanmış ve etkin bir tersine lojistik ağının nasıl olması gerektiği ifade edilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde işletmelerde üretim ve üretim dışı oluşan katı atıklar ve bu atıkların sahip oldukları teknik, çevresel, idari, ekonomik ve politik unsurlar incelenerek katı atık yönetiminin bileşenleri tanımlanmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde katı atıkların etkin bir şekilde yönetilmesi için çok güçlü bir ekonomik kaynak olarak görülen tersine lojistik katı atık yönetimi ile ilişkilendirilmiş ve bu bağlamda katı atıklara tersine lojistik süreci içinde uygulanan işlemler ifade edilmiştir. Bu ilişkilendirilmeyi daha kapsamlı anlatmak için tersine lojistik açısından incelen katı atık yönetimi, kullanılabilecek seviyede olan katı atıkların tekrar kullanımı, kullanılamayacak seviyede olan atıkların geri kazanım yoluyla çeşitli materyaller elde edilmesi ile katı atıkların bertarafının yapılarak çevreye olan zararlarının en düşük seviyeye indirilmesi süreçleri tersine lojistik açısından ele alınmıştır. Çalışmanın bu bölümünde temel olarak tersine lojistik süreci ile birlikte uygulanan atık yönetiminin geleneksel atık yönetiminden farklı olarak, atıklardan değer yaratmak amacıyla geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir atıklara odaklanıldığı ve elde edilen çıktıların tedarik zincirine yeniden dahil edildiği anlatılmak istenmiştir.

Çalışmanın son bölümünde tersine lojistik süreci ve katı atık yönetimi kavramsal olarak ele alındıktan sonra Teklas Kauçuk A.Ş. adlı işletmede gerçekleştirilecek tersine lojistik süreci analizi için öncelikle katı atık yönetimi yapısı incelenecek şirket hakkında bilgi verilmiş, şirkette katı atığın meydana geldiği üretim sistemleri tanıtılmıştır. Daha sonra, katı atıkların değerlendirilmesi için uygulanan ağ yapısı tersine lojistik açısından değerlendirilmiş ve uygulanabilecek en uygun süreci incelemek amacıyla kazanç ençoklama modeli tasarlanmıştır. Katı atıkların tersine lojistik süreci ile değerlendirilmesi için tasarlanan bu modelde, oluşan atıkların etkin ve etkili bir şekilde yönetilmesi amacıyla uygulanan işlemlerin meydana getirdiği kazancın ençoklanması amaçlanmıştır ve tersine lojistik süreci içinde yer alan yeniden üretim işleminin uygulanmadığı vaka 1 çalışması ile tersine lojistik uygulanan ve farklı şekilde oluşan katı atık ve kapasite miktarlarını içeren varsayımların bulunduğu dört farklı vaka çalışması kıyaslanmıştır. Kurulan modelde ürünlerin yeniden kullanılması yönüne eğilimli olduğu görülmekte olup yeniden kullanılabilir atıklar için herhangi bir işlem kapasitesinin olmadığı vakada en çok kazancın sağlandığı görülmektedir ancak işletmenin orta ve uzun dönemde yatırım stratejileri ele alındığında yeniden kullanılabilir atıklar için işlem kapasite artışlarının işletme tarafından karar verilen seviyelerde olması gerektiği düşünülmüştür. Bu nedenle Teklas Kauçuk A.Ş. için uyarlanan tez çalışması kapsamında tespit edilen en uygulanabilir ve en çok kazanç sağlayan seçeneğe bu doğrultuda karar verilmiş olup sonuçlar bu yönde optimize edilmiştir. Yapılan vaka çalışmaları sonucunda yapılacak inovasyon ve ar-ge çalışmalarıyla üretilen ürünlerde kullanılan hammaddelere tekrar kullanılabilir olma özelliği kazandırılır ve tersine lojistik süreci içinde değerlendirilme imkanı doğarsa bu süreç işletmeye hem çevresel hem ekonomik açıdan birçok kazanç sağlayacağı görülmüştür.

INVESTIGATION OF SOLID WASTE MANAGEMENT ASSOCIATED WITH REVERSE LOGISTIC AND INCOME MAXIMIZATION MODEL APPLICATION

SUMMARY

In this study, the reverse logistic process that is performed by many enterprises in order to provide economic benefits with an environmentally production and fulfill the necessity of compliance with the law is examined. In this examination the reverse logistic process is approached from the perspective of the efficient and effective management of solid waste which is associated with creating a value from returned and waste products. In this context, in the first part of the study reverse logistics process that have been in the literature since the 1970s is defined and emphasized the importance of reverse logistics; also why the enterprises perform the reverse logistic and why they avoid to perform this process is discussed. In this part we see that firms are developing supply chain strategies placing more emphasis on customer satisfaction in their business transaction with technological changes. These firms also tries to maximize operating profits through key decisions associated with the efficient utilization of logistics facilities for material flow from customer sites and equipment reuse, refurbishment and disposal actions. When the firms maximize their profits they also face a lot of problems such as financial issues, competition and uncertainties. At the last section of this part these factors are identified and the effects of these key uncertainties on optimal product flow decisions are examined in detail via an extended study.

In the second part of the study the reverse logistic is examined with its strategical, tactical and operational aspects in order to understand revaluation of wastes which is the main objective of the effective reverse logistic network in a comprehensive manner. In this context separation, collection, transportation, storage and disposal operations that is applied to wastes in the reverse logistic flow is explained in terms of objectives and forms of applications and also how an efficient reverse logistics network should be is indicated.

In the third part of the study solid wastes that is consist of production and non-production activities in the business are examined and solid waste management is defined with technical, environmental, administrative, economic and political terms to the resolution of waste problems.

In the fourth part of the study the reverse logistic that is a good way to manage solid waste is seen as a very powerful economic resources is associated with solid waste management. In this context some waste management procedures are expressed in the reverse logistic network. Obtaining of various materials with the reuse of reusable solid wastes and recycle of the unresusable solid wastes is examined to express of this association and also disposal of solid waste and its harmful effects on the environment is discussed in terms of reverse logistics processes. In this part of the study, based on waste management in conjunction with reverse logistics process, as distinct from the traditional waste management, waste can be recycled and reused

in order to create value and the resulting output is focused on waste are included in the supply chain are also described.

In the last part of the study, reverse logistics process and solid waste management is discussed with the conceptual way and then the waste management of Teklas Rubber Company is analysed to describe the network of company's reverse logistic. For this purpose, the production system of Teklas Rubber Company is introduced and the source of the company's wastes are analysed. After the analysing of company's reverse logistic network we see that there is nine type waste such as reusable rubber waste, reusable plastic waste, municipal solid waste, hazardous solid waste, recycled metal waste, recycled wood waste, recycled paper waste, recycling plastic waste and recycled rubber waste are generated and three main waste generation process such as reuse, disposal and recycle is applied. In order to evaluate all these wastes via most effective reverse logistic process, the profit maximization model is designed and the most appropriate network is choosed with case applications. The main aim of the cost maximization model that is designed for the evaluation of solid wastes with reverse logistics process is managed wastes effectively in order to maximize the income. This model is applied for five case and four cases which have different assumptions about the amount of wastes and capacities are compared with first case which has no reverse logistic process.

In the first case, there is no reused waste in the waste management system is main assumption and all wastes are evaluated with disposal and recycle processes. After all reusable rubber and plastic wastes are recycled for a given 12 step time period, the income obtained as a result of the procedures were found to be 4708771 TL.

In the second case, the available reverse logistic process is handled and income is 692554 TL after reusable wastes assessed with the compnay's current capacity. Compared with the first case study that is not applied reverse logistics system, the economic gain is seen that an extra 2216772 TL in the second case. When the obtained datas are analysed, we see that reuse process capacity for reusable rubber and plastic waste is insufficient and the storage waste quantities are constantly increasing for these type of waste. This situation is an important indicator that company need to go to the increment of capacity.

In the third case, the amount of reusable rubber wastes increase by 30%, amount of reusable plastic wastes increase by 20% and the amount of reycted rubber and plastic wastes decrease by same rates. Additionally reusable rubber waste processing capacity increase by 40% and reusable plastic waste processing capacity increase by 60% is assumed. All these capacity changes cause the income increase to 7660311 TL. Compared with the first case study, the economic gain is seen that an extra 2951540 TL in the third case.

In the fourth case, there is no any capacity constraint to evaluate the wastes and the income increase to 7739475 TL with this assumption. Compared with the first case study, in the fourth case the economic gain is seen that an extra 3030704 TL.

In the last case, all recycled rubber and plastic wastes can can be reused and the model is solved within this assumption. Additionally, there is no any collection, processing constraint for all type of wastes. As a result of these assumptions, income increase to 9984649 TL. Compared with the first case study , the economic gain is seen that an extra 5275878 TL in the fifth case. When the obtained datas is analysed we see that the amount of storage is quite reduced and this situation can cause the opportunity for company to convert storage areas to production areas. Furthermore,

company may adopt this case data as a target because of advanced production facilities and highest income.

All these cases indicate that the main requirement to increase the income in the reverse logistic network based on the increasing of reusable products. We see that fifth case which has no any constraint about processing capacity has the highest income, however, the process capacity for reusable rubber and plastic wastes should not be over the third case's level because of the long term strategies of company. Because of this reason, Teklas Rubber Company adapted the third case conditions which is the most applicable and profitable option in this study.

As a result, if the products will have reusable characteristics with the innovation, research and development studies and this products evaluate with reusable activities, the company will provide both environmental and sustainable economic gains with the reverse logistic system that is used to manage all wastes effectively.

1. GİRİŞ

Rekabetin giderek arttığı günümüz dünyasında ekonomik koşullara uyum sağlayabilmenin ve sürdürülebilirliğin öneminin farkında olan firmalar pazarda daha etkili bir şekilde rekabet edebilmek amacıyla kaliteli, verimli, çevreye duyarlı ve düşük maliyet gerektiren çeşitli üretim ve dağıtım sistemi alternatifleri geliştirmeye yönelmiş ve ürünleri müşterilere çok daha ucuz ve etkin bir şekilde ulaştırmak amacıyla çok çeşitli lojistik model ve kavram ortaya koymuştur. Bunun yanı sıra dünyamızın kıt kaynakları, çeşitli yasal zorunluluklar, firmaların sorumluluklarının artması, sürdürülebilir kalkınma ve çevre bilinci gibi konular ürünlerin son kullanıcıdan üreticiye doğru olan tersine akışın önemini gün geçtikçe arttırmış ve tüm bunlar karşımıza tersine lojistik kavramının çıkmasına neden olmuştur.

Ürünlerin minimum maliyet, minimum risk, maksimum kar, maksimum fayda gibi çeşitli amaçlarla başlangıç noktası olan üretim biriminden son kullanıcıya ulaştırılması olarak ifade edilen lojistik faaliyetlerde etkinliğin sağlanabilmesi amacıyla bu faaliyetlere tersine akışları içeren faaliyetlerin de dahil edildiği görülmektedir. Böylece ürün hareketlerinin sadece müşteriye ulaşım sırasında değil, kullanım ömürlerinin bitmesinin ardından müşteriden tekrar dönüşün gerçekleştiği aşamada da izlenmesi sağlanmaktadır.

Son yıllarda sürekli ve çok hızlı gelişen çevre sorunları, ekonomik değişkenler ve ters lojistik stratejilerini henüz etkin olarak kullanmamış firmalarının rakiplerine göre dezavantajlı bir konuma gelmesi, firmaların tersine lojistik konusu üzerine odaklanmasına neden olmuştur. İleri yönde etkili bir akış sağlayan bir lojistik ağının artık yeterli olmadığını düşünen işletmelerin tersine lojistik faaliyetlerini uygulayabilmeleri için mevcut sistemlerinde, süreçlerinde ve karar alma aşamalarında yeniden düzenlemeler yapmaları gerekmektedir. Bu düzenlemeler sayesinde, firmaların üretim maliyetleri düşmekte, ürünlerin ve malzemelerin çevreye olan etkileri minimuma indirilmekte, müşteriye verilen hizmet arttırılmakta ve firmaların rekabet kabiliyetleri gelişmektedir.

Tersine lojistik sistemi, ürünlerin geri dönmesi veya üretim sonucu ortaya çıkan atıkların değerlendirilmesi süreçlerinde karşımıza çıkmaktadır. Sürekli bir üretimin olduğu ve dolayısıyla sürekli bir atık akışının olduğu işletmelerde tersine lojistik çok önemli bir yer tutmaktadır. Toplanan atıklar tersine lojistik sistemi ile yeniden kullanılabilmekte böylece hem atıkları yok etme maliyeti azalmakta hem de atıkların tekrar değerlendirilmesi sağlandığından şirketlerin ekonomik kayıpları engellenmiş olmaktadır. Tersine lojistik, kullanım ömrünü tamamlamış ürünlerden değer yaratmak için kullanılan en iyi yollardan biri olup bir işletme için uygunluğu, kullanılmış ürünlerin veya atıkların sürekli akışına bağlıdır. Bu süreç ile işletmeler sürekli bir akış halindeki geri dönen ürünlere ve atıklara uygulanan yeniden kullanım, yenileme, tamir etme ve geri dönüştürme işlemleri ile firmaların ekonomilerine katkı sağlamaktadır. Atık azaltım seçeneği bu alternatifler arasında maliyet açısından en etkin seçenek olarak görülse de bunun mümkün olmadığı durumlarda atık geri dönüştürme süreci uygulanması ve atıkların üretim süreçlerine dahil edilmesi en uygun yöntemlerden biri olarak belirtilmektedir.

2. TERSİNE LOJİSTİK

2.1 Tersine Lojistiğin Tanımı Üzerine Literatür Araştırması

Tersine lojistik ürünlerin, ekipmanların, bileşenlerin ve malzemelerin geri kazanım aktiviteleriyle ilgilidir. Üretim proseslerinden kaynaklanan atıkların depolanması, taşınması ve yok edilmesiyle ilgili hükümet düzenlemeleri, artan rekabet koşulları sebebiyle maliyet düşüşlerinin öneminin artması, pazarlama faaliyetleri açısından çevreye duyarlı bir imaj yaratma gerekliliği gibi nedenler firmaları atık olarak gördükleri malzemelerden değer yaratma faaliyetlerine yönlendirmeye başlamış ve tersine lojistik kavramı ortaya çıkmıştır.

“Tersine lojistik: zorunluluk mu? Kazanç mı?” (Baki, 2003) başlıklı çalışmada ingilizce bir ifade olan reverse logistics kavramı dilimize “tersine lojistik” olarak çevrilmiştir ve daha sonra yapılan çalışmalarda bu şekilde yer almıştır (Erol ve diğ., 2006’da atıfta bulunulduğu gibi). Tersine lojistik literatürde; tersine lojistik (reverse logistic), tersine dağıtım (reverse distribution), tersine kanal (reverse channel), geri dönüş lojistiği (return logistic), tersine akış lojistiği (reverse flow logistic) (Murphy, 1986) ve geriye doğru lojistik (retro logistic) (De Brito ve diğ., 2002’de atıfta bulunulduğu gibi) olarak isimlendirilir.

Malzemelerin geri dönüştürülmesi, ürün veya parçaların yeniden kullanımı gibi faaliyetlerden eski dönemlerden bu yana faydalanılmaktadır. Kıt kaynakların etkin ve verimli bir şekilde kullanım gerekliliğinin anlaşılması işletmelerin bu alana yönelmesine neden olmuştur. Ucuz hammaddelerin keşfedilmesi ve teknolojinin ilerlemesi ile birlikte batılı toplumlar toplu üretim modellerine geçiş yapmışlardır. Toplu üretimin yaygınlaştığı bu yıllarda çevresel sorunlar ve sürdürülebilir gelişme konuları pek dikkate alınmamıştır. 70’li yılların başında gelişmişlik düzeyini koruyabilmek amacıyla birtakım sürdürülebilir önlemlerin alınması gerektiği anlaşılmıştır. Takip eden 10 yıllık süreçte akademisyenler, politikacılar, medya ve toplum bu konuya odaklanır hale gelmiştir. Geri dönüşüm, yeniden kullanım,

hammadde kullanımının azaltılması ve çevresel sorumluluk gibi konular hepimize tanidik gelmeye başlamıştır (De Brito ve diğ., 2002).

Tersine lojistik, 70’li yılların başından itibaren literatürde yer almakta olup bu dönemlerde tersine lojistik kavramı yerine “geri dönüşümle tersine akış”, “tersine kanallar” gibi kavramlardan bahsedilmektedir. Tersine kanallar ya da tersine akımlar bilimsel literatürde 1970’li yıllardan itibaren yer almasına rağmen çoğunlukla geri dönüşüm sürecini ifade eder şekilde kullanılmıştır (Bulut ve Deran, 2008).

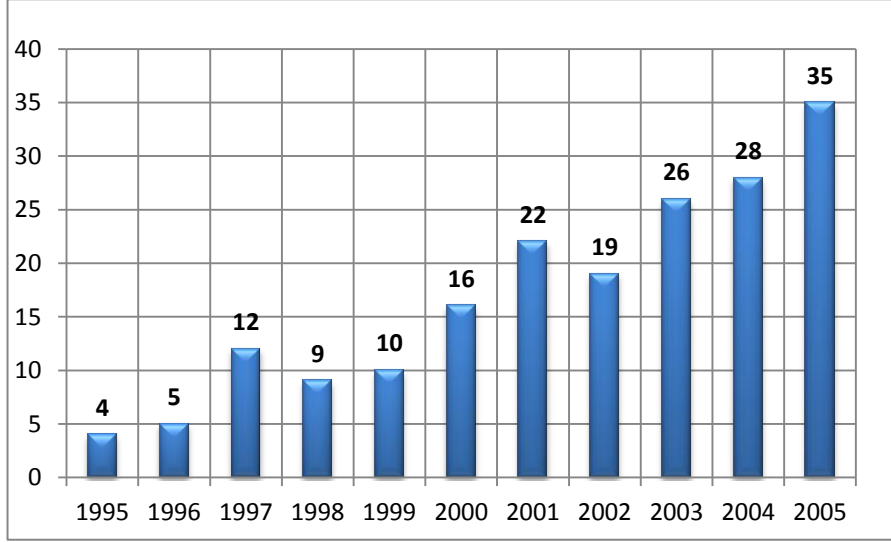
Tersine lojistik kavramı 1980’lerde tedarik zincirindeki geleneksel ileri akışa ters yönde bir akış olarak algılanmıştır. Lambert ve Stock (1981)’un belirttiği gibi tek yöndeki ürün gönderiminin (ileri lojistik) öneminden dolayı tersine lojistik, “tek yönlü bir yolda yanlış yönde gitmek” olarak tanımlanmıştır (Karaçay, 2005’de atıfta bulunulduğu gibi). Murhpy (1986) tarafından yapılan benzer bir tanıma göre “tersine lojistik, dağıtım kanalı boyunca tüketiciden üreticiye doğru malzeme hareketi olarak” tanımlanmıştır. Ayrıca, 1980’li yıllar süresince tersine lojistik, tüketiciden üreticiye malzeme akışıyla sınırlandırıldığı da görülmektedir.

Tersine lojistikle ilgili ilk tanımlama 90’lı yılların başında lojistik yönetim konseyi tarafından yayınlanmıştır. Konsey, tersine lojistik kavramını geri dönüşüm, atık imhası ve tehlikeli malzemelerin yönetimi ile ilişkilendirmiş ve hammadelerin azaltılması, geri dönüşüm, malzemelerin yeniden kullanımı ve imhasıyla ilgili tüm lojistik faaliyetleri kapsadığını belirtmiştir.

1998 yılında Avrupa Tersine Lojistik Çalışma Grubu (RevLog) şu tanımlamayı önermiştir: “Tersine lojistik, hammadde, proses içi envanter ve bitmiş ürünlerin bir üretim, dağıtım ya da kullanım noktasından geri kazanım ya da uygun imha noktasına akışını planlayan, uygulayan ve kontrol eden bir prosestir.” Bu tanımlama ile daha fazla akış kanalının tersine lojistik faaliyetleri içerisine dahil edildiği görülmektedir. Aynı yıl içinde Stock (1998) tersine lojistiği, ürün dönüşleri, kaynak azaltımı, geri kazanım, materyal ikamesi, materyallerin yeniden kullanımı, atıkların yok edilmesi ve yakılması, tamir ve yeniden üretimde lojistiğin rolü olarak tanımlamıştır (Bulut ve Deran, 2008’de atıfta bulunulduğu gibi).

2000’li yıllar geldiğimizde tersine lojistik kavramı üzerine yapılan çalışmalar giderek hız kazanmıştır. Rubio ve arkadaşlarının 2008 yılında yaptıkları literatür araştırmasında 1995-2005 yılları arasında tersine lojistik üzerine 26 dergide

yayınlanan 186 makaleyi incelemiştir. Bu inceleme ile son yıllara doğru yayımlanan makale sayısındaki artış ve tersine lojistik kavramına verilen önemin ne kadar arttığı kanıtlanmaya çalışılmıştır. Şekil 2.1.'de Rubio ve arkadaşlarının (2008) yaptığı araştırmada yer alan ve 1995-2005 yılları arasında yayımlanan tersine lojistik konulu makalelerin yıllara göre dağılımı görülmektedir.



Şekil 2.1 : 1995-2005 yılları arasında yayınlanan makalelerin yıllara göre dağılımı (Rubio ve diğ., 2008).

2000’li yıllarda tersine lojistik kavramının öneminin anlaşılmasıyla bu kavram üzerine yapılan tanımlamalarda giderek artmıştır. 2000’li yılların başında tersine lojistik, yeniden üretim, geri dönüşüm ya da imha hedefleri ile parça ve ürün akışının etkili yönetimi ve kaynakların etkili kullanımı için yeniden tasarlanan bir tedarik zinciri olarak tanımlamış ve tersine lojistiğin sadece ürünlerin geri dönüşümü ilgili olmadığı, çok daha geniş kapsamlı bir süreç olduğu belirtilmiştir.

Lourenço ve Soto (2002) yaptıkları çalışmada tersine lojistiğin tanımına açıklık getirmeye çalışmışlar ve tersine lojistiğin tanımında yer alan unsurları Çizelge 2.1’de görüldüğü gibi özetlemişlerdir.

Çizelge 2.1 : Tersine lojistiğin tanımında yer alan unsurlar (Lourenço ve Soto, 2002).

Nedir?	Girdiler	Aktiviteler	Çıktılar	Nereden?	Nereye?
Süreç	Iskartaya çıkarılmış ürünler	Etkili ve maliyet etkin akışın planlanması, uygulanması ve kontrolü	Yeniden kullanılabilen ürünler	Tüketim noktası	Üretici
Görev	Kullanılmış ürünler	Toplama	Geri dönüşüm		Merkezi toplama noktası
Yetenek ve aktiviteler	Daha önce gönderilmiş ürünler ve parçalar	Nakliye	Yeniden üretim		Başlangıç noktası
	Zararlı ve zararlı olmayan atıklar ve ürünler	Depolama	Yok etme		
	Bilgi	İşleme	Azaltma		
	Hammade	Kabul	Yönetme		
	Süreç içi stoklar	Geri kazanım	Yeniden elde edilen değer		
	Nihai ürün	Paketleme			
	İlgili bilgi	Gönderme			
		Azaltma			
		Yönetme			
		Yok etme			

Skapa ve Klapalova (2000) yaptıkları çalışmada aşağıda belirtildiği gibi tersine lojistiğin tanımı üzerine üç yaklaşımda bulunmuştur:

1. Tersine lojistik esas olarak perakende satış şirketleri tarafından yapılan bir faaliyet olup yeniden satış ve satılmayan ürünlerin yeniden dağıtımını işlemlerini içerir.
2. Tersine lojistik, maliyeti azaltmak için materyallerin geri dönüştürülmesi, atıkların yönetilmesi, ürünlerin geri akışından değer yaratılması ve yasaların yerine getirilmesi için gerekli bir süreçtir.
3. Tersine lojistik, ürün tasarımı, tedarik zinciri tasarımı ve ürün kurtarma faaliyetleri ile kapalı döngü tedarik zincirini destekleyen ve tedarik zinciri optimizasyonu sağlayan bir ağ sistemidir.

Lu ve Bostel (2007) ise tersine lojistiği hammadde, yarı mamul veya ürünler ile bunlarla ilgili bilgilerin, değer yaratmak amacıyla tüketim noktasından üretim noktasına verimli ve maliyet etkin akışının sağlanması için gerçekleştirilen planlama, uygulama ve kontrol işlemleri olarak tanımlanmaktadır.

Tersine lojistiğin tüm tanımlarının benzer yanı, bir ürünün yada parçanın son kullanıcıdan değerlendirilmek üzere bir yere doğru yönlendirilmesidir. Tanımlardaki farklılık, işletmelerin tersine lojistiği yönetme çeşitliliğinden ve sürecin değişkenliğinden kaynaklanmaktadır. Bazı tanımlarda tersine lojistik tedarik zincirinin bir parçası, bazı tanımlarda tersine tedarik zincirinin bir parçası, bazılarında ileri lojistik sürecinin bir parçası olarak tanımlanmıştır. Tanımların şirkete ve içinde bulunduğu endüstri alanına göre de farklılık gösterdiği görülmektedir. Perakendeciler tersine lojistiği, kullanılmış ürünlerin tüketiciden satıcıya geri dönüşü olarak görür. Üreticiler kusurlu veya kullanılamayacak olan ürünlerin kullanıcılardan geri alma süreci olarak görür. Çevreciler ise çevreyi kirleten atıkların geri dönüşümü olarak görür (Zuluaga, 2005). Bu anlamda tersine lojistik, istenmeyen malzemelerin geri dönüştürülmesi ve yeniden üretime kazandırılması ve iade veya defolu ürünlerin farklı satış kanallarında yeniden satışa sunulması ile değerlendirilmesi yönleriyle de çevreye duyarlı lojistik olarak da bilinmektedir (Koban ve Keser, 2007).

2.2 Tersine Lojistiğin Önemi

Firmalar stratejik değişkenleri hakkında karar verirken iş süreçlerini oluşturan bileşenleri dikkate alarak uzun dönemde firmanın yönetimini etkileyecek bileşenleri ortaya çıkarmaya çalışırlar. Yakın zamanlara kadar bir firmanın stratejik değişkenlerinin sadece pazarlama, finans gibi yapılan işin fonksiyonlarına önem verdiği bilinmektedir. 1980’li yılların sonuna gelindiğinde, ileriye dönük düşünen bazı firmalar, kendi ileri yönlü lojistik yetkinliklerini de stratejik olarak algılamaya başlamışlardır. Günümüzde ise birçok firma tedarik zincirinde geri dönen malzemeleri değerlendirmeye ilgili kabiliyetlerini geliştirmeye başlamış ve bu yetkinliği önemsemiştir (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998).

Dünya genelinde rekabetçi pazar koşulları göz önünde bulundurulduğunda, tersine lojistikle ilgili problemleri yönetmenin stratejik bir öneme sahip olduğu görülmektedir.

Tersine lojistik;

- Varlıkların verimliliğini arttırması,
- Varlıkların geri kazanılmasını sağlaması,
- Geri dönüşüm aracılığı ile maliyeti azaltarak kâr değerine katkı sağlaması,
- Çevre koruma yasalarının gerekliliğini yerine getirerek çevre korumaya katkı sağlaması
- Satış sonrası hizmet ve geri alma garantisi gibi uygulamalarla tüketici ilişkileri yönetimini geliştirmesi bakımından önemli bir konudur (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998).

Tersine lojistik uygulamaları; firmaların çeyreye uyumlu tasarımlar geliştirmesi, çevresel yönetimde toplam kalite uygulamaları yapması, yaşam döngü analizlerine odaklanması, yeşil tedarik zinciri yönetimi yapması ve ISO 14000 standartlarını uygulaması gibi çevresel yönetim konularında bütünsel bir bakış açısıyla stratejiler geliştirmesine olanak sağlamaktadır. Günümüz dünyasında artan rekabet, şirketleri maliyet indirme konusunda sınır noktasına yaklaştırmıştır. Bu yüzden son yıllarda şirketler, tersine lojistik konusuna eğilerek diğer şirketlere göre maliyet ve rekabet avantajı yaratmayı düşünmüşlerdir (Marien, 2001).

Perakendecilerin rekabet avantajı yaratmak amacı ile ürün geri dönüşlerini desteklemesinin de etkisi ile geri dönüşler özellikle son yıllarda oldukça artmış olup bazı ürünlerde bu oranın %30-50'ye çıktığı görülmektedir (Subramaniam ve diğ., 2004).

Global pazarlarda tersine lojistiğe olan ilginin dünya çapında artmaya devam ettiği görülmektedir. Müşteriler gün geçtikçe bilinçlenmekte ve çevre konusunda daha duyarlı hale gelmektedir. Bu yüzden çevreci imajı önemli bir pazarlama aracı olarak kendini göstermektedir. Ayrıca ekonomik unsurlar da ürünlerin iyileştirilmesinde tetikleyici rol oynamaktadır çünkü kullanılmış ürünler yenilerine nazaran daha ucuz kaynak teminine imkan tanımaktadır (Fleischmann ve diğ., 2001).

Şirketler marka değerlerini ve pazar paylarını korumak isterler. Bu durum şirketleri kullanılan ürünleri tekrar bünyelerine katmak için çaba sarfetmelerine neden olmaktadır. Bu yolla şirketler hassas bileşenlerini ikincil pazarlara ve rakiplerine

sızmasını engelleyeceklerdir. Aynı zamanda geri kazanılmış ürünler ile orjinal ürünler arasındaki rekabeti önlenmiş olacaklardır (Fleischmann, 2000).

Günümüze kadar tersine lojistik üzerine yapılan çalışmalar araştırma şeklinde gerçekleştirilirken artık günümüzde uygulama faaliyetlerine geçiş aşamasına gelinmiştir. Tersine lojistik faaliyetlerinin pek çok endüstride gerçekleştirildiği görülmüş olup bu endüstri alanlarının başında fotokopi makinesi, tek kullanımlık kamera, jet motor parçaları, cep telefonu, otomotiv parçaları, tekrar yüklenebilir taşıyıcılar, bilgisayar donanım parçaları, elektronik endüstrisi ve kan dağıtım merkezleri gelmektedir.

Tersine lojistik yönetimi, Amerika, İngiltere, Japonya ve bazı Avrupa ülkelerinde ilginin giderek arttığı yeni bir iş sürecidir (Morrell, 2001). Literatürde belirlenen rakamlar, özellikle imalat ve e-iş sektörleri olmak üzere birçok sektörde ürünlerin iade oranlarının şaşırtıcı derecede yüksek olduğunu göstermektedir. Çizelge 2.2.'de Rogers ve Tibben-Lembke'nin 1998 yılında yaptıkları çalışmada belirtilen çeşitli sektörlerle ait ürün geri dönüş oranları görülmektedir.

Çizelge 2.2 : Sektörlere ait ürün geri dönüş oranları (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998).

Sektör	Geri dönüş oranı
Dergi yayınlama	%50
Kitap yayıncıları	%20-30
Kitap dağıtıcıları	%10-20
Kartpostallar	%20-30
Katalog perakendecileri	%18-35
Elektronik ortam dağıtıcıları	%10-12
Bilgisayar üreticileri	%10-20
Cd-rom'lar	%18-25
Yazıcılar	%4-8
Mektupla sipariş alan bilgisayar üreticileri	%2-5
Kitle üretimi yapanlar	%4-15
Otomobil endüstrisi	%4-6
Tüketici elektroniği	%4-5
Ev içi kimyasalları	%2-3

Ticari geri dönüşler, garanti kapsamındaki geri dönüşler, hatalı ürün geri dönüşleri, paketleme dönüşleri, bakım onarım kapsamındaki geri dönüşler, müşteri geri dönüşleri gibi faktörler tersine lojistiği daha geniş alanda rol almaya itmektedir. Geri dönüşlerin etkin planlanması, firmalara ve kurumlara rekabet üstünlüğü sağlayacağı ortadadır (Fleischmann, 2000).

İyi bir tersine lojistik uygulaması, müşteri kaybetme riskini azaltacağından firmanın rekabet gücünü arttıracaktır çünkü müşteri, gerektiğinde ürünü geri vereceğini bilmektedir, bu da firmaya olan güveni artırır. Ayrıca düzgün yapılandırılmış bir ileri ve tersine lojistik ağı, firmanın esnekliğini de artırır. Birçok firma, satamadığı ürün stoklarına sahiptir. Eğer bunlar kolayca bileşenlerine ve materyallerine ayrıştırılabilir hale getirilirse, firmanın pazarda başarılı olma şansı da artacaktır.

Çevre bilinci ve yasal düzenlemeler nedeniyle tersine lojistik uygulamalarına olan ilginin artmasıyla birlikte tersine lojistik kapsamında uygulanan yeniden kullanım aktiviteleri firmaların karlılığının artmasına neden olmaktadır (Govindan ve diğ., 2009). Tersine lojistik sistemlerinde düzgün üretilmemiş mallar tekrar üretime gönderilebilmekte; bu şekilde bu mallar hem ziyan edilmemiş olmakta hem de de daha yüksek bir fiyattan satılabilmektedir. Etkili bir geri dönüşüm yapısı, kaynak yatırımlarının ve buna paralel olarak depolama ve dağıtım maliyetlerinin büyük ölçüde azalmasına neden olduğu görülmektedir. Ayrıca tersine lojistik aktivitelerinde kullanılmış ürünlerin yeniden kullanımını sağlamak, ürünleri imha etmekten daha basit ve daha az maliyetli olmaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı çok açık bir şekilde tersine lojistik uygulamalarının firmaların karlılıklarını arttırmasında önemli bir rol oynadığı söylenebilir.

Tersine lojistiğe karlılığa etkisinin dışında çevreci bir bakış açısıyla bakıldığında yaşadığımız dünyanın gelecek nesiller için de bir yaşam alanı olacağını ve bugünkü büyümenin gelecekte de sürdürülebilmesinin bugünden alınacak tedbirlerle mümkün olacağını söyleyen “sürdürülebilir büyüme” kavramının, ürünlerin geri kazanılması konusu ve tersine lojistik ile sıkı bir ilişki içinde olduğu görülmektedir. Dolayısıyla günümüz dünyasının işletmeleri, hem rekabet avantajı sağlama hem de maliyet tasarrufu sağlama konusunda çok hassas olmalarının yanında toplumsal sorumlulukları gereği tersine lojistik uygulamalarına önem vermek zorundadırlar (Bulut ve Deran, 2008).

Porter ve Van Der Linde (1995), çevreyi korumaya yönelik yasal düzenlemelerin firmalar tarafından benimsenmesi ve uygulanması ile bu firmaların sahip olacağı karlılık ya da rekabet üstünlüğü arasında ters yönlü bir ilişkinin olduğu konusundaki yaygın kabulün yanlışlığı üzerinde durmaktadır. Bu savlarını desteklemek üzere, teknoloji, ürünler, süreçler ve müşteri ihtiyaçlarının sürekli bir gelişme halinde olduğu düşüncesinden hareketle, uygulamaya sokulan yeni çevresel düzenlemelerin, firmaları yeni çözümler üretmekte büyük oranda güdüleyeceğinden bahsetmektedir. Araştırmacılara göre, uygun bir biçimde tasarlanan çevre standartları, ürünlerin toplam maliyetini düşürecek yeniliklerin gerçekleştirilmesini de beraberinde getirecektir. Bu yenilikler, girdilerin daha verimli bir biçimde kullanmasına olanak sağlayacak ve sonuç olarak, kaynak verimliliğinde meydana gelen bu artış firmaların rekabet gücünü artıracaktır (Erol ve diğ., 2006'da atıfta bulunulduğu gibi).

2.3 Dünyada Tersine Lojistik

Tersine lojistik ile ilgili olarak, her geçen gün geri dönen ürünlere büyük önem verilmekte ve ömrünü tamamlamış ürünler için üreticilere ciddi sorumluluklar yüklenmektedir. Birçok ülkede yer alan kanunlar, üretilen ürünlerin belirli bir kısmının geri toplanmasını zorunlu kılmaktadır. Örneğin Almanya'da 1991 yılında yürürlüğe giren yasaya göre ürünlere ait ambalajların en az %60-%75'inin geri dönüştürülmesi zorunludur. Benzer şekilde, ABD'de camın %20'si, kâğıt ürünlerinin %30'u ve alüminyum kutuların %61'i geri dönüştürülürken, 10 milyon araba ve kamyonun her yıl %95'i geri dönüşüme girmekte ve bu araçların %75'i yeniden kullanım için geri kazandırılabilir (Demirel ve Gökçen, 2008).

Kullanıcının elindeki üründen geri kazanılabilecek değer oldukça önemlidir: Guide, ve Van Wassenhove (2001), ABD'de toplam satış hacmi 53 Milyar Dolar tutarında olan 70.000'den fazla firmanın yeniden imalat yaptığını belirtmektedir (Erol ve diğ., 2006'da atıfta bulunulduğu gibi). Michagen State Üniversitesinde 1995 yılında, Global lojistik araştırma grubu tarafından yapılan bir araştırmada, Avrupa ülkelerinin çevreye duyarlılık seviyesinin Amerikaya göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Avrupa ülkelerindeki tüketiciler, düzenleyici, kolaylaştırıcı ve çevreyi koruma rolünü üstlenmişlerdir. Tüketicilerin yanı sıra hükümet ve işletmelerin bu konulara aktif katılımı Amerikayla karşılaştırıldıklarında çok üst düzeydedir (Demirel ve Gökçen, 2008).

Rogers ve Tibben-Lembke'in yaptığı çalışmaya göre 1999 yılında Amerika'da tersine lojistik maliyetleri tüm lojistik maliyetlerinin yaklaşık olarak %4 ünü kapsamaktadır. Bu durum göz önüne alınarak tersine lojistik maliyetlerinin, ABD GSMH'sının yüzde 50'si kadar olduğu söylenebilir. 2002 yılına gelindiğinde ise bu oran %10 a ulaşmaktadır (Stock, 2002'de atıfta bulunulduğu gibi). Tersine Lojistik Araştırma Konseyinin 2005 yılında yaptığı araştırmaya göre ise Amerika'da geri dönen ürünlerin toplam maliyeti 100 milyar dolara yaklaşmıştır (Jian-guo ve diğ., 2007). Günümüzde, tersine lojistik faaliyetleri birçok şirkette çok dikkatli takip edilmediği için bu maliyetleri belirlemek oldukça zordur. Ancak tersine lojistik maliyetlerinin firmaların ekonomisi içinde oldukça büyük oranlara sahip olduğu ve bu oranın giderek arttığı açık ve kesindir.

Başarılı bir şekilde uygulanan tersine lojistik stratejileri firmaların masraflarını azaltmasına, kazançlarını ve müşterilerinin memnuniyetlerini arttırmasına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra çevre konusu da tersine lojistiğin bir başka yönüdür. Çevresel kaygılar, yasal düzenlemeler ve atık ürünlerin yok edilme maliyetleri, şirketlerin “yeşil üretim” uygulamalarını benimsemesine yola açmıştır. Bu uygulamalar sayesinde firmalar kullanılmış ürünleri firma bünyesine katarak yarara dönüştürebilmektedir (Toktay ve diğ., 1997). Örneğin, Este Lauder kozmetik Firması, her yıl yaklaşık 60 milyon \$ değerinde ürününü toprağa gömüp perakendecilerden dönen ürünlerden yaklaşık olarak üçte birinden fazlasını bertaraf ederken bilgi teknolojisi ve tersine lojistik süreci uygulayarak yok ettiği ürünlerin miktarını yarıya yakın azaltmayı başaramıştır. Sistemin uygulandığı ilk yıl firma geri dönmüş ürünlerin yaklaşık %24'ünü değerlendirebilmiş ve yaklaşık 475.000 \$ tasarruf sağlamıştır. Şirket yöneticileri geri dönmüş ürünlerin yaklaşık %27'sini yok ettiklerinin ve bu oranın 1998 yılında %37 olan orandan düşük olduğunu ve önlerindeki 18 ayda ise bu oranı, %15'e çekeceklerini belirtmişlerdir. Estee Louder bu uygulama sonucunda üretim ve stok miktarını azaltmıştır. Çünkü şirket geri dönmüş ürünleri belirli bir işleme tabi tuttukten sonra tekrar piyasaya sunabilmektedir (Bulut ve Deran, 2008).

Elektronik ürünleri üretiminde lider firmalardan biri olan Hewlett-Packard (HP) uyguladığı ürün geri alım programı ile tüketicilerden ve işletmelerden kullanılmış eski bilgisayarları ve çeşitli ekipmanları uygun fiyatlara almaktadır. Bunun yanında bu program ile tüm dünyadaki bireysel ve ticari kullanıcılardan ücretsiz olarak elde

edilen lazer ve mürekkep püskürtmeli yazıcı kartuşları firmaya geri dönmektedir; böylece firma hem çevreye karşı sorumluluğunu hem de yasal düzenlemeleri yerine getirmektedir. Bu programı uygulamasının diğer bir nedeni ise çevresel tedarik kuralları ve Avrupa Birliği Komisyonunun Atık Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlar kurumuna yaptığı direktiflerdir (Degher, 2002).

IBM, kiralanan ve kira süresi dolan ürünlerin toplanması, dönen siparişler, çevresel atıkların toplanması ve hurda ürünlerin toplanması ile dönen ürünlerden maksimum değer kazanmak için, yeniden kullanım seçenekleri, parça ve malzeme değerlendirilmesinde hiyerarşik bir yapı oluşturmuştur. Böylece, hem binlerce dolar finansal fayda sağlanmış hemde tükenmekte olan doğal kaynaklar korunmuştur. IBM, çöp oranını %4 seviyesine kadar indirmeyi başarmıştır. Dupont kullanılmış halılardan geri dönüşümlü naylon elde etme faaliyetleri yürütmektedir. ABD'nin Tennessee kentinde bulunan çok büyük ölçekli bir tesis, ülke geneli ve tüm Kuzey Amerika'daki metropollerden, yetkili satıcıları aracılığı ile atık halıları toplamaktadır. Toplanan bu ürünlerden tekrar kullanılabilir nitelikte olanların bir kısmı yeni halı üretiminde kullanılırken bir kısmı da otomotiv sanayinde değerlendirilmektedir (Fleischmann ve diğ., 2001).

Birleşik Devletler Jeolojik Araştırma Kurumunun bilgisayarların geri dönüştürülmesine ilişkin yaptığı bir araştırmaya göre bilgisayarlar yapılarında altın, gümüş, platinyum ve paladyum gibi değerli maddeler bulundurmaktadır ve bir ton kişisel bilgisayarda bulunan altının 17 ton altın cevherinde bulunan altından daha fazladır. Bu durumun farkında olan birçok şirket bilgisayarlara uyguladıkları tersine lojistik işlemleri ile bu maddeleri tekrar değerlendirmekte ve kazançlarını arttırmaktadır (De Brito, 2004).

2.4 Türkiye’de Tersine Lojistik

Türkiye’de tersine lojistik ve tersine tedarik zinciri yönetimi konuları henüz çok yeni olduğundan dolayı araştırmacılar tarafından hakettiği ilgiyi şimdiye kadar pek fazla bulamamıştır. Türkiye’de faaliyet gösteren firmalar ve endüstriler üzerine yapılmış bir saha araştırması, modelleme önerisi ya da bir örnek olay analizine rastlanmamış olması bu durumu çok net açıklamaktadır. Ülkemizin Avrupa Birliği ile uyum çerçevesi içinde çevreye yönelik yönetmelikleri kabul etmek zorunda olması, yaşanan ve ileride yaşanacak sorunların analiz edilmesi, yapılması gerekenlerin

saptanması ve sorunlara yönelik çözüm önerilerinin geliştirilmesi, Türk ekonomisinin, farklı sanayi dallarının ve Türkiye’de faaliyet gösteren firmaların rekabet gücünü çok büyük oranda etkileyecek ve aynı zamanda merkezi ve yerel politikacıların karar verme süreçlerini kolaylaştırma işlevini yerine getirecektir. Başka ülkelerin araştırmacılarının yaptıkları çalışmalar ve ortaya koydukları strateji, çözüm ve modelleme önerileri dikkat çekici olmakla birlikte, ilgili ülke, sanayi ya da firma sorunlarına çözümler üretmeye yönelik olduklarından, Türkiye için sadece yol gösterici olmaktan öteye gitmemektedirler. Bu nedenle, ülkemiz araştırmacılarının tersine lojistik yaklaşımını ayrıntılı bir biçimde analiz etmeleri ve ortaya çıkan sonuçlar doğrultusunda etkin ve etkili çözüm alternatifleri üretmeleri, ülkemizin sürdürülebilir kalkınma potansiyelinin artırılabilmesi açısından önem arz etmektedir (Erol ve diğ., 2006).

Türkiye’de lojistik faaliyetlerin toplam hacmi yapılan tahminlere göre yaklaşık 30 milyar \$ düzeyindedir. Lojistik sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin toplam cirosunun ise 6 ila 10 milyar \$ arasında olduğu tahmin edilmektedir. En çok kabul gören tahmin 7 milyar \$ olmaktadır. Ayrıca, lojistik sektörünün GSMH’ya katkısının 12 milyar \$ ve istihdamın ise 1,5 milyon kişinin üzerinde olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye’de bulunan lojistik firmaların sağladıkları lojistik hizmetler içinde tersine lojistiğin payı ise %27,8 ‘dir (Gürdal, 2006). Ancak, Türkiye’nin Avrupa Birliği tam üyeliğine giriş sürecinde yer alması ve Avrupa Birliği Komisyonu tarafından atık yönetimi ve ürün dönüşleri üzerine verilen direktifler tersine lojistiğe olan ilginin artmasına neden olacağı düşünülmektedir.

Ülkemizde tersine lojistik gerekli ilgiyi görmese de çok az sayıda şirket tersine lojistik ağı kurma yoluyla ürettiği malları değerlendirmektedir. Ülkemizde bulunan katı atık kontrolüyle ilgili yasa gereği ürettikleri paketlerde plastik, pet şişe, polietilen, polistiren malzeme kullanan firmalar bunların en az %30’unu geri toplamak durumundadırlar. Bu bağlamda Türkiye’de faaliyet gösteren birkaç firmanın uyguladığı tersine lojistik uygulamaları şu şekildedir:

- Plastik şişe üreten SASA, kendi adına değil, üretici firmalar adına tersine lojistik faaliyetlerini yerine getirmektedir. Uyguladığı faaliyetlerle ürünlerin %30’unu geri toplamakta ve topladığı ürünlerin %70’ini de geri kazanmaktadır.

- Şişecam firması da bir cam firması olarak ambalajlamada kullanılan şişelerin %30'unu kanunen geri toplamaktadır. Topladığı bu ürünleri çeşitli işlemlerden geçirerek geri kazanmaktadır.
- Karton kutu üretimi yapan Tetra Pak firması da lamine karton kutuları geri kazanmaktadır. Ancak oluşturulan lojistik ağına dâhil olan lojistik süreçlerini içermemekte, bu noktada dışarıdan yarım alınarak atıklar çoğunlukla çöp müahhitleri tarafından toplanmaktadır (Birdoğan, 2003).

Türkiye'de tersine lojistik sürecinin önemli bir parçasını oluşturan geri dönüştürme işleminin yapıldığı 5 adet piller, 1 adet alüminyum, 16 adet ambalajlar, 2 adet cam, 5 adet elektronik atıklar, 3 adet kauçuk, 10 adet plastikler, 2 adet tekstil ürünleri ve 5 adet yapılar için olmak üzere toplam 49 adet lisanslı geri dönüştürme tesis bulunmaktadır. Erdal ve arkadaşlarının yaptığı araştırmada Türkiye'de bu geri dönüştürme tesislerinde gerçekleştirilen işlemlerin maliyetlerinin Türk ekonomisinin %10 nu oluşturduğu belirtilmiştir ancak geri dönüştürme işlemleri yeni hammadde ihtiyacını önemli ölçüde azalttığı için bu değerin belirtilen değerden daha da fazla olması beklenmektedir (Gilanlı ve diğ., 2012).

AB ile uyum süreci içerisinde olan Türkiye belli yasal düzenlemeleri gerçekleştirmek ve bu yasaları etkili bir biçimde uygulamak zorundadır. Üreticilerin, müşterilerin son kullanımından sonra, üretmiş oldukları ürünlerin nasıl değerlendirilecekleri veya yok edilecekleri konusunda sorumluluk üstlenmedikleri bir anlayışın kabul edilmesi hem modern pazarlama anlayışı ve ekonomik açıdan hem de çevresel kaygılar nedeniyle söz konusu değildir. AB ile uyum sürecinin herhangi bir aksama olmadan yürütülmesini sağlayacak uyum yasaları, Türkiye'de faaliyet gösteren firmalar ve yerel yönetimler meydana getirdikleri atıkların ve ürünlerin toplanması, muayene edilmesi, bertarafı, tamir edilmesi, geri dönüşümü, yeniden üretilmesi ve yeniden üretilen ürünlerin pazarlanması konusunda belli standartlara uymakla sorumlu tutulmaktadır ve tutulacaktır. Bu standartların kabul edilmesi ve uygulanması sürecinde gösterilecek önem, ülkemiz ekonomisinde israfın önlenmesi ve sürdürülebilir gelişmenin altyapısının oluşturulmasında önemli bir rol oynayacaktır (Erol ve diğ., 2006).

2.5 Tersine Lojistik Uygulanmasının Nedenleri

Tersine lojistik, kuruluşları ve müşterileri doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen faydaları nedeniyle son yıllarda önemli ölçüde ilgi çeken bir konu haline gelmiştir. Ürünlerin geri dönüşümü için uygulanan yasalar ve müşteri beklentileri, firmaların bu ürünlerin çevreye verebilecek zararlarını azaltmaya teşvik etmektedir. Firmaların geri dönen ürünlere işlem uygulaması sadece çevresel nedenlerden dolayı değildir; bu geri dönüşler aynı zamanda firmalara yüksek karlar sağlayabilmektedir. Bu faydaların farkına varan firmalar tersine lojistik uygulamalarını bünyelerine katmak için çaba sarf etmektedirler.

Tersine lojistiğin faydaları üzerine yapılan literatür araştırmasında bu faydalar genel olarak aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Finansal kazanç
- Şirketin imajını geliştirme ve itibarını artırma
- Yasal yükümlülükleri yerine getirilmesi
- Yüksek müşteri memnuniyeti ve müşteri sadakati

Şirketler uyguladıkları tersine lojistik aktiviteleriyle hedef olarak benimsedikleri amaçlarına ulaşmaya çalışmaktadırlar. Tersine lojistik uygulamalarında ana amaçlar müşteri memnuniyeti ve şirket kazancıdır; diğer önemli bir amaç ise müşterinin elinde bulundurduğu kullanım ömrünü tamamlamış atık halinde bulunan eski ürünlerin çevreye zarar vermeyecek şekilde toplanarak kusurlarını giderme ya da bu ürünleri tamamen yok etme faaliyetlerini gerçekleştirmektir.

Cespon ve arkadaşlarına (2009) göre ise tersine lojistik uygulamalarındaki temel amaçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Firmaya dönen ürünlerin ve malzemelerin katma değerini maksimize etmek
- Ürün veya malzemelerin geri dönüş maliyetini minimuma indirmek; bu tersine lojistik ağının optimum verimliliği anlamına gelir
- Ürünlerin ve malzemelerin çevreye olan etkilerini minimuma indirmek
- Müşteriye verilen hizmeti arttırmak
- Üretim maliyetini düşürmek.

Rogers ve Tibben-Lembke (1998) yaptıkları çalışmada, firmaların amaçlarını gerçekleştirmek için tersine lojistiği stratejik yönde kullanmanın birçok yolu

olduğunu ileri sürmüşlerdir. Rogers ve Tibben-Lembke'in (1998) yaptığı araştırma projesinde firmaların stratejik hedefleri, uygulamış oldukları tersine lojistik açısından değerlendirilmiş ve çizelge 2.3.'deki oranlar elde edilmiştir.

Çizelge 2.3 : Rogers ve Tibben-Lembke'nin (1998) araştırmasında yer alan firmaların stratejik hedeflerinin tersine lojistik açısından değerlendirilmiş oranları.

Stratejik hedef	Yüzdesi
Rekabet	65.2%
Yeşil imaj	33.4%
Yasalar	28.9%
Firmaya değer kazandırma	27.5%
Varlıkların geri alınması	26.5%
Kar marjı	18.4%

Daga (2005) göre ise aşağıdaki nedenlerden dolayı firmalar tersine lojistik konusu üzerine odaklanmıştır.

- Rekabet avantajı sağlaması
- Geri dönüşlerin maddi kazanç sağlaması
- Geleneksel geri dönüş sistemlerinin yavaş, etkisiz ve pahalı olması
- Geri dönüşlerin ürünler ve satış planları hakkında sağlıklı bilgiler vermesi
- Geri dönüşlerin her zamankinden daha yüksek getiri oranlarına sahip olması
- Geri dönen ürünlerin satıcılar için olan maliyetlerinin perakendeciler tarafından yükseltilmesi
- Üçüncü parti lojistik sağlayıcıları geri dönen ürünler etkili bir şekilde değerlendirememesi
- Müşteri sadakatinin öneminin giderek artması
- İnternet aracılığıyla perakende satışların giderek artması
- Geri dönüş teknolojilerini etkin kullanılmasının gerekliliği
- Varlıkların değerlerini tekrar kazanma imkanı sunması
- Müşteri ilişkileri yönetiminin giderek önem kazanması

Theresa Jones'un (1998) yaptığı kök neden analizinde firmaların tersine lojistik uygulamalarının nedenlerini farklı bir bakış açısıyla değerlendirmiş ve şu şekilde sıralamıştır:

- Hükümetin uyguladığı yasalar
- Yeni dağıtım kanalları arayışı
- Tedarık zincirindeki gücün değişimi
- Ürünlerin yaşam döngülerinin kısalması (Fen, 2010’da atıfta bulunduğu gibi).

Gilanlı ve arkadaşlarının (2012) Edirne, Tekirdağ ve Kırklareli bölgesindeki 110 firmada tersine lojistik üzerine yaptığı çalışmada işletmelerin tersine lojistik uygulama nedenlerini araştırmış ve çizelge 2.4’de yer alan bulguları elde etmiştir. Çalışma kapsamında üç firma tersine lojistik süreçlerini kullanmadığını belirtmiş olup, belirtilen nedenler arasında müşteri memnuniyetini artırılması kalan firmalar içinde en fazla sayıda tercih edilen neden olarak belirtilmiştir.

Çizelge 2.4 : Gilanlı ve arkadaşlarının (2012) araştırmasına göre işletmeleri tersine lojistik uygulama nedenleri.

	Frekans	Frekans Yüzdesi (%)
Müşteri memnuniyetinin artırılması	10	9,3
Yasalar	12	11,2
Diğer süreçleri desteklemesi	14	13,1
Müşteri memnuniyetinin artırılması + Yasalar	15	14,0
Karın artırılması + Yasalar	9	8,4
Diğerleri	47	44
Toplam	107	100

Görüldüğü üzere firmaların tersine lojistik süreçlerine yatırım yapmaları için birçok neden vardır ancak Meade ve arkadaşları (2007) tersine lojistik uygulamalarında yatırım ve kar konularını etkileyen faktörleri iki kısma ayırmaktadır. Bunlardan birincisi çevresel faktörler olup; kullanılan ürünlerin çevreye etkisi, yasal düzenlemeler ve tüketicilerin çevreye olan duyarlılıklarını giderek yükselmesi gibi konuları içerir. İkinci faktör ise ticari faaliyetlerle ilgili olup; geri dönen kullanılmış ürünlerin ekonomik faydaları ve firmaların uyguladığı geri dönüş politikalarının kazandırdığı müşteri memnuniyeti konularını içerir (Quariguasi ve diğ., 2009’da atıfta bulunduğu gibi). Yapılan literatür araştırmasından da yola çıkarak firmaların tersine lojistiği bünyelerine katmasının nedenlerini, çevresel faktörler ve ekonomik faktörler olmak üzere iki ana başlık altında inceleyebiliriz.

2.5.1 Çevresel faktörler

Tersine lojistik faaliyetlerinin gerçekleştirilmesinde çevresel ve kanuni faktörlerin önem derecesinin artmasıyla birlikte geri dönen ürünlerin çevreye en az zarar verecek şekilde geri kazandırılmasının sağlanabileceği konusunda yapılan çalışmalar günümüzde hızla artmaktadır.

Geri dönüşüm sayesinde çevreye dost ürünler üretmenin yanı sıra tüketim ömrü biten ürünlerin de çevreye en az zarar verecek şekilde değerlendirilmesi ya da yok edilmesi bilincinin zamanla tüm iş çevrelerinde önem verilen bir konu haline geleceği düşünülmektedir. Tersine lojistik sürecine işletmelere kazandırdığı imaj açısından bakan Jayaraman and Luo (2007) tersine lojistik kavramının kurumsal vatandaş olgusu ile bağlantılı olduğunu belirtmiş, bu süreci uygulayan şirketlerin toplum tarafından iyi ve duyarlı kavramlarıyla özdeşleştirildiğini vurgulamıştır (Skapa ve Klapalova, 2000’da atıfta bulunulduğu gibi).

2.5.1.1 Yasal düzenlemeler

Günümüzde, bilim ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte sosyal bilinçlenme giderek artmış ve bu bilinçlenmenin artmasıyla da yasalar bu duruma uygun bir şekilde düzenlenmeye başlamıştır (Fen, 2010). Çevreyi korumaya yönelik yasal düzenlemeler ile birlikte; modern işletme ve yönetim anlayışlarında, işletmelerin çevreye duyarlılık çalışmalarını ve sosyal sorumluluk ilkelerinin uygulama örneği olarak görmeleri tersine lojistik faaliyetlerinin üzerinde daha fazla durulmasını zorunlu kılmıştır (Koban ve Keser, 2007). Bunun yanında depolama ücretlerindeki artıştan ve atıkları yok etmek için tercih edilen seçeneklerin giderek azalmasından dolayı kurtarılamayan metaryellerin yasal olarak bertaraf edilmesi giderek zorlaşmış ve bu durum, firmaların bu konular üzerine yoğunlaşmasına yol açmıştır (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998).

Üreticiyi yeniden alım ya da geri dönen ürünlerin kabul edilmesi konularında zorunlu olarak yetkilendirmek için kurallar konulmuş ve bu kurallar sayesinde ürünlerin hayat çevrimlerinden sonra yeniden kullanımında artış, atık oluşumu hacminde azalma ve geri dönen malzemelerin kullanımında artış sağlanmıştır. Ayrıca geri kazanılan ürünlere yasal düzenlemeler sonucunda uygulan işlemler müşteriler üzerinde de pozitif bir etki yaratacağı açıktır.

2.5.1.2 Yeşil lojistik

Tersine tedarik zinciri yönetimi anlayışı, çevre sorunları ve üreticinin sorumluluğu konularında giderek daha fazla bilinçlenen tüketiciler nedeniyle firmalar tarafından pazarda var olabilmenin bir koşulu ve toplumsal pazarlama anlayışının bir gereği olarak görülmeye başlanmıştır. Çevresel sorunlar, endüstriyel üretim yapısını, tüketici davranışlarını ve tüketim yapılarını, doğrudan ya da dolaylı olarak etkilemektedir. Bunun yanında, tüketicilerin satın alma davranışında çevresel sorumluluk üstlenmeye yönelik duyarlılıkları, firmaların yeşil pazarlama uygulamalarına yönelimini zorunlu kılmaktadır.

Katı atıkların neden olduğu kirlilik, ürün bertarafı için arazi bulunmasında yaşanan sorunlar ve hammadde miktarının sürekli olarak azalması çevresel kaygılara neden olmaktadır. Wu ve Dunn (1994), doğal çevre ile lojistik arasındaki ilişkiden bahsederken, yeşil ürünlerin üretilmesi ve dağıtılmasında şimdiye kadar unutulmuş ve göz ardı edilen önemli bir bağlantının lojistik olduğunu vurgulamış ve lojistiğin çevre yönetimine sağlayacağı katkıyı ifade etmeye çalışmıştır. Rao ve Holt (2005) yeşil tedarik zinciri yaklaşımının firmaların ekonomik göstergeler, ve rekabet düzeyleri üzerindeki etkilerini Güney Doğu Asya’da faaliyet gösteren firmalar üzerinde incelemiş ve bu değişkenler arasında pozitif bir ilişkinin varlığını belirtmişlerdir (Erol ve diğ., 2006’da atıfta bulunulduğu gibi).

Tersine lojistik aktivitelerinde kullanılmış ürünlerin yeniden kullanımını sağlamak, ürünleri imha etmekten daha basit ve daha az maliyetli bir süreçtir. Tersine lojistik programı şirketlerde hammadde kullanımını azaltarak, geri kazanımla hammaddeye değer katarak veya imha maliyetlerini azaltarak direkt kazanımlar oluşturabilir. Tersine lojistiğin ekonomiye doğrudan faydası, malzeme girişi, maliyet azalımı ve katma değerli geri kazanım şeklindedir. Tersine lojistiğin dolaylı kazançları ise, yeşil (çevresel) imaj, iyileştirilen tüketici ilişkileri, gelecekte uygulanacak kanunlara hazırlık ve pazar korunumu şeklindedir (Fleischmann ve diğ., 2001).

Stock (1998) tarafından yaşam ömrünü tamamlamış ürünlerin yönetilmesi olarak tarif edilen tersine lojistik aynı zamanda yeşil tedarik zinciri uygulamalarını yönetilmesi içinde kullanılmaktadır (Hazen ve diğ., 2012’de atıfta bulunulduğu gibi). Günümüzde, firmalar için yeşil imaj kavramı yeni bir pazarlama unsuru olarak giderek önem kazanmakta ve bu önemin farkında olan firmalar hem ekonomik

etkileri hem de yeşil bir imaj yaratmak için etkili bir yol olması nedeniyle tersine lojistik uygulamalarına daha fazla enerji harcamaktadırlar. Ayrıca kıt kaynaklardan oluşan doğal kaynaklar kullanılırken, gelecek nesillerin ihtiyaçları da düşünülerek, işletmeler yeşil tedarik zincirini destekleyen süreçler uygulayıp hammadde gereksinimlerini azaltmakta ve hammadde kaynaklarının gelecek nesillere aktarılmasını sağlamaya çalışmaktadırlar (Yücel, 2003).

Yeşil imajı benimseyen işletmelerin genellikle tüketimin azaltılması, yeniden kullanım ve geri dönüştürme işlemlerinin etkili bir şekilde uygulanması olmak üzere üç temel amacı vardır (Gilanlı ve diğ., 2012). İşletmelerin bu amaçları ulaşmaları için uyguladıkları ürün geri dönüş süreçlerinde birçok eğilim olsa da, genelde tersine lojistik sisteminde yer alan yeniden kullanım, geri dönüştürme ve yeniden üretim işlemleri gibi yeşil lojistik tedarik zincirini destekleyen fonksiyonlar tercih edildiği görülmektedir (Hazen ve diğ., 2012).

2.5.2 Ekonomik faktörler

2.5.2.1 Rekabet

Seitz (2004) birçok geri dönüşüm stratejisinin, yaşam ömrünü tamamlamış ürünleri değerlendirmek için hazırlanmış yasal düzenlemelere bağlı olduğunu belirtmiştir. Ancak gerçek pazarlarda, ürünlere uygulanan geri dönüştürme ve yeniden kullanma işlemleri karlı iş fırsatları yaratması ile ilişkilidir. Tersine lojistiğin bu özelliği, ürünlerin yeniden değerlendirilmesi işlemlerine rakabetçi bir boyut kazandırmaktadır (Dowlatsahi, 2009’da atıfta bulunulduğu gibi).

Literatürde yapılan birçok araştırmada tersine lojistik rekabetçi nedenlerden dolayı firmalar için bir stratejik değişken olarak belirtilmiştir. Bu durumun farkında olan perakendeciler ve üreticiler müşteri memnuniyetlerini daha fazla arttırmak amacıyla kendi dönüş politikalarını liberalleştirme ve geliştirme yoluna gitmişlerdir. Geçmişte ürünlerin geri dönüşü pek kabul edilmezken; günümüzde rekabet baskısı nedeniyle birçok firma, müşteriler tarafından tatmin edici olarak bulunmayan ürünleri geri almayı kabul etmiş ve bunlardan değer kazanmaya çalışmıştır. Firmaların uyguladıkları dönüş politikaları rekabetin giderek artmasına ve firmalar tarafından bu politikaların bir pazarlama aracı olarak kullanılmasına neden olmuştur. Geri dönen ürünlerin çeşitli geri dönüşüm süreçlerine tabi tutulması ile bu ürünler metaryellere ayrılabilmekte ve tekrar kullanıma sunulabilmektedir; ayrıca tersine lojistik ile

tekrar kazandıkları metaryelleri firmalar kendi bünyelerinde kullanamadıkları takdirde farklı endüstri dallarında kullanarak veya değişik bir pazarlama stratejisi uygulayıp başka firmalara satarak finansal olarak bir avantaj sağlanabilmektedir.

Tedarik zinciri içinde yer alan geri dönüş politikaları firmaların iş stratejilerini geliştirmelerine ve değiştirmelerine yol açmıştır. Bu bağlamda şirketler tersine lojistik uygulamalarından rekabet avantajı sağlamak için operasyonel performanslarını geliştirmiş ve finansal yapılarını daha da güçlendirmek amacıyla tersine lojistiğe daha fazla kaynak ayırmışlardır. Bu sayede de tersine lojistik uygulaması bir stratejik değişkene dönüşmüştür.

Tersine lojistik uygulamalarında asıl rekabet avantajı sağlayan bu süreçlerin iyi ve verimli bir şekilde uygulanmasıdır çünkü etkin bir tersine lojistik sistemin, daha fazla müşteri memnuniyeti sağlamak ve düşük üretim marjlarına ulaşmak için sağlanan kolaylıkları oldukça arttırmaktadır. Bununla birlikte etkin bir tersine lojistik yönetiminin organizasyonlara stratejik bir değer katması için uzmanlık ve deneyim kazanmanın etkisi oldukça fazladır. Bu deneyime sahip firmalar tersine lojistiği, daha etkin şekilde bir rekabeti aracı olarak kullanabileceklerdir. Ancak bu deneyimler yenilikçi bir bakış açısıyla değerlendirilmelidir; bu sayede yenilikçi tersine lojistik programları ile firmalar sürdürülebilir bir anlayışla atıklarını ve geri dönen ürünlerini değerlendirmeleri ve karlarını arttırmaları daha kolay olacaktır.

Jayaraman ve Luo (2007) tersine lojistiğin rekabet açısından firmalara olan etkileri için yaptıkları analizde tersine lojistik sisteminde yer alan üretim ve dağıtım süreçlerinde karşılaşılabilecek zorlukları inceleyip firmaların sağladıkları rekabet avantajlarını ve tersine lojistik sisteminin kalitesinin arttırmanın yollarını araştırmışlardır. Çizelge 2.5.'de tersine lojistiğin firmalara sağladıkları maddi ve maddi olmayan rekabet avantajları görülmektedir (Skapa ve Klapalova, 2000'da atıfta bulunulduğu gibi).

Çizelge 2.5 : Tersine lojistiğin sağladığı rekabet avantajları (Jayamaran ve Luo, 2007).

Maddi rekabet avantajları	Maddi olmayan rekabet avantajları
Kullanılmış ürünlerden geri kazanılan değer kazancın artmasına ve bu ürünler için yeni pazarlar ortaya çıkmasına yol açar	Tersine lojistik uygulamalarıyla firmaların gösterdiği iyi niyet, firmanın kurumsal imajını geliştirmesine yol açar
Firmaların piyasaya yeşil ürünler sunması; müşterilerin ve çalışanlarını korumasına, gelecekteki borçlarını, sigorta oranlarının azaltılmasına ve bertaraf maliyetlerini düşürmesine yol açar	Ürünlere ait geri iade bilgileri hem bu akışın belirsizliği hem de potansiyel pazarlar hakkında bilgi edinilmesine olanak sağlar
Geri dönen ürünler; pazarlama etkinliği, ürün performansı, tüketici beklentileri ve üretim hattını daha karlı çalışması açısından fayda sağlar	Perakendeciler ve tedarikçiler için gerekli bazı bilgiler, geri dönen ürünlerden sağlıklı ve etkin bir şekilde elde edilir
Ürünlerin geri dönme zamanları, dönüş yeri seçimi, ödenen nakliye ücretleri üzerine geliştirilen politikalar hem iç hem de dış pazarda büyümeye neden olur	İade edilen ürünlerin fiziksel özellikleri, müşterinin tepkileri, görüşü ve memnuniyeti hakkında bilgi verir

2.5.2.2 Kar marjı

Tersine lojistik sistemin ekonomik açıdan işletmeye sağladığı faydaları net bir şekilde belirtmek çok zor olsa da Minahan (1998) geri dönen ürünleri ve atıkları etkin bir şekilde yöneten firmaların yıllık kazançlarını %10 seviyesine kadar arttırabildiğini belirtmiştir (Dowlatshahi, 2009’da atıfta bulunulduğu gibi).

Rogers ve Tibben-Lembke (1998) yaptıkları bir çalışmada 150 tersine lojistik yöneticisi ile birebir görüşmüş ve 1200 kadar tersine lojistik yöneticisine mail yolu ile sorular sormuştur; daha sonra bu çalışmalardan aldıkları cevapları değerlendirmişlerdir. Bu araştırma sonucunda firmaların % 20 si stoklarını azaltmak ve kar marjlarını korumak için tersine lojistik uygulamalarını kullanmaktadır.

James ve arkadaşları (2002) ise yaptıkları çalışmada geri çağrılan bazı kabloşuz telefonların modifiye edildikten sonra farklı pazarlara satılması örneğini verip; bazı geri dönen ürünlerin farklı pazarlarda daha yüksek fiyatlara satılabileceğini ve bu durumun firmaların kar durumuna etki edebileceğini belirtmişlerdir. James ve arkadaşlarının verdiği örnekte Meksika’da yer alan bir firma her biri 38,98 dolar

fiyatlı kablosuz telefonları geri almış ve ardından telefonları yenileyip her birini 48 dolar fiyattan satmıştır ve kar oranı arttırmıştır (De Brito ve diğ., 2002’de atıfta bulunulduğu gibi).

2.5.2.3 Müşteri memnuniyeti

Firmaların tersine lojistik uygulamasının en önemli nedenlerinden biri, müşteri kaybını önleyerek müşterilerine yüksek kaliteli ürün ve hizmet sunmaktır. Müşterileri başka firmalardan ürün almalarını engellemek için birçok yol vardır ancak bu yollardan en etkilisi müşterilere hasarlı ürünlerini hızlı bir şekilde geri alma opsiyonunu sunma olarak gösterilebilir. Müşterilere hızlı bir şekilde geri alma opsiyonunun sunulması için ise firmalar etkin bir tersine lojistik sistemine sahip olmalıdır; böylece geri dönen ürünlerden hem kar elde edebilecekler hem de müşteri memnuniyetini arttırabileceklerdir. Ayrıca, müşterilerin beklentilerinin ve davranışlarının her geçen gün değişmesi, firmaları tersine lojistik uygulamaya iten diğer bir nedendir. Liberal iade politikaları sayesinde müşterilerin ürünlerini iade etmeleri için her hangi bir neden göstermelerine gerek yoktur. Bu durum da ürün geri dönüşlerini arttırmakta ve firmaları tersine lojistik süreçlerini uygulamaya zorlamaktadır.

Şirketlerin geri dönen ürünleri iyi bir şekilde analiz etmesi ve değerlendirmesi, müşterilerini daha iyi tanınmasına, anlamasına ve gelecekteki satışlarını arttırmasına neden olmaktadır. Daugherty ve arkadaşlarına (2002) göre iyi tasarlanmış bir tersine lojistik sistemi, firmaların uzun vadeli ilişkiler geliştirebilmesine, tüm lojistik maliyetlerini %10 oranında azaltabilmesine ve müşteri memnuniyetini arttırmasına olanak sağlamaktadır (Minahan, 1998’de atıfta bulunulduğu gibi).

Değer kavramı, firmalar için tersine lojistik açısından birçok boyutta değerlendirilmektedir ve yapılan çalışmalar tersine lojistiğin müşteri memnuniyetinin artmasında çok önemli bir yeri olduğunu ve bu durumun firmaya en fazla değer kazandıran olgu olduğunu göstermektedir. Tersine lojistik ile sağlanan müşteri memnuniyeti, firmaların uzun dönem performanslarını büyük ölçüde etkileyip sürdürülebilir bir ekonomik yapıya sahip olmalarını kolaylaştırmaktadır.

Pollock (2007), tersine lojistik ile arttırılan müşteri memnuniyeti sayesinde firmaya değer ve fayda yaratmak için gerekli dört temel unsuru şöyle tanımlamıştır:

- İlk olarak firmalar tüm lojistik faaliyetleri ile genel pazardan ve kendi müşterilerinden elde ettikleri gerçek ve algılanan değeri tanımlamalı, ölçmelidir
- İkinci olarak, lojistik kabiliyetler ile sağlanan gelişmelerle birlikte müşteri hizmet ve memnuniyet oranları arttırılmalıdır
- Üçüncü olarak, firmalar sağladıkları lojistik gelişmeleri bir pazarlama ve tanıtım aracı olarak kullanmalıdır
- Son olarak, firmalar lojistik faaliyetler ile sağladıkları değer ve faydaları kullanarak rekabet ortamı içinde kendilerine iyi bir konum yaratmalıdırlar.

2.6 Tersine Lojistik ile İleri Lojistiğin Farkları

Tersine lojistik akışı ile ileri lojistik akışı arasındaki farkları anlamak, tersine lojistik sürecini kavramak ve etkin bir dağıtım ağı oluşturmak için oldukça gereklidir. Ayrıca bu farkların bilinmesi firmalara ve araştırmacılara uygun tersine lojistik operasyonları tasarlama ve uygulamalarında kolaylık sağlayacaktır (Karaçay, 2005).

Tersine lojistik ağları, tipik tedarik zincirinden farklılaşan birçok özelliğe sahiptir. Geleneksel üretim dağıtım süreçlerinde teslim alınan girdi; tedarik, miktar, zamanlama ve kalite açısından kontrol edilebilir. Tersine lojistikte ise tedarik daha çok dışa bağımlıdır ve ön görülmesi oldukça zordur. Tedarik sürecindeki belirsizlik, ileri ve geri lojistik faaliyetlerinin en belirgin farklılığıdır.

Tersine lojistik faaliyetleri, ileri lojistik faaliyetlerinin tam simetrisi değildir. Geri dönen ürünleri düzenli kanallarda olduğu gibi her zaman taşıma, depolama ya da elleçleme imkanı olmayabilir. Toplama ve yeniden dağıtım işlemi, tedarik noktası sayısı arttıkça tersine lojistik sistemlerinde daha karmaşık ve kompleks bir yapı haline gelmektedir. Bu kompleks daha iyi tanımlamak için ileri ve tersine lojistik faaliyetleri arasındaki temel farklara baktığımızda çizelge 2.6'da yer alan unsurlar görülmektedir (Tibben-Lembke ve Rogers, 2002).

Çizelge 2.6 : İleri ve tersine lojistik faaliyetleri arasındaki temel farklar (Tibben-Lembke ve Rogers, 2002).

İleri lojistik	Tersine lojistik
Tahminler açık/belirgindir	Tahminler daha zordur
Bir dağıtım noktasından farklı noktalara aktarım vardır	Çok dağıtım noktasından birine aktarım vardır
Ürün kalitesi standart	Ürün kalitesi standart değildir
Ürün paketlenmesi aynıdır	Ürün paketi çoğunlukla zarar görmüştür
Gidilecek yer ve rota belirlidir	Gidilecek yer ve rota belirli değildir
Kanallar standartlaştırılmıştır	Standart kanal olmayabilir
İşletme düzeni açıktır	İşletme düzeni açık değildir
Fiyat genellikle standarttır	Fiyatlandırma faktörleri çok
Hız önemlidir	Hız çoğu zaman öncelikli değildir
İleri dağıtım maliyetleri kolay görülebilir	Tersine lojistik maliyetleri daha az belirgindir.
Stok yönetimi tutarlıdır	Stok yönetimi tutarlı değildir.
Ürün hayat çemberi yönetilebilir	Ürün hayat çemberi yönetimi zor
Taraflar arası anlaşmalar açık ve anlaşılırdır.	Taraflarla anlaşmalar ilave varsayımlar sebebi ile daha karmaşıktır.
Pazarlama metotları iyi biliniyor	Karmaşık pazar yapısı
Ürünü izlemek için gerçek zamanlı bilgilere ulaşılabilir	Süreçlerin izlenebilirliği daha azdır

Tersine lojistik, içerdiği belirsizlikler sebebi ile tahminlerin, planlamaların ve kontrollerin yapılması daha zordur. Geri dönen ürünün miktarı ve zamanlaması hakkında belirsizlikler bulunmakta, dahası firmanın ürettiği her ürün için farklı bir dönüş oranı geçerli olmaktadır (Tibben-Lembke ve Rogers, 2002). Geri dönüştürme ve diğer iyileştirme opsiyonları için dağıtım sistemlerinin planlanması konusunu araştıran Fleischmann ve arkadaşları, kullanılmış ürünlerin arzı ve piyasadaki belirsizlikleri tersine lojistik sistemlerini diğer dağıtım sistemlerine göre daha zor bir yapı olmasına neden olan farklar olarak belirtmişlerdir (Fleischmann ve diğ., 1997).

İleri lojistik, bir başlangıç noktasından birçok dağıtım noktasına olacak şekilde akarken, tersine lojistikte bunun tersine geçerlidir. Geri dönüşler perakendeciler aracılığı ile de gerçekleşebilir ancak, ileri ve geri lojistiğin bazen aynı dağıtım noktalarına sahip olması, bunların bütünleştirilebileceği anlamına gelmemektedir (Karaçay, 2005).

İleri lojistikte ürün ve paketleme kalitesi belirli ve aynıdır, bu da taşımayı kolaylaştırır. Ancak, geri dönüşlerde ürünler tam olarak paketlenmemiş olabilir. Aynı zamanda, dönen ürünler, giden yeni ürünler kadar büyük miktarlarda olmadığından, bunlar için taşımayı kolaylaştırıcı paketlemeler kullanılamamaktadır. Paketlemenin olmaması veya düzgün olmaması, ürünün üretici firma ve çalışan personel tarafından tanımlanmasını da zorlaştırmaktadır (Karaçay, 2005).

Geri dönen ürünün kalitesi her zaman aynı düzeyde olmadığından tedarikçi, müşterilere satın aldıkları ürün miktarı ve diğer birçok faktöre bağlı olarak farklı fiyatlar uygulayabilmektedir (Karaçay, 2005).

İleri lojistikte maliyetler tanımlanmıştır ve belirlidir. Muhasebe sistemleri, ileri akış kanalı boyunca olacak maliyetleri izleyecek şekilde tanımlanmıştır. Ancak, tersine lojistikte maliyetler, ileri lojistikten farklı şekilde ortaya çıkmaktadır. Çizelge 2.7’ de ileri ve tersine lojistik arasındaki maliyet bakımından farklar gösterilmiştir (Tibben-Lembke ve Rogers, 2002).

Çizelge 2.7 : Tersine lojistiğin maliyet düzeyi bakımından ileri lojistik ile karşılaştırılması (Tibben-Lembke ve Rogers, 2002).

Maliyet kalemleri	İleri lojistik maliyetleri ile karşılaştırması
Taşıma	Daha yüksek
Stok bulundurma maliyeti	Daha az
Fire/kayıp	Çok az
Eskime	Daha yüksek olabilir
Toplama	Çok yüksek, daha az standartlaştırılmış
Sınıflama/kalite tanımlama	Çok daha yüksek
Elleçleme	Daha yüksek
Yenileme/yeniden paketleme	İleri lojistikte yok, tersine lojistik için önemli
Defter maliyeti değişimi	İleri lojistikte yok, tersine lojistik için önemli

Tersine lojistikteki en önemli maliyet kaynağı taşıma faaliyetleridir. Nakliye miktarının az olması ve paketlemenin düzgün olmaması nakliye maliyetlerini artırmaktadır. Stok bulundurma maliyeti ise değişkendir ve daha düşük miktarlarda olduğundan stok maliyetinin daha düşük olması beklenebilir (Karaçay, 2005).

Geleneksel stok kontrol yöntemlerinde geçerli olan varsayımların çoğu, tersine lojistikte uygulanamamaktadır. Tersine lojistik kanalına ürün girişleri, satış fiyatı, talep gibi değişkenler ortamın belirsizliğini artırmaktadır (Karaçay, 2005).

İleri lojistikte tedarik zincirindeki taraflarla yani tedarikçi ve satıcı ile anlaşmalar yapılması daha kolaydır. Ancak tersine lojistikte ürünün birörnek olmaması, miktar ve fiyat belirsizliği, talep değişkenliği gibi sebeplerle anlaşmalar daha karmaşık olacaktır (Karaçay, 2005).

Tersine lojistikte akışın izlenmesi, ileri lojistiğe kıyasla daha güç olmaktadır. Çünkü firmaların bilişim sistemleri, geri dönüşleri takip edecek şekilde tasarlanmamaktadır. Bu da ürün gelişlerini takip etmeyi zorlaştırmakta, kısa dönemli operasyon planları yapılmasını bile oldukça güç kılmaktadır. Merkezi toplama sistemlerinde uygun bilişim sistemleri kullanılması ile planlayıcıların daha uzun dönemlik ve etkin planlar yapmasını sağlayacaktır (Karaçay, 2005).

2.7 Tersine Lojistiğin Önündeki Engeller

Tersine lojistiğin önünde çok fazla engel olması nedeniyle birçok firma için başarılı bir tersine lojistik uygulamak problem oluşturmaktadır. Bu durumun farkında olan Roger ve Tibben-Lembke (1998) yaptıkları araştırma projesinde 300 katılımcıyla görüşmelerde bulunmuş ve tersine lojistik faaliyetlerinin uygulanmasının iç ve dış engellerden dolayı zor bir durum teşkil ettiğini saptamıştır. Roger ve Tibben-Lembke'in bu araştırmada saptadığı engeller ve yaptığı görüşmeler neticesinde saptadığı oranlar çizelge 2.8'deki gibidir.

Çizelge 2.8 : Tersine lojistiğin önündeki engeller.

Engeller	Oranı
Diğer konulara göre tersine lojistiğin önemi	%39.2
Şirket politikaları	%35
Sistemin olmayışı	%34.3
Rekabet konuları	%33.7
Yönetiminin ihmalleri	%26.8
Finansal kaynaklar	%19
Personel kaynağı	%19
Yasal konular	%14.1

Bu araştırma sonuçlarına göre diğer konulara göre şirketler tarafından tersine lojistiğin önemsiz görülmesi tersine lojistiğin önündeki en büyük engel olarak görülmektedir. Bu şirketler tersine lojistiği bir öncelik olarak görmemekte ve maliyet tabanlı bir tersine lojistik geliştirmenin zor olduğunu belirtmektedir. İkinci büyük engel olarak şirket politikaları görülmektedir. Bu konu yönetsel ihmallerle, tersine lojistiğe verilen önemin az olması ve kurumsal strateji konularıyla da ilişkilidir. Sistemin eksik olması da diğer önemli bir engel olarak gösterilmektedir. Araştırma kapsamında çok az şirkette başarılı bir tersine lojistik yönetimi saptanmış ve bu da birçok şirkette sistemin eksiklikleri gidermede yetersiz olduğunu göstermiştir. Rekabet koşulları ve yönetimin ihmalleri konuları da diğer önemli engeller olarak görülmektedir. Finansal ve personel kaynak gereksinim en zayıf engeller arasına konulmuştur (Roger ve Tibben-Lembke, 1998).

Literatürde tersine lojistiğin önündeki engeller üzerine yapılan araştırmalarda farklı sonuçlar da ortaya çıkmaktadır. Cespon ve arkadaşları (2009) yaptıkları çalışmada tersine lojistik uygulamalarında karşılaşılan genel problemleri şu şekilde sıralamaktadırlar:

- Yeniden üretim süreçlerini yönetmek için yazılım eksikliği
- Yeniden üretim süreçleri boyunca bileşenleri tanımlamak için gerekli standart araçların eksikliği
- Zamanın belirsizliği
- Talebin belirsizliği
- Geri dönüşlerin kalitesi ve miktarı
- Malzeme geri dönüştürme sürecindeki belirsizlikler
- İade ve talep dengesi
- Metaryellerin kullanılmaz hale gelmesi
- Geri dönen ürünlerin parçalara ayrılması
- Tersine lojistik ağına duyulan gereksinim.

Gayer ve Jackson (2004) ise ürünlerin geri dönüşümü ve yeniden kullanılması sırasında karşılaşılan kısıtları araştırmışlardır. Bu kısıtlar araştırmada;

- Kullanım aşamasından sonra ömrünü tamamlamış ürünlere olan sınırlı erişim
- Ömrünü tamamlamış ürünlerin yeniden işlenmesi sırasında yapılacak fizibilite çalışmasının sınırlı olması

- Yeniden işlenen ürünlerin markete ikinci kez sunulmasında pazar talebinin sınırlı olması olarak ifade edilmektedir.

PricewaterhouseCoopers (2008) şirketinin tersine lojistik üzerine hazırladığı raporda aşağıdaki maddeler tersine lojistiğin önündeki engeller olarak belirtilmiştir.

- Tersine lojistiğin tam anlamıyla tanımlanamaması
- Belirlenmemiş tersine lojistik maliyetleri
- Tersine lojistik ağı tasarlanırken iş birliği eksikliği
- Uygun yönetim sistemi eksikliği
- Sınırlı tahmin ve planlama
- Yönetim politikalarının net bir şekilde belirtilmemesi
- Kredi işlemlerindeki zamanlama
- Bilgi teknolojilerinin eksik olması
- Gümrük formaliteleri

Gilanlı ve arkadaşlarının (2012) Edirne, Tekirdağ ve Kırklareli bölgesindeki 110 firmada tersine lojistik üzerine yaptığı çalışmada işletmelerde başarılı bir tersine lojistik uygulanmasının önündeki engelleri araştırmış ve çizelge 2.9'da yer alan bulguları elde etmiştir. Üç firmanın tersine lojistik uygulamadığı bu çalışmada yasalar ve çevre ile ilgili problemler firmaların tersine lojistikte başarılı olmaları için en büyük engel olduğu görülmüştür.

Çizelge 2.9 : Gilanlı ve arkadaşlarının (2002) araştırmasına göre işletmelerin başarılı bir tersine lojistik uygulamasının önündeki engeller.

	Frekans	Frekans Yüzdesi (%)
Şirket politikaları	1	0,9
Finansal kaynaklar	16	15
Yönetimsel bilginin yokluğu	2	1,9
Yetersiz personal kaynağı	6	5,6
Yasalar ve çevre ile ilgili problemler	50	46,7
Sistem eksiklikleri	10	9,3
Önleyici tedbirlerin olmaması	22	20,6
Toplam	107	100

Garcia Rodriguez ve arkadaşlarına (2012) göre ise tersine lojistiğin önündeki en büyük engel belirsizlik olup iki temel boyut içermektedir. Bunlardan birincisi tersine

lojistik sürecinde yer alan ürünler ve metaryel hakkında zaman, miktar, kalite, çeşitlilik ve miktar belirsizliğidir. İkincisi ise ürünlerin toplanması, taşınması, sınıflandırılması ve parçalara ayrılması işlemlerindeki belirsizliktir.

3. TERSİNE LOJİSTİK AĞI

3.1 Literatür Araştırması

Tersine lojistik sistemi literatürde stratejik, taktik ve operasyonel yönleri açısından incelenmiş ve etkin bir tersine lojistik ağı oluşturmak için gerekli birçok karar yapıları ve modellerin ortaya atıldığı görülmüştür.

Araştırmacılar tersine bir ağı tasarlanırken ileri stratejik faktörleri düşünmenin gerekli olduğunu vurgulayarak tersine lojistik faaliyetleri için gerekli stratejik maliyetleri minimum yapacak modeller geliştirmişlerdir. Bu maliyetler; yeniden üretim için gerekli teçhizat, kalifiye işgücü, depo yerleşimi ve ulaşım maliyetleridir (Thierry ve diğ., 1995).

Dowlatsahi (2000) tersine lojistik sistemlerinin geliştirilmesine yönelik kapsamlı bir çalışma yapmıştır. Sistem tasarımı ve bunu etkileyen iki önemli unsur olan stratejik ve operasyonel faktörler üzerinde durarak, stratejik faktörlerin operasyonel faktörlerden daha öncelikli olduğunu savunmuştur. Stratejik maliyetler, toplam kalite, müşteri servis düzeyi, çevre bilinci ve kanunlar gibi konular tersine lojistik sisteminin tasarımını etkileyen stratejik faktörler arasında yer almaktadır. Operasyonel faktörler ise müşteri, faydam maliyet analizleri, taşıma, depolama, arz yönetimi, yeniden üretim ve geri dönüştürme ile paketlemeden oluşmaktadır.

Dowlatsahi (2005) tersine lojistik ağı geliştirilirken dikkat edilmesi gereken beş faktörü şöyle tanımlamıştır:

- 1 - Maliyet: Maliyetler, tersine lojistiğin her adımıyla ilişkilidir; örneğin geri dönüşüm operasyonları için gerekli müşteri hizmet servisinin bir maliyeti vardır.
- 2 - Kalite: Stratejik kalite, yeniden üretilen, tamir edilen ve geri dönüştürülen ürünlerin kalitesiyle ilişkilidir.
- 3 - Müşteri servisi: Bu stratejinin temel amacı müşteri beklentilerini karşılamaktır.
- 4 - Çevresel kaygılar: Müşteriler firmanın yapmış olduğu bertaraf işleminin çevreye zarar vermeyecek şekilde gerçekleşmesini isterler. Bu yüzden, tersine lojistik stratejileri, çevresel düzenlemelere ve gereksinimlere uygun olmalıdır.

5 - Yasal düzenlemeler: Yasal düzenlemelerdeki artıştan dolayı firmalar tersine lojistik stratejilerini bu düzenlemelere uymak için verimli hale getirmelidir. Bu sayede kullanılan ve ömrü tamamlanan ürünlerin meydana getirdiği tehlikeli atıklar etkin bir şekilde ortadan kaldırılmış olacaktır.

De Brito ve Dekker (2003) stratejik, taktiksel ve operasyonel olmak üzere üç düzeyden oluşan bir tersine lojistik ağı geliştirmişlerdir. Geri dönüşüm stratejisi, ürün tasarımı, ağ kapasitesi ve tasarım stratejisi stratejik düzeyde yer almaktadır. Taktiksel düzeyde ürün iadelerinin organizasyonel amaçlarla entegre edilmesi işlemleri yer almaktadır. Bunun yanında satın alma, ters dağıtım, koordinasyon, üretim planlama, stok yönetimi, pazarlama, ve bilgi ve teknolojileri konuları da bu düzeydedir. Operasyonel karar düzeyi ise üretim planlama ve kontrol ve bilgi yönetimi konularından oluşur.

Fleischmann ve arkadaşları (1997) tersine lojistik sistemini dağıtım planlaması, stok kontrolü, üretim planlaması olmak üzere üç dalda incelemektedir. Dağıtım planlaması, tüketiciden sağlanan ürünlerin fiziksel ulaşımı ve envanter kontrolü konularını içerir. Üretim planlaması, geri gelen ürün ve malzemelerin zamanlaması konusunu içermektedir. Zamanlama yapılırken ürünler miktar ve kalite açısından değerlendirip demontaj seviyeleri ve yüksek belirsizlik dikkate alınmalıdır.

Fleischmann ve arkadaşları (1997) ayrıca lojistik ağ tasarımını tersine lojistik ve kapalı çevrim tedarik zinciri bakış açısıyla inceleyerek, genel bir tesis yerleşim yeri tasarımı modeli geliştirmiş ve bu modeli geleneksel lojistik modelleri ile karşılaştırmıştır. Bunun yanında, ürün iadelerinin lojistik ağ tasarımına olan etkileri tartışılmış ve bu etkinin endüstriyel düzeyde ya da firma bazında farklılıklar gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu araştırmada ürünlerin tekrar kullanımına yönelik faaliyetler, bazı durumlarda mevcut lojistik yapısı içinde yürütülebilmekteyken, diğer örneklerde, çok daha kapsamlı lojistik ağ modellerinin geliştirilmesi gerekliliği ortaya konulmaktadır.

İlginç bir diğer çalışma da, Krikke ve arkadaşlarının (2003) modülerlik, tamir edilebilirlik ve geri dönüştürülebilirlik gibi ürün tasarımı özellikleri ve lojistik ağının tasarımıyla ilgili kararları birlikte almayı destekleyecek karışık tam sayılı matematik model üzerinedir. Çevresel etkiler, doğrusal olarak modellenmiş olan enerji ve atık fonksiyonları ile ölçülen bu çalışmada ekonomik maliyetler, tesisler için sabit bir

kurulum maliyeti de içerecek şekilde üretim miktarıyla doğru orantılı olarak modellenmiştir. Geliştirilen model, Japon bir firmanın Avrupa'daki üretim tesislerinde ürettiği buzdolabı ürünü için kapalı çevrim tedarik zinciri tasarım problemine uygulanmıştır. Model, merkezi ve yaygın işleme, alternatif ürün tasarımları, geri dönüşlerdeki değişik miktar ve kalite düzeyleri, muhtemel çevre düzenlemelerinde yer alacak üretici sorumlulukları gibi senaryolar altında incelenmiştir.

Tersine lojistik yapılan literatür araştırmaları sonucunda genel bir ifadeyle tedarikçiler, üreticiler, dağıtıcılar, müşteriler, toplama merkezleri ve lojistik işletmeleri gibi birbirinden bağımsız ancak yakından ilişkili unsurları barındıran yaşayan bir sistem olarak görülmüştür. Bu sistemin temel karakteristik özellikleri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

Dış çevreyle ilişkisi: Tersine lojistik, dış çevreden teknoloji, malzeme, para, bilgi ve diğer kaynakları alıp malzeme ve enerji alışverişi olan bir sistemdir.

Uyum özelliği: Tersine lojistik, şirketin ürettiği ürünlerinin tekrar değerlendirilmesini sağlayarak işletmenin potansiyel rekabet gücünü ortaya çıkarıp hızla değişen dünyaya adapte olmasını sağlar.

Kararlılık özelliği: Tersine lojistik sistemi dış dünyadaki değişkenliklere teknolojik yenilikler, yeni ekipmanlar ve yönetsel süreçlerdeki değişikliklerle ayak uydurarak kararlı bir yapıya kavuşur ve sürdürülebilirlik anlayışını benimseyen şirketlerin yönetsel süreçlerinde önemli bir rol üstlenir.

Değişkenlik özelliği: Tersine lojistik sistemi, işletme içi, işletme dışı ve çevresel değişimlere sıkı bir şekilde bağlıdır. İşletmeler iç ve dış faktörlerin neden olduğu bu değişim ve gelişim gerekliliğinden dolayı tersine lojistik sistemlerinde yapacakları inovasyon çalışmaları ile sürekli değişen bu iş dünyasına ayak uydurmak zorundadırlar.

Seçilme ve Değerlendirilme özellikleri: Tersine lojistik ağı içinde tüm işlemler ekonomik ve etkinlik açısından birbirleriyle rekabet halindedirler. Bu alternatif süreçler arasından işletmenin geleceği ve kazançları değerlendirilip en uygun seçeneğe karar verilir. Bu aşamada seçilen seçeneğin kendi rekabet gücünü koruyamaması, seçimin değişmesine neden olabilmektedir (Li ve diğ., 2010).

3.2 Tersine Lojistik Ağı Türleri

Fleischmann ve arkadaşları (2001) geri kazanım ağları üzerine yaptığı çalışmada bu ağları geleneksel üretim dağıtım ağları ve bertaraf ağları gibi ağlarla karşılaştırmış ve geri kazanım ağlarının merkezileşme derecesi, katman sayısı, diğer ağlarla bağlantılar, açık veya kapalı çevrim yapısı, firmalar arasındaki koordinasyon derecesi gibi konularda farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada süreç bazlı bir tanımlamayla; geri dönüşüm ağları, ürün montaj sistemi ve yeniden imalat ağları ve tekrar kullanılan malzeme ağları şeklinde üç tip ağ tanımlanmıştır (Erol ve diğ., 2006'da atıfta bulunulduğu gibi).

Tersine lojistik uygulanırken firmalar bu sistemin avantajlarını ve dez avantajlarını iyi değerlendirip gerçek durumlarına uygun modeller seçmelidirler. Guo (2009) firmanın kendi şartları ile uygulanabilen model, havuz modeli ve dış kaynak kullanılan model olmak üzere bu modelleri üç tipte incelemiştir.

- 1- *Firmanın kendi şartları ile uygulanabilen model:* Bu modelde firmalar bağımsız bir tersine lojistik sistemi oluşturup geri dönen ürünlerin dönüştürülmesi ve yeniden üretime katılması işlemlerini kendi bünyelerinde gerçekleştirmektedirler.
- 2- *Havuz modeli:* Bu modelde bazı üretim firmaları diğer firmalarla işbirliği içindedir. Geri dönüştürme ağı dahil olmak üzere ulaştırma, satın alma ve satış gibi işlemleri beraber yürütmektedirler.
- 3- *Dış kaynak kullanımı modeli:* Üçüncü model dış kaynak kullanımı modeli olup; bu modelde firmalar tersine lojistik iş süreçlerinin bir kısmını veya tamamını belirli bir maliyet karşılığında başka firmalara yaptırırlar. Bu model birçok durumda geri dönüşüm, tamir etme ve atık yok etme işlemleri için uygundur. Küçük ve orta ölçekli şirketler bu model kullanmaya daha çok eğilimlidirler; böylece operasyon maliyetlerini düşürebilirler. Büyük şirketlerde ise, dış kaynak kullanımı bazı özel operasyonlarda kullanılmaktadır.

Wang Bai (2010) ise yaptığı çalışmada tersine lojistik ağ modellerini 4 bölümde incelemiştir. Bu modeller hakkındaki literatürde yer alan bazı bilgiler aşağıdaki gibidir:

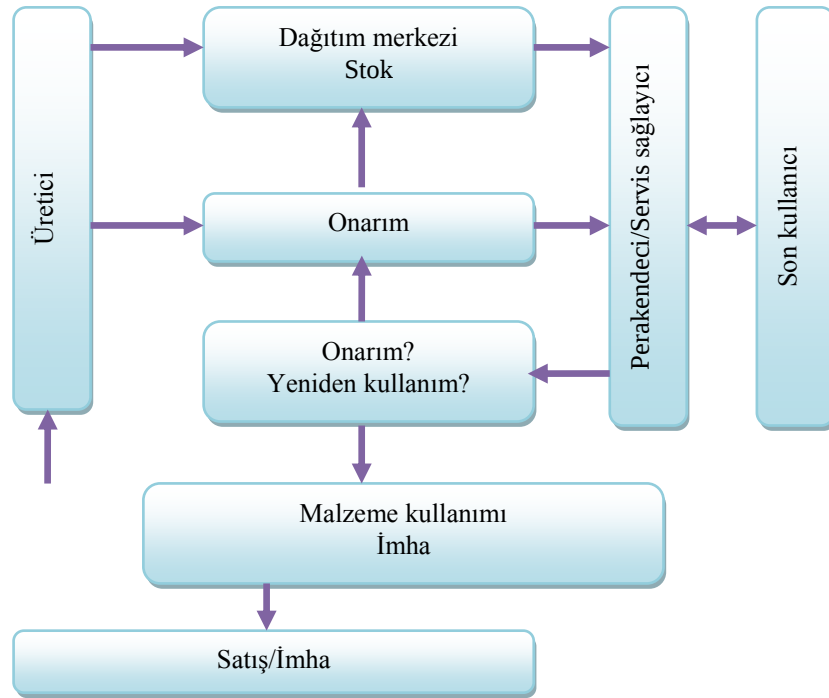
1- Kapalı döngü ağ modeli

Fleischman'a (1997) göre tersine lojistik ağlarında en önemli konu ileri lojistik ile tersine lojistik kanallarının entegrasyonudur. Tersine lojistik ağlarının yapılandırılması ileri lojistik faaliyetlerinin performansı üzerinde önemli etkiye sahip olduğu görülmektedir ve bu da terine lojistik kanallar ile ileri lojistik kanalların birleşmesi sonucu meydana gelen kapalı döngü ağ modelinin önemini ortaya koymaktadır (Wang ve Bai, 2010'da atıfta bulunulduğu gibi).

Blumber'e (2005) göre kapalı çevrimli tedarik zincirleri şu fonksiyonlardan oluşmaktadır:

- İleri lojistik ve direkt tedarik zinciri yönetimi,
- Tersine lojistik,
- Depo bakımı, işleme, onarımı ve imhası.

Şekil 3.1'de ise bu fonksiyonların gösteriminin yer aldığı bir kapalı çevrimli tedarik zincirini görmekteyiz.



Şekil 3.1 : Kapalı çevrim tedarik zinciri (Blumber, 2005).

2- Genel model

Tersine lojistik ağıları için en çok önerilen model vaka çalışmaları ile ilişkilidir ancak farklılıklar için ortaya atılmış genel bir model yoktur. Bu durumun farkında olan bazı araştırmacılar genelleştirilmiş modeller tasarlamaya çalışmışlardır. Fleischmann (1997) geri dönüşlerin, üretim atıklarının sürece dahil edildiği ve tersine lojistik zinciri ile ileri lojistik zincirinin entegre edildiği genel bir tesis modeli geliştirmiştir. Salema ve arkadaşları (2007) ise çoklu ürün yönetimi sağlayan ve ürün talep ve geri dönüşlerindeki belirsizliği tanımlayan karışık tamsayılı bir modelleme önermiştir. Zhou ve arkadaşları (2008) da tamir etme ve yeniden üretim işlemlerini dikkate alan genel bir sayısal model önermiştir (Wang ve Bai, 2010'da atıfta bulunulduğu gibi).

3 - Stokastik model

Fleischmann (1997) geri dönüşüm proseslerinde belirsizliğin en önemli unsur olduğunu belirtmiştir çünkü kullanılmış ürünlerin miktarını ve kalitesini tahmin etmek gerçekten zordur. Araştırmacılar stokastik çerçevede bu durumu ele almışlardır. Inderfuth ve arkadaşları (2001) birçok yeniden kullanım opsiyonu içeren stokastik yeniden üretim modeli sunmuştur. Listes ve arkadaşları (2005) ise belirsizliklerin de sisteme dahil edildiği ürün geri dönüşümleri için deterministik lokasyon modeli içeren stokastik bir programlama yaklaşımı üzerine çalışmışlardır. El-Sayed ve arkadaşları (2010) da bir stokastik karışık tamsayılı programlama yaklaşımı içeren ileri ve geri lojistik kanallara sahip tersine lojistik risk modeli geliştirmişlerdir; ancak bu model sadece tek ürün için kullanılmaktadır (Wang ve Bai, 2010'da atıfta bulunulduğu gibi).

4 – Üçüncü parti lojistik modeli

Firmalar için üçüncü parti lojistik hizmeti sağlayıcıları tersine lojistik süreçlerinin yerine getirilmesi konusunda büyük avantaj sağlamaktadırlar. Bu avantaja neden olan üçüncü parti lojistik hizmeti sağlayıcılarının bilgi teknolojileri ve sistemi yönetme konusundaki yetenekleridir. Rupnow (2003) ve bazı araştırmacılar üçüncü parti lojistik hizmeti sağlayıcıları ile işbirliğinde olmanın faydalarını şu şekilde sıralamışlardır:

- Maliyetlerin azaltılması
- Gelişmiş uzmanlık

- Verilere erişim kolaylığı
- Gelişmiş müşteri hizmeti
- Esneklik sağlanması (Wang ve Bai, 2010’da atıfta bulunduğu gibi).

3.3 Tersine Lojistik Ağındaki Faaliyetler

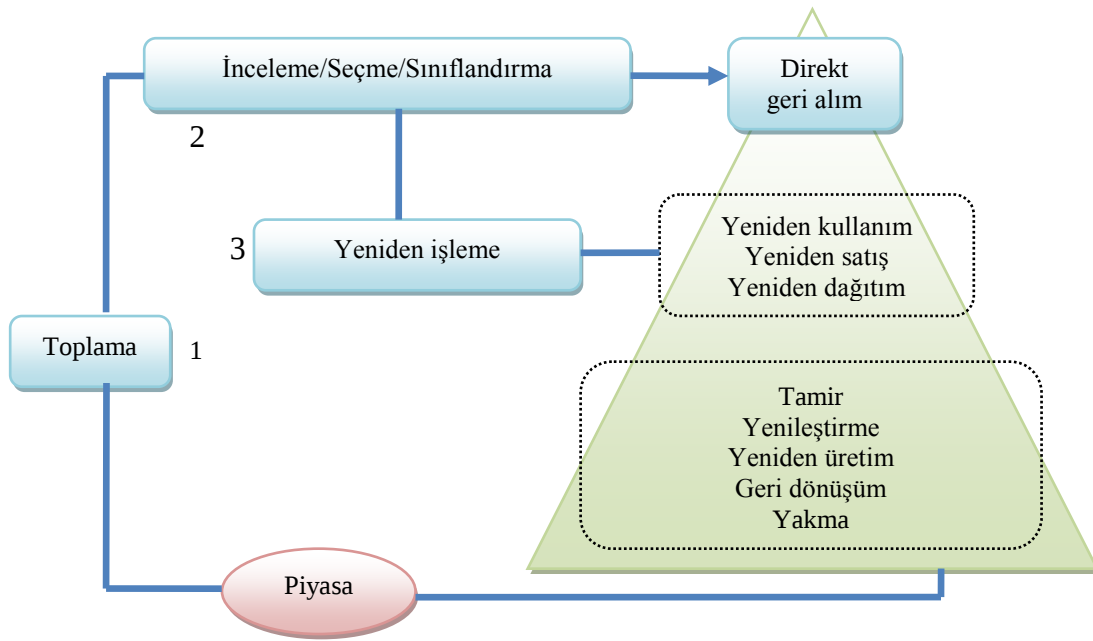
3.3.1 Literatür araştırması

Cooper ve Stephan (1994) tarafından etkin tersine lojistik sistemi için geri dönüşlerin kabulü, rotanın tespit edilmesi, ürünlerin alınması, proseslerin seçilmesi, müşteri memnuniyeti ve performans ölçümü olmak üzere altı farklı tersine lojistik aşaması tanımlanmıştır. Tersine lojistik uygulamalarında geri dönen ürünlerin yönetilmesindeki karmaşıklıktan dolayı bu aşamalar tam olarak anlaşılmalı ve etkili bir şekilde yönetilmelidir. Rogers ve Tibben-Lembke (2001) bu aşamalar içinde yer alan faaliyetleri ürün ve ambalaj için olmak üzere ikiye ayırmış ve çizelge 3.1’deki gibi belirtmiştir.

Çizelge 3.1 : Tersine lojistik faaliyetleri (Rogers ve Tibben-Lembke, 2001).

Malzeme	Tersine lojistik faaliyetleri
Ürün	Tedarikçiye dönüş
	Yeniden satış
	Pazar yolu ile satış
	Parçalamak ve sökmek
	Onarıp yenilemek
	Yeniden üretim
	Islah etme işlemi
	Geri dönüştürme
	Toprağa gömülmesi
Ambalaj	Yeniden kullanma
	Yenileme
	Islat etme işlemi
	Geri dönüştürme.
	Parçalamak ve sökmek

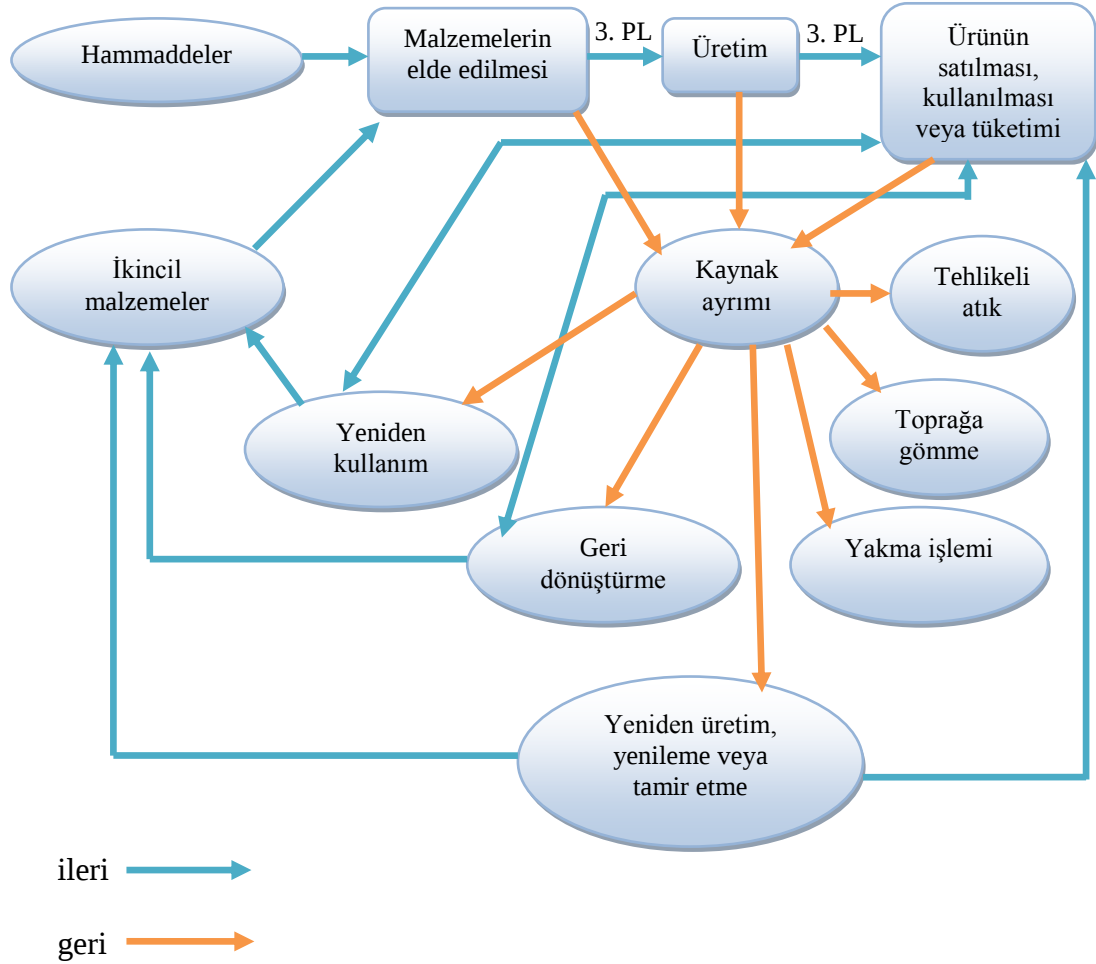
Geri alma, tüm tersine lojistik süreçlerinde olan faaliyetlerden sadece bir tanesidir. İlk işlem toplamadır ve daha sonra inceleme/seçme ve sınıflandırmadan oluşan süreç devreye girmektedir. Üçüncü olarak geri alım süreci ön plana çıkar (bu doğrudan ya da yeniden işleme şeklinde olabilir) ve son olarak yeniden dağıtım ile süreç tamamlanır. Aşağıda gördüğümüz şekil 3.2’de bu süreçlerin detayları özet bir şekilde belirtilmektedir. Toplama işlemi, ürünlerin tüketicilerden bir geri alım noktasına getirilmesini ifade eder. Bu noktada ürünler incelenir, diğer bir deyişle malların kaliteleri değerlendirilir ve geri alım ya da iyileştirme tipi için karar verilir. Daha sonra mallar geri alıma göre sınıflandırılır ve gideceği yere yönlendirilir. Eğer malın kalitesi yeni ürün kadar iyi bir seviyede ise hemen piyasaya geri gönderilir yani ya yeniden kullanılır ya yeniden satılır ya da yeniden dağıtımı yapılır. Eğer değil ise tamir etme, yenileştirme, yeniden üretim, geri dönüştürme ve yakma gibi işlemler uygulanır. Diğer bir deyişle, daha fazla işlem gerekmekte ve ürün yeniden işleme tabi tutulmaktadır (De Brito ve Dekker, 2003).



Şekil 3.2 : Tersine lojistik süreci (De Brito ve Dekker, 2003).

Yukarıdaki şekilde gördüğümüz geri alım süreçlerinden hiçbirini yapılmaz ise ürünlerin toprağa gömülme ihtimali çok yüksek olur ve genellikle ürünler toprağa gömülür. Diğer yandan ise bu ürünlerin toprağa gömülmesi için belirli bir harcama yapılması gerektiği için bu da bir maliyet kalemi olarak karşımıza çıkmaktadır ve makro bir bakış açısıyla toprağa gömme işlemi çevreye zarar verdiği için de bir maliyet unsuru olarak hesaplamaya dahil edilmesi gerekir.

Rakesh ve Vinayak (2005) tersine lojistik sistemindeki adımları dört kısma ayırmıştır. Bunlar toplama, denetleme/seçim/sıralama, yeniden işleme ve doğrudan geri dönüşüm ile yeniden dağıtımdır. Bu çalışmayı biraz daha derinlemesine inceleyen Stock ve arkadaşları ise tersine lojistik ağında yer alan işlemleri şekil 3.3'deki gibi ifade etmişlerdir (Stock ve diğ., 2002).



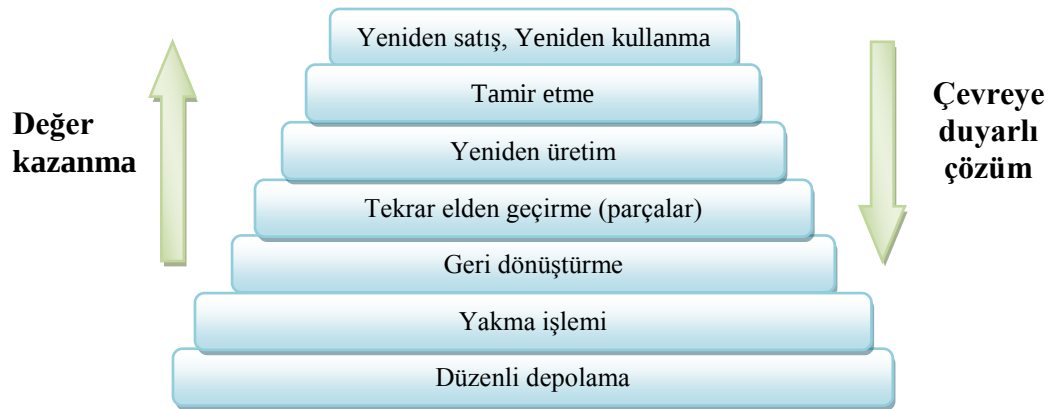
Şekil 3.3 : Tersine lojistik sisteminde yer alan faaliyetler (Stock ve diğ., 2002).

Bayles tersine lojistik ağında yer alan yeniden kullanım faaliyetlerini şu şekilde tanımlamıştır (Bayles, 2000).

- *Yeniden kullanma:* ambalaj yeniden kullanılır veya ürün başka bir müşteriye satılmak üzere geri gönderilir.
- *Tamir etme/yeniden paketleme:* tamir etme ve yeniden paketleme işlemleri geri dönen üründen tekrar faydanılmasına olanak sağlar.
- *Geri dönüştürme:* ürünlerin yapısı bozuk ve ürünler yeniden kullanılamayacak durumda ise geri dönüştürme işlemine tabi tutulur

- *Islah etme*: Ürün yeniden kullanılabilir duruma getirmek için bışenleri temizlenir.
- *Yenileme*: Islah etme işlemine benzerdir ancak daha fazla işlem barındır.
- *Yeniden üretim*: Islah etme işlemine benzerdir; ancak çoğu zaman daha geniş bir çalışma gerektirir. Ürün gerekirse tamamen sökölür.

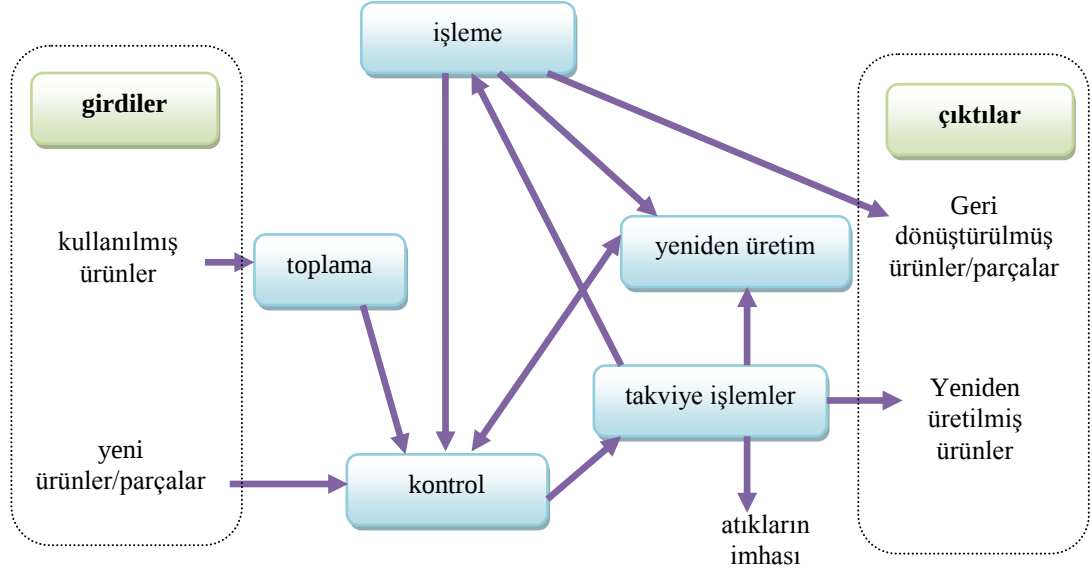
Skapa ve Klapalova (2000) yaptıkları çalışmada firmaların geri gelen ürünlere değeri yaratmaları için gerekli faaliyetleri şekil 3.4'deki gibi ifade etmişlerdir. Bunun yanında tersine lojistik akışı içinde metaryelleri, düzenli depolama, yakma, geri dönüştürme, yeniden üretme, tamir etme ve yeniden kullanma gibi işlemlere tabi tutularak işletme için değeri yaratacaklarını öngörmüşlerdir. Çalışma kapsamında oluşturdukları piramidin her basamağı farklı şekilde lojistik karmaşıklığa sahiptir. Piramidin en üstündeki süreçler firmaya daha fazla değeri kazandırmakta ancak diğer süreçlere göre çok daha fazla gelişmiş bir tersine lojistik altyapısı gerektirmektedir.



Şekil 3.4 : Ürün kurtarma seçenekleri piramidi (Skapa ve Klapalova, 2000)

Literatürde, Giuntini ve Andel (1995b), Rogers ve Tibben-Lembke (1998), Stock (2004), Schwartz (2000), Marcoux ve arkadaşları (2001) de dahil olmak üzere birçok yazar tersine lojistik sistemini, bu sisteme dahil edilecek ürünlerin belirlenmesi, toplanması, ayrılması ve değerlendirilmesi olarak dört temel adıma ayırmışlardır. İlk adım hangi ürünlerin işletmenin tersine lojistik sürecine dahil edilip edilmemesinin kararlaştırılacağı aşama olup sistemin yönetilmesi ve maliyet kontrolleri açısından çok önemlidir. İkinci adımda tersine lojistik sürecinde yer almasına karar verilen ürünlerin toplanması aşamasıdır. Toplama işlemi hem üretim sonucu ortaya çıkan atıkların hem de değerlendirilmek üzere işletmeye geri dönen ürünleri kapsamaktadır. Üçüncü adım olarak gösterilen ayırma işleminde ise tersine lojistiğe dahil edilen ürünler uygulanacak işlemlere ve yapılacak testlere göre ayrılmaktadır.

Ürünlerin ileriki süreçlerde işletmeye maliyet açısından sağlayacağı yarar bu adımda belli olmaktadır. En son adım ise ürünlerin veya parçaların değerlendirilme sürecidir. Bazı ürünler üretimde tekrar kullanılmakta bazıları başka firmalara gönderilmekte bazıları ise imha edilmektedir (Lambert ve diğ., 2011’de atıfta bulunulduğu gibi). Bu temel adımlar için önerilen sistem aşağıdaki şekil 3.5’deki gibidir.



Şekil 3.5 : Tersine lojistik sürecindeki 4 temel adım (Lambert ve diğ., 2011).

3.3.2 Tersine lojistik ağındaki temel faaliyetler

Yapılan literatür araştırması tersine lojistik sistemlerinde birçok işlemin olduğunu göstermiştir; ancak etkin bir tersine lojistik sisteminde olması öngörülen temel faaliyetler aşağıdaki şekilde 6 madde halinde incelenebilir.

1. Geri dönüştürme
2. Yeniden üretim
3. Yeniden kullanma
4. Yenileme
5. Onarma
6. Dış kaynak kullanımı

3.3.2.1 Geri dönüştürme

Geri dönüştürme, kullanılmış ürünlerden ve parçalardan kullanılabilir ürün ve parçaları ayırarak orijinal ürünlerin veya orijinal ürünün dışındaki ürünlerin üretiminde yararlanma faaliyetidir. Geri dönüşüm ile katı atıkların bünyesindeki değerlendirilebilir nitelikteki maddeler ekonomiye tekrar kazandırılabilir. Ancak geri dönüştürme işlemine yalnızca ekonomik fayda sağlama aracı olarak bakılması yanlış bir düşüncedir. Geri dönüşümün en önemli faydalarından biri de çevre kirliliğini azaltıcı etkisinin olmasıdır. Bu etkiyi azaltmak ve işletmeye ekonomik kazanç sağlamak amacıyla uygulanan geri dönüştürme süreci 4 temel adımdan oluşmaktadır.

Toplama: Ürünlerin tüketilmesi ve işletme faaliyetlerinden ürün dışı oluşumlar meydana gelmesi ile atıkların geri dönüşüm süreci başlar. Katı atık içindeki geri dönüştürülebilir bileşenler, hangi yöntemle ve hangi amaçla geri kazanılacak olursa olsun, atıklar düzenli ve ekonomik bir biçimde belirli bir yerde toplanması gerekmektedir. Tüketicinin kendisinin getirmesi, tüketiciye ulaşıp alınması ve işletmede oluşan atıkların toplanması olmak üzere üç temel toplama yöntemi kullanılır. Tüm toplama işlemleri için belirli bir alan veya belirli bir toplama kabı oluşturulmalıdır. Bu sayede atık toplanmasında bir düzen sağlanmış olur.

Ayırma: Geri dönüşüm süreci ile toplanan ürünlerin ve parçaların bu amaca hizmet edebilmeleri için, seçilen değerlendirme yönteminin gerektirdiği şekil ve titizlikte ayrışmaları gerekir. Ayrıca, toplanan ürünlerin ve parçaların içine karışmış durumda olan istenmeyen maddeler de bu aşamada elimine edilmektedir. Ayırma çeşitleri; ilkel ayırma, kaynakta ayırma, toplama sırasında ayırma ve ayırma tesisinde ayırma olmak üzere dört şekilde gerçekleştirilmektedir (Şengül, 2010).

Değerlendirme: Ayrılmış, temizlenmiş ve yeniden işleme alınmış malzemelerin işletmenin ekonomisine katkı sağlayacak şekilde geri dönüşüm işlemi, değerlendirilme olarak ifade edilir. Bu işlemde malzemeler kimyasal ve fiziksel olarak değişime uğratarak yeni bir ürün veya parça olarak işletme ekonomisine geri dönmektedir (Şengül, 2010).

Yeni ürünü ekonomiye kazandırma: Geri dönüştürülen ürünün yeniden kullanıma sunulması aşamasıdır (Şengül, 2010).

3.3.2.2 Yeniden üretim

Yeniden üretim stratejisi, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesi için çevresel ve ekonomik açıdan en çok kabul gören ve uygulanabilir bir yoldur. Yeniden üretim işlemi geri dönüştürme işlemine göre ekonomik kazanç odaklı ve daha karlı bir operasyondur.

Yeniden üretim işleminde temel amaç orijinal ürün kadar kaliteli bir ürün ortaya çıkarmaktır. Bu yüzden kullanılmış ürünlerin tamamen demonte edilmiş modülleri ve parçaların yoğun bir şekilde denetlenmesini gerektirmektedir. Aşınmış veya eski parçalar yenileriyle değiştirilir. Onarılabılır parça ve modüller uygun bir şekilde tamir edilip test edilir. Onaylı parçalar ise test edildikten sonra montaj işlemi gerçekleştirilir. Yeniden üretim süreci diğer işlemlere çok daha fazla emek gerektirdiğinde tersine lojistik süreci içindeki en karmaşık adımlardan biridir.

3.3.2.3 Yeniden kullanma

Ürünlerin ve parçalara uygulanan yeniden kullanım işlemi, yeniden üretim işleminde olduğu gibi hem çevreye duyarlı bir üretim sürecini desteklemekte hem de şirketin karlılık oranının artmasına neden olabilmektedir. Yeniden kullanım için gerekli işlemler genellikle temizleme ve kontrol gibi çok kompleks olmayan süreçler olup çok fazla katma değer gerektirmeden yapılabilmektedirler. Yeniden kullanım sürecinde önemli olan orijinal ürün ve parça arasında bir farkın oluşmamasıdır.

3.3.2.4 Yenileme

Yenileme işleminin temel amacı istenilen kaliteye sahip ürün ve parçalar elde etmektir. Modüller halinde sökülen veya çeşitli işlemlerle parçalarına ayrılan ürünler tüm kritik kontrollere uygun olacak şekilde değiştirilir ve birleştirilir. Bazen yenileme işlemi teknolojik olarak daha üstün bir ürünün elde edilmesi içinde uygulanmaktadır. Yenileme işlemi büyük bir ölçüde parçanın kalitesini ve ömrünü arttırmaktadır.

3.3.2.5 Onarma

Geri dönüştürme, yeniden üretim, yeniden kullanma ve yenileme seçeneklerinde ürünün büyük bir kısmı yeniden kullanılmaktadır ancak onarma işleminde sadece çok küçük bir kısmı tekrar değerlendirilmektedir. Bu parçalar için esas amaç çok

fazla işlem uygulanmayıp yeniden üretim, yeniden kullanma ve yenileme prosesleri için hazır hale getirmektir. Onarma işleminde önemli olan kalite standartlarının uygun bir şekilde karşılanması olup onarma işlemi uygulanmayan ürünlere geri dönüştürme ve bertaraf etme işlemleri uygulanmaktadır.

3.3.2.6 Dış kaynak kullanımı

Nevada Üniversitesi Lojistik Yönetimi Merkezinin yaptığı bir araştırmaya göre tersine lojistik süresi ile değerlendirilen ürünlerin tüm ürenlere oranının %8 olduğu tahmin edilmektedir. Bu oran şirketlerin tersine lojistiğe olan ilgilerinden dolayı sürekli artmaktadır. Sürecin çok fazla zaman ve para harcanmasını da beraberinde getirmesi tersine lojistik faaliyetlerini uygularken dış kaynak kullanımına gidilmesine yol açmıştır. Bununla birlikte firmaların tersine lojistik hakkındaki tecrübe eksikliği ve süreci yönetme zorluğu dış kaynak kullanma eğilimini arttırdığı görülmektedir. Dış kaynak kullanımı daha çok taşıma, depolama, çapraz sevkiyat, stok yönetimi, paketleme, atıkların yok edilmesi ve geri dönüştürme işlemleri için uygulanmakta olup dış kaynak kullanımına karar verilirken ürünlerinin yaşam ömürleri ve geri dönen ürünlerin miktarlarının dikkate alınması gerekmektedir.

Lieb ve Bentz (2004) Fortune dergisinin belirlediği ilk 500 şirketten altmış altısının lojistik sorumluları ile yaptığı görüşmelerde tersine lojistik faaliyetler için dış kaynak kullanan şirketlerin lojistik maliyetlerinde %77 ye kadar azalma olduğunu belirtmiştir. Tersine lojistik sistemini uygulayan işletmelerde dış kaynak kullanımı ekonomik kazanç sağlamasının yanı sıra işletmelerin fazladan zaman, enerji ve kaynak harcanmasını azaltması açısından da faydalar sağladığı görülmektedir; ancak bu durum tersine lojistiği bir sürdürülebilirlik kaynağı olarak gören şirketlere ters düşmektedir. Bu nedenle uzun vadeli stratejiler geliştiren işletmeler dış kaynak kullanımına yönelmeden işletmenin kendi olanaklarıyla tersine lojistik süreçlerini yönetmeyi amaçlamalıdır.

3.4 Tersine Lojistikte Geri Dönüşler

Ürünlerin, ürün ömrünün hangi aşamalarında nasıl değerlendirileceği veya nasıl yok edileceği birçok değişkeni içinde bulunduran bir karardır. Ürünün ömrü, yapısındaki metaryellerin oranı ve cinsi, mevcut geri dönüşüm teknolojisi, ürünün demontaj yapılabilirliği, yeniden üretim sürecinde yeterli kalite düzeyini yakalayabilmesi,

gerekli kalite kontrol testlerinin yeterliliği, geri dönüşüm yapılmış veya yeniden üretilmiş olan ürüne olan talep, maliyet ve ürünün çevreye olan etkisi arasındaki ilişki, uygun yok etme koşullarının varlığı ve benzeri faktörlerin tümü, bu kararın verilmesinde etkili olmaktadır (Nabıkoğlu, 2007).

Tersine lojistikte geri dönüş sürecini, ürünlerin boyutu, ağırlığı, değeri ve ulaşım kolaylığı önemli ölçüde etkilemektedir. Bu konu üzerine araştırma yapan De Brito (2004) ürünlerin geri dönüşünü etkileyen faktörleri ürünün karakteristiği, ürünün kompozisyonu (homojenik yapısı, parçalara ayrılabilmesi ve test edilebilmesi), ürünün dayanıklılığı ve ürünün kullanım şekli (kullanım yeri, kullanım sıklığı, bireysel veya toplu kullanım) olmak üzere üçe ayırmıştır.

Skapa ve Klapalova (2000) tersine lojistik süreci içinde değer yaratabilecek ürün çeşitlerini üretim esnasındaki geri dönen ürünler, ticari anlamda geri dönen ürünler (örneğin mevsimsel geri dönüşler, geri çağırılan ürünler, aşırı stok gibi nedenlerle iade edilen ürünler) yaşam ömrünü tamamlamış ürünler, satılamayan ürünler, hasarlı ürünler olarak ifade etmiştir. Xiaoqing ve Baoqin (2008) ise tersine lojistiği ürün karakteristikleri ve proses süreci açısından incelemiş ve tersine lojistikte değer yaratan ürünleri üçe ayırmıştır.

Düşük değerli ürünler: Bu ürünlerin temel özellikleri açısından tersine lojistikle değerlendirilmesi firmaya yüksek miktarda değer katmasa da geri kazanılan ürünlerle bağlantılı olmaları bu ürünlerin sürece dahil edilmesini gerektirmektedir.

Yüksek değerli ürünler: Maliyetlerin düşürülmesi ve yüksek kar marjlarına ulaşmak amacıyla bu tipte ürünler firmalar tarafından değerlendirilmektedir. Firmaların ürün gamlarının bu ürünlerden oluşması, ileri lojistik süreçlerine tersine lojistik süreçlerini adapte etmelerine neden olmuş ve üretim stratejilerini bu yönde geliştirmişlerdir.

Yeniden kullanılan ürünler: Firmaya dönen ürünlerin belirli parçalarının veya tamamının, yeni bir ürün ortaya çıkarmak amacıyla onarılma, parçalarına ayrılma, yenilenme gibi işlemlere tabi tutularak tekrar kullanılabilir nitelik kazanmasıyla oluşan ürünlerdir.

De Brito ve Dekker (2003) ise tersine lojistik tedarik zinciri içindeki ürün geri dönüşlerini üretim, dağıtım ve müşteri geri dönüşleri olarak ifade etmiştir. Bunlardan üretim geri dönüşleri, üretim aşamasında, geri kazanılması gereken ürün ya da parçaların geri alınması ile sağlanır. Üretim sonrası kalan yeniden kullanılabilir

atıklara, yetersiz kaliteden dolayı üretime geri gönderilen parçalara, malzemelere ve ürünlere üretim hattı boyunca yeniden şekil verilir. Bu süreçte, üretim parçalarının ve atıklarının tekrar ele geçirilmesi ile işletme ekonomisine katkı sağlanmaya çalışılır. Üretim geri dönüşleri hammadde geri dönüşleri, kalite kontrol geri dönüşleri ve üretim atıkları olarak üç temel sınıfa ayrılmaktadır. Dağıtım geri dönüşleri ise üretilen ürünün dağıtımı 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 ürünler güvenlik ya da sağlık problemlerinden dolayı geri toplatılması işlemlerini kapsamaktadır. Bu geri dönüşlerin pazar büyüklüğü fazla olup kullanılmış üründen daha çok yeni ürün ile ilişkilendirilmiş tersine lojistik ağ yapısı içinde yer alırlar. Tüketici ve kullanıcı geri dönüşleri ise ürünün tüketiciye ulaştıktan sonra çeşitli sebeplerden dolayı geri gönderilmesi ile oluşur. Bu çeşit geri dönüşler, kullanım ve yaşam sonu geri dönüşleri, garanti geri dönüşleri ve servis geri dönüşleri (tamir ve yedek parça) olarak sınıflandırılır.

Gilanlı ve arkadaşlarının (2012) Edirne, Tekirdağ ve Kırklareli bölgesindeki 110 firmada, tersine lojistik üzerine yaptığı çalışmada yukarıda ifade edilen geri dönüşlerin nedenlerini araştırmış ve çizelge 3.2’de yer alan bulguları elde etmiştir. Üç firmanın tersine lojistik uygulamadığı bu çalışmada ekonomik hayatını tamamlayan ürünler, en fazla geri dönen ürünler olmuştur.

Çizelge 3.2 : Gilanlı ve arkadaşlarının (2012) araştırmasına göre ürünlerin geri dönme nedenleri

	Frekans	Frekans Yüzdesi (%)
Üretim hataları	22	20,6
Ticari geri dönüşler	18	16,8
Ürünlerin geri çağırılması	1	0,9
Ekonomik hayatını tamamlayan ürünler	25	23,4
Geri dönüştürme için pazardan toplanan ürünler	19	17,7
Üretim fazlası ürünler	22	20,6
Toplam	107	100

Tersine lojistik sürecinde ürünlerin geri dönmesine neden olan birçok faktör olmasının yanında geri dönen bu ürünlerin miktarını etkileyen de birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Ürünlerin yaşam ömrü
- Ürün zamanla azalan fiyatları
- Tersine lojistik süreci için yapılan yatırımlar
- Şirketin satış hacmi
- Yeniden üretim için yapılan çalışmalar
- Tersine lojistik maliyetleri
- Riskler
- Tersine lojistiğe verilen önem

3.5 Tersine Lojistik Ağ Yapısı

3.5.1 Tersine lojistik ağ yapısının özellikleri

Kullanılmış ürün ve malzemelerin değerlendirilmesi için uygulanan tersine lojistik faaliyetleri ya orijinal ileri kanal içinden ayrılan bir tersine ağ içinde yada ileri ve tersine kanalın tek bir yapıda birleşmesi ile oluşan kapalı bir ağ içinde yer alır. “Ürün ne zaman geri dönecek”, “Ürün nereye gönderilmeli”, “Firma karını maksimize etmek için seçilecek strateji ne olmalı” gibi sorular, tersine lojistik ağını tasarlamak için cevaplanması gereken sorular olup, tersine lojistik ağının en belirgin özelliklerinden olan sürecin yavaş olması, çok fazla başlangıç noktasının olması ve tahmin etmenin zorlukları göz önünde bulundurularak bir ağ tasarımı yapılmalıdır. Dowlatshi (2005) yaptığı çalışmada bu üç özelliği aşağıdaki şekilde ifade etmiştir.

Tersine lojistik sürecinin yavaş olması: İşletmelerin değerlendirilmek üzere geriye dönen ürünleri ve atıkları toplama işlemi ve bunları işleme prosesin yavaş olması tersine lojistik ağı içindeki süreçleri yavaşlatmaktadır. Bunun yanı sıra tersine lojistiğe konu olan ürünlere, ürün yaşam döngüleri açısından bakıldığında ise, kısa yaşam döngüsüne sahip ürünlerin geri dönüşünün daha hızlı olması gerektiği görülebilir. Stock (2001) yaptığı bir çalışmada özellikle kısa yaşam döngüsüne sahip ürünlerin değerlerini kaybetmemeleri için tersine lojistik sürecinde uygulanan faaliyetlerde çok daha hızlı reaksiyonlar verilmesinin önemini belirtmiştir (Dowlatshi, 2005’de atıfta bulunulduğu gibi).

Çok fazla başlangıç noktasının olması: İleri lojistik ile tersine lojistik arasındaki en büyük fark ürünlerin başlangıç noktaları ve bitiş noktaları arasındaki büyük farktır. İleri lojistikte ürünler, müşteri ve perakendeci gibi birçok hedefe ulaşmak için bir

başlangıç noktasından hareket eder. Tersine lojistikte ise ürünler tek hedef noktasına ulaşmak üzere atık depoları, müşteri ve perakendeci gibi pek çok başlangıç noktasından hareket eder.

Tahminlerin zorluğu: İleri lojistik sürecinde geçmiş pazar tahminlerinden yola çıkarak gelecekteki pazar talepleri tahmin edilebilir ancak tersine lojistikte ürünlerin geri dönüşü ve atıkların miktarı planlama dahilinde olmayıp tüketici tarafına da bağlı olduğu için değerlendirilecek ürünlerin miktarlarını tahmin etmek oldukça zordur.

3.5.2 Tersine lojistik hiyerarşisi

Tersine lojistikte ana aktivite, geri alınacak ürünlerin toplanması ve işlenmiş ürünlerin yeniden dağıtılmasıdır. Bu durum, standart ileri dağıtımdan oldukça farklıdır. Bu nedenle tersine lojistik sisteminde hangi ürünlerin nasıl toplanacağı, ürün paketlerinin problemlili olup olmaması, ürünlerin ne kadar değerli oldukları bilinmesi gerekmektedir. Bu açıdan bakıldığında, ağdaki katman sayısının belirlenmesi, depolar ve ara geçiş noktalarının sayısı ve yerleşimi, toplama işleminde kaç nokta kullanılacağı, ileri ve geri akışa ait lojistiğin birleştirilmesi, ağın finansmanı konuları değerlendirilmelidir.

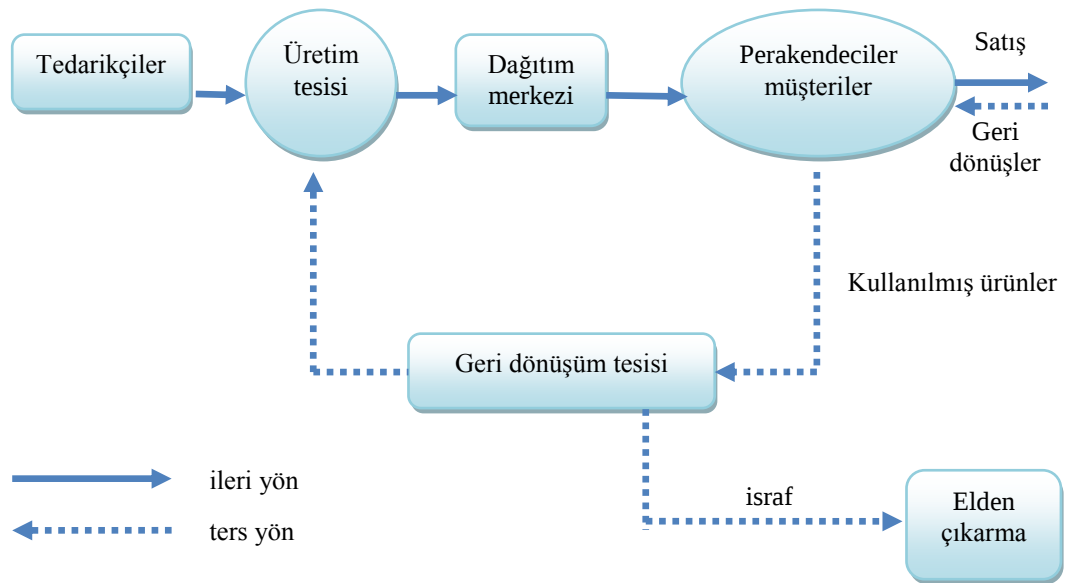
Bu konuların değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yapan Carter ve Ellram (1998) tersine lojistik hiyerarşisini Şekil 3.6'daki gibi belirtmiş olup şekilde görüldüğü gibi temel amaç, üretimde girdi olarak kullanılan kaynakların (malzeme, enerji vb.) daha az tüketilmesi yani kaynak azaltımıdır. Hiyerarşide bir alt basamakta yer alan ve daha önceki üretimde yer alan unsurlar (hammadde, işçilik, üretim aktiviteleri) ile meydana getirilmiş parçaların değerlerinin yeniden kazanılması anlamına gelen yeniden kullanım faaliyeti bulunmaktadır. Bu basamağı materyallerin yeniden değerlendirilmesi anlamına gelen geri dönüşüm işlemleri izlemektedir. Eğer ürün, bileşen veya malzeme bunların hiçbirisi için uygun değilse veya yok edilmesi gerekiyorsa, enerji kazancı sağlayacak şekilde yakılması (bertaraf edilmesi) işlemi son basamak olarak ifade edilmiştir (Nabıkoğlu, 2007'de atıfta bulunulduğu gibi).



Şekil 3.6 : Tersine lojistik hiyerarşisi (Carter ve Ellram, 1998).

3.5.3 Tersine lojistik ağı tasarımı

İşletmelerin çevresel duyarlılıklarının arttırmaları, tedarik zinciri iştirakçilerinin rekabet avantajı sağlamaları ve yeni kâr fırsatları kazanmaları için; geleneksel ileri lojistik işlemleri ile tersine lojistik işlemlerini tek bir yapı altında toplayan yapı kapalı çevrim tedarik zinciridir. Kapalı çevrim tedarik zinciri, tedarik zinciri çerçevesinde geri kazanım çalışmaları olarak tanımlanır. Bu tedarik zinciri yapısında fiziki ya da işlevsel bir döngü söz konusudur (De Brito ve Dekker, 2003). Kapalı çevrim tedarik zinciri, tedarikçi, üretim tesisi, dağıtım merkezi/depo, perakendeciler/müşteriler ve geri dönüşüm tesisi olmak üzere beş ana bileşen içermektedir. Şekil 3.7’de bu bileşenlerin birbirleriyle olan bağlantıları görülmektedir.



Şekil 3.7 : Kapalı çevrim tedarik zinciri

Kapalı çevirm tedarik zincirini tam anlamıyla kavramak için bu zincir içinde yer alan her bir bileşenin fonksiyonu tanımlanmalıdır:

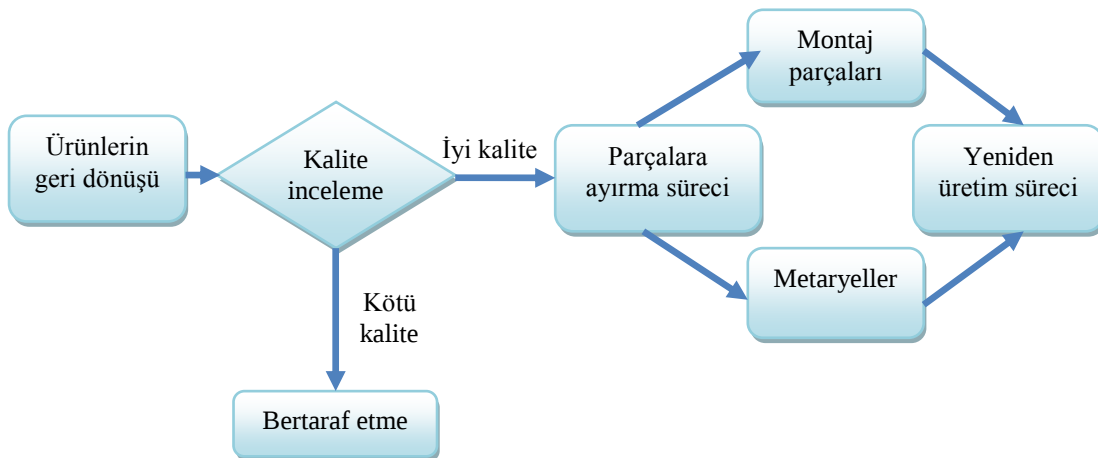
Tedarikçiler: Üretim tesisleri nihai ürünlerini üretmek için gerekli hammaddeleri ve parçaları tedarik etmek zorundadır ve bu tedarik fonksiyonu, ana işlevi üreticilere hammadde ve parça temin etmek olan tedarikçiler tarafından gerçekleştirilir.

Üretim tesisi: Üretim tesisleri, tedarikçilerden aldıkları hammadde ve parçaları temin ederek nihai ürünlerin meydana getirildiği yerlerdir. Maliyetleri azaltmak amacıyla geri dönüşüm tesisinden gelen parçalardan ve tekrar kullanılabilir hammaddelerden yeni ürünler üretilmektedir. Üretilen ürünler, üretim sonrası dağıtım merkezlerine ve depolara gönderilir.

Dağıtım merkezleri: Müşterilerden ve perakendecilerden gelen talepler toplanarak üretim tesisleri bilgilendirilmekte ve üretim tesislerinde bu talep doğrultusundan meydana getirilen ürünler dağıtım merkezleri aracılığı ile müşterilerin ve perakendecilerin talepleri karşılanmaktadır.

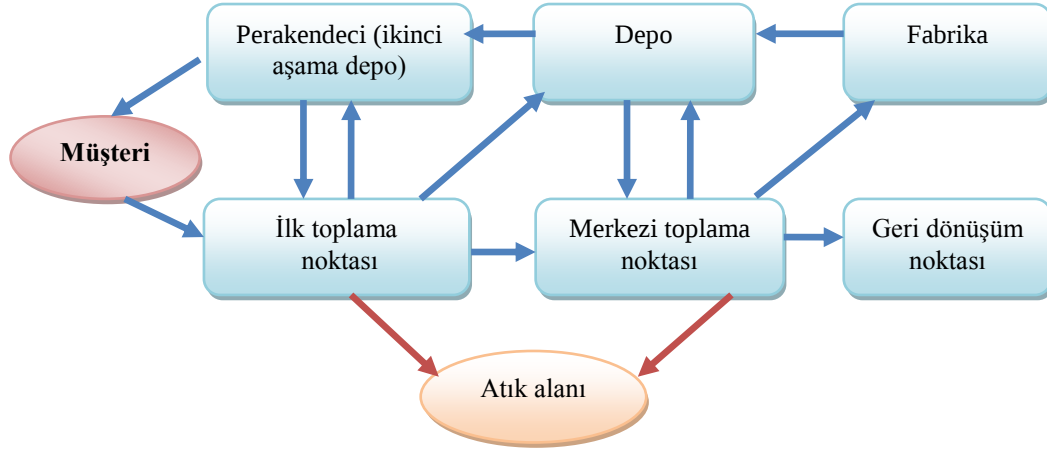
Perakendeciler veya Müşteriler: Perakendeciler dağıtım merkezleri ve depolar aracılığıyla; müşteriler ise doğrudan dağıtım merkezleri veya perakendeciler aracılığıyla gerekli ürünleri temin etmektedirler.

Geri dönüşüm tesisleri: Müşterilerden ve perakendecilerden geri dönen ürünlerin ve tesis içinde meydana gelen atıkların değerlendirildiği tesislerdir. Geri dönen ürünlerin tamamı geri dönüştürülmeyip bazıları uygun şekilde demontaj edilip tekrar kullanılmakta bazıları ise çeşitli işlemlere tabi tutulmaktadır. Şekil 3.8’de geri dönen ürünlere bu süreç içinde uygulanan işlemler gösterilmektedir.

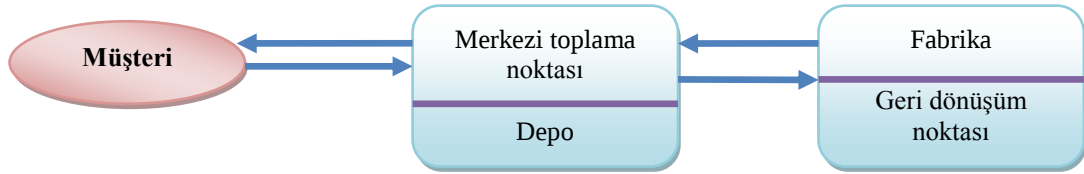


Şekil 3.8 : Geri kazanım tesislerinde geri dönüşüm süreçlerinin sınıflandırılması

Kapalı çevrim tedarik zincirini oluşturan bileşenlerin yanında kapalı çevrim tedarik zincirinin bir parçası olan tersine lojistik sürecinin bileşinlerini daha ayrıntılı incelediğimizde oluşan yapı şekil 3.9’da ve bu sürecin ileri lojistik ile bağlantısı şekil 3.10’da belirtilmiştir.

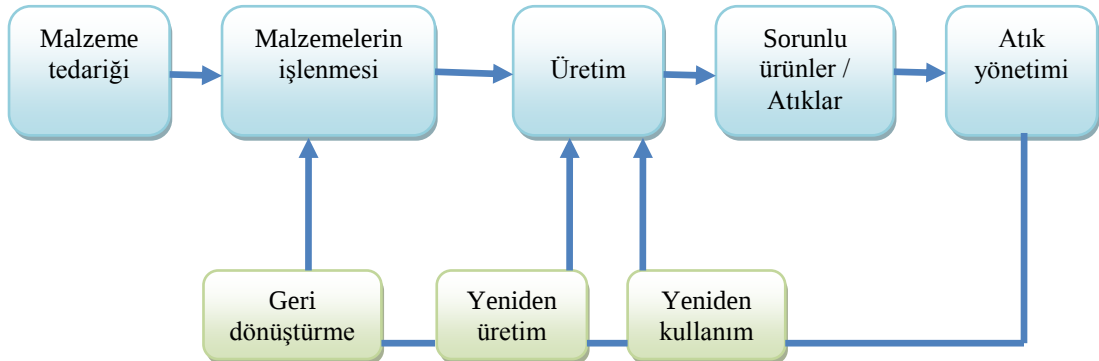


Şekil 3.9 : En genel ifadeyle tersine lojistik süreci bileşenleri



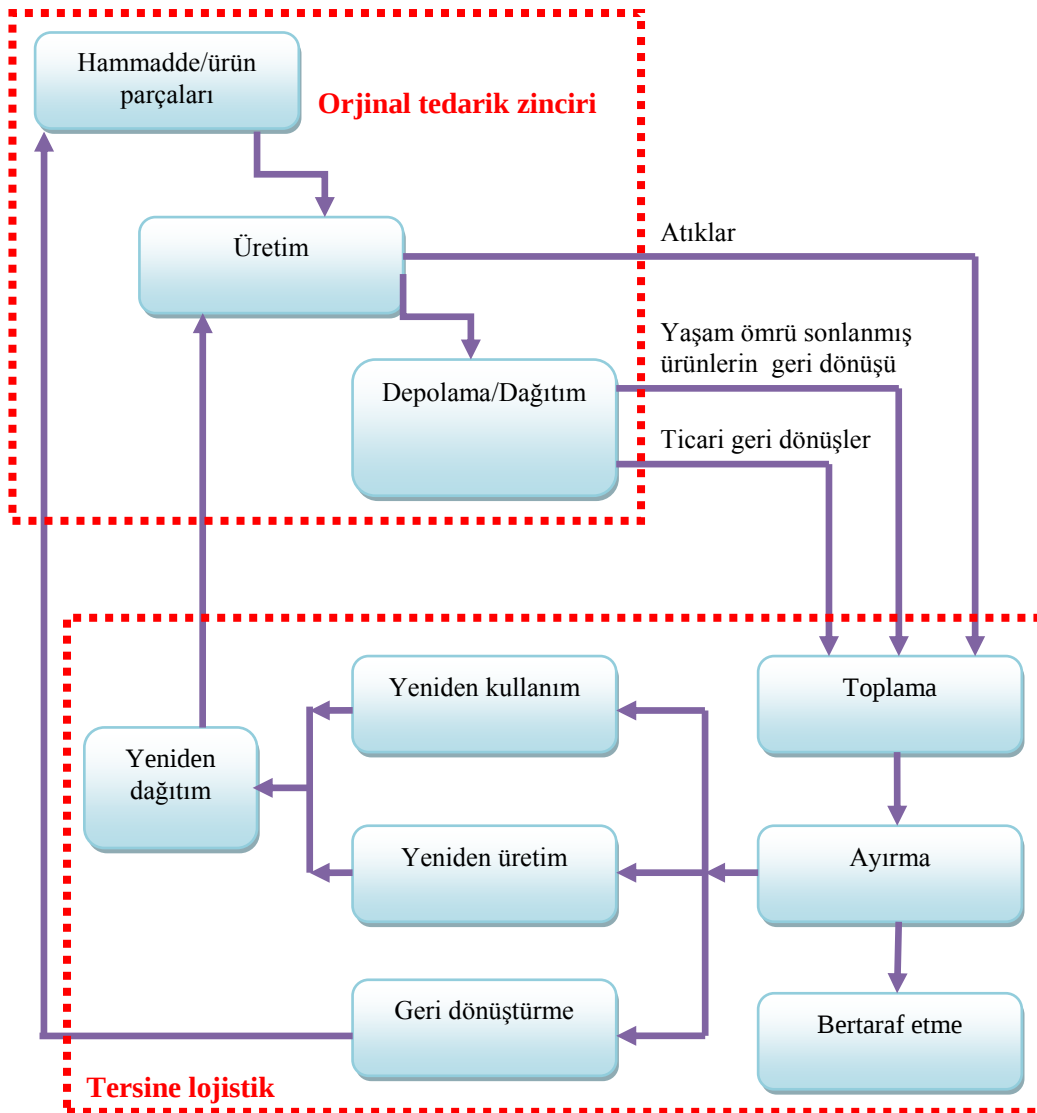
Şekil 3.10 : En genel İleri ve Tersine Lojistik Sistemi

Tersine lojistik süreci içinde müşteriye ulaştırılamayan ürünlerin yada atıkların değerlendirilmesi için genellikle yeniden kullanım, yeniden üretim ve geri dönüştürme işlemlerinin uygulandığı görülmektedir. Şekil 3.11’de bu işlemlerin süreç içinde nasıl yer aldığı görülmektedir.



Şekil 3.11 : Tersine lojistik sürecinde müşteriye ulaştırılamayan ürünler ve atıklar için uygulanan işlemler

Tersine lojistik ağında yer alan tüm aktiviteler, bu aktivitelerin birbirleriyle olan bağlantıları ve tersine lojistiğin ileri lojistikle adaptasyonu göz önünde bulundurulduğunda önerilebilecek tersine lojistik ağı şekil 3.12’de gösterilmiştir. İşletmeye maksimum ekonomik kazanç sağlamak amacıyla ortaya atılan bu ağ tasarımı, tesise geri dönen ürünlerin ve üretim esnasında ortaya çıkan atıkların çok az israfla değerlendirilmesi amaçlanmıştır.



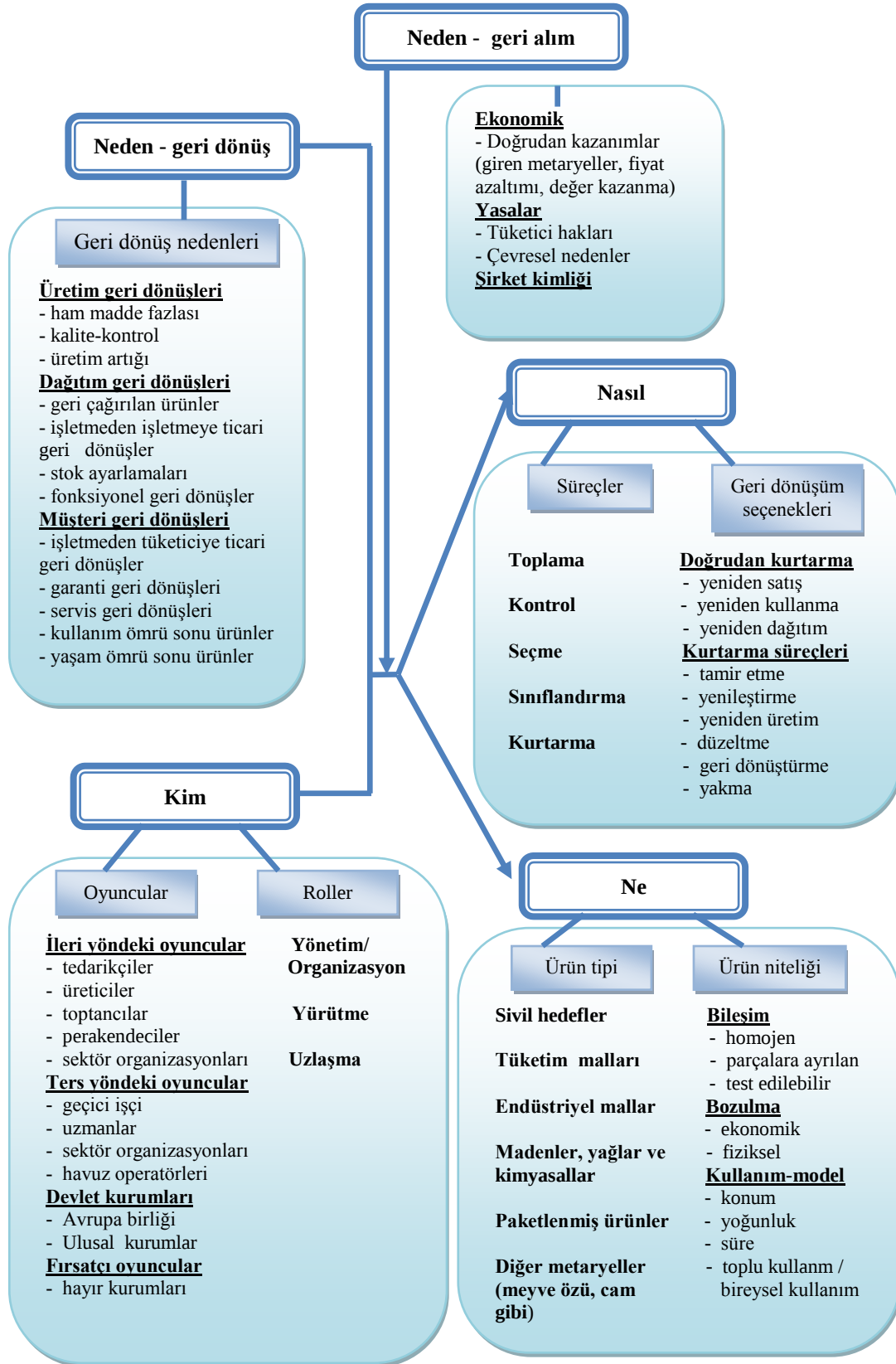
Şekil 3.12 : Tersine lojistik ağı

3.5.3.1 Tersine lojistik ağı tasarımında dikkat edilecek noktalar

Tersine lojistik süreçlerinin planlanması ve yönetilmesi, kullanılmış ürünlerin müşterilerden geri dönüş zamanının ve miktarların belirsiz olması, geri dönen ürünlerin ve atıkların farklı işlem zamanı gereksinimleri, ikincil pazarlardaki talep belirsizlikleri ve daha birçok faktöre bağlı olarak geleneksel sistemlere göre daha

karmaşıktır. Bütün bu belirsizlikler, tersine akışın geleneksel ileri yönlü lojistik sistemlerle yönetilmesini çok zor bir hale getirmektedir. Kullanılmış ürünlerin ve atıkların yeniden imalat, geri dönüşüm, tamir gibi yöntemler kullanılarak geri kazandırıldığı tersine lojistik yapılarda, ileri lojistik sistemlerinde var olan tesislerin dışında toplama, ayrıştırma, geri kazanım gibi faaliyetlerin gerçekleştirildiği farklı tesislere de ihtiyaç olduğu açıktır (Demirel ve Gökçen, 2008).

Tersine lojistik ağlarının tasarlanmasının ileri lojistik ağlarının tasarlanmasından daha zor olmasının en önemli nedenlerinden biri de ürünlerin müşterilerden veya işletme tesislerinden toplandığında izleyecekleri rotaların ürünün durumuna göre değişmesidir. Diğer taraftan ürünün tüm bileşenleri imalat tesislerine taşınmaya değecek değerde de olmayacaktır. Ürünlerin dönüş zamanları, miktarları ve kalitelerindeki belirsizlikler, geleneksel sistemlerde uygulanan birçok varsayımı tersine sistemler için geçersiz kılmaktadır. Dahası, iyileştirilen ürünler için son pazarların iyi bilinmemesi ağ tasarımını daha da belirsiz hale getirmektedir (Fleischmann ve diğ., 1997). Tüm bu sebeplerden dolayı tersine lojistik ağının işletmeler tarafından doğru bir şekilde kurulması için tersine lojistik sürecini oluşturan bileşenler çok iyi bir şekilde tanımlanmalıdır. De Brito (2004) yaptığı çalışmada tersine lojistik sürecini, geri dönüşün nedenleri, ürünlerin geri alınmasının nedenleri, geri dönen ürünlerin karakteristikleri, geri dönün ürünlere uygulanan prosesler ve tersine lojistik sürecindeki oyuncular olmak üzere beş boyutta incelenmiştir. Şekil 3.13’de De Brito (2004)’nın yaptığı çalışmanın özeti görülmektedir.



Şekil 3.13 : Tersine lojistik çerçevesi (De Brito, 2004).

Tersine lojistik ağlarını tasarlarken başka bir zor kısımda gerekli verilerin elde edilmesidir. Verilerdeki tutarsızlık ve gelecek konusunda yapılan tahminlerin zorluğu

birçok işletmemin tersine lojistik uygulamasına engel olduğu görülmektedir. Bu nedenle, tersine lojistik ağlarını tasarlamak ve performanslarını değerlendirmek adına gerekli verileri elde etmek için kapalı çevrim tedarik zinciri simülasyon modeli oluşturulabilir. Bu sayede çeşitli kaynaklardan elde edilen uygun veriler bu simülasyon modeli ile analiz edilebilir ve böylece tersine lojistik ağlarında karşılaşılan tahmin zorluklarının kısmen önüne geçilmesi sağlanabilmektedir. Bu simülasyon modelinde kullanılan parametrelerin doğruluğu ve tutarlılığı büyük ölçüde istatistiksel analizlerle desteklenmesine bağlı olup bu analizler sayesinde geliştirilmiş ve kolayca değiştirilebilen senaryolar elde edilecektir. Yapılan bu çalışmalar sayesinde hem tersine lojistik ağının tasarımı kolaylaşmış olacak hem de ekonomik parametreler için yapılan öngörülerin tutarlılığı sağlanmış olacaktır.

Tersine lojistik ağlarını tasarlarken dikkat edilmesi gereken diğer önemli bir konu ise ürünün tersine lojistik ağına uygun bir şekilde imal edilmesidir. Guo (2009) yaptığı çalışmada ürünlerin tersine lojistik ağına uygun bir şekilde tasarlanması için üç yol belirtmiştir:

Yaşam ömrünü tamamlayan ürün için tasarım: Geri dönen ürünleri ve atıkların verimli bir şekilde değerlendirilmesi büyük ölçüde ürün tasarımına bağlıdır. Ürünlerin tasarımı, geri dönüşüm yöntemleri, çevreye olan etkileri ve tekrar kullanılabilmesi dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Bu sayede tekrar değerlendirilen ürünlerde en üst seviyede ekonomik kazanç sağlanacaktır.

Geri dönüşüm için tasarım: Geri dönüşüm süreci için yapılan tasarımlarda önemli olan ürünlerin geri dönüştürülürken çevreye zarar vermemeleri ve geri dönüşüm esnasında kullanılabilir enerji üretebilmektir. Ayrıca bu işlemler yapılırken temel amaç mümkün olduğu kadar ürünün ekonomik olarak değerinin korunmasıdır. Ürün tasarımı tersine lojistik sürecinde uygulanan yok etme işlemleri etkinliğini yakından etkilemektedir.

Demontaj için tasarım: Ürünlerin karmaşık yapısı dikkate alınarak yapılan ürün tasarımı ürün dönüşlerinde tekrar kullanılabilir parçaların fazlalığını arttıracaktır. Bu sayede parçalarına ayrılan ürünlere uygulanacak işlem sayısı da büyük ölçüde azalacaktır. Ürünlerin demontaj için tasarlanması, ürünün ikinci kez piyasa sürülmesi durumunda geri dönüştürme ve bertaraf etme gibi proseslere yapılan harcamaların

azalmasına neden olacağından diğer tasarım yöntemlerine göre çok daha yüksek ekonomik kazanç sağlayacağı ortadadır.

Güncel araştırmalara göre tersine lojistik ağlarının performans sonuçları genellikle ekonomik kriterlere bağlıdır. Maliyetlerin etkin bir şekilde kontrol edilebilmesi, karlılık düzeyinin artırılması ve envanter yatırımlarının azaltılması tersine lojistik ağının sürdürülebilir bir şekilde inşa edildiğini göstermektedir. Teknolojik beceriler, yeniliklerin ve değişkenliklerin etkin bir şekilde yönetilmesi tersine lojistik ağının performansını etkileyen diğer unsurlardır.

3.6 Tersine Lojistikte Maliyet

Tersine lojistik faaliyetlerinin uygun bir şekilde yönetilememesi ve süreçlerin iyi bir şekilde analiz edilememesi şirketlerin çok yüksek maliyetlerle karşı karşıya kalmalarına neden olmaktadır.

Şirketlerin tersine lojistiği üretim sistemlerine dahil etmekten kaçınmalarının en önemli nedeni, tersine lojistik süreçlerinin maliyetlerinin ileri lojistik süreçlerinin maliyetleri ile karşılaştırıldığında çok daha yüksek olmasıdır. Ancak sürdürülebilir bir işletme yönetimi stratejisini benimseyen şirketler için tersine lojistik maliyetlerinin bu kadar yüksek olmasını, bu sistemin şirketlere kazandırdıkları faydalar düşünüldüğünde katlanılabilir bir olguya dönüştürmektedir.

Tersine lojistik süreci oluşturulması esnasında belirlenmesi en zor aşamalardan biri olan maliyetler temel olarak 3 başlığa ayrılmaktadır: (Kwan Tan ve Kumar, 2006).

1. Birim maliyetler

- a. Birim ulaştırma maliyetleri
- b. Birim gümrük maliyet
- c. Elde etme maliyetleri
- d. Birim işleme maliyetleri

2. Değişken maliyetler

- a. Tamir maliyetleri
- b. Yeniden kullanım maliyetleri
- c. Bertaraf maliyetleri

d. Geri dönüştürme maliyetleri

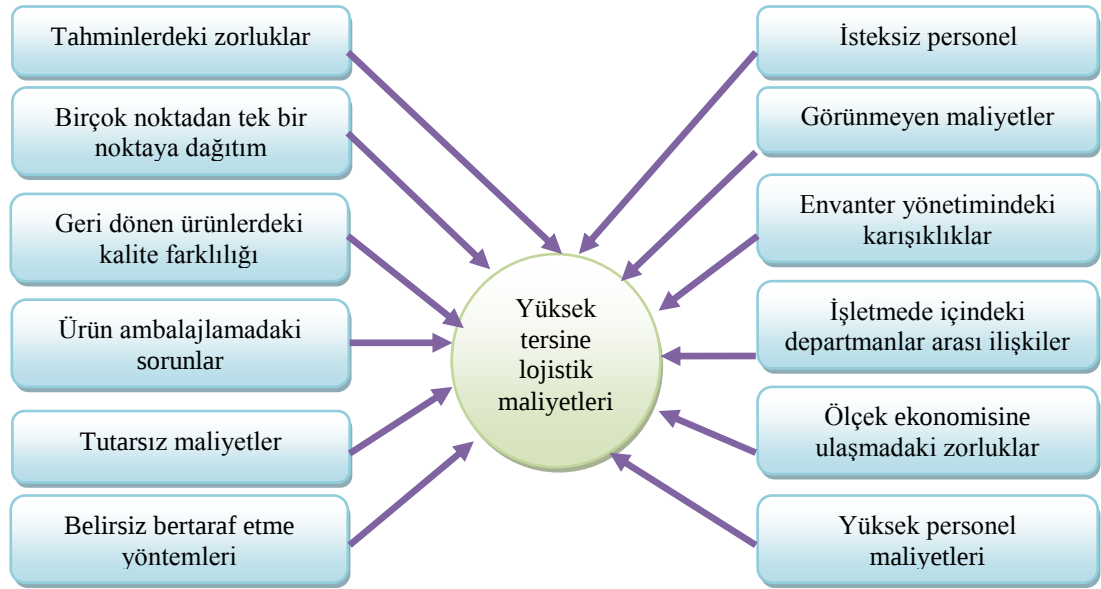
3. Değişken maliyetler (Depolama süresine bağlı)

a. Depolama maliyetleri

b. Navlun maliyetleri

Tersine lojistik maliyetleri değişik kategorilere kolayca ayrılabilmesine rağmen, hangi işlemin ne kadar maliyete sahip olduğunu saptamak oldukça zordur. Bu durum, işlemlerin birbirleriyle olan sıkı bağlarından ve yönetsel sürecin oldukça karmaşık olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca maliyetlerin koşullara ve belirsizliklere göre değişiklik göstermesi maliyet hesaplamalarını daha da zorlaştırdığı görülmektedir.

Tersine lojistikte maliyetlerin artmasına sebep olan birçok unsur olup bu maliyetleri azaltmanın yolu bu unsurların neler olduğunu belirlemek ve buna göre tasarlanacak tersine lojistik sürecini planlamaktan geçmektedir. Jian-guo ve arkadaşları (2007) yaptıkları çalışmada, yüksek tersine lojistik maliyetlerine neden olan unsurları çizelge 3.14'deki gibi belirtmişlerdir.



Şekil 3.14 : Yüksek tersine lojistik maliyetlerinin nedenleri (Jian-guo ve diğ., 2007).

Tersine lojistik sürecindeki tahminlerin zorluğu: Tersine lojistikte tedarik zinciri boyunca bilgi ve malzemelerin ne zaman, nereye ve ne kadar taşınacağını belirsiz olması ileriye yönelik tahminleri oldukça zorlaştırmaktadır. Bu durum ancak etkin bir kontrol ve planlama mekanizmasıyla iyileştirilebilir.

Birçok noktadan tek bir noktaya dağıtım: İleri yönlü lojistik ile tek bir üretim noktasından birçok dağıtım yerine ürünler veya parçalar taşınmaktadır ancak tersine lojistik ile dağılmış olan birçok kaynaktan tek bir lojistik merkezine taşınma söz konusudur. Bundan dolayı da böyle bir dağıtım sistemini kontrol etmenin zorluğu tersine lojistik maliyetlerinin yüksek olmasının bir nedeni olarak gösterilmektedir.

Kalitedeki farklılıklar: Tersine lojistik kanallarındaki çok çeşitli ürünlerin kalitelerinin ve fonksiyonlarının farklı yapıda olması, tekrar kullanma sürecini zorlaştırmakta; bu durum da maliyetlerin yükselmesine neden olmaktadır.

Düzgün olmaya ambalajlar: Tersine lojistik zincirinde geri dönen birçok ürün ambalajı zarar görmüş olup bu zararın düzeltilme işlemi ek bir ücretin ve zamanın harcanmasına neden olmaktadır. Ek maliyete neden olan bu işlemin yapılmaması ilerleyen süreçlerde daha büyük zararların oluşmasına sebep olacaktır.

Tutarsız fiyatlar: Ürünlerin geri alınması sürecinde, geri dönen ürünlerin fiyatları çok fazla faktöre bağlı olduğundan kesin bir maliyetin belirlenmesi çok zordur. Bu durum da tersine lojistik sürecinde maliyet kontrolü yapılmasını oldukça zorlaştırmaktadır.

Ürünleri bertaraf etme yollarının belirsizliği: İleri lojistik sürecinde tüm ürünler satış yönlü dağıtılmaktadır ancak tersine lojistikte ürünlerin dağıtımı karar aşamasına kadar belirsizdir. Bu yüzden ürünlerin ve parçaların tekrar sınıflandırılması gerekmektedir bu durum da işletmeye ek bir maliyet fonksiyonu getirmektedir.

Bilinçsiz personel: Etkili bir tersine lojistik yönetiminin önündeki en önemli engellerden biri tersine lojistik sürecinin önemini farkında olmayan işletme çalışanlarıdır. Geri dönen ürünlere yapılan işlemlerde personelin daha ilgisiz olduğu görülmektedir. Bu durum ürünlerin toplama merkezlerinde uzun süre beklemesine ve değer kaybetmesine neden olmaktadır. Bundan dolayı da tersine lojistik süreci uzatarak maliyetler artmaktadır.

Görünmeyen maliyetler: Birçok tersine lojistik maliyeti görünmez nitelikte olduğu için finansal bir analizin yapılması ve maliyetlerin kontrol edilmesi oldukça zordur.

Envanter yönetimini karmaşıklığı: Geri dönen ürünlerin yeniden kullanılması sürecinin oldukça karmaşık olması, stokların bu aşamada yönetilmesini zorlaştırmaktadır. İleri yönlü lojistikte kullanılan birçok method tersine lojistik sürecinde kullanılamamakta ve böylece tersine lojistik maliyetleri artmaktadır.

Tersine tedarik zincirinde yer alan departmanlar ile olan ilişkiler: İleri lojistikte yer alan satınalma ve satış süreçlerinde diğer departmanlarla kurulan ilişkiler tersine lojistik sürecine göre çok daha basittir çünkü tersine lojistikte süreçleri koordine etmenin zorluğu diğer departmanlarla yapılan ilişkilere yansımaktadır. Bu durum tersine lojistik maliyetlerini doğrudan etkilemektedir.

Ölçek ekonomisine ulaşmadaki güçlükler: Tersine lojistik, ulaşım ve depolama süreçlerindeki ölçek ekonomisi açısından avantaj sağlamanın zorluklarından dolayı belirsizlik ve dağınıklık terimleriyle karakterize edilmektedir. Bundan dolayı ulaştırma, depolama ve taşıma maliyetleri tersine lojistik maliyetlerinin çok büyük bir kısmını oluşturmaktadır.

Yüksek iş gücü gereksinimi: Tersine lojistik sürecinde geri dönen ürünlere uygulanan parçalara ayırma ve kalite kontrol işlemlerinden dolayı yüksek işçilik maliyetleri ortaya çıkmaktadır.

Tersine lojistik maliyetlerinin azaltılması için yukarıda belirtilen unsurlar analiz edildikten sonra etkin bir maliyet kontrol mekanizması kurulmalı ve bu mekanizma sürekli aynı etkinlikte çalışabilmesi için tersine lojistik sürecinin ne kadar önemli olduğu firmanın tüm personeli tarafından benimsenmelidir. Böylece tersine lojistik, işletmeler için kar getiren önemli bir süreç konumuna gelecektir (Jian-guo ve diğ., 2007).

Tersine lojistik, şirketler için hızla yükselen bir değere sahip bir konu olmasının yanı sıra şirketlerin kurumsal karar alma süreçlerinde önemli roller oynamakta ve şirketlere kaynak yaratma olanakları sunmaktadır. Bu sürecin etkin ve etkili bir şekilde işleyebilmesi, tersine lojistik maliyetlerinin çok iyi ve sistematik bir şekilde yönetilmesine bağlıdır. Yukarıda bahsedilen etkenlerden dolayı tersine lojistik maliyetlerinin kontrol edilmesi oldukça zor ve karmaşık olduğu görülmektedir bu nedenle firmalar maliyetlerini etkileyen faktörleri ve bu faktörlerin önem sıralarını çok iyi analiz etmeli ve uzun vadeli süreçler düşünerek kararlar almalıdır.

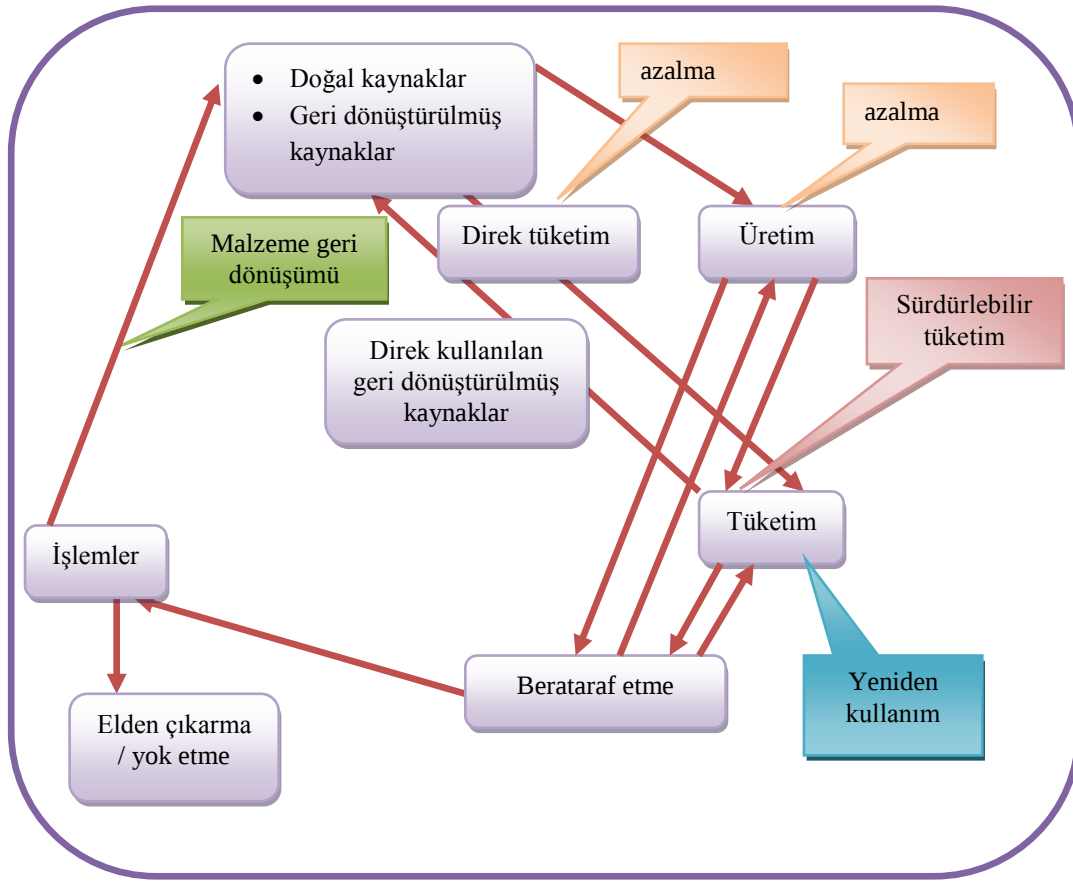
4. KATI ATIK YÖNETİMİ

Katı atık yönetimi, insan sağlığını korumak, işletmelere ekonomik, idari ve hukuki açıdan faydalar sağlamak amacıyla atıkların depolanması, toplanması, aktarılması, taşınması, işlenmesi ve bertaraf edilmesi işlemlerinin denetlenmesi ve kontrol edilmesidir. Kullanılabilecek seviyede olan katı atıkların tekrar kullanımı, kullanılamayacak seviyede olan atıkların dönüşüm tesislerine yollanarak geri kazanım yoluyla çeşitli materyaller elde edilmesi ile katı atıkların bertarafının yapılarak çevreye olan zararlarının en düşük seviyeye indirilmesi süreçlerini içermektedir.

Gelişen ve değişen dünyamızda gerek atıkların insanlara olan zararlarını azaltmak gerekse de gelecek nesillere daha güzel bir çevre bırakmak amacıyla katı atıkların yönetilmesi için birçok yöntem öne sürülmüştür. Ancak tüm yöntemlerin kombinasyonu, etkin bir atık yönetiminin sağlanmasıyla mümkündür. Uluslararası düzeyde kabul gören bu yaklaşım, “entegre atık yönetimi” anlayışının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Entegre atık yönetiminde, atık yönetiminin tüm unsurları bir bütün olarak değerlendirilerek hem çevresel hem de ekonomik açıdan sürdürülebilirliğin sağlanması amaçlanmaktadır. Yaşam döngüsüne dayalı, atıkların oluşumuna ve yönetime dayalı entegre katı atık yönetimi olmak üzere genelleştirebileceğimiz bu yönetim yaşam döngüsüne, atıkların oluşumuna ve yönetime dayalı olmak üzere üç farklı açıdan incelenebilir.

Yaşam döngüsüne dayalı entegre katı atık yönetimi:

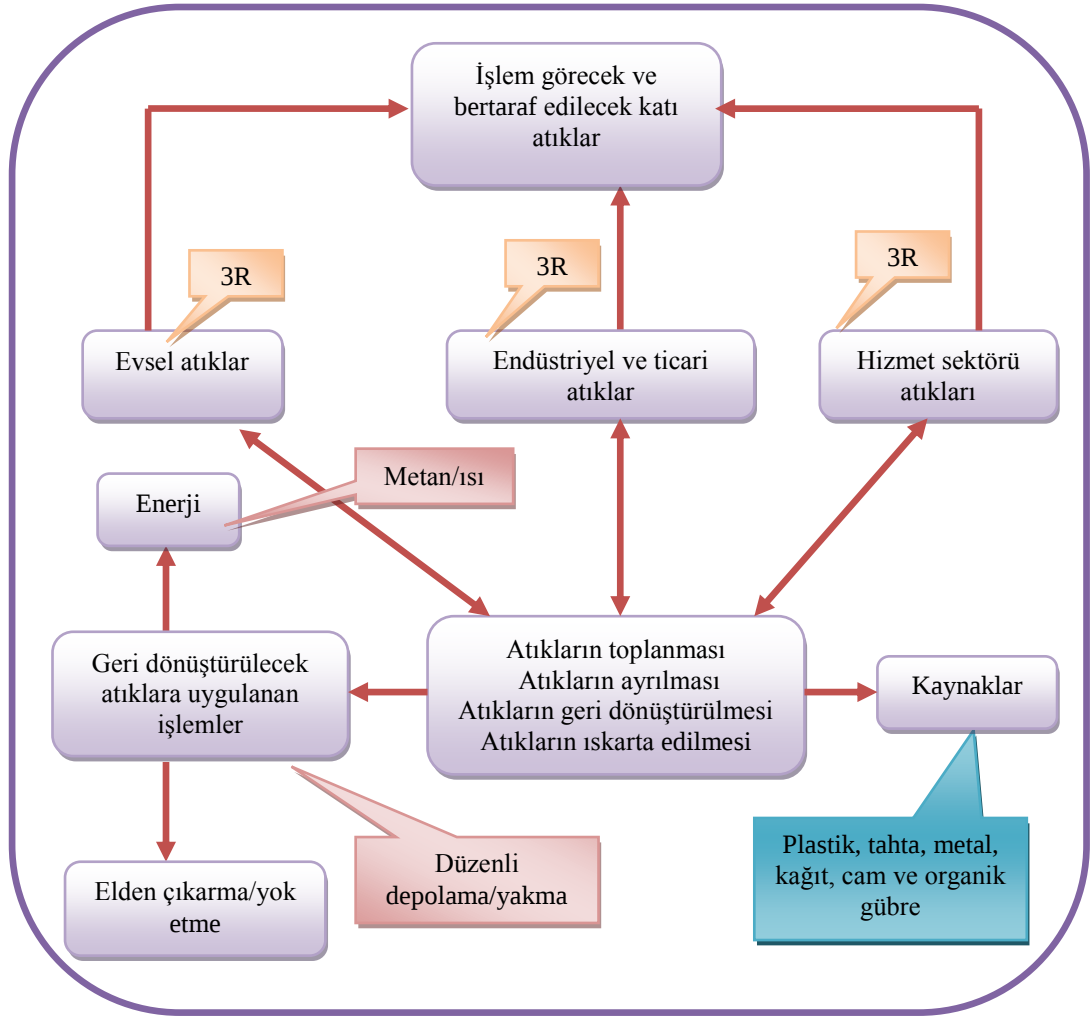
İlk entegre katı atık yönetimi görüşü şekil 4.1’de gösterildiği üzere ürünlerin üretim ve tüketim noktaları arasında gerçekleşen yaşam döngüsü açısından değerlendirilmesine dayanmaktadır. Tüketim sonucu ömrünü tamamlamış ürünlerin tekrar kullanımı, üretim prosesi sonucunda oluşan ıskartaların kaynak olarak kullanılması yaşam döngüsünü tamamlamış ve atık olarak nitelendirilen ürünlerden değer yaratılmasına olanak sağlamaktadır. Böylece atık olarak elden çıkarılan ürünlerde ve bu atıkların yok edilmesi için harcanan çabada azalmalar meydana gelmektedir (Developing integrated solid waste management plan, 2009).



Şekil 4.1 : Yaşam döngüsüne dayalı entegre katı atık yönetimi (Developing integrated solid waste management plan, 2009).

Atıkların oluşumuna dayalı entegre katı atık yönetimi:

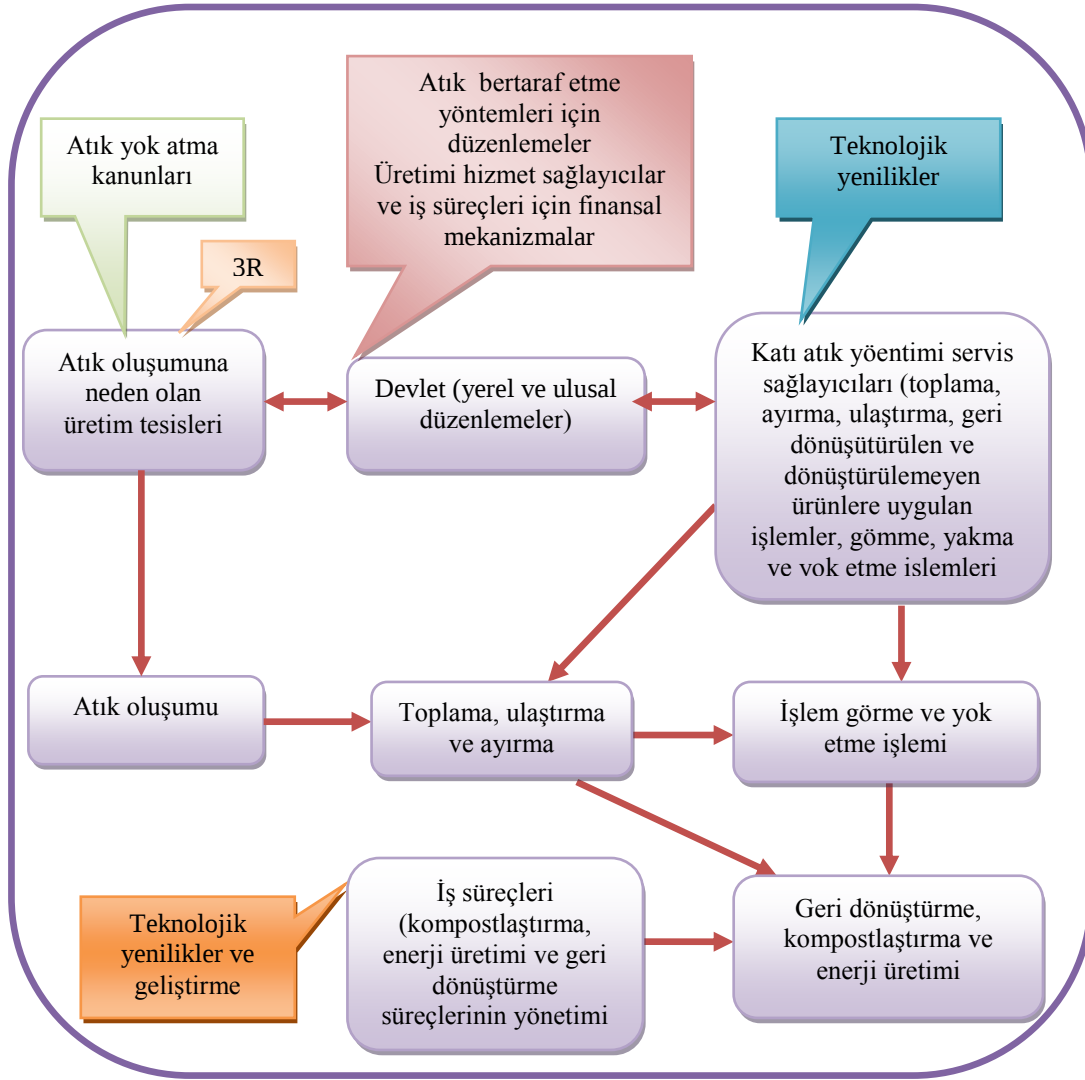
İkinci entegre katı atık yönetimi görüşü şekil 4.2’de gösterildiği gibi evsel, ticari, endüstriyel ve tarımsal gibi çeşitli kaynaklardan oluşan atıklara dayanmaktadır. Bu kapsamda atıklar oluşum kaynağına göre ve yasal düzenleme açısından gördüğü işlemlere göre ayrılmaktadır. Katı atık yönetimi sürecinde toplama, ulaştırma, değerlendirme, yok etme gibi işlemlere tabi tutulan tüm atıklara İngilizce ifadelerinden yola çıkarak 3R ile anılan azaltma, yeniden kullanma ve geri dönüştürme süreçleri uygulanmaktadır (Developing integrated solid waste management plan, 2009).



Şekil 4.2 : Atıkların oluşumuna dayalı entegre katı atık yönetimi (Developing integrated solid waste management plan, 2009).

Yönetime dayalı entegre katı atık yönetimi:

Üçüncü entegre katı atık yönetimi görüşü şekil 4.3’de gösterildiği gibi yasaların, düzenlemelerin, kurumların, finansal mekanizmaların ve teknolojinin yönetimini kapsamaktadır (Developing integrated solid waste management plan, 2009).



Şekil 4.3 : Yönetime dayalı entegre katı atık yönetimi (Developing integrated solid waste management plan, 2009).

4.1 Atıklar ve Katı Atıklar

Üretim ve çeşitli kullanım faaliyetleri sonucu ortaya çıkan, insan ve çevre sağlığına zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı biçimde alıcı ortama verilmesi sakıncalı olan, kullanılmış her türlü madde atık olarak adlandırılmaktadır. Sanayide, tarımda, ulaşımda, inşaat sektöründe, üretim yaparken ve hizmet verirken çok sayıda maddenin ve malzemenin biçim değiştirmesiyle gaz, sıvı ve katı halde atıklar ve artıklar ortaya çıkmaktadır. Bu atıkların bir bölümü nihai olarak bertaraf edilirken, bir bölümü geri kazanılarak yeniden kullanılabilir.

Fizikokimyasal açısından atıklar katı, sıvı ve gaz olarak üçe ayrılırken oluştukları yer bakımından insan faaliyetleri sonucu oluşan evsel atıklar ve iş faaliyetleri sonucu

oluşan endüstriyel atıklar olarak ikiye ayrılmaktadır. Bunların haricinde diğer bir atık grubu olarak daha çok endüstriyel atıklar içinde ifade edilen tehlikeli atıklar yer almaktadır.

Katı atıklar ile ilgili birçok tanım yapılmış olmakla beraber en genel anlamda; insanların sosyal ve ekonomik faaliyetleri sonucunda işe yaramaz hale gelen ve akıcı olabilecek kadar sıvı içermeyen her türlü madde ve malzemeyi katı atık olarak tanımlamak mümkündür. Ev, sokak, park, okul ve hastane gibi yerlerden toplanan çöpler; ticari, tarımsal ve endüstriyel faaliyetler sonucu ortaya çıkan katı atık ve artıklar ile su ve atıksu arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurlar bu tanıma dahildir.

Katı atıkların kaynakları genelde kullanım alanlarına bağlı olup evsel atıklar, kurumsal atıklar, inşaat atıkları, belediye hizmetleri sonucu oluşan atıklar, arıtma tesisi atıkları, endüstriyel atıklar ve tarımsal atıklar olarak ayrılmakla beraber daha geniş bir tanımda üretim süreçleri sonunda ortaya çıkan istenmeyen metaryeller ve insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan metaryeller olarak ikiye ayrılabilir.

Günümüzde, çevre sorunlarına etkin çözüm bulabilmek için yürütülen çalışmaların sayısı hızla artmaktadır. Organizasyonlar için çevresel sorunların önemi arttıkça, çevresel kararların yönetilmesi kritik hale gelmiştir. Katı atıklar, çevresel yönetim probleminin önemli bir kısmını oluşturmakta olup Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre katı atıklar, üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeler ve arıtma çamurları olarak tanımlanmaktadır. Katı atık yönetimi, atık maddelerin, insan sağlığı üzerindeki etkilerini azaltmak için, toplanması, taşınması, işlenmesi, geri kazanılması veya yok edilmesi olarak tanımlanabilir. Sürdürülebilir atık yönetimine ulaşabilmek için belirlenmiş olan ve “atık hiyerarşisi” olarak adlandırılan strateji şekil 4.4’de görülmektedir (Wilson ve diğ., 2001).



Şekil 4.4 : Atık hiyerarşisi (Wilson ve diğ., 2001).

Atık hiyerarşisi, atıkların yönetilmesinde kullanılan politikalara göre oluşturulmaktadır. Atık hiyerarşisinde temel amaç atıklardan en üst düzeyde fayda ve en az miktarda atık oluşumunu sağlamaktır. Bu hiyerarşiye göre atık oluşumunu en aza indirmek sürdürülebilir bir atık yönetiminde önemli bir role sahiptir. Atıklardan fayda sağlanılmasında diğer önemli bir yol da atıkların yeniden kullanılmasıdır. Bu stratejide temel amaç, fonksiyonlarını tamamen kaybetmemiş atıkların yeniden üretime dahil edilmesidir. Atık değerlendirmede diğer bir seçenekde atıkları geri dönüştürme yoluyla doğaya verecekleri zararın en aza indirilmesi ve enerji kazanılmasıdır. Atıkların bertaraf edilmesi seçeneği en az istenen tercih olup atık hiyerarşisinin en altında yer almaktadır. Bu stratejinin sürdürülebilir olması için çok yüksek standartlarda bir bertaraf etme yöntemi benimsenmelidir.

4.1.1 Katı atıklar

Katı atıklar kaynaklarına, kullanım şekillerine ve kullanım alanlarına bağlı olarak aşağıda belirtildiği gibi temelde beş kategoriye ayrılır:

Evsel atıklar

Endüstriyel atıklar

Tarımsal atıklar

Tehlikeli atıklar

Tıbbi atıklar

4.1.1.1 Evsel atıklar

Evlerden atılan, tehlikeli ve zararlı katı atık sınıfına dahil olmayan, bahçe, park ve piknik alanlarından gelen katı atıklar ile evsel katı atık özelliklerine sahip sanayi ve ticarethane atıkları evsel katı atık olarak nitelendirilir. Bir başka ifadeyle konutlardan atılan organik ve geri kazanılabilir maddeler ile kül, cüruf, toprak atıkları ve geri kazanılabilir atıklardır (Kavlak, 2002). Bu tür atıklar daha çok konut ve ticari komplekslerde meydana gelmektedir. Yükselen kentleşme oranı, insanların değişen yaşam şartları ve gıda alışkanlıkları evsel katı atıkların gün geçtikçe çoğalmasına neden olmakta olup bu durum evsel atıkların arıtılmasına ve tekrar kullanılmasına verilen önemi arttırmaktadır.

4.1.1.2 Endüstriyel atıklar

Endüstriyel atıklar, endüstriyel bir faaliyet sonucu meydana gelen ve içeriğinde genellikle tehlikeli atıklar bulunan atıklardır. Endüstriyel atıklar iki gruba ayrılır. İlk grup patlayıcı, parlayıcı, yanıcı, oksitleyici, zehirli, korezif özelliklere sahip olan ve su ile temas sonucu parlayıcı gazlar çıkaran tehlikeli atıklardır. Endüstriyel atıkların diğer grubu ise toplama ve bertaraf işlemlerinde evsel atıklarla birlikte değerlendirilen tehlikesiz atıklardır.

Endüstriyel atıklar fabrika, maden, rafineri gibi işletmelerde endüstriyel aktiviteler sonucu ortaya çıkan atıklardır. Tarımsal faaliyetler sonucunda oluşan atıklar gibi bazı endüstriyel atıklar çevreye karşı tehlikeli ve zehirli olmasa da kimyasal atıklar gibi birçok endüstriyel atık çevre için bir tehlike unsurudur. Endüstriyel atıklar genelde geri kazanmaya uygun olan ve bir değer ifade eden atıklardır. Geri kazanılamayan atıklar ise eğer çevre için herhangi bir tehlike oluşturuyor ise gerekli fizibiliteler yapıldıktan sonra yakma ve piroliz, katılaştırma, depolama, kompostlaştırma, anaerobik çürütme, hayvan yemi olarak kullanma vb. yöntemlerle bertaraf edilirler (Gönüllü, 2004).

Endüstriyel alanlarda katı atıkların iki temel kaynağı vardır. Bunlar ticari ve kurumsal katı atıklar ile proses atıklarıdır. Proses atıkları kimya, elektrik, rafineri ahşap ve diğer üretim tesislerinde endüstriyel süreçler sonunda oluşan atıklar olup bir kısmı tehlikeli atık sınıfı olarak ele alınır. Endüstriyel proses atıkları, ofis kağıtları, kafeterya atıkları, ahşap paletler ve benzeri gibi atıkların dahil olduğu belediye atık kategorisinin dışında tutulur. Bu atıklar ticari ve kurumsal atık olarak

sınıflandırılır. Endüstriyel atıkların birçoğu işletmeye ekonomik kazanç sağlayacak şekilde geri dönüştürme işlemine tabi tutulur; geri dönüştürülemeyen kısmı ise bertaraf edilir.

4.1.1.3 Tarımsal atıklar

Bitkisel ve hayvansal ürün elde edilmesi ve bu ürünlerin işlenmesi sonucunda ortaya çıkan atıklardır. Üretilen katı atıkların miktarı ve içeriği, toplumların sosyoekonomik özellikleri, beslenme alışkanlıkları, gelenekler, yaşam şekilleri, coğrafya, meslekler ve iklim gibi değişik şartlar tarımsal atıkların özelliklerini etkilemektedir.

Tarımsal atıklar üç grupta incelenebilir:

Bitkisel üretim sonucu oluşan atıklar: Ekili alan, orman, nadas alanı, meyve ve sebze ekili alanlarda yapılan bitkisel üretimler sonucunda ürün olarak nitelendirilemeyen bitkisel kütle atık olarak değerlendirilir. Bu atıklar saman, sap, sömek, kabuk, çekirdek, budama atığı olarak gruplandırılabilir.

Hayvansal üretim sonucu oluşan atıklar: Hayvansal üretim sonucu oluşan atıklar, hayvan dışkıları ve kesim işlemi sonucu kalan iç organlardır. Hayvan dışkıları yakıt olarak ve gübre olarak kullanılmaktadır.

Tarım ürünlerinin işlenmesi sonucu açığa çıkan atıklar: Tarım ürünlerinin doğrudan kullanıma geçmeden önceki işlemler (öğütme, ayıklama, kurutma vb.) sonucu ortaya çıkan atıklardır.

4.1.1.4 Tehlikeli atıklar

14 Mart 1991 tarih ve 20814 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’nde tehlikeli atık kavramı, “zararlı ve tehlikeli atık” başlığı altında şu şekilde tanımlanmıştır: “patlayıcı, parlayıcı, kendiliğinden yanmaya müsait, suyla temas halinde parlayıcı gazlar çıkaran, oksitleyici, organik peroksit içerikli, zehirli, korozyif, hava ve su ile temasında toksik gaz bırakan, toksik ve ekotoksik özellik taşıyan ve müşteşarlıkça tehlikeli ve zararlı atık olduğu onaylanan atıklardır” (Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 1991).

Tehlikeli atık insan ve diğer canlı organizmalar için potansiyel olarak ya da direkt olarak tehlikeli olan veya buna katkı sağlayan;

- 1- Doğada kalıcı olan veya parçalanamayan

- 2- Biyolojik olarak büyüeyebilen
- 3- Ölümcül olabileyen
- 4- Zararlı kümülatif etkilere sebep olma eğiliminde olan, veya başka şekilde etkileyen, atık ve atık kombinasyonları olarak tanımlanır (Tchobanoglous ve diğ., 1993).

Bir atığın tehlikeli atık olarak değeriendirilebilmesi için atığın sahip olması gereken bazı karakteristikler şu şekildedir:

- yanıcı ve tutuşabilir olmak,
- kendi kendine tepkimeye girmek,
- patlayıcı olmak
- çürütücü ve paslandırıcı olmak
- radyoaktif özellikler göstermek
- bulaşıcı olmak
- tahriş edici olmak
- hassas olmak

Tehlikeli atıklar temelde yanabilen ve yanamayan tehlikeli atıklar olarak iki sınıfa ayrılabilir.

- 1- Kağıt, saman, talaş, bez, lastik, ayakkabı gibi ürünler belirli bir sıcaklık yakılıp yok edilebildiklerinden bu atıklar yanabilen tehlikeli atıklar sınıfına girmektedirler.
- 2- Metal, cam, seramik, toprak, kum ve moloz gibi atıklar sıcaklık ile yakılıp yok edilemez ayrıca, cam, plastik, kağıt gibi atıklar toprağı gömme işlemine de tabi tutulamazlar. Bu tür atıklar yanmayan tehlikeli atık sınıfındadır.

Yanan veya yanmayan olarak sınıflandırılan tehlikeli atıklar gelişmiş ülkelerde değeriendirilirken genellikle aşağıdaki metotlar uygulanmaktadır:

Kaynakta azaltma: Atıklardan kaçınmanın en iyi yolu, kaynağında üretilmemesi veya en az atık üretilmesidir.

Geri dönüşüm: Atıkların tamamının veya içindeki kullanılabilir maddelerin geri kazanımı ya da tekrar kullanılmasıdır.

Arıtma: Atıklar fiziksel, biyolojik yada kimyasal arıtma ile tehlikesiz veya daha az tehlikeli hale getirilebilir.

Bertaraf etme: Atık oluşumunun kaçınılmaz olduğu ve yukarıda belirtilen işlemlerin uygulanmadığı durumlarda değerlendirilemeyen atıklar yakma, depolama gibi metotlarla bertaraf edilir.

Türkiye'de ortaya çıkan tehlikeli atıklarının değerlendirilmesi gelişmiş ülkelerdeki yöntemlerden pek farklı değildir ancak tehlikeli atıkların bertaraf edileceği ya da geri kazanılacağı tesisler Türkiye’de yeni yeni kurulmaya başlamıştır. Türkiye’de imalat sanayi tarafından yılda 20 milyon ton civarında atık üretilmekte olup, bunun yaklaşık 1,2 milyon tonu tehlikeli atıktır. Metal sanayi, kimya sanayii, yiyecek içecek üretimi, petrol ve kömür faaliyetleri ve motorlu taşıt üretim ve bakımı imalat sanayiinde en fazla tehlikeli atıkların oluşmasına neden olan sanayi dallarıdır (Salihoğlu, 2010). Ülkemizde etkin bir tehlikeli atık yönetim sistemi kurulması için kurumların güçlendirilmesi; mevzuatın etkili bir biçimde uygulanması; tehlikeli atık üreten tesislerin düzenli aralıklarla denetlenmesi; tehlikeli atık üretimi ve geri dönüşümü ile ilgili verilerin toplandığı ve işlendiği bir bilgi yönetim sistemi kurulmalıdır (Yetiş, 2007).

4.1.1.5 Tıbbi atıklar

Sağlık kuruluşları, araştırma kuruluşları ve laboratuvarlar tarafından oluşturulan tüm atıklar tıbbi atıktır. Başta doktor, hemşire, ebe, veteriner, diş hekimi, laboratuvar teknik elemanı olmak üzere ilgili sağlık personeli tarafından oluşumları sırasında kaynağında diğer atıklar ile karıştırılmadan ayrı olarak biriktirilir ve torbalar en fazla ¾ oranında doldurulur, ağızları sıkıca bağlanır. Toplama ekipmanı, atığın niteliğine uygun ve atığın olduğu kaynağa en yakın noktada bulunur. Tıbbi atıklar hiçbir suretle evsel atıklar, ambalaj atıklar ve tehlikeli atıklar ile karıştırılmamalıdır. 22.07.2005 tarih ve 25883 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’nde tıbbi atıkların üretiminden toplanması, depolanması, taşınması ve bertaraf edilmesine kadar geçen aşamalarda kurum ve kuruluşlara düşen görev, yetki ve yükümlülükler tanımlanmıştır. Atıkların karıştırılmaması, çevreye ve insan sağlığına zarar vermeden kaynağında ayrı olarak toplanması, ünite içinde taşınması, geçici depolanması, taşınması ve bertaraf edilmesi gerekmektedir (Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 2005).

4.2 Atığı Üründen Ayıran Kriterler

05.07.2008 tarih ve 26927 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik’te hammaddenin üretim sürecine girişinden ürünün nihai tüketiciye ulaştırılmasına dek ve daha sonrasında atığı üründen ayırt edebilmek için aşağıda belirtilen kriterler kapsamına giren maddeler atık kapsamında tanımlanır (Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik, 2008):

- Yönetmelikte başka şekilde belirtilmemiş üretim veya tüketim artıkları, standart dışı ürünler, son kullanım süresi geçmiş olan ürünler,
- Dökülmüş, niteliği bozulmuş ya da yanlış kullanıma maruz kalmış olan maddeler (örneğin, kaza sonucu kontamine olmuş maddeler ve benzeri),
- Aktiviteler sonucu kontamine olmuş ya da kirlenmiş maddeler(örneğin, temizleme işlemi atıkları, ambalaj malzemeleri, konteynırlar ve benzeri),
- Kullanılmayan kısımlar (örneğin, bozuk piller ve bitik katalizörler ve benzeri),
- Yararlı performans gösteremeyen maddeler (örneğin, kontamine olmuş asitler, kontamine olmuş çözücüler, bitik yüzey işlem tuzları ve benzeri),
- Endüstriyel işlem kalıntıları (örneğin, cürufklar, dip tortusu ve benzeri),
- Kirliliğin önlenmesi işlemlerinden kaynaklanan kalıntılar (örneğin, yıkama çamurları, filtre tozları, kullanılmış filtreler ve benzeri),
- Makine/yüzey işlemleri kalıntıları (örneğin, torna atıkları, frezeleme kırıntıları ve benzeri),
- Hammadde çıkarılması ve işlenmesinden kaynaklanan kalıntılar (örneğin, petrol sahası slopları, madencilik atıkları ve benzeri),
- Saflığı bozulmuş materyaller
- Yasa ile kullanımı yasaklanmış olan ürün, madde ve materyaller
- Sahibi tarafından artık kullanılmayan ürünler (örneğin, tarımsal, evsel, ofis, ticari ve market kalıntıları ve benzeri),
- Arazi ıslahı ve iyileştirilmesi faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan kontamine olmuş yukarıda belirtilen kategorilerde yer almayan herhangi madde, materyal ve ürünler.

4.3 Atık ve Katı Atık Yönetimi

Günümüz dünyasında atık olarak ifade edilen materyallerin bertaraf edilmesi sürekli atık oluşturan ve gün geçtikçe modernleşmeye çalışan endüstriyel toplumlar için karmaşık bir ikilem haline dönüşmüş olup artan atık miktarları, siyasi ve sosyal endişeler bu durumu çözülmesi gereken bir konu haline getirmiştir. Bu nedenle işletmeler etkin ve etkili atık yönetimi stratejileri geliştirmeye yönelmişlerdir.

Etkin bir ürün yönetimi için yok edilmesi ve geri dönüştürülmesi planlanan ürünler “son” olarak ifade edilen aşamada çok dikkatli bir şekilde yönetilmelidir. Bunu başarmak için teknik, çevresel, idari, ekonomik ve politik sorunlar kesinlikle çözüme ulaştırılmalıdır. Bu sorunları çözmek için başvuru süreci genellikle katı atık yönetimidir. Bu yönetim sistemi, çeşitli prosesler sonucunda ortaya çıkan atıkların toplanması, taşınması, işlenmesi, geri dönüştürülmesi ve bertaraf edilmesi işlemlerinin planlanması, tasarlanması, finanse edilmesi ve uygulanmasını içermektedir. Bu işlemler gerçekleştirilirken insan sağlığı, çevrenin korunması gibi sosyal ve etnik sorunlar ile ekonomik göstergeler esas alınır (Tcobanoglous ve diğ. 1993).

Atık yönetimi dünyanın farklı bölgelerinde çeşitli şekillerde ele alınmıştır. Gelişmiş ekonomilere sahip ülkeler atık yönetimini etkin bir şekilde yürütmek için atıkların toplanması, taşınması, geri kazanılması ve bertaraf edilmesi işlemlerini sürdürülebilir bir yaklaşımla ele almaktadır. Ekonomik açıdan gelişmiş bu ülkelerde artan nüfus ve endüstriyel faaliyetler ile atık oluşumu günden güne artmaktadır. Bu durum bu ülkeleri çevre, sağlık ve maliyet gibi konularda ciddi sorunlarla karşı karşıya bırakmış ve çözüm arayışlarına yönlendirmiştir. Yasal düzenlemelere uyma zorunluluğu konusu da bu sorunlara eklenince birçok atık yönetim uygulaması ortaya çıkmıştır.

Atık yönetiminin temel amaçları atığı kaynakta azaltmak, geri kazanmak ve bertaraf etmektir. Bu işlemlerin uygulanması işletmeleri önemli bir sorundan kurtaracağı gibi çevre açısından gelecekte oluşacak tehlikelerin engellenmesini de sağlamaktadır. Atık yönetimin amacı Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik’te “atıkların oluşumlarından bertaraflarına kadar çevre ve insan sağlığına zarar vermeden yönetimlerinin sağlanmasına yönelik genel esasların belirlenmesi” olarak tanımlanmıştır (Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik, 2008).

14.03.2005 tarih ve 25755 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin 5. maddesinde atık yönetimine ilişkin işletmeleri ilgilendiren şu ilkeler yer almaktadır:

- Her türlü atığın ithali yasaktır,
- Atıkların kaynağında en aza indirilmesi esastır,
- Atık yönetiminin her safhasında sorumlu kişiler, çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek tedbirleri alırlar,
- Atıkların yarattığı çevresel kirlenme ve bozulmadan doğan zararlardan dolayı atık üreticileri, taşıyıcıları, bertaraf edicileri kusur şartı aranmaksızın sorumludurlar. Adı geçen sorumluların, meydana gelen zararlardan ötürü genel hükümlere göre detazminat sorumluluğu saklıdır,
- Atıkların yönetiminden kaynaklanan her türlü çevresel zararın giderilmesi için yapılan harcamalar kirleten öder prensibine göre atıkların yönetiminden sorumlu olan gerçek ve tüzel kişiler tarafından karşılanır,
- Atıkların, Bakanlıktan lisans almış bertaraf tesisleri dışında üçüncü kişiler tarafından ticari amaçlar ile toplanması, satışı ve bertaraf edilmesi, diğer yakıtlara karıştırılarak yakılması yasaktır,
- Atıklar fiziksel, biyolojik ve kimyasal ön işlemler haricinde kesinlikle doğrudan başka bir madde veya atıkla karıştırılamaz ve seyreltilemez,
- Bertaraf tesislerine tehlikeli atıkla karışık atık gelmesi durumunda öncelikle ayrıştırılmalıdır. Ayrıştırmanın mümkün olmadığı durumda atığın tamamı tehlikeli atık olarak bertaraf edilmelidir,
- Atıkların geçici depolanması işleminin atığı üreten tesis içinde yapılması esastır. Ancak tesis içinde uygun yer bulunamaması durumunda üreticiye ait, gerekli koşullara sahip uygun bir alanda geçici depolama yapılması mümkündür (Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 2005).

Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin 15. maddesinde ise atıkların geri kazanılması ve tekrar kullanılması esas olduğu belirtilmiştir. Atıkların geri kazanılmasının ve tekrar kullanılmasının mümkün olmadığı durumlarda atıklar, çevre ve insan sağlığına zarar vermeden bertaraf edilir. Bertaraf sistemleri yönetmelik ekinde tehlikeli kabul edilen atıkların özelliklerine ve uygun teknolojilere göre seçilir. Yönetmeliğin Ek 2’ de verilen tüm bertaraf ve geri kazanım işlemlerini gerçekleştirmek isteyen gerçek ve tüzel kişiler Bakanlıktan ön lisans ve lisans

almakla yükümlüdür. Yönetmeliğin 16. maddesinde geri kazanım konusunda atıkların ekonomiye katkı sağlamak ve bertaraf edilmeye gidecek atık miktarının azaltılması amacıyla geri kazanılması esas olduğu belirtilmiştir. Atıkların geri kazanımında yönetmelik Ek 2/B’de verilen işlemlerden herhangi biri uygulanır. Atık geri kazanım işleminden sonra elde edilen ikincil hammaddenin ürün niteliğinde olduğunun akredite laboratuvarlar veya uluslararası kabul görmüş kuruluşlarca yapılan analizlerle belgelenmesi zorunludur. Geri kazanım işlemi sonucunda bakiye atık oluşuyor ise, bunun yönetmelik hükümlerine uygun şekilde bertarafı sağlanmalıdır (Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 2005).

Günümüzde katı atık yönetimi sanayileşmiş ülkeleri için milyarlarca doların harcandığı önemli bir iş süreci haline gelmiştir. Bu maliyetlere sebep olması nedeniyle işletmeler için atık üretmeme öncelikli ele alınması gereken hedefler arasında yer almaktadır. Ancak günümüzde atık üretmeme çok geniş uygulama fırsatı bulamamakla birlikte bazen çok gerçekçi bir bakış açısına da sahip olamamaktadır. Bu nedenle 4R prensibinin uygulanması önem kazanmaktadır:

Azaltma (Reduction)

Yeniden Kullanım (Reuse)

Geri dönüşüm (Recycle)

Geri kazanım (Recovery)

Bazı durumlarda daha az miktarda atık çıkabilecek malzeme veya teknoloji ile çalışma maliyeti daha yüksek olsa da ortaya çıkacak atığın arıtılması, bertarafı, gömülmesi ve yakılması işlemleri göz önünde bulundurulduğunda bu maliyetlerin kabul edilebilir seviyelerde oldukları görülebilir. Ayrıca toplam kalite anlayışının benimsenmesiyle de hataların kaynağında yok edilmesi sağlanarak, hatalı malzeme üretimi ve hurda çıkışı azaltılabilecektir. Bununla ilgili atık minimizasyon yöntemi için aşağıdaki sıralama örnek olarak gösterilebilir (Diker, 2001):

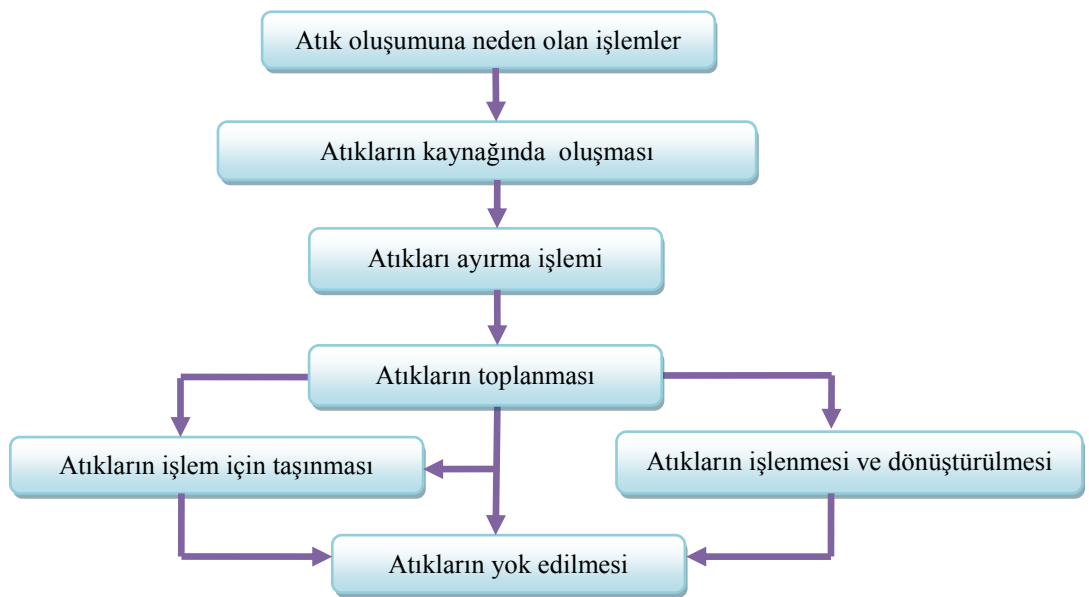
1. Atık oluşumunun tespiti,
2. Değerlendirme ve önceliklerin belirlenmesi,
3. Seçilen hedef doğrultusunda atıkların elenmesi,
4. Yeniden kullanılabilir seviyede olanları ayırmak,

5. Yeniden kullanılabilen atıkların kalite ve maliyetlerinin incelenmesi,
6. Yeniden kullanılabilen atıkların güvenlik ve çevre etkileri incelenmesi,
7. Yeniden kazanılabilir malzeme kullanılması için yöntem belirlenmesi
8. Yukarıdaki adımların tekrarı

Katı atıkların yönetilmesi için gerek ekonomik gerekse de çevreye olan etkileri açısından birçok alternatif programlar ve teknolojiler mevcuttur. Bundan dolayı karar verme sürecinde katılımcıların uygun bir seçeneği belirlemesi oldukça zordur. Entegre katı atık yönetimi hiyerarşisine dayanarak geri dönüştürme, kompostlaştırma ve yakma işlemleri katı atıkların yönetiminde kullanılan üç temel alternatif olarak önerilebilir. Düzenli depolama işlemi ise bu üç alternatif için de uygulandığından ve her süreç için ara bir işlem olduğundan dolayı alternatif olarak kabul edilmemektedir.

4.4 Katı Atık Yönetiminin Bileşenleri

Katı atık yönetimi, insan sağlığı, ekonomi ve çevrenin kirlenme düzeyi gibi parametrelere bağlı olup atıkların uygun şekilde toplanmasını, geçici olarak depolanmasını, taşınmasını, geri kazanılmasını, kompostlaştırma, yakma ve benzeri işlemlere tabi tutulmasını ve hammadde kaynağı olarak yararlanılmasını kapsamaktadır. Atıkların oluşması, ayrılması, toplanması, taşınması, geri kazanılması ve yok edilmesi olmak üzere katı atık yönetiminin altı temel bileşenin birbirleriyle olan ilişkileri aşağıdaki şekil 4.6'daki gibi ifade edilebilir:



Şekil 4.5 : Katı atık yönetiminin temel adımları

4.4.1 Atıkların oluşumu

Üretim faaliyetleri sonucu oluşan atıkların bir kısmı çeşitli işlemlere tabi tutularak değerlendirilebilir ya da insana ve çevreye olan zararını azaltmak amacıyla bertaraf edilir. Atıkların oluşum esnasında daha sonra uygulanacağı işlemler göz önünde bulundurularak sınıflandırılması önemli bir aşamadır. Günümüzde işletmeler atık miktarlarını kontrol altına almalarına rağmen atıkların oluşum kaynaklarını kontrol altına alamamışlardır; bu nedenle sürdürülebilir bir üretim anlayışını benimseyen işletmeler atıklara daha sonra uygulanacak işlemleri düşünerek bu kontrol sistemini geliştirmeleri gerekmektedir.

4.4.2 Atıkların ayrılması

Atık ayırma işlemi, çeşitli prosesler sonucu oluşan atıkların depolama işleminin yapılacağı alana taşınmadan önce işletmenin katı atık yönetimi stratejisine uygun olarak atıkların çeşitlerine göre ayrılması ve toplama işlemine hazırlanmasını kapsamaktadır. Ayırma işlemi atıkların daha sonra uygulanacak işlemler ve taşıma yolu ile ulaştırılacağı tesisler göz önünde bulundurularak yapılmalıdır.

4.4.3 Atıkların toplanması

Atıkların toplanması işlemi ayrılması işlemi ile beraber düşünüldüğünde geri dönüşüm sürecinin ilk adımı olarak kabul edilebilir. Çeşitli prosesler sonucunda oluşan atıklar sınıflandırılarak gerekli büyüklükteki ve dayanıklılıktaki kaplarda toplanırlar. Bu aşamada geri dönüştürülen atıkların ayrılması işlemi maliyet olarak işletmeye en fazla yararı sağladığından özellikle önemlidir. Bu işlem esnasında atıkların oluştukları bölgeden toplanacakları bölgelere getirilmeleri içinde kısa mesafeli taşıma işlemi de uygulanmaktadır.

Tehlikeli atıkların ise diğer atıklarından ayrı olarak toplanması gerekmektedir. Tehlikeli atıkları diğer atıklardan ayırmak mümkün değil ise karışık atık grubunun bütünü tehlikeli atık olarak isimlendirilmeli ve taşınması, depolanması ve bertarafı tehlikeli atıklara ilişkin esaslara göre gerçekleştirilmelidir. Karışık atık grubuna yapılacak olan her işlemin maliyeti diğer ayrıştırılmış atıkların maliyetinden daha yüksek olacaktır. Bu nedenle tehlikeli atıkların usulüne göre toplanması önem arz etmektedir. Bununla birlikte tehlikeli atık toplama faaliyetinden sorumlu personelin eğitilmiş olması, tehlikeli atığın ayrı toplanmasının gereğine inanması ve ayırma

kurallarından haberdar olması çok önemlidir. Eğer ayırma, usûlüne göre yapılmaz ise geri dönüşü olmayan sonuçlar ile karşılaşılabilir.

4.4.4 Atıkların taşınması

Atıkların taşınması işlemi atıkların çeşitli sınıflara ayrılıp toplandıktan sonra işlem göreceği tesislere ulaştırılmasını kapsamaktadır. Taşıma sisteminin kötü olması dönüştürme faaliyetlerinin etkinliğini olumsuz yönde etkilendiğinden taşımanın katı atık yönetiminde önemli bir rolü vardır. Örneğın, kentleşmenin yoğun olduğu bölgelerde mesafelerin uzamasından dolayı taşıma maliyetleri yüksek çıkmakta ve atıkların ulaştırılmasında gecikmeler yaşandığı görülmektedir. Bu nedenle atıkların taşınırken dikkat edilmesi gereken iki temel unsur mesafe ve taşıma maliyetidir.

Atıkların taşınması işlemi iki adımdan oluşmaktadır. Bu adımlardan birincisi atıkların küçük taşıma araçları ile büyük taşıma ekipmanlarına taşınması adımı, ikincisi ise atıkları taşıma araçları ile atık işleme ve bertaraf etme tesislerine taşınması adımıdır. Bu taşıma sürecinde taşıma aracı olarak en fazla motorlu taşıtlar kullanılmakla beraber demiryolu ve deniz ulaşımı ile taşıma da nadiren görülmektedir.

Tehlikeli atıklar ise sadece Çevre ve Orman Bakanlığı'ndan lisans almış olan firmalar tarafından ve atığın özelliklerine uygun teknolojiye sahip araçlar tarafından taşınabilir. Atık üreticisinin valilikten temin edeceği atık taşıma formlarının araçta bulundurulması zorunludur. Bu formlar mavi, pembe, beyaz, yeşil ve sarı renkli olup ülke içi ve uluslararası tehlikeli atık taşınması amacıyla kullanılırlar, formlarda kullanılan renkler ise uluslararası düzeyde akredite olmuş renklerdir (Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 2005).

4.4.5 Atıkların tekrar kullanımı ve geri kazanılması

Atıkların tekrar kullanımı, atıkların toplama ve temizleme dışında hiçbir işleme tabi tutulmadan aynı şekli ile ekonomik ömrü dolana kadar defalarca kullanılmasına denir. Örnek olarak cam şişelerin içerisindeki maddelerin tüketilmesinden sonra temizlenmesi ve tekrar aynı amaç için kullanılması verilebilir.

Tekrar kullanımı mümkün olmayan atıklarda geri kazanım yoluna gitmek en mantıklı atık değerlendirme yolu olup bu sayede hem doğal kaynaklarımız korunurak hem de ekonomiye katkı sağlanarak geleceğe yönelik etkili bir yatırım gerçekleştirilmiş olur.

Ülkemizde atıkların geri kazanılması için çimento fabrikaları kullanılmış lastikler, atık yağlar, boya çamurları, solventler, plastik atıklar gibi belirli tür atıkları bertaraf edebilmektedir. Çimento fabrikaları enerji geri kazanım amaçlı olarak bu tür atıkları alternatif yakıt olarak kullanmaktadır. İZAYDAŞ, PETKİM ve TÜPRAŞ bilinen tehlikeli atık yakma tesisleri olup, TÜPRAŞ kapasitesini kendi atıkları için kullanmaktadır.

4.4.6 Atıkların yok edilmesi

Katı atık yönetimi sürecinin son işlemi atıkların yok edilmesi aşamasıdır. Günümüzde katı atıkların son yolu atıkların gömülmesi, yakılması ve kompostlaştırılması işlemlerinden geçmektedir. Bu süreçte önemli olan, atıkların enerji tasarufu sağlayacak ve çevreye en az zarar verecek şekilde yok edilmesidir.

Atıkların oluşturulmaması, azaltılması, geri kazanımı ve yeniden kullanılması daima istenen tercihler olup bu mümkün olamıyor ise çevre ve canlı sağlığını gözeterek atıkların bertarafı yoluna gidilmelidir.

4.5 Katı Atık Yönetiminde Dış Kaynak Kullanımı

Dış kaynak kullanımı, işin belirli bölümlerinin bir sözleşmeye bağlı olarak o alanda uzman olan dış firmalardan sağlanması ve işletmenin gerçekleştirdiği bir işi, fonksiyonu veya süreci dış tedarikçilere devretmesidir. Dış kaynak kullanımında, değişik alanlarda faaliyet gösteren işletmeler bir mal veya hizmet üretiminin çeşitli süreçlerinde birbirini tamamlayıcı şekilde ve sürekli olarak işbirliği yaparlar.

Endüstriyel işletmelerinin bünyelerinde yürüttükleri bazı hizmetleri giderek yaygın bir şekilde dışsallaştırdıkları görülmektedir. Daha çok işletmelerin asıl faaliyet alanlarında uzmanlaşma isteğiyle açıklanabilecek bu hizmetlerin dışsallaştırılması eğilimi, ürün ve hizmetler arasındaki dinamik bağların gelişmesinde son derece önemli olmaktadır (Özbay, 2004). Bu dışsallaştırma eğilimi, etkin bir hizmet sağlanması ve maliyetlerin düşürülmesi amacıyla katı atık yönetiminde de sık sık kullanıldığı görülmektedir.

Üst düzey bir hizmet sağlanması amacıyla katı atık yönetiminde işletme bünyesindeki hangi faaliyetlerin dış kaynak sağlayıcıları tarafından daha iyi gerçekleştirilebileceğinin belirlenebilmesi için işletmeler rekabet avantajı

sağladıkları unsurları tespit etmelidir. Az bulunan, değerli, taklit edilmesi zor olan ve ikamesi olmayan kaynak ve yetenekler işletmelerin genel performanslarını artıran unsurlardır (Bettis ve diğ., 1992).

Katı atık yönetimi sürecinde dış kaynaklardan yararlanma, işletmelere sahip oldukları kaynaklardan en üst seviyede faydalanma fırsatı sağlamaktadır. Böylece işletmeler kaynaklarını, önem taşımayan fonksiyonlardan müşteriye hizmet verebilecek kritik fonksiyonlara yönlendirme imkanına erişir. İşletme, kaynaklarını kendisine değer yaratan fonksiyonlara yönlendirirken tamamen müşteri üzerine odaklanma fırsatı bulmaktadır. Aynı zamanda işletmelerin gelecekteki teknolojik ihtiyaçları da daha önceden gerçekleştirilen anlaşmalarla belirlenebilmekte bu da işletmelerin ileriye yönelik planlamalar yapmasını kolaylaştırmaktadır.

5. TERSİNE LOJİSTİK İLE KATI ATIK YÖNETİMİNİN İLİŞKİSİ

Geçmişte endüstriyel faaliyetlerin çok hızlı bir şekilde gelişme göstermesi ve işletmelerin sürekli olarak ekonomilerini iyileştirme çabaları katı atık yönetimine verilen önemin artmasını engellemiştir. Günümüzde ise insan sağlığına verilen önemin sürekli artması ve yasal düzenlemelerin çok daha sert kuralları içermesi şirketlerin katı atık yönetimine verdiği önemin artmasına neden olmaktadır. Bu sebeple birçok şirket katı atıklarını en iyi şekilde değerlendirmek için stratejiler geliştirmeye yönelmişlerdir. Bu stratejilerden birisi de tersine lojistik olup, firmalar bünyelerinde oluşturdukları atıkları değerlendirerek, hem ekonomilerine katkı sağlamakta hem de çevreye ve insana karşı sorumluluklarını yerine getirmektedirler. Bu stratejiyi uygulayan işletmeler katı atık yönetimi süreçlerinde yüksek maliyetler ile karşı karşıya kalsalar da sürdürülebilir bir bakış açısıyla yaklaşıldığında bu stratejinin işletmeler için çok büyük katkılar sağlayacağı açıktır.

Atık akışının planlanmasında, yönetilmesinde ve kontrol edilmesinde kullanılan tersine lojistik, yüksek teknolojiye sahip endüstriyel sanayiye sahip ülkelerde çevre kirliliği sorunlarının çözümünde kullanılan önemli bir yoldur. Tersine lojistik içinde yer alan süreçlerin bir sistem halinde uygulanması ne kadar zor olduğu bilinse de geleneksel ileri lojistik parametreleri atıkların yeterli düzeyde değerlendirilmediğini gösterdiğinden dolayı tersine lojistik bir ihtiyaç olarak karşımıza çıkmaktadır (Hu ve diğ., 2002).

İşletmeler ekonomik kazanç sağlaması, yasalara uyma zorunluluğu ve kurumsal bir yapının gerekliliği olarak insanlar karşı duydukları sorumluluk olmak üzere üç temel nedenden dolayı tersine lojistik uygulamaktadırlar. Şirketler bu bağlamda tersine lojistik sürecini uygulayarak hem kar elde etmekte hem de çeşitli faaliyetler sonucu oluşan atıklarını değerlendirerek çevreye karşı duyarlı ve insanlara karşı sorumluluklarını yerine getiren bir işletme yapısına sahip olmaktadır.

Herhangi bir ürünün üretimi esnasında daha az doğal kaynak tüketilmesi ile depolanması, dağıtımı, kullanılması ve sonrasında da çevreyi kirletmemesi istenilen bir üretim şeklidir. Ancak ürünlere uygulanacak faaliyetlerin çevreye zarar

vermeyecek şekilde yürütülmesi ve sonlandırılması oldukça zordur. Bu nedenle tersine lojistik sistemi, atıkların nasıl değerlendirmesi gerektiği sorununa ürettiği çözümlerden dolayı işletmelerin bu zorluğu aşmalarındaki en önemli yardımcı unsurlardan biri olarak görülmektedir.

Ürünlerin, metaryellerin ve atıkların değer yaratmak amacıyla ters yönde akışını, çeşitli proselerle değerlendirilmesini veya bertaraf edilmesini içeren tersine lojistik literatürde atıkların tekrar değerlendirilmesi sürecinde uygulanan en etkili yöntemlerden biri olarak gösterilmektedir. Bu yöntemde tersine akış içinde atıklara uygulanan ayırma, toplama, taşıma, depolama, işleme süreçleri sonucunda atıklar tekrar kullanılmakta veya bertaraf edilmektedirler.

Bazı araştırmalar (Fleischmann ve diğ., 2001; Dowlatshahi, 2005) tersine lojistik sistemi tasarlanırken şirketlerin bünyelerinde bulunan lojistik süreçleri kullanmalarının ürünleri geri dönüştürmek ve yeniden üretmek için kullanacakları süreçlere yatırım yapma kararını kolaylaştırdığını göstermektedir. Tersine lojistik zincirinin tasarımının ilk adımı işletmelerin tersine lojistik ile elde edilen parçalarla yapacağı yeniden üretim işleminin yeni bir ürün üretmelerine göre nasıl bir kazanç elde edeceklerinin değerlendirilmesidir. Bu karşılaştırma daha çok işletmeleri uygulayacakları tersine lojistik sisteminde kullanacakları mevcut ileri lojistik süreçlerine bağlıdır. Bu nedenle tersine lojistik sisteminin ekonomik ve çevresel açıdan sağlayacağı yarar mevcut sistemlerin kullanılmasına göre büyük değişkenlik göstermektedir (El korchı ve Millet, 2011).

Katı atık yönetim sürecine işletmelerin perspektifinden baktığımızda atıkların işletmeden taşınmasından sonra atıkların geri dönüştürülmesi ve bertaraf edilmesi olmak üzere iki temel yaklaşım karşımıza çıkmaktadır. İşletmeler bu seçenekler arasından hem ekonomik açıdan sağladığı fayda hem de çevreye olan olumlu etkilerinden dolayı geri dönüştürme işlemine daha fazla eğilim gösterdikleri görülmektedir.

Katı atık yönetiminde tersine akış, lojistik yönetim sürecinin son aşamasında yer aldığından bu akış ile elde edilen ham maddelerin ve parçaların yeniden kullanım, yenileme, tamir etme veya yeniden üretime dahil etme gibi seçenekler arasından en fazla fayda sağlayacak olan seçeneğe yönlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca tersine akış ile elde edilen parçaların ve ham maddelerin taşıma ve depolama maliyetleri göz

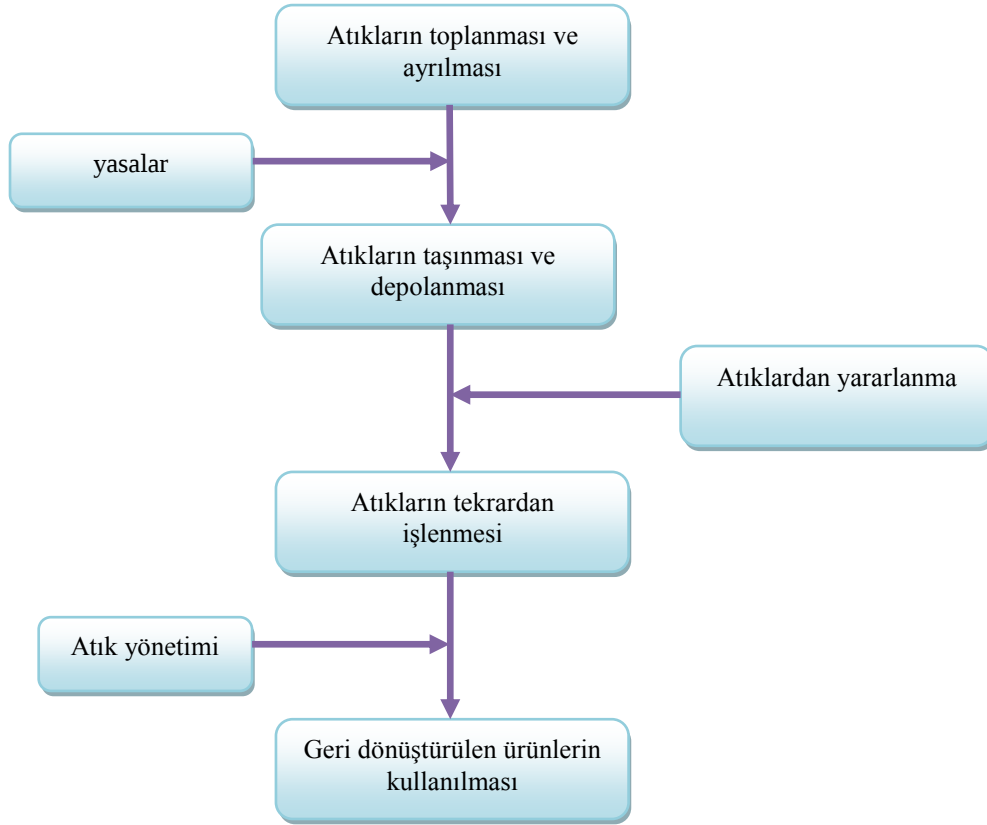
önünde bulundurularak kullanılması önemlidir. Bahsedilen bu maliyetlerin en aza indirilmesi ayırma işleminin etkin bir şekilde yapılmasına sıkı bir şekilde bağlıdır. Tersine akışın ilk aşaması olarak kabul edilen atıkların endüstriyel, tehlikeli ve evsel atıklar olarak ayrılması geçici depolama, taşıma ve zaman açısından faydalar sağladığı gibi uygun süreçler içinde değerlendirilmesini de sağlayacaktır (Garcia Rodriguez ve diğ., 2012).

Geri dönen ürünlerden değer yaratılması ve varlıkların değerinin artırılması tersine lojistiğin potansiyel ekonomik faydaları arasındadır. Chan ve Chan'ın (2008) anket araştırmasından yola çıkılarak hazırlanan çizelge 5.1'de görüldüğü gibi tersine lojistik sistemi ile geri dönüştürülen, yeniden üretilen ve yenileştirilen ürünlerin firmaya katkıları diğer işlemlerle kıyaslandığında %50 seviyesini geçmektedir. Bertaraf etme yöntemi ise katkısı çok düşük bir seviyede kaldığı için en son tercih edilecek seçenekler arasında olmalıdır (Chan ve Chan, 2008).

Çizelge 5.1 : Chan ve Chan'ın (2008) yaptığı anket araştırmasına göre tersine lojistik işlemlerini firmalara sağladıkların katkıların oransal gösterimi

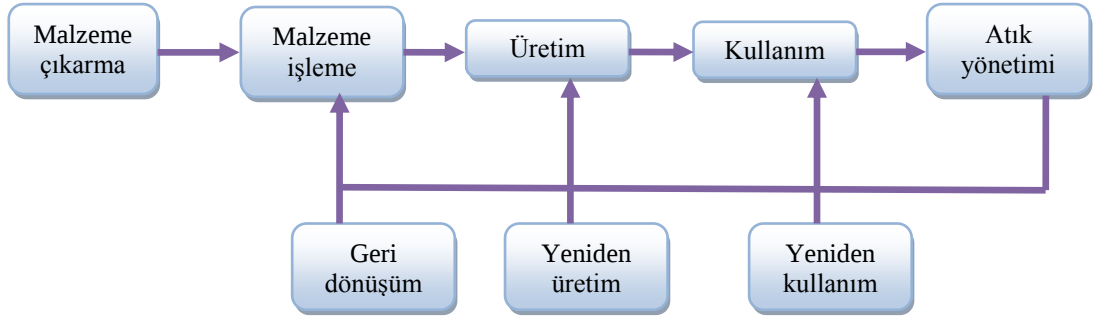
İşlemler	Yüzde oranı (%)
yeniden üretim/yenileştirme	32,6
geri dönüştürme	23,1
tekrardan satış	21,5
yeniden paketleme ve yeni olarak satış	9,5
indirimli olarak satış	6,8
bertaraf etme	6,5

Günümüzde sert yasal düzenlemeler ve çevrenin korunmasına verilen önemin giderek artması ile şirketler atık yönetimini ve geri dönüşüm süreçlerini destekleyen tersine lojistik sistemleri geliştirmeye yönelmişlerdir. Golemska (2001) atıkların kullanımı için lojistik kavramını ortaya atarak atıkları tekrar değerlendirmek için bir lojistik ağ kurulması gerektiğini önermiştir. Böyle bir lojistik süreci de atıkların iyi bir şekilde yönetilmesi için önerilen tersine lojistik sistemini destekleyecek şekilde şekil 5.1'de gösterilen atıkları ayırma, taşıma, depolama ve geri dönüşüm proseslerini içermektedir (Grabara ve Nowakowska, 2009).



Şekil 5.1 : Tersine lojistik ile yönetilen atık değerlendirme sisteminde temel adımlar (Grabara ve Nowakowska, 2009).

Atık miktarlarının artması ve oluşan atıkların bertaraf edilme kapasitelerinin azalmasından dolayı katı atık yönetim sistemleri, yönetim programlarının bir kısmının geri kazanım sistemlerine dönüştürülmesine neden olmuştur. Bu açıdan geri kazanılacak malzemelerin toplanması, depolanması ve geri dönüşüm tesislerine nakliyesi için gerekli olan sistemi optimize eden bir karar alma yapısına ihtiyaç bulunmaktadır. Fleischmann ve arkadaşları (1997) bu karar alma yapısının tersine lojistik ağ kurularak gerçekleştirileceğini ifade etmiştir. Bu şekilde ürünlerin geri dönüştürülmesi ile ilişkilendirilmiş lojistik faaliyetler tasarlanmakta ve geri alınan ürünlerin yeniden üretilip pazarlara yeniden dağıtılması sağlanmaktadır. Bu yapıda temel amaç kullanılmış ürünlerden maksimum faydayı sağlarken, yükleme ve boşaltma giderlerini minimum seviyeye indirmektir (Şengül, 2010’da atıfta bulunulduğu gibi). Bu amacı gerçekleştirmek için uygulanan ve atık yönetimi açısından tersine lojistiğin alanına giren konular şekil 5.2’de gösterilmiştir (Setaputra, 2005).

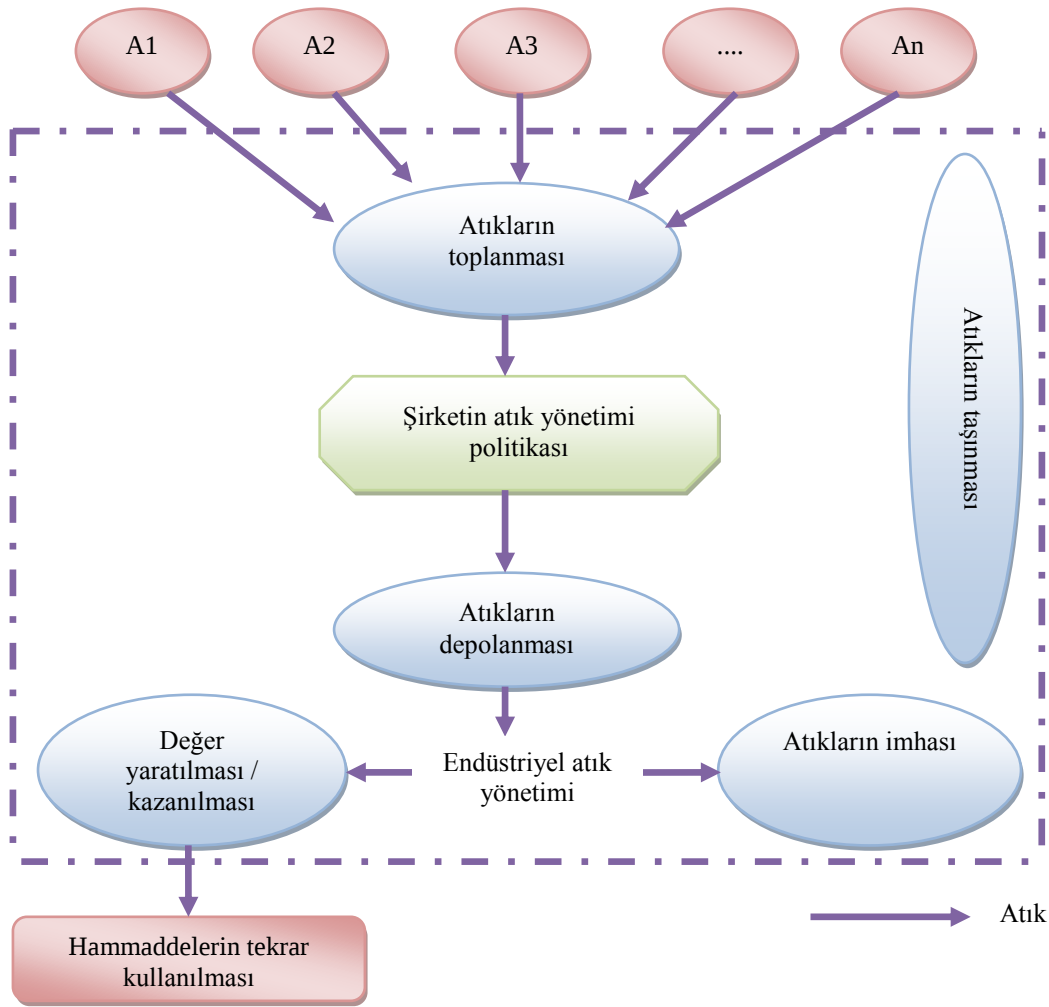


Şekil 5.2 : Tersine lojistiğin atık yönetimi açısından kapsamı (Setaputra, 2005)

Özellikle tehlikeli ve endüstriyel Atıkların yönetilmesi için kullanılan tersine lojistik sistemi üretim sürecinin etkinliğini ve üretkenliğini arttırdığı görülmektedir. İşletmelerin atıkların yönetilmesi sürecini daha da etkinleştirmek amacıyla tersine lojistik ağı içindeki aktivitelerin fonksiyonları sürekli olarak geliştirmelidir (Starostka-Patyk ve Grabara, 2010).

5.1 Tersine Lojistik Süreci İçinde Katı Atıklara Uygulanan İşlemler

Tersine lojistik sürecini kullanarak işletmelerin atık yönetme performansını açıklayıcı modeli inşa etmek mümkündür. Literatürde tersine lojistik süreçlerini ayrıntılı bir şekilde tartışan ve analiz eden araştırmacılar endüstriye atıkların değerlendirildiği tanımlayıcı ve çözüm odaklı modeller geliştirmişlerdir. Şekil 5.3’de endüstriyel atıkların değerlendirilmesi için ileri sürülmüş ve atıkların toplanması, taşınması, depolanması, imha edilmesi ve yeniden kullanılması olmak üzere beş temel süreç içeren modellerden biri görülmektedir.



A1, A2, A3, An atık kaynaklarını belirtmektedir.

Şekil 5.3 : Endüstriyel atıkların yönetilme süreci

Norek'e (2003) göre işletmeler, geri dönüştürme sürecinde aşağıda belirtilen 5 farklı seçeneğe sahiptirler:

- 1- Yeni gibi yeniden satmak
- 2- Yeni gibi tamir etmek, yeniden paketlemek ve yeniden satmak
- 3- Kullanılmış gibi tamir etmek, yeniden paketlemek ve yeniden satmak
- 4- Hurda değerinden düşük değere yeniden satmak
- 5- Hurda değerinde hurda alıcılara satmak

Katı atıkların değerlendirilmesi üretildikleri endüstri dalına, ürün özelliğine, ürün maliyetine, ürünün taşıma maliyetine, raf ömrüne ve talep miktarına bağlı bir süreçtir. Eğer ürünler bu unsurlara uygun, yeterince yüksek değere ve yeniden üretilebilme özelliğine sahip ise tersine lojistik süreci içindeki katı atık

değerlendirilme stratejileri ile yüksek karlar elde edilebilir. Stock ve arkadaşlarının (2002) bu özellikte ürünlere sahip firmaların yöneticileri ile yaptıkları görüşmelerde aşağıda belirtilen ve katı atık olarak nitelendirilen ürünler için uygulanan değerlendirme süreçleri ön plana çıkmıştır:

- 1- geri dönüştürme
- 2- yeniden üretme
- 3- yeniden kullanma
- 4- bertaraf etme

5.1.1 Atıkların geri dönüştürülmesi

Kumar (2006) tarafından geri dönüşüm, kullanılmış üründen kullanılabilir ürün ve parçaları ayırarak orjinal ürünün üretiminde kullanma ve yararlanma işlemleri olarak tanımlanmıştır. Geri dönüşüm işleminde ürünün yapısı korunmaksızın malzeme geri kazanılmaktadır. Atıklar açısından ise; atıkların bir üretim prosedürüne tabi tutularak orjinal amaçlı ya da enerji geri kazanımı hariç olmak üzere organik dönüşüm dahil diğer amaçlar için yeniden kullanılmasıdır. Geri dönüşüm ile katı atık içindeki değerlendirilebilir nitelikteki maddeler ekonomiye tekrar kazandırılmaktadır (Şengül, 2010'de atıfta bulunulduğu gibi).

Değerlendirilebilir atıkların geri kazanılmasındaki tersine lojistik yaklaşımı iki ana sisteme ayrılabilir. Bunlar; entegre edilmiş ve ilave toplama/getir sistemleridir. Entegre toplama sistemlerinde, geri kazanılabilir ve değerlendirilemeyen atıkların toplanması, beraber ya da ortak bir yapı içerisinde gerçekleştirilmektedir. İlave toplama sistemlerinde, değerlendirilebilir atıklar, değerlendirilemeyen atıklar için uygulanan toplama sisteminden lojistik olarak bağımsız şekilde toplanmakta ya da tüketiciler tarafından getirilmektedir. Geri dönüşüme konu olan ürünler genel olarak sanayi atıkları, evsel atıklar, ambalaj atıkları şeklinde sınıflandırılabilir (Erdal ve diğ., 2008).

Ülkemizde geri dönüşüm; çevre kanunu ve bu kanuna istinaden çıkarılan yönetmeliklerle düzenlenmektedir. Bu yönetmelikler ise;

- Atık pil ve akümülatörlerin kontrolü yönetmeliği
- Ambalaj atıkları kontrolü yönetmeliği
- Poliklorlu bifenil ve poliklorlu terfenillerin kontrolü hakkında yönetmelik

- Atık yağların kontrolü yönetmeliği,
- Bitkisel atık yağların kontrolü yönetmeliği,
- Ömrünü tamamlamış lastiklerin kontrolü yönetmeliği,
- Atık yönetimi genel esaslarına ilişkin yönetmelik ve
- Tehlikeli atıkların kontrolü yönetmeliği şeklindedir (Şengül, 2010).

Atıkların değerlendirilmesi için kullanılan tersine lojistik, iş süreçleri açısından değerlendirildiğinde aşağıdaki aktiviteleri içerdiği görülmektedir:

- Atıkların tekrar kullanılabilirliğine ve tehlikeli olup olmasına göre sınıflandırılması
- Satın alma, depolama, ayırma, ulaştırma, işleme, geri dönüştürme ve materyallerin satılması
- Diğer aktiviteler ise ürünlerin ihraç edilmesi ve iskartaya ayrılan parçaların başka amaçlarla kullanılması gibi atık miktarını azaltıcı işlemlerdir (Starostka-Patyk ve Grabara, 2010).

Tersine lojistik uygulayan işletmeler öncelikle tekrar kullanılabilir niteliğe sahip ürünler üretmek için çaba harcamalıdır. Değişik nedenlerden dolayı bu mümkün olmuyorsa, atıkları en iyi şekilde değerlendirme yoluna gitmeleri gerekir. Atık olarak ifade edilen ürünlere uygulanan iyileştirme ve tamir etme işlemleri en fazla ekonomik kazanç sağlayan atık değerlendirme yöntemlerinden biri olup ilk ürün kadar kaliteli bir seviyede ürün elde edilmesini sağlar. Tersine lojistik sisteminde diğer yaygın bir aktivite de etkin bir atık işleme prosesi gerektiren ürünlerin geri dönüştürülmesidir.

Atıkların yapısı geri dönüşüm süreçleri için uygun değilse, bu tür atıklardan enerji elde etme yoluna gidilerek üretim sürecine dahil edilmesi ile tasarruf elde etmek mümkündür. Bunun yanı sıra tersine lojistikte etkinliği çok az olan ancak ekonomik nedenlerden dolayı çok fazla kullanılan diğer bir atık işleme yöntemi de atıkların toprağa gömülmesidir. Bu yöntemin çevreye olan zararları bilindiğinden dolayı en son aşamada tercih edilmelidir.

Atıkların geri kazanılması, ekonomik açıdan etkili bir atık yönetimi alternatifi olarak görülmektedir. Bu alternatif ile, hammadde maliyetlerini ve atık bertaraf maliyetlerini azaltmak ve satılabilen atıklardan gelir sağlamak mümkündür. Atıkların geri kazanımı işletme içinde veya diğer işletmelerde yapılabildiği gibi birçok durumda

proses atıklarının geri kazanılması için en uygun yer üretim tesisidir. İşletmede geri kazanım için gerekli sistem yoksa, ekonomik açıdan verimli olmayacak kadar atık üretilmiyorsa veya geri kazanılan materyaller üretim sürecinde kullanılamıyorsa atıklar işletme dışında geri kazanılabilir.

Geri Dönüşüm süreci atıkların toplanması işlemi ile başlar ve bu atıkların işlenmesi veya yeniden işlenmesi süreçleriyle devam eder. Uygulanan bu süreçler ile geri dönüşüm için değerli malzeme olarak kabul edilen alüminyum, kağıt ve karton, plastik, cam ve metal gibi atıkların hem doğaya verecekleri zararlar minimuma indirilmekte hem de bu atıklardan enerji elde edilebilmektedir. Ürünlerin geri dönüştürülmesi atık olarak ifade edilen parçaların ve müşterilerden geri dönen ürünleri içine alan çevre bilincine sahip bir yaklaşımdır. Ürün geri dönüştürmede temel amaç kullanılan ürünlerde kalan değeri en verimli şekilde kullanmaktır.

5.1.2 Atıkların yeniden üretime dahil edilmesi

Yeniden üretim, atıkların kırılmış ve eskimiş parçalarının kapsamlı bir şekilde incelenip, ürün tamamen demonte edilerek yeni ürün kadar kaliteli ürün elde edilmesi için gereken işlemlerinin yapılmasıdır.

Bu süreç, temelde üretimde kullanılan parçaların ve ekipmanların satış ya da şirket içi kullanım amacıyla tamir edilmesi ya da yeniden işlenmesi faaliyetlerini kapsamaktadır. Parçaların ayrıştırılması, yeniden üretilebilecek parçaların araştırılması, test edilmesi ve parçaların yeniden bir araya getirilmesi bu sürecin adımlarını oluşturmaktadır.

5.1.3 Atıkların yeniden kullanımı

Yeniden kullanım, atıkların toplama ve temizleme dışında hiçbir işleme tabi tutulmadan aynı şekli ile ekonomik ömrü doluncaya kadar defalarca kullanılmasıdır. Cam şişelerin yıkanarak evlerde kullanılması tekrar kullanıma bir örnektir. Geri dönüşüm ve yeniden kullanım kavramları zaman zaman birbirlerinin yerine kullanılmakla birlikte, ikisi arasında farklılık bulunmaktadır. Eğer malzemeler çok fazla emek ve zaman harcanmadan az miktarda işlem görerek tekrar kullanılıyorsa yeniden kullanım; malzeme fazla miktarda işlem görmeye ihtiyaç duyuyorsa geri dönüşüm olarak ifade etmek daha uygundur.

Yeniden kullanım faaliyetlerinde atıkların son kullanım noktasından ilk üretim noktasına doğru bir akış söz konusudur. Maliyet ve risk içeren bu faaliyetlerde önemli olan çevresel ve maliyet açısından yapılan planlamalar ve atıklara uygulanacak kalite kontrol işlemleridir. Bu süreç için yapılacak planlamalarda atığı yeniden kullanıma dahil etmek için taşınacağı tesisin uzaklığı, uygulanacağı işlemlerin maliyeti ve kontrol işlemleri için ayrılacak zaman göz önünde bulundurulmalıdır. Bu işlemlerin maliyetleri yeni bir parça alım maliyetinden fazla olması durumunda yeniden kullanım alternatifi yerine atığı geri dönüştürme ve bertaraf etme alternatiflerine yönelinmelidir. Bu süreçte işletmelerin atıkları kendi tesislerinde yeniden kullanılabilir duruma getirmeleri hem maliyet hem zaman açısından önemli avantajlar sağlayacaktır.

Çevresel düzenlemelerin günden güne değişmesinden ve işletmelerin çok fazla çeşit materyali bünyesinde barındırmalarından dolayı atıkların da kontrol edilmesi giderek zorlaşmaktadır. Bu karmaşık duruma çözüm üretmek amacıyla işletmeler hem atıklarını değerlendirmek hem de hammadde ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla yeniden kullanım faaliyetlerini içeren tersine lojistik süreçlerini uygulama yoluna gitmişlerdir. Tersine lojistik sistemi içinde uygulanan yeniden kullanım prosesinin avantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Ürünlerin tekrar değerlendirilmesi nedeniyle üretilen ürünlerin miktarı, buna bağlı olarak hammadde maliyeti ve ihtiyacı azalır.
- Yeniden kullanılan ürünler genellikle yeniden kullanılmayan ürünlerden daha ucuz olur, bu durum da maliyet tasarufuna neden olmaktadır.

5.1.4 Atıkların bertaraf edilmesi

Atıkların bertaraf edilmesi, atık hiyerarşisinde yer alan en son seçenektir. Bertaraf etme seçeneği daha çok atıkların türüne bağlı olup bazı atıkların depolama için uygun olmaması bazılarının ise yakılması sonucu çok düşük oranlarda enerji açığa çıkarması nedeniyle bertaraf işlemi çok fazla önerilen bir seçenek olarak görülmemektedir.

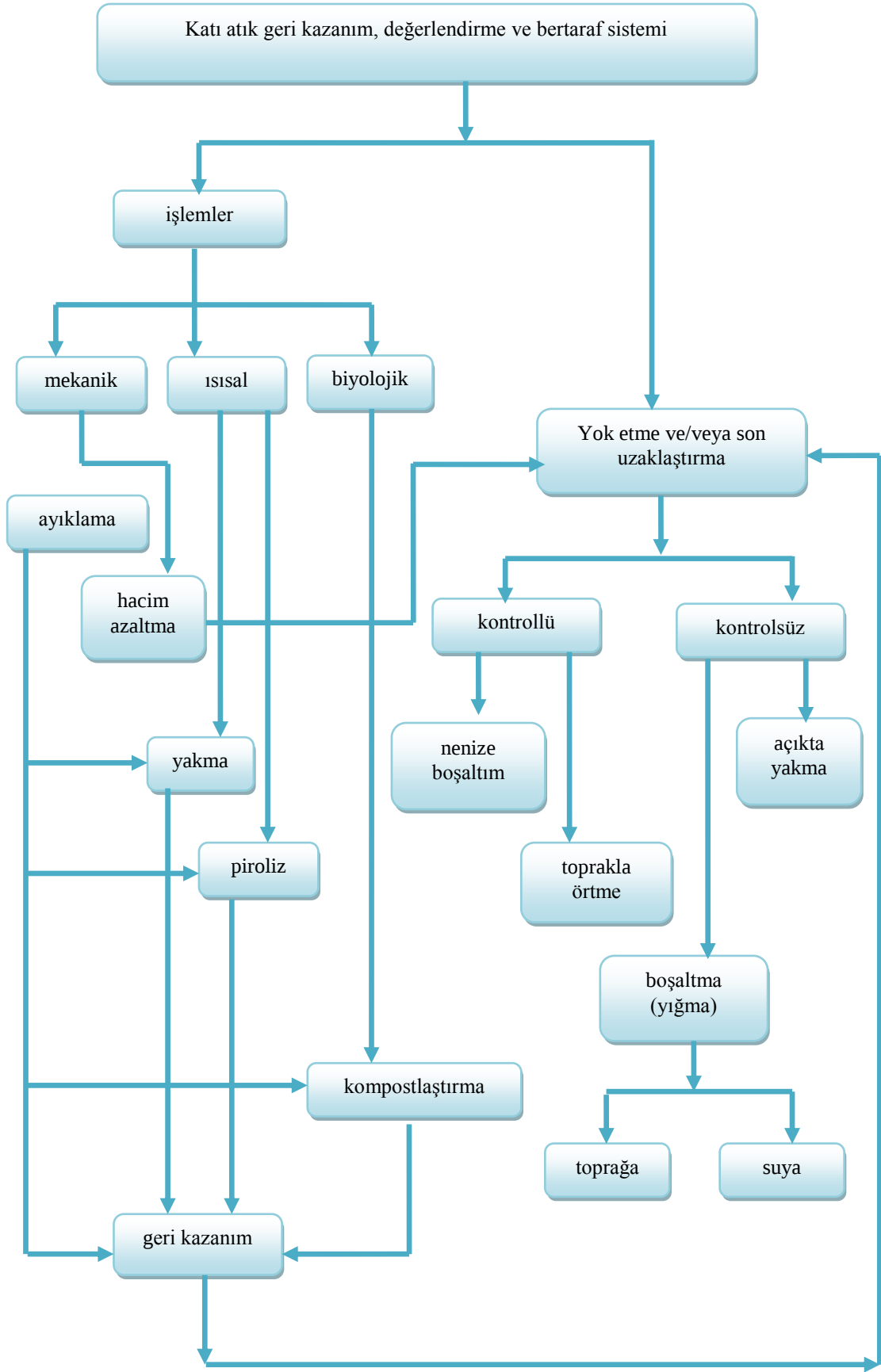
Birçok ülkenin uyguladığı atıkların toprağa gömülmesi en geleneksel atık bertaraf yönetimlerinden biridir. Birçok depolama çeşidine olanak sağlayan bu yöntem diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında daha ucuz olduğu görülmektedir. Ancak bu işlem sonucunda ortaya çok çıkan metan ve karbondioksit gibi yan ürünlerin çevre ve

insanlar üzerinde zararlı etkileri bulunmaktadır. Bu sorunları önlemek için, bertaraf etme yönteminde atıklar sıkıştırıldıktan sonra toprak ile üzerleri örtülür ve sıkışan gazlar gaz emiş sistemleri ile dışarı atılır. Ayrıca bu sistem sayesinde ortaya çıkan biyogazlar yakılmakta böylece hem metan, karbondioksit gibi gazların çevreye salınımları önlenmekte hem de elektrik üretilmektedir.

Yakma olarak ifade edilen ve karbon, hidrojen ve birkaç elementin oksijenle birleşip ısı enerjisinin ortaya çıktığı kimyasal bir işlem olan yakma işlemi bir başka bertaraf etme yöntemidir. Yüksek teknik uzmanlık gerektiren bu teknoloji ile atıkların toksik özellikleri, reaktiviteleri ve hacimleri azlatılmaktadır ancak bu yöntem yüksek maliyetlerinden ve çevreye yaydığı gazlardan dolayı çok fazla tercih edilmez.

Şekil 5.4’de katı atıkların geri kazanılması, değerlendirilmesi ve bertaraf edilmesi işlemlerinin birbirleri olan ilişkilerini gösteren bir şema yer almaktadır. Mevcut teknolojiler altında katı atıklar genel olarak şu şekillerde bertaraf edilmektedirler:

- Gelişigüzel atma
- Düzenli depolama
- Yakma
- Kompostlama
- Sıvılaştırma
- Parçalara ayırma
- Gömme



Şekil 5.4 : Katı atıkların geri kazanılması, değerlendirilmesi ve bertaraf edilmesi

Şekil 5.4’de gösterilen işlemler daha çok endüstriyel atık olarak da ifade edilen tehlikeli atıkların bertaraf edilmesinde kullanılmaktadır. Ülkemizde meydana gelen tehlikeli atık üretim miktarlarına bakıldığında bu işlemlerin uygulanabildiği yeterli bölgesel bertaraf tesisi bulunmamakta olup bu sebeple tehlikeli atıkların bir bölümünün uygun olmayan bir biçimde çevreye atıldığı görülmektedir. Yeterli tesis bulunmamasına ek olarak; bu atıkların taşınması için yeterli lisanslı araç bulunmaması ve atık denetiminin kurumsal olanaksızlıklar nedeniyle yeterince yapılamaması nedenleriyle tehlikeli atıkların yönetiminde ciddi sorunlar yaşanmaktadır.

Ülkemizde tehlikeli atıklar için uygulan prosedür çerçevesinde bu atıkların nakliyesi Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından 22.10.1976 tarihli ve 15742 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak 22.04.1977 tarihinde yürürlüğe giren Tehlikeli Maddelerin Karayolu ile Taşınması Hakkında Yönetmeliğe göre yapılmaktadır. Tehlikeli atıkların nakliyesi için Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yürürlüğe konulmuş olan atık taşıma genelgesi bulunmaktadır. Çevre ve Orman Bakanlığından lisans almış olan biri Ankara’da diğeri Kocaeli’de olmak üzere 2 adet tehlikeli atık ara depolama tesisi bulunmaktadır. Ayrıca tehlikeli atıkların taşınması için 84 adeti Kocaeli’de olmak üzere 219 adet firmaya ait 512 adet lisanslı araç bulunmaktadır.

Bertaraf edilecek endüstriyel atıkların miktarını azaltılması ve atıkların tekrar kullanılabilmesi için, Çevre ve Orman Bakanlığı desteğiyle TOBB tarafından sanayi odaları bünyesinde atık borsaları kurulmuştur. Atık geri dönüşüm borsası, işletmelerde üretim sonucu ortaya çıkan atıkların geri kazanılmasını, daha fazla ikincil hammadde olarak değerlendirilmesini ve nihai bertaraf edilecek atıkların miktarını azaltmayı sağlayan bir aracılık sistemidir. Ülkemizde kurulan atık borsalarıyla geri kazanım sağlanmaktadır fakat bu borsalar tam anlamıyla işleyişe kavuşmamıştır.

Türkiye’de hali hazırda endüstriyel atıkların bertarafı için kurulmuş ve bakanlık tarafından lisanslandırılmış tesisler çizelge 5.2’de verilmiştir. Bu tabloda verilen yakma kapasiteleri kurulu kapasite olup, uygulamada fiili olarak yaklaşık % 80’i kullanılmaktadır. Ayrıca yakma tesislerinden çıkan 5.586 ton kül ve cüruf da, düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilmektedir.

Çizelge 5.2 : Mevcut bertaraf tesisleri kapasiteleri

Firma adı	Kapasite
İzaydaş (depolama)	790000 m ³ (doluluk oranı %20)
İzaydaş (yakma)	35000 ton/yıl
Petkim (yakma)	17500 ton/yıl
Tüpraş (yakma) (kendi atıkları için)	7750 ton/yıl
Erdemir (depolama) (kendi atıkları için)	6084 ton/yıl
İsken (depolama) (kendi atıkları için)	115000 m ³

PETKİM yakma tesisinin, atık yakma kapasitesi 17.500 ton/yıl'dır. Fakat tesis kapasitesinin ancak 10.000 ton/yıllık bölümünü sanayicinin hizmetine sunabilmektedir. Geri kalan kısmı PETKİM'in kendi ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. TÜPRAŞ (Türkiye Petrol Rafinerileri Ağ) yakma tesisinde ise, sadece fabrikanın kendi atıkları bertaraf edilmektedir.

İZAYDAŞ'ın (İzmit Büyükşehir Belediyesi İzmit Atık ve Artıkları Arıtma ve Yakma Değerlendirme A.Ş.) kuruluş amacı çevre endüstrilerde üretilen tehlikeli atıkları bertaraf etmek olmasına rağmen, tüm ülke çapındaki endüstrilerden tehlikeli atık gönderilmektedir. Diğer taraftan kapasitesinin sınırlı olması sebebiyle, tüm başvuruları karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Tehlikeli atık dışında, Kocaeli ve Adapazarı illerinden gelen tıbbi atıklar yine İZAYDAŞ bünyesinde bertaraf edilmektedir.

Yukarıda anlatılan tesisler dışında tehlikeli atıklar enerji geri kazanımı amacıyla çimento fabrikalarında alternatif yakıt olarak kullanılmaktadırlar. Bu amaçla 22 adet çimento fabrikasına lisans verilmiştir. Çimento fabrikalarında alternatif yakıt olarak kullanılan atıkların türlerine göre dağılımı çizelge 5.3'de gösterilmektedir (Atık yönetimim eylem planı 2008).

Çizelge 5.3 : Çimento fabrikalarında alternatif yakıt olarak kullanılan atıkların türlerine göre dağılımı

Atık türleri	Lisanslandırılan miktar (ton/yıl)
I. ve II. kategori atık yağ	214226
kullanılmış lastik	106458
kontamine atık	62884
atık plastik	51866
petrol rafineri atığı	24120
petrol dip çamuru	18902
boya çamuru	16964
sıvı yakıt slaçı	4020
toplam	498440

5.2 Çevreye Duyarlı İşletme ve Sürdürülebilirlik

Doğru ve etkin bir sürdürülebilirlik anlayışı geliştirilebilmesi için ürünlerin yaşam döngüsü boyunca hammadde halinden, üretim süreci sonrasında ürün haline gelip kullanılması ve bertaraf edilmesi anına kadar geçirmesi gereken her aşama ürün tasarımcıları tarafından gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bu anlayışa İngilizce (repair, remanufacturing, recycling) baş harflerinden oluşan 3R Stratejisi denmektedir. Dönüştürme, yeniden üretme ve yenileme işlemlerinin üretim sürecinin her safhasında kullanılması ve kapalı bir döngü sistemi oluşturularak atıkların azaltılması ve sürdürülebilirliğin maksimum seviyede sağlanması amaçlanmaktadır. Etkili bir atık yönetimi için 3R stratejisi zamanla geliştirilmiş ve 5R stratejisi haline gelmiştir. Bu stratejide ise azaltma (reduce), tekrar kullanma (reuse), geri kazanma (recover), değiştirme (replace) ve geri dönüştürme (recycle) şeklinde bir atık yönetim hiyerarşisi geliştirilmiş olup bu hiyerarşi çevreye duyarlı üretim, tehlikeli atıkları minimize eden veya tamamen ortadan kaldıran üretim süreçleri ve teknolojilerinin, planlanması, geliştirilmesi ve uygulanması çabalarını kapsamaktadır. Çevreye duyarlı üretimin en önemli amacı, geri dönüştürülebilen, yeniden üretilebilen ya da yeniden kullanılabilen ürünler ortaya koymaktır (Nemli, 2000).

Stratejik bir bakış açısıyla bakıldığında işletmelerin maliyet fayda analizlerinde ortaya çıkan ikilemlerden dolayı yeşil imaj stratejilerini uygulama eğilimleri farklılık göstermektedir.

Carter ve Rogers (2008) sürdürülebilirliği çevresel, sosyal ve ekonomik unsurların entegrasyonu olarak tanımlamış ve bu üç unsurun birbirleriyle olan dengesinin işletmelerin uzun vadeli rekabet gücünü arttırdığını belirtmiştir (Lee ve Lam, 2012’de atıfta bulunulduğu gibi).

Bu dengeyi sağlayabilecek en etkili araç tersine lojistik olduğundan dolayı günümüzde sürdürülebilirlik kavramını stratejik bir hedef olarak benimseyen birçok firma tersine lojistik süreçlerini bünyelerine katma çabasındadırlar. Bu bağlamda uygulanan yeniden üretim, geri dönüştürme ve yeşil üretim stratejileri ile işletmeler ekonomik performanslarını üst düzeye çıkarmaktadırlar.

Min ve Galle (1997) yeşil üretim stratejilerinin üretim sonucunda ortaya çıkan atıkları nasıl etkilediği üzerine bir araştırma yapmış işletmelerin uyguladıkları çevre denetim programlarının uzun vadeli süreçte atık azaltma açısından çok faydalı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

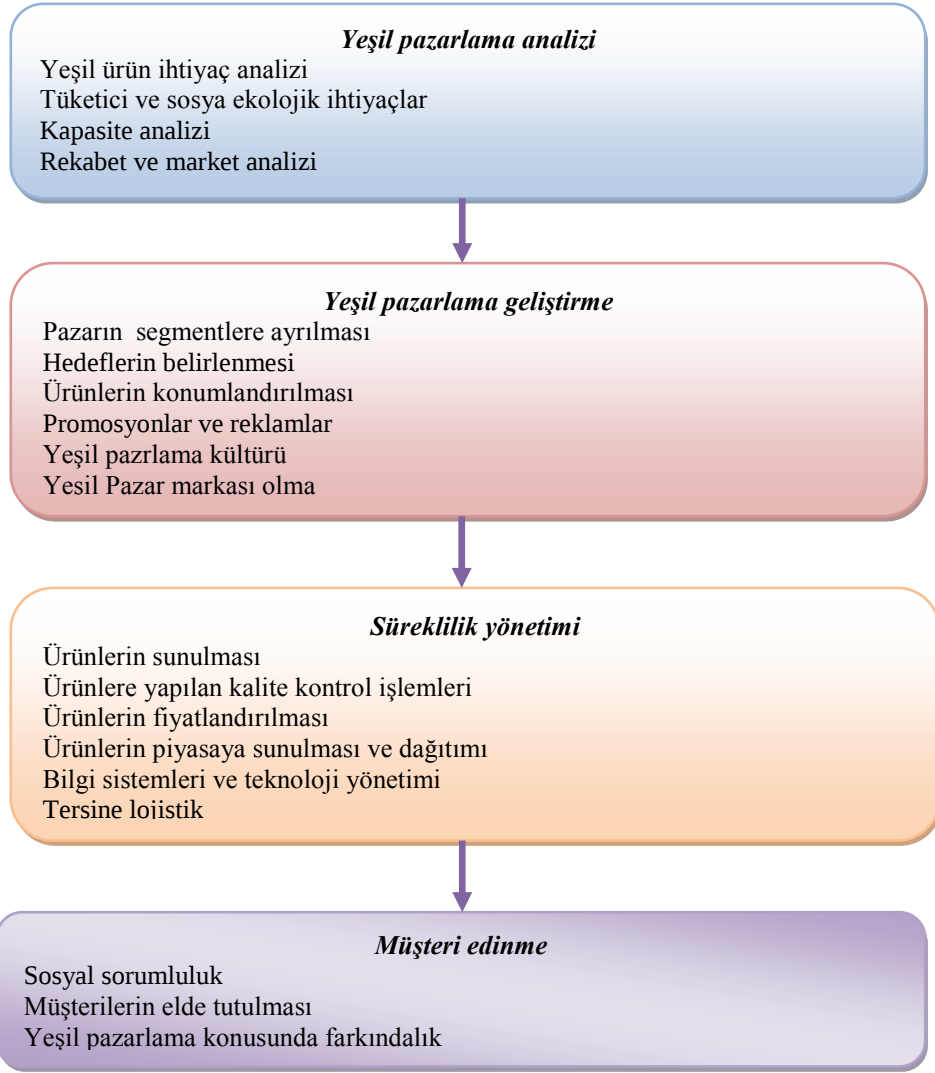
Tersine lojistik sisteminin performansı temelde kantitatif ve kalitatif parametrelerle belirlenmekte olup bu parametlerden kantitatif özellikte olanlar aşağıdaki gibidir (Hervani ve diğ., 2005):

- 1- tersine lojistik ile atıkların yönetimi sürecinde kazanılan zaman
- 2- geri dönüşlerden elde edilen maliyet tasarrufları
- 3- kar oranlarındaki artışlar
- 4- envanter tutma maliyetlerindeki azalmalar

Tersine lojistik uygulayan işletmelerin aynı zamanda şirketin genel performansını yakından etkileyen kalitatif performansları aşağıdaki ölçütlerle belirlenmektedir:

- 1- Belirsizliklerdeki azalmalar ve etkin bir envanter yönetimi
- 2- Kaliteli ve üst düzey bir müşteri hizmeti
- 3- Stoklardaki ve beklenmeyen durumlardaki azalmalar (Lee ve Lam, 2012’de atıfta bulunulduğu gibi).

Lee ve Lam (2012) sürüklelik anlayışı ile yönetilen yeşil pazarlarda kalitatif ve kantitatif parametrelerin üst düzey performans sağlaması için gerekli yönetim stratejileri şekil 5.5’deki gibi ifade etmiştir.



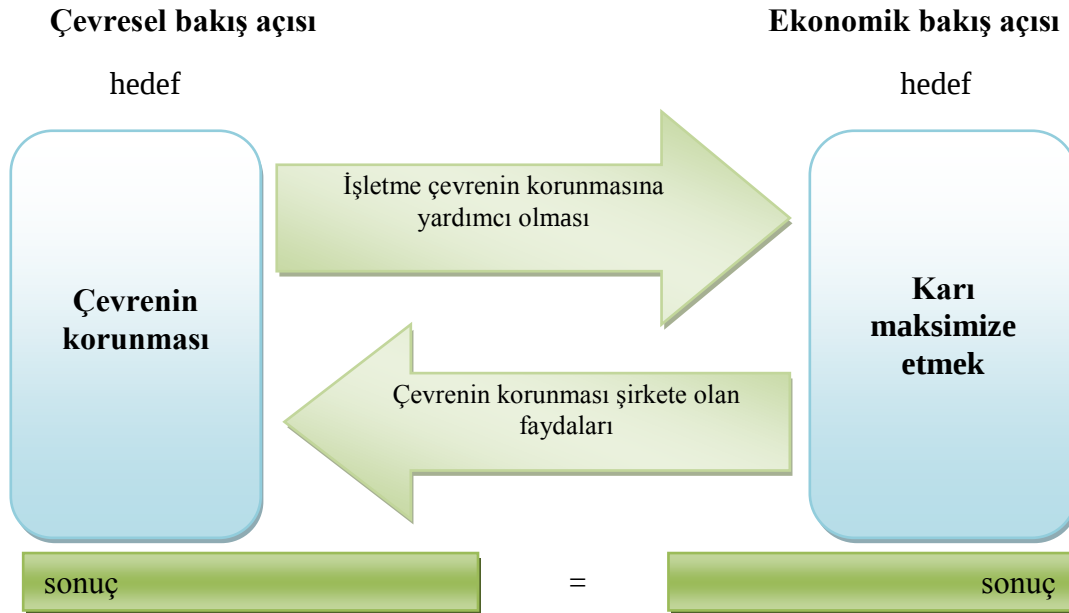
Şekil 5.5 : Süreklilik anlayışıyla yönetilen endüstriyel pazarlamanın aşamaları (Lee ve Lam, 2012).

Ürünlerin çevre bilinci ile ele alınmasını teşvik eden yeşil tasarım, yeşil tedarik zinciri yönetiminin önemli bir alt konusudur. Üretilen ürünlerin yeniden üretime dahil edilmesini amaçlayan bu tasarım, çevre ve maliyet kavramları arasındaki ikilemi çözüme kavuşturabilecek en etkili araç olan tersine lojistik sistemini desteklemektedir.

İşletmelerin katı atık yönetiminde tersine lojistik süreçlerini kullanmamalarının en önemli nedeni iş süreçleri sonucunda ortaya çıkan atıkların değerlendirilmesi ile elde edecekleri ekonomik kazançları ve bu kazançların faydalarını bilmiyor olmalarıdır. Geçmişte uygulanacak tersine lojistik faaliyetleri çok pahalı ve sabit maliyetleri oldukça yükselten yatırımlar olarak görülmekte iken günümüzde rekabeti destekleyen, kar oranlarını arttıran bir strateji unsuru olarak benimsenmiştir. Artan

teknoloji ve değişen yönetim anlayışı ile birlikte tersine lojistik, hammadde tüketimini ve atıkların çevreye olan zararlarını azaltan bunun yanında atıkların etkin bir şekilde kontrol edilmesini sağlayan bir strateji olarak özellikle gelişmiş ülkelerde hızla yayılmaktadır.

Akkerman ve Van Donk'un (2006) tersine lojistik anlayışı üzerine yaptığı araştırmada çevrenin korunmasının işletmeye olan faydaları ile işletmenin çevrenin korunmasına yardım etmesinin faydaları kıyaslanmıştır. Şekil 5.6'da gösterilmek istendiği gibi karlarını arttırmayı hedefleyen işletmeler için sonuçlar aynı çıksada bir motivasyon aracı olarak çevrenin korunmasının işletmeye sağladığı faydalarının kanıtlanması tersine lojistiğin giderek yayılmasına neden olacağından daha önemli bir durum olarak görölmektedir. Son yıllarda birçok firma çevrenin korunmasının işletmelere kar sağlaması nedeniyle ekonomik ve çevresel programlarını entegre etmeye ve ürün kayıplarını azaltmaya çalışmaları da bu motivasyon aracının etkili olduğunu göstermektedir. Firmalar bu anlayışı benimseyerek ve üretim sistemlerini çevreye en az zarar verecek şekilde tasarlayarak ileriki yıllarda kaynak verimliliğini arttıracak ve rekabet avantajı elde edeceklerdir.



Şekil 5.6 : Tersine lojistik anlayışında çevresel bakış açısı ile ekonomik bakış açısının kıyaslanması (Akkerman ve Van Donk, 2006).

5.3 Katı Atık Yönetiminin Yasal Düzenlemeler Açısından Değerlendirilmesi

Atık yönetimi uygulayan işletmeler üretim süreci ve sonunda oluşan atıkları ve atıklara uygulanacak işlemleri kapsayan tüm prosedürleri ve yasal gereklilikleri anlamaları ve çevresel yönleri ile uygulamaları gerekmektedir. Uygun ve etkin bir atık yönetim sürecinin anlamak için devletlerin düzenlediği yasalar ve yönetmelikler ile dernekler, toplum grupları, profesyonel hizmet veren kuruluşlar gibi destekleyici unsurları dikkate almalıdırlar. Bu şekilde işletmeler çevresel açıdan hem kendi iç amaç ve hedeflerini hem de yasalara uyma zorunluluklarını yerine getirmiş olacaklardır.

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği Madde 4'te “katı atık üreten kişi ve kuruluşlar, en az katı atık üreten teknolojiyi seçmekle, mevcut üretimdeki katı atık miktarını azaltmakla, katı atık içinde zararlı madde bulundurmamakla, katı atıkların değerlendirilmesi ve maddesel geri kazanma konusunda yapılan çalışmalara katılmakla yükümlüdür” diyerek işletmelerin ve kişilerin katı atık konusunda üzerine düşen görevleri genel bir çerçeve ile belirtmiştir (Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 1991).

Türkiye’de katı atıkların 2872 sayılı Çevre Kanunu ve bu kanun uyarınca yürürlüğe konmuş yönetmeliklere göre depolanması, taşınması ve bertaraf edilmesi gerekir. 01.04.2002 tarih ve 24713 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan OSB (Organize Sanayi Bölgeleri) Uygulama Yönetmeliği madde 113 ile katılımcıların faaliyetleri sonucu oluşan katı atıkların bertarafının nerede ve ne şekilde yapılacağı belirtilmiştir.

a) OSB’de oluşan katı atıkların belediyeye verilmesi durumunda; Çevre Kanunu çerçevesinde hazırlanmış olan “Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği”ne uyulmak zorundadır.

b) Katı atık bertarafından kaynaklanan ilk yatırım ve işletme maliyetlerine katılım payları, katı atığın cins ve miktarına göre hesap yöntemi yer alır,

c) Katı atık uzaklaştırılmasından kaynaklanan maliyet katılımcı tarafından ödenir (OSB Uygulama Yönetmeliği, 2002).

5.4 Katı Atık Yönetiminin Ekonomik Açıdan Değerlendirilmesi

Katı atık yönetimi işletmeler için ek bir masraf nedeni olarak görülse de orta ve uzun vadeli dönemlerde kar getirebilecek bir süreçtir. Günümüzde yeni gelişen teknolojiler ve uygulamalar ile atıklardan faydalanma oranının ve hükümet teşviklerinin giderek artması ve yasalar nedeniyle katlanılacak cezaların caydırıcı nitelikte olması işletmeleri katı atıkları etkin bir şekilde yönetmeye yönlendirmektedir.

Katı atık yönetimi ekonomik bir araç olarak üç farklı amaçla kullanılabilir. Bunlardan birincisi yeniden kullanım programıyla elde edilen hammadde ve parçalar ile operasyonel maliyetlerin azaltılmasını sağlayan bir gelir yaratma aracı olarak kullanılması; ikincisi işletmelere sorumlu bir imaj ve yasalara uyum gerekliliğinin yerine getirilmesini sağlayarak işletmenin fazladan maliyet yükü altında kalmasını engelleyen bir gelir destek aracı olarak kullanılması; sonuncusu ise atık yönetimi hükümet teşviklerini elde etme aracı olarak kullanılarak ekonomik olarak giderlerin azaltılmasıdır.

İşletmeler bu amaçları etkin bir şekilde gerçekleştirmek için uygulayacakları atık yönetimi çalışmaları ile atıkları detaylı bir şekilde ele alıp en yüksek miktarda yeniden kullanıma dahil etmeye çalışmalıdır. Aşağıdaki sınıflandırmada işletmeleri üretim ve üretim dışı faaliyetlerde ekonomik değer yaratabilecek atık yönetimi uygulamaları gösterilmektedir.

Üretim dışı süreçlerde katı atık yönetimi çalışmaları

- Yeniden şarj edilebilir pillerin kullanılması
- Yeniden kullanılabilir kartuşların satın alınması
- Elektrik kullanılabilecek yerlerde pil kullanımından kaçınılması
- Yeniden kullanılabilir aparatların kullanılmaya çalışılması

Depo, paketleme gibi üretim süreçlerinde katı atık yönetimi çalışmaları

- Tedarikçilerden gelen kutuları yeniden kullanılması veya geri dönüştürülmesi
- Depolama ve taşıma işlemleri için geri dönüştürülebilir kağıt, plastik veya dayanıklı metal kullanılması
- Tehlikeli olmayan atıklar için kullanılan saklama kaplarının yıkama işlemi uygulanarak tekrar kullanılması

- Kullanılmayacak kadar deforme olan kapları geri dönüştürülmesi
- Tedarikçisi olunan firmalara gönderilen tekrar kullanılma özelliğine sahip ambalajlara hatırtlatma yazısı konulması

İşletme içi ofislerde katı atık yönetimi çalışmaları

- Yazıcılar için yeniden doldurulabilir kartuşların kullanılması
- Kullanılmayan kağıt atıkların ayrı kaplarda toplanması ve geri dönüştürme işlemine tabi tutulması
- Kağıt kullanımını azaltmak amacıyla elektronik ortamdaki yazışmaların artırılması

Üretim süreçlerinde katı atık yönetimi çalışmaları

- Makine ve ekipmanların ömrünü arttırmak amacıyla düzgün kullanılmasına çalışmak ve gerekli bakımların yapılması
- Üretim sonucu oluşan atıkları uygulanacak işlemlere göre ayrılması ve şirket çalışanlarının bu ayırma işlemine uymasının sağlanması
- Geri dönen ürünlerin paketlenmesi için kullanılabilir malzemeleri değerlendirmek
- Geri dönüştürülme ve parçalarının tekrar kullanılabilme imkanı olan ürünler üretmeye çalışmak
- Mümkün ise deforme olan ürünleri iskarta etmek yerine tamir edip nihai ürün haline getirmek

Yukarıda bahsedilen atıklardan yararlanma çalışmalarının uygulanması etkin bir atık yönetimi için tek başına yeterli olmayıp atıkların en verimli şekilde yönetimi için gerekli teknolojik gelişmelere ve destekleyici süreçlere yeterli ekonomik olanakların sağlanması gerekmektedir. Son yıllara kadar katı atık yönetimi için ayrılan bütçeler dünyanın birçok ülkesinde düşük oranlarda kalmıştır. Bu oran dünyanın gelişmekte olan ülkelerinde bile kişi başına düşen gelirin %1,5 ini geçmemektedir. Ancak günümüzde atıkların etkin bir şekilde yönetilmesi ve sürdürülebilirlik kavramı ile bu kavramı destekleyen tersine lojistik sisteminin öneminin giderek artması atıkların yönetilmesi için ayrılan bütçelerin yükselmesine neden olmaktadır.

6. TERSİNE LOJİSTİK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLEN KATI ATIKLARIN YÖNETİMİ İÇİN KAZANÇ ENÇOKLAMA MODELİ

Bu çalışma kapsamında endüstriyel işletmelerde uygulanan katı atık yönetimi süreci tersine lojistik açısından incelenmiştir. Öncelikle katı atık yönetimi yapısı incelenecek şirket hakkında bilgi verilmiş, şirkette katı atığın meydana geldiği üretim sistemleri tanıtılmıştır. Katı atıkların değerlendirilmesi için uygulanan ağ yapısı tersine lojistik açısından değerlendirildikten sonra kurulan kazanç ençoklama modeli, çeşitli varsayımlar göz önünde bulundurularak mevcut durum ve yeni tasarlanan dört durum olmak üzere beş vaka çalışması için uygulanmış ve sonuçları irdelenmiştir.

6.1 Şirketin Tanıtımı

1971 yılında İstanbul/Bayrampaşa’da, 650 m² lik kapalı alanda, ekstrüzyon ve kalıplama parçalarının üretimi ile bir limited şirket olarak faaliyete başlayan Teklas Kauçuk A.Ş., 1974 yılında İstanbul/Alibeyköy’deki tesisine taşınmış, 1978 yılından itibaren de anonim statüsünde faaliyetine devam etmiştir. 1987 yılında Muallimköy/Gebze’ye taşınan Teklas Kauçuk Sanayi ve Ticaret A.Ş, Genel Merkez (Muallimköy), Kauçuk karışım üretim tesisi (Gebze Organize Sanayi Bölgesi), Titreşim sönümleyici parçalar ve silecek üretim merkezi (Gebze Organize Sanayi Bölgesi), Akışkan sistemler üretim merkezi-1(Bartın), Akışkan sistemler üretim merkezi-2(Bulgaristan), Akışkan sistemler üretim merkezi-3(Rusya), Akışkan sistemler üretim merkezi-4(Çin) olmak üzere 7 farklı tesiste faaliyet göstermektedir. Kuruluşunun ilk yıllarında beyaz eşya ve ilaç sektörüne, kısa bir süre sonra otomotiv sanayiine kauçuk parçalar üreten Teklas, 1994 yılından itibaren sadece otomotiv sanayii için teknik kauçuk parça üretmekte olup tamamı yerli sermaye yapısı ve yaklaşık 1800 çalışanıyla faaliyetlerine devam etmektedir.

6.2 Şirketin Üretim Sisteminin Analizi

6.2.1 Ürün gamı

Teklas üretimini beş ayrı tesiste gerçekleştirmektedir. Muallimköy tesisinde alçak basınç akışkan sistemi kapsamında kauçuk hortum üretimi, yüksek basınç akışkan sistemi kapsamında fren hortumu üretimi ve plastik kalıplama ürünleri üretimi olmak üzere üç ana üretim bölümü ve ar-ge merkezi bulunmaktadır. Bartın, Bulgaristan, Rusya ve Çin tesislerinde alçak basınç akışkan sistemi hortumları; Gebze Organize Sanayi Bölgesi tesisinde titreşim sönümleyici parça ve silecek üretimi gerçekleştirilmektedir. Üretilen parçaların temel girdisi kauçuk karışımlar Gebze Organize Sanayi Bölgesindeki Teklas kauçuk karışım tesisinde üretilmekte olup üretimde kullanılan hammadde ve yarımamuller çoğunlukla tanker ve tır ile karayolu aracılığıyla tesislerin depolama alanlarına getirilmektedir. Üretilen mamuller karayolu aracılığıyla otomobil üreticilerine ve yedek parça bayilerine sevk edilirler; sevk yatırımları çoğunlukla Teklas kapı teslimidir.

Isıtma soğutma sistemi hortumları, havalandırma hortumları, yakıt hortumları, fren hortumları, contalar, motor takozları, metal kauçuk yapıştırma parçalar, silecekler ve silecek kolları Teklas Kauçuk A.Ş.'nin tüm ürün gamını oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında incelenecek Muallimköy tesisinde işlem gören ürünleri, ekstrüzyon ürünleri, enjeksiyon ürünleri ve fren hortumları olmak üzere üç başlık altında toplayabiliriz.

Ekstrüzyon ürünleri :

- Isıtma, soğutma, havalandırma, yakıt ve yağ soğutma hortumları
- Tekstil takviyeli (çeşitli örgü tiplerinde) veya takviyesiz (örgüsüz) hortumlar
- Kauçuk enjeksiyon kaynaklı, plastik enjeksiyon kaynaklı, kelepçeli, rakorlu ve benzeri bağlantılarla elde edilen kollu, ventilli veya tek hortumlar
- Valf, hızlı bağlantı elemanı, kaplin, rakor, yay, boru, kılıf, klips vb. montajı ile elde edilen hortum grupları ve sirkülasyon sistemleri

Enjeksiyon ürünleri :

- Motor takozu, amortisör başlığı, darbe tamponu gibi antivibrasyon parçaları, körükler, contalar, tahliye elemanları ve benzerleri
- Kauçuk, kauçuk-metal ve kauçuk-plastik birleştirmeli ürünler

- Çeşitli metal veya plastik parçalar, civatalar, somunlar ve benzeri komponentler kullanılarak elde edilen kauçuk esaslı ürün grupları

Fren hortumları :

- SAE J1401 standartlarına uygun üretilen fren hortumları
- Rakor, yay, klips, kılıf, manşon vb. kullanılarak elde edilen özel fren hortumu grupları

6.2.2 Muallimköy tesisi üretim sistemi

Teklas Muallimköy tesisinin üretim sistemi, kauçuk hortum üretimi, fren hortumu üretimi, plastik parça üretimi ve kalıp/aparat/otomasyon (KAO) olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır. İşletme bünyesindeki atıkların çok büyük bir kısmının oluşmasına neden olan bu bölümlerin üretim süreçlerinin ve bu bölümlerde oluşan atıkların analiz edilmesi etkin bir tersine lojistik ağ yapısı oluşturulmasını sağlayacaktır.

6.2.2.1 Kauçuk hortum üretimi

Teklas Muallimköy tesisinin üretim hacminin %80'nini alçak basınç akışkan sistemleri kapsamındaki kauçuk hortumlar oluşturmaktadır. Kauçuk hortum üretimi, ekstrüzyon, vulkanizasyon ve ısıtma işlem olmak üzere 3 temel prosesden ve yıkama, uç kesme, kontraktıl ve örgülü kılıf takma, markalama, kelepçe yapıştırma, sistem montaj gibi yan proseslerden oluşmaktadır. Ekstrüzyon prosesi, yarı mamül olarak ifade edilen eboşun üretilmesini sağlayan sürekli bir kauçuk işleme prosesisidir. Ekstrüzyon prosesinde ekstruder yardımı ile Teklas karışım tesisinden tedarik edilen karışımlardan belli bir geometriye sahip yarımamül elde edilmektedir. Makina; besleme hunisinden aldığı kauçuk hamurunu, belirli bir sıcaklık seviyesinde kalmak kaydıyla; istenen geometriye sahip kalıbın bulunduğu kafa kısmına kadar taşıyarak burada bir basınç oluşturur. Takılan kalıba bağlı olarak istenilen ölçüde eboş (kauçuk hortumun vulkanizasyon öncesindeki hali) üretilir. Değişik karışımlarla iki veya üç katlı olarak üretilen hortumlarda ikinci bir ekstruder ve hortumun mukavemetini arttırmak için alt katmanın üzerine örülen örgüyü sağlayan örgü makinesi bulunmaktadır. Aşağıdaki şekil 6.1'de ekstrüzyon prosesinde yer alan 1. ekstruder, örgü makinesi ve 2. ekstruder olmak üzere üç temel ekipman görülmektedir.



1. ekstruder



Örgü makinesi



2. ekstruder

Şekil 6.1 : Ekstrüzyon hattı temel ekipmanları

Ekstrüzyon prosesi esnasında meydana gelen atıklardan geri kazanılabilen kauçuklar geri kazanım kauçuk atık kaplarında; geri kazanılamayan kauçuk atıklar ve ipler kauçuk atık kaplarında, tehlikeli atık sınıfına giren atıklar teklikeli atık kaplarında toplanır. Bu aşamada önemli olan nokta geri kazanılabilen kauçuk olarak ifade edilen plastik komponent içeren ve EPDM karışımı kauçuk atıkların ekstrüzyon atık kapları üzerinde belirtilmesidir çünkü bu atıklar daha sonra geri kazanılmak üzere Teklas karışım tesisine gönderilecektir.

Kauçuk üretimindeki ikinci temel proses vulkanizasyon olup kauçuğun kimyasal yapı değişikliğine uğrayarak (çapraz bağlanma reaksiyonu) ve geri dönüşümsüz olarak elastik özelliklere sahip bir duruma gelmesi ve getirilmesi işlemi olarak ifade edilir. Ekstrüzyonla üretilen eboşun otoklav (basınçlı kap) içine konularak tespit edilen uygun buhar basıncı ile doğrudan temas halinde ve uygun zamana kadar bekletilmesi işlemini (vulkanizasyon) tarif eder. Vulkanizasyon öncesi yüksek plastik özellikler, vulkanizasyon sonrası, yerini yüksek elastik özelliklere bırakır. Vulkanizasyon prosesi esnasında vulkanize olmadan önce meydana gelen plastik komponentli ve EPDM karışımı ıskartalar geri kazanılabilen kauçuk atık kaplarında toplanır. Vulkanizasyon sonrasındaki atıklar ise plastik komponent içermeyen hortumlar haricinde kauçuk atık kaplarında toplanır çünkü ısıl işlem gören kauçuk termoset özelliklerinden dolayı tekrar kullanılamaz. Vulkanizasyon esnasında meydana gelen ıskartalar daha çok hortumlara şekil verilmesi için kullanılan maçalara takılırken meydana gelmektedir. Aşağıdaki şekil 6.2’de vulkanizasyonun yapıldığı otoklav ve maça sistemi görülmektedir.



Otoklav



Maça sistemi

Şekil 6.2 : Otoklav maça sistemi

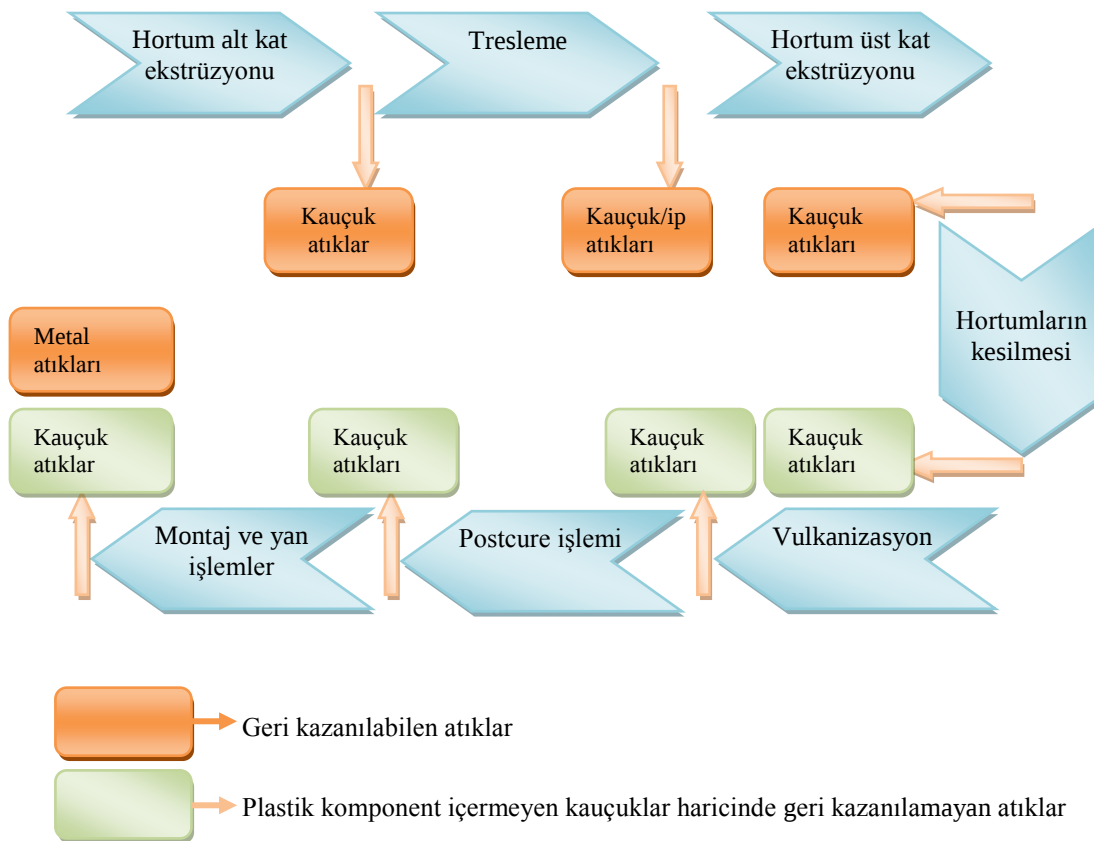
Ekstrüzyon prosesinin son temel süreci ısıtma işlemi olup bu işlemde hortumlar belirli bir hızla hareket eden bant üzerinde ısıya tabi tutularak çapraz bağ sayıları ve dolayısıyla dayanım özellikleri artırılır. Isıtma işlemi sırasında deformasyona uğrayan ürünler kauçuk atık kaplarında toplanır. Şekil 6.3’de ısıtma işlemin yapıldığı fırın görülmektedir.



Isıtma işlemi fırını

Şekil 6.3 : Isıtma işlemin yapıldığı fırın

Isıtma işlemin ardından hortumlara yıkama, uç kesme, kontraktıl ve örgülü kılıf takma, markalama, kelepçe yapıştırma, sistem montaj işlemleri uygulandıktan sonra parçalar paketlenip depolama alanına götürülmektedir. Yan prosesler sonucunda meydana gelen kauçuk ıskartalar ve kullanılmayan kauçuk parçalar kauçuk atık kaplarında; metal atıklar ise metal atık kaplarında toplanmaktadır. Aşağıdaki şekil 6.4’de kauçuk hortum üretimi ve üretim esnasında ortaya çıkan geri dönüştürülen ve dönüştürülemeyen atıklar görülmektedir.



6.2.2.2 Fren hortumu üretimi

Fren hortumu ekstrüzyonu, malafa ekstrüzyonu, alt boru ekstrüzyonu, örgünün örülmesi ve üst boru ekstrüzyonu adımlarından meydana gelmektedir. Hortumun iç çapını kontrol etmek ve üretim prosesi içinde pişmemiş kauçuk hamur taşıyamayacağı yüklere maruz kalmasını engellemek amacıyla malafa granülleri ile malafa ekstrüzyonu yapılmaktadır. Burada kullanılan plastik malafa tekrar kullanılabilme özelliğine sahip olup hortumdan çıkarıldıktan sonra karışım tesisinde eski formuna getirilip kullanılabilir. Plastik malafa T kafa ekstrüzyondan geçirilerek üzerine et kalınlığı 1 mm kauçuk ekstrude edilir ve üretilen alt boru makaralara sarılır. Makaralara sarılan alt boru tres makinesinden geçirilerek üzerine mukavemeti arttırmak amacıyla iki kat örgü örülür. Elde edilen malafa, kauçuk ve örgülü boru yine T kafa ekstrüzyondan geçirilerek üst kauçuk katman oluşturulur. Hat

sonunda tüm bu katlardan oluşan pişmemiş hortum vulkanize edilmek üzere tepsilere yerleştirilir. İkinci temel proses olan vulkanizasyon ile tepsiye yerleştirilen hortumlar 160 °C’de ve 5 barda 120 dakika pişirilir ve çapraz bağlara sahip kauçuk hortum elde edilir. Daha sonra pişmiş hortum içindeki malafa ile hortum arasına basınçlı su verilerek malafanın hortumdan ayrılması sağlanır. Bu aşamada hortumdan çıkarılan malafa tekrar kırılarak ekstrüzyonla tekrar üretilebilir. Son olarak yan prosesler olan kesme işlemi, manşon ve rakorun hortuma monte edilmesi işlemleri gerçekleştirilir ve nihai ürün elde edilmiş olunur. Şekil 6.5’de malafa, alt boru ve üst boru üretimi yapılan ekstruderler, örgünün sağlandığı tres makinesi ve vulkanizasyonun gerçekleştirildiği otoklav görülmektedir.



Malafa ekstruderi



Alt boru ekstruderi



Üst boru ekstruderi



Tres makinesi

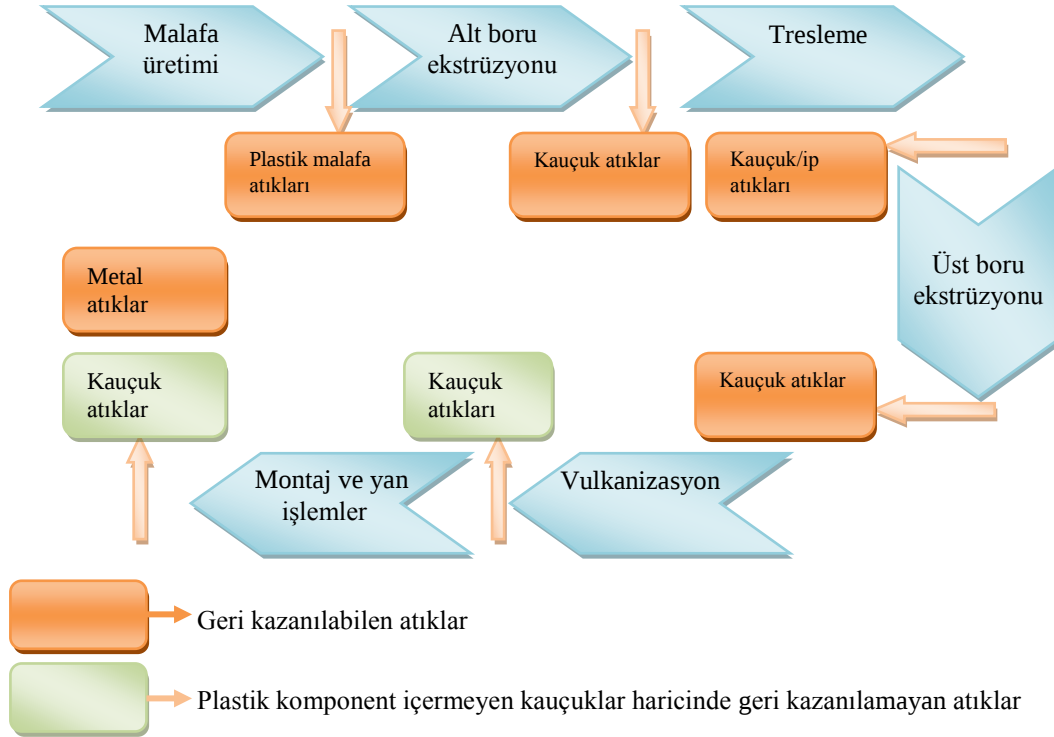


Vulkanizasyon



Şekil 6.5 : Fren hortum üretimi aşamaları

Aşağıdaki şekil 6.6’da fren hortumu üretimi ve üretim esnasında ortaya çıkan geri dönüştürülen ve dönüştürülemeyen atıklar görülmektedir.



Şekil 6.6 : Fren hortumu üretimi esnasında ortaya çıkan atıklar

6.2.2.3 Plastik parça üretimi

Plastik parça üretim prosesi yükleme ve kurutma, şişirme, kesme, tıraşlama, kaynak ve montaj olmak üzere 6 adımdan oluşmaktadır. Yürütme ve kurutma aşamasında plastik hammaddenin kurutulması ve şişirme makinasına taşınması gerçekleştirilir. Daha sonra kapalı kalıba doldurulan plastiğin içine uygulanan basınçla kalıbın şeklini alması sağlanır ve kalıptan çıkan ürünler tıraşlama öncesi kesilir. Tıraşlama ile parça, kaynak işlemi için boru iç yüzeyi uygun çap ölçüsüne getirilir. Son olarak uygulanan montaj işlemi ile parça üzerinde uygulanacak işlemler sonlanır. Şekil 6.7’de plastik parça üretiminde yer alan tüm üretim süreçleri görülmektedir.



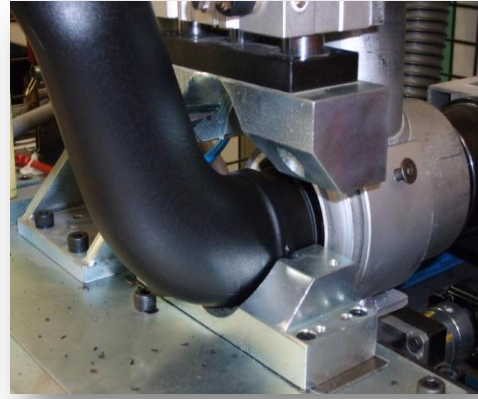
1 - Yükleme ve kurutma



2 - Şişirme



3 - Kesme



4 - Tıraşlama



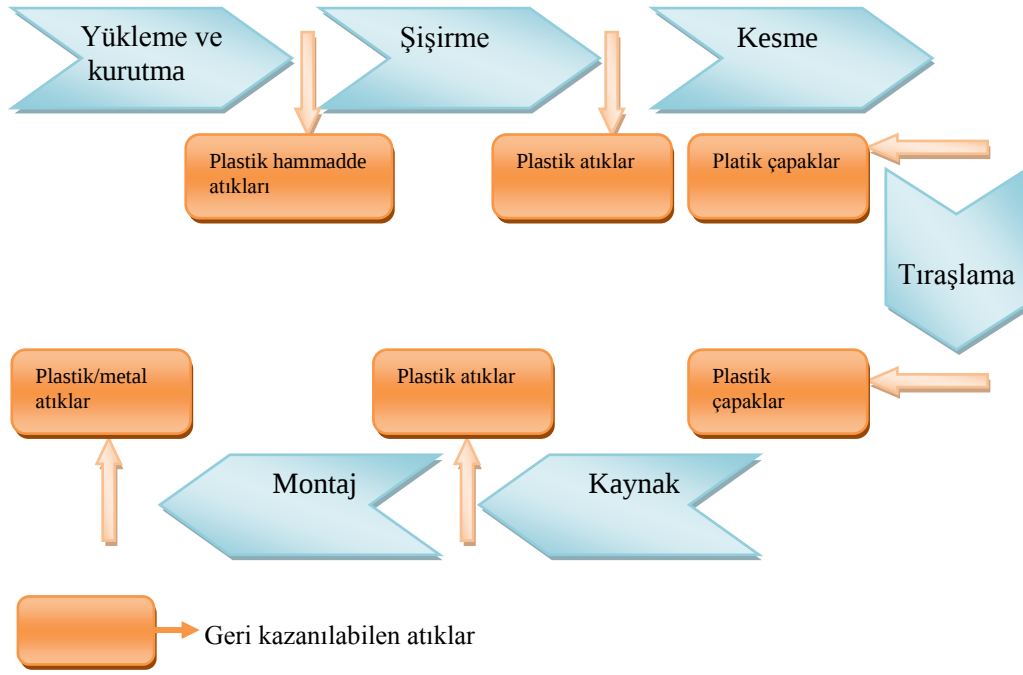
5 - Kaynak



6 - Montaj

Şekil 6.7 : Plastik parça üretiminin aşamaları

Termoplastik özelliklerinden dolayı plastik parçalar geri dönüştürülebilir özelliğe sahip olduğundan proses esnasında meydana gelen ıskartalar plastik atık kaplarından toplanmaktadır. Aşağıdaki şekil 6.8’de plastik komponent üretim esnasında ortaya çıkan atıklar görülmektedir.



Şekil 6.8 : Plastik komponent üretim esnasında ortaya çıkan atıklar

6.2.2.4 Kalıp/aparat/otomasyon

Ürünlerin satış fiyatlarına, yıllık üretim hacimlerine ve teknik şartlarına uygun koşullarda üretim yapılabilmesi için gerekli ekipman ve proses geliştirme faaliyetlerinden sorumlu bölüm kalıp aparat otomasyon (KAO) bölümüdür. Teklas A.Ş. bünyesindeki tüm üretim tesislerinde üretim ekipmanları ve proses geliştirme faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi için gerekli alt yapı, makina, tezgah, personel istihdamı ve eğitim çalışmaları da yine KAO ekibi tarafından yürütülür. Başlıca alt birimleri kalıp tasarımı, makina tasarımı, kalıp üretimi, makina üretimi, maça üretimi ve 3D ölçüm doğrulamadır. Tasarım birimleri çalışmalarını bilgisayar ortamında Tasarım yazılımları aracılığıyla gerçekleştirirken, üretim birimleri makina ve tezgah kullanmak vasıtasıyla bilgisayar ortamındaki verileri gerçeğe dönüştürürler. 3D ölçüm metodları ve uygun cihazlarla gerçeğe dönüştürülen üretim parçalarının yapılan tasarımdan sapmalarına bakılarak onay verilir. Talep, tasarım, üretim, doğrulama ve devreye alma gibi pek çok karmaşık alt sürecin başarılı bir biçimde takip edilmesi ve yönetilmesi talep takip programları aracılığı ile bilgisayar ortamında sürdürülmektedir. Bu programlar vasıtasıyla KAO'dan talepte bulunan kişi işinin devam eden aşamalarını anlık takip edebilmekle birlikte, KAO personeli de toplam iş yükünü planlayıp kendini organize edebilmektedir. Ekipman ve proses geliştirme faaliyetlerini gerçekleştirirken bilgisayar destekli tasarım, bilgisayar

kontrollü yüksek hızda işleme teknikleri, kaynak teknolojileri, kalıpcılık ve makinacılık teknikleri, makina elemanları, hareket ve kuvvet iletim mekanizmaları, hidrolik ve pnömatik teknolojileri, elektrik motorları, servo motor ve servo kontrol mekanizmaları ve robotik otomasyon teknolojileri kullanılmaktadır.

Kalıp, aparat ve otomasyon bölümünde meydana gelen katı atıklar hurda kestamid master ve parçalar, kestamid talaşı, atık metaller ve talaşları, atık bakır parçaları olup tüm atıklar geri kazanım tesislerine gönderilerek değerlendirilir.

6.3 Şirketin Katı Atık Yönetimi Süreci

Şirketin Muallimköy tesisinde uyguladığı katı atık yönetiminde temel amaç tesis bünyesinde ortaya çıkan katı atıkların etkin bir şekilde yönetimini, bertarafını, yeniden kullanılmasını ve geri dönüşümünü çevre kanunu, ilgili yönetmelikleri ve çevre politikası ile uyumlu bir şekilde yürütülmesini sağlamak ve ekonomik kazanç elde etmektir. Teklas firması çevre amaç ve hedefleri oluştururken, aşağıdaki kriterleri göz önüne almıştır:

- çevre boyutları
- çevre boyutları kapsamındaki yasal mevzuat, üyesi olunan organize sanayi bölgesi gereklilikleri
- çevre faaliyet maliyetleri
- geri dönüşüm ve atık yönetimi konusunda zorluklar
- olası çevresel etkisi ile ilgili yetersiz bilgi
- yeniden kullanımın firmaya getirdiği ekonomik kazanç

Teklas Muallimköy tesisinde tüm bu kriterler doğrultusunda ilk aşama olarak atıkların etkin bir şekilde toplanması amaçlanmaktadır. Muallimköy tesisinde yer alan atık kapları ile emici madde kaplarının yerleşimleri en uygun işleyişi sağlayacak şekilde tespit edilmektedir. Bu kapların yerlerinin değiştirilmesi ancak insan kaynakları müdürlüğü, çevre mühendisi veya tesis çevre sorumluları bilgisi dahilinde gerçekleştirilebilir.

Katı atıklar, atık deposuna tesliminde düzenlenen atık kabul formları Muallimköy tesisinde atık değerlendirme firması elemanı tarafından haftalık olarak çevre mühendisine iletilir.

Katı atıklar niteliğine göre ayrı ayrı tanımlı toplama kaplarında toplanarak tasnif edilir. Atıkların toplanıp tasnif edilerek atık deposuna iletilmesi atık kapları ve emici madde kapları kullanım talimatında tanımlıdır. Tüm Teklas çalışanları atıkların ilgili kaplara atılmasından yükümlüdür.

Atıkların atık kaplarından toplanarak atık sahasına teslim edilmeleri veya evsel atık konteynerine atılmaları evsel atıklar için taşeron temizlik firması, tehlikeli ve geri dönüşümlü atıklar için atık değerlendirme firması elemanı tarafından gerçekleştirilir. Atık sahasından ise insan kaynakları müdürlüğü organizasyonunda sevkiyat işlemi gerçekleştirilir. Atık sahasında tüm atıklar kendi gruplarına göre kategorize edilmiş alanlarda toplanır ve çevre kanunu ve ilgili yönetmelikleri çerçevesinde bertaraf tesisine gönderilir veya geri dönüşüm amacıyla lisanslı firmaya sevkiyatı sağlanır. Partikül büyüklüğüne bağlı olarak, atık kauçukların kullanılabileceği alanlar aşağıdaki gibidir:

- fren balataları
- halı saha zeminleri
- kalıp ürünleri
- çocuk oyun alanları
- koşu parkurları
- ayakkabı tabanları
- tren ve tramvay rayları
- lastikten türetilen yakıtlar

Plastik malzeme esas olarak yenilenemeyen kaynakları, petrol veya doğal gaz oluşturmaktadır. Bu nedenden dolayı yeni plastik malzemeler üretmek daha fazla petrol ürünü yakmayı yani daha fazla gazın çevreyi kirletmesi anlamına gelmektedir. Atık plastik parçaları geri dönüştürmenin yeniden üretmekten daha az enerji kullanımı gerektirdiği görülmektedir. Plastikler biyolojik olmayan maddeler olduklarından kimyasal olarak kararlı bir yapıya sahiptirler bu nedenle yıllar boyunca bozunmadan kalırlar. Bu durum plastikleri bertaraf etmek için bekletildikleri alanlarda depolama sorunu ortaya çıkarmaktadır bu sorunu azaltmanın en iyi yolu da plastik parçaları geri dönüştürmektir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda plastik atıkların okyanus diplerinde yok olmaya bırakılması yönteminin karasal alanlarda uygulanan yok etme yöntemlerine kıyasla çevreye daha az zarar verdiğini

belirleselerde deniz canlılarına verebileceği zararlardan dolayı bu çözüm yolu pek benimsenmemiştir. Teklas A.Ş.'de plastik parçalara uygulanacak geri dönüştürme işlemlerinin, bu parçaları değerlendirilmesinde en iyi yol olarak görmektedir.

İşletme bünyesinde oluşan katı atıklar daha sonra uygulanacakları işleme ve yapılarına göre tehlikeli atıklar, evsel atıklar, geri dönüştürülen atıklar, tekrar kullanılabilen atıklar, diğer atıklar olmak üzere beş sınıfa ayrılmaktadır.

6.3.1 Tehlikeli atıklar

Endüstriyel atıklar olarak da adlandırılan tehlikeli atıklar, üzerinde tehlikeli atık ibaresi olan kırmızı renkli atık kaplarına atılmakta olup işletme bünyesindeki tehlikeli atıklar temel olarak aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

- Macunumsu katı atıklar, kaydırıcılar
- Yer süprüntüleri
- Kum, talaş, üstübü, bez gibi emici maddelerin temizlik amacıyla kullanılarak kirlenmiş halleri
- İçinde sadece çok az miktarda kalıntı içeren plastik yada teneke boya, tiner, asit ve baz kapları
- Katı, sıvı ve macunumsu kimyasal bulaşmış naylon kağıt yada çuval türü ambalajlar
- Bakım onarım yada montaj faaliyetlerinden kaynaklanan yağlı üstübü, bez, eldiven atıkları.

Tehlikeli atık kaplarının içine poşet takılı olmalıdır. Dolan poşetlerin toplanmasından, tehlikeli atık deposuna yerleştirilmesinden ve yeni poşetlerin atık kabına takılmasından Muallimköy tesisinde atık değerlendirme firması elemanı sorumludur. Dolan poşetlerin ağzı sızdırmayacak şekilde bağlanarak tanıtım etiketi yapıştırılır. Atık toplama arabası ile toplanan atıklar tartılarak atık kabul formu doldurulur ve tehlikeli atık deposuna ilgili alana yerleştirilir.

Aşağıda belirtilen ve tehlikeli atık sınıfına giren atıklar lisanslı tehlikeli atık bertaraf tesisine veya atıkları ek yakıt olarak kullanan lisanslı çimento fabrikalarına gönderilerek bertaraf ettirilir. Lisanslı firmalar Çevre ve Orman Bakanlığı internet sitesi üzerinden izlenmektedir. Tehlikeli atıklar aşağıda sınıflandırılmıştır. Satılan veya verilen geri kazanılabilir katı atıklar irsaliye düzenlenerek elden çıkarılır.

- Macunumsu atıklar
- Zemin temizleme atıkları
- Kirli absorban malzemeler
- Kontamine bez ve üstübüler, eldivenler
- Kimyasal malzeme bulaşmış ambalaj malzemeleri, hammadde çuvalları
- Doldurulamayan kartuşlar
- Bozuk floresan lambalar
- Revirlerden kaynaklanan tıbbi atıklar
- Boş tükenmez kalem.

Sevkiyat katı atık yönetimi kararlarına göre yeterli miktara ulaşınca bertaraf tesisleriyle yapılan sözleşmeler ve programlar uyarınca çevre mühendisi, çevre teknisyeni veya tesis çevre sorumlusu tarafından her türdeki tehlikeli atık için ulusal atık taşıma formları doldurularak lisanslı taşıyıcılar ile taşınır. Ayrıca her yılın Şubat ayında bir önceki yıla ait tehlikeli atıklar, çevre mühendisi tarafından Çevre ve Orman Bakanlığı internet sitesi üzerinden online olarak atıkların cinsi, miktarı, atık kodları göz önünde bulundurularak beyanı yapılır ve bir nüshası çıktı alınarak saklanır.

6.3.2 Evsel atıklar

Çöp diye nitelendirilen gıda atıkları, plastik çay bardakları, su şişesi vb. evsel nitelikli atıklar ve tehlikeli özellik içermeyen sanayi atıkları, üretim alanlarındaki mavi renkli konteynirlarda veya varillerde; dinlenme alanlarındaki, yemekhane, büfedeki ve bürolardaki evsel atık toplama kaplarında toplanır. Bu atıkların evsel atık konteynirına iletilmesinden taşeron temizlik elemanları sorumludur. Evsel nitelikli atıklar Gebze tesisleri için İZAYDAŞ tarafından Dilovası'nda işletilen atık depolama sahasında depolanır.

6.3.3 Geri dönüştürülen katı atıklar

Kağıt, Karton ve kimyasal bulaşmamış naylon ambalaj atıkları, üretim alanında yeşil renkli kaplarda veya tanımlı konteynirlarda fotokopi makineleri yanındaki özel kaplarda ve kağıt toplama kaplarının olmadığı ofislerde karton kutularda toplanır. Dolduklarında taşeron temizlik firması elemanları tarafından poşetlere konularak atık deposuna iletilirler. Kalıp atölyesinde takım tezgahlarından kaynaklanan kestamit

talaşlar, kahve renkli kaplarda toplanır. Bu atıkların atık toplama bölgesine iletilmesi KAO departmanından sorumlu akışkan sistemler grup müdür yardımcısı sorumluluğundadır. Ahşap atıklar, kaynaklandıkları noktadan direkt olarak ilgili grup müdürlüğü tarafından toplanma bölgesine gönderilirler.

Metal atıklar (demir, alüminyum, bakır, paslanmaz vb.) siyah renkli niteliğine göre tanımlı kaplarda toplanır veya oluştuğu noktadan direkt olarak atık deposuna iletilir. Kalıp atölyesinde takım tezgahlarının metal işlemlerinden kaynaklanan metal talaşları taşıma kabı üzerinde bulundurulmuş ve altında sızma delikleri bulunan varillerde toplanırlar. Bu atıkların atık toplama bölgesine iletilmesi kalıp atölyesi bölümü sorumluluğundadır. Metaller geri kazanılabilir bölüme iletilirken taşıma kabındaki kesme sıvıları tehlikeli sıvı atıklar kapsamında değerlendirilir. Diğer metal atıklar; makine hurdası, tesisat faaliyetleri vb. durumlarda oluşan metal atıklar ilgili alanına ilgili grup müdürlüğü personeli tarafından iletilir.

Teklas Muallimköy tesisinde geri kazanılabilen atıklar ayrıştırılarak toplama kaplarında veya toplanma alanlarında biriktirilir. Doldurulabilen kartuş toner, elektronik atık, atık pil, hurda akü haricindeki geri kazanılabilen tüm atıklar atık değerlendirme firmasına satılır ve/veya verilir. Doldurulabilen kartuşların dolumu, tonerlerin ise tedarikçi firmaya iadesi için satınalma müdürlüğüne verilir. Elektronik atıklar ve hurda aküler ise Çevre Bakanlığı'ndan lisanslı geri kazanım firmasına satılır. Atık piller taşınabilir pil üreticileri ve ithalatçıları derneğine verilir. Aşağıda Muallimköy tesisinde geri kazanılabilen tüm atıklar görülmektedir.

- Doldurulabilen kartuş ve tonerler
- Boş variller
- Elektronik atıklar
- Kağıtlar, kartonlar
- Ahşaplar veya paletler
- Plastik atıklar
- Kestamit atıkları
- Metaller ve metal talaşları
- Ambalaj malzemeleri
- Tekrar kullanım için değerlendirilebilen kauçuk atıklar (vulkanize olmuş veya olmamış)
- Atık Piller

- Hurda Aküler
- Atık Kablolar

6.3.4 Tekrar kullanılabilen katı atıklar

Üretim sonucunda oluşan kauçuk atıklar, vulkanize olmuş ve olmamış olarak iki sınıfa ayrılırlar. Kauçuk atıkların, üretim alanında hurda olarak ayrıldıkları tanımlı alanlardan günlük olarak toplanması, tartılması ve sınıflandırılmasından ilgili üretim grup müdürlüğü ve mali işler grup müdürlüğü sorumluluğundadır. Sınıflarına göre ayrılarak toplanan kauçuk atıklardan geri dönüştürülebilenler değerlendirilmek üzere geri kazanım firmasına satılır, tekrar kullanılabilenler ise karışım tesisinde işlendikten sonra üretime dahil edilir. Tekrar kullanılabilir nitelikteki plastik atıklar ise tanımlı atık kaplarında toplandıktan sonra karışım tesisindeki kırma makinasında işlenerek üretime dahil edilir.

6.3.5 Diğer katı atıklar

Hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atığı söz konusu olduğunda belediyeden atık taşıma ve kabul belgesi alınır, atık içerisindeki geri kazanılabilir atıkların ayrıştırılarak geri kazanımı sağlandıktan sonra, atık taşıma izni almış nakliye araçlarıyla belediyenin göstereceğı gerekli izinleri almış depolama sahalarına gönderilerek bertaraf edilir. Elektronik hurdalar, tanımlı kaplarda toplanır; ilgili grup bakım teknisyenleri tarafından atık kabul formu doldurularak direkt olarak atık deposuna iletilir. Piller, yazıcı kartuş ve tonerler, üzeri tanımlanmış özel kutularda toplanır. Doldurularak tekrar kullanılamayacak durumdaki yazıcı kartuşları kırmızı renkli tehlikeli atık kaplarında toplanır. Doldurulabilecek nitelikteki yazıcı kartuşlarının dolumu ve tonerlerin tedarikçi firmaya iade edilmesi için satınalma ve lojistik müdürlüğüne iletilmesi sağlanır.

6.3.6 Üretim esnasında oluşan katı atıklar ve katı atıklara uygulanan işlemler

İşletmede üretim esnasında oluşan katı atıklar departmanlara göre incelenip, çevreye olan etkileri, ilgili yönetmeliğe göre uygulanan faaliyetler açısından sınıflandırılmıştır. Çizelge 6.1’de kauçuk hortum üretim süreci esnasında oluşan katı atıklar, çizelge 6.2’de fren hortumu üretim süreci esnasında oluşan katı atıklar, çizelge 6.3’de plastik parça üretim süreci esnasında oluşan katı atıklar, çizelge 6.4’de

ise kalıp aparat otomasyon bölümü üretim süreci esnasında oluşan katı atıklar ve bu atıklara uygulanan işlemler görülmektedir.

Çizelge 6.1 : Kauçuk hortum üretim süreci esnasında oluşan katı atıklar

Katı atık	Çevreye etkileri	İlgili yönetmelik	Uygulanan işlem
Iskarta karışım ve eboş	Toprak kirliliği	TKKY KAKY TAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Iskarta thv plaka	Toprak kirliliği	TKKY KAKY TAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Thvli hortum	Toprak kirliliği	TKKY KAKY TAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Iskarta lastik eldiven, bez vb.	Toprak kirliliği	KAKY TAKY	Kimyasal bulaşmış olanlar lisanslı bertaraf tesisinde, bulaşmamış olanlar ise Gebze Çöplüğünde bertaraf edilir.
Iskarta vakum ucu, uç, mühre	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Iskarta iplik	Toprak kirliliği	TKKY	Evsel atık - Gebze Çöplüğü
Iskarta ambalaj, bant	Toprak kirliliği	TKKY	Geri kazanım firmasına satılır
Iskarta kauçuk (çapak, hortum vb.)	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Tekrar kullanılabilir kauçuk	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Karışım tesisi
Iskarta kasa (plastik)	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Silikon	Toprak.Su Kirliliği	TKKY KAKY TAKY	Taşma kabındakiiler yeniden kullanılır; yere dökülenler toplanarak lisanslı geri kazanım/bertaraf tesisine gönderilir
Kauçuk tozu	Toprak.Su Kirliliği	TKKY KAKY TAKY	İmalat alanları periyodik olarak temizlenir ve evsel atık olarak İZAYDAŞ çöplüğünde bertaraf ediliyor.
Atık naylon poşet	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Atık somun, vida, pense vb.	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Hurda masterlar	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır

Çizelge 6.2 : Fren hortumu üretim süreci esnasında oluşan katı atıklar

Katı atık	Çevreye etkileri	İlgili yönetmelik	Uygulanan işlem
Atık bez, eldiven	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Lisanslı bertaraf tesisine gönderilir.
Rakor hurdaları	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Kauçuk manşon hurdaları	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Atık boya plastik kutusu	Toprak kirliliği	TKKY KAKY TAKY	Lisanslı geri kazanım gönderilir.
Cıvata, pul ıskartaları	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Metal braket ıskartaları	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Iskarta hortum	Toprak kirliliği	TKKY KAKY TAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Iskarta hamur	Toprak kirliliği	TKKY KAKY TAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Plastik hurdası (klips, tapa, sepet)	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Karton, kağıt, naylon atığı	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Atık naylon malafa	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Atık demir (kırıncı takımları)	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır
İplik ıskartaları	Toprak kirliliği	TKKY	Evsel atık - Gebze Çöplüğü
İpliklerin karton ambalajları	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Hurda mühre, uç, kalıp, markalama diski, tepsi	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Atık naylon torba (kova)	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Toplanarak lisanslı bertaraf tesisine gönderilir.

Çizelge 6.3 : Plastik parça üretim süreci esnasında oluşan katı atıklar

Katı atık	Çevreye etkileri	İlgili yönetmelik	Uygulanan işlem
Blowmolding kırma makinasından oluşan çapaklar	Toprak Kirliliği, Doğal Kaynak Tüketimi	TKKY TAKY	Kırma makinesinde geri kazanılarak tekrar işlenir.
Termoplastik atığı (çapak, kırık vb.)	Toprak kirliliği	TKKY KAKY TAKY	Üretimde kırılarak geri kazanımı yapılıyor
Atık bez, eldiven	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Lisanslı bertaraf tesisine gönderilir.

Çizelge 6.4 : Kalıp aparat otomasyon bölümü üretim süreci esnasında oluşan katı atıklar

Katı atık	Çevreye etkileri	İlgili yönetmelik	Uygulanan işlem
Hurda kestamid master ve parçalar, kestamid talaşı	Toprak kirliliği	TKKY KAKY TAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Atık metaller ve talaşları ve metal kesici uçlar	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Atık bakır parçalar, bakır talaşı	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Endüstriyel atık bulaşmış keçe, bez, ütübü, bez eldiven	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Lisanslı bertaraf tesisine gönderilir.
Atık zımpara, endüstriyel atık bulaşmış kağıt	Toprak kirliliği	TKKY KAKY	Lisanslı bertaraf tesisine gönderilir.
Hurda hortum	Toprak kirliliği	TKKY KAKY TAKY	Geri kazanım firmasına satılır
Temizleme kumu	Toprak kirliliği	TKKY	Evsel atık - İzaydaş Çöplüğü

6.4 Şirketin Katı Atık Yönetiminin Tersine Lojistik Açısından İncelenmesi

Teklas Kauçuk A.Ş.'de uygulanan atık işlemleri şunlardır; atık çöp fırınına atılabilir, kompostlanabilir, geri dönüştürülebilir, yeniden kazanılabilir ya da uygun bir şekilde gömülebilir. İşletme, bu işlemlerin yer aldığı katı atık yönetimi sürecinde çok amaçlı ve çok kriterli bir yaklaşımla atıklardan doğacak zararı minimize etmeyi ve bu atıklardan ekonomik olarak en üst düzeyde yarar sağlamayı amaçlamaktadır. Teklas Kauçuk A.Ş.'nin tersine lojistik anlayışında değer yaratmak için inovasyon, koordinasyon ve entegrasyon olmak üzere üç temel araç kullanılmakta olup işletme bünyesinde uygulanacak inovasyon faaliyetleri ile atıkların ve geri dönen ürünlerin değerlendirilmesi için yeni sistemler ve teknolojiler meydana getirilip çözümler üretilmektedir. Bunun yanı sıra işletmenin ürün gamındaki çeşitlilik ve çeşitli firmalar tarafından uygulanan birçok işlem yüksek oranda koordinasyon ile yürütülmekte ve bu sayede uygulanan tersine lojistik süreçlerin kontrol altına alınması sağlanmakta ve gereksiz zaman kaybı önlenmiş olmaktadır. Tersine lojistik sistemini mevcut sisteme adapte etmiş olan işletme operasyonel anlamda etkin bir entegrasyon gerçekleştirmeye çalışmaktadır. Tüm prosedürlerin ve sistem araçlarının gözden geçirildiği bu süreçte tüm işletme çalışanların katılımı ile hem adaptasyon süresi kısaltmakta hem de motivasyon artmaktadır.

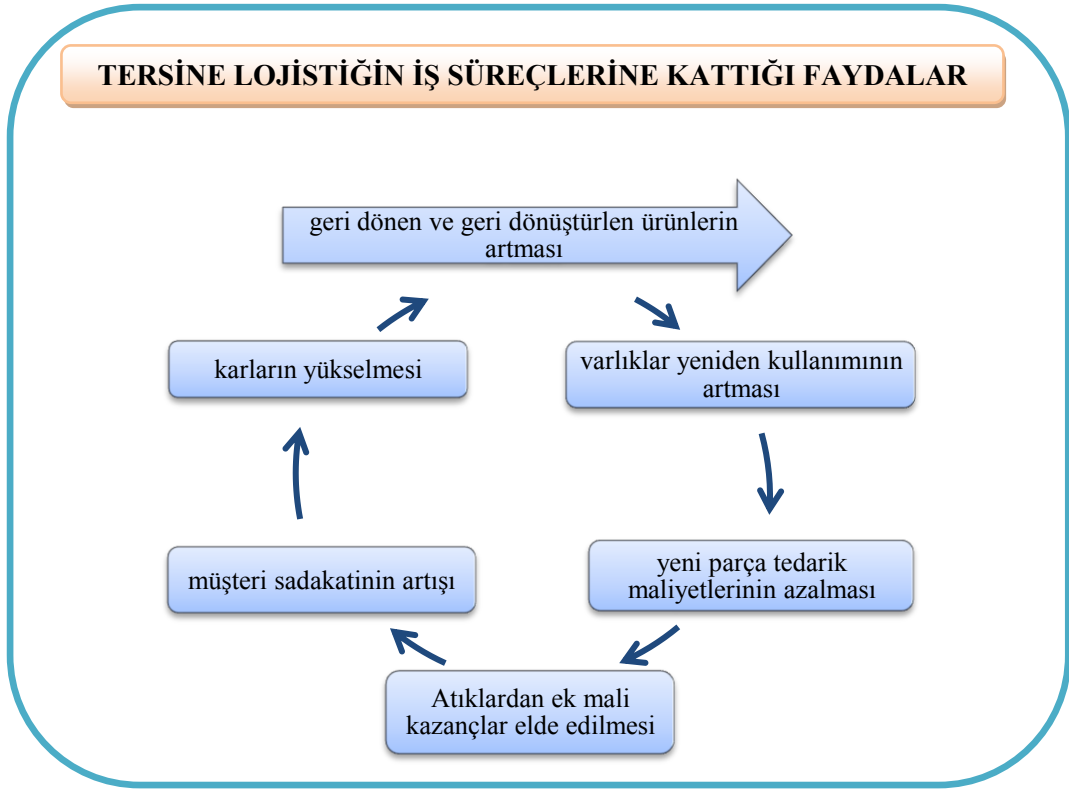
Tersine lojistikten değer yaratmak için kullanılan bu üç aracın elde edilmek istenen amaçları desteklemesi şirket yönetiminin orta ve uzun vadeli dönem için verecekleri kararlara yakından bağlıdır. Değer yaratma anlayışına sürdürülebilir bir bakış açısıyla yaklaşan şirket yönetimi tersine lojistik sürecini ekonomik olarak desteklemektedir. İşletmede tersine lojistik uygulama nedeni olarak yasal zorunluluklar ve ekonomik nedenler olmak üzere iki faktör karşımıza çıkmaktadır. İşletme yasal zorunlulukları gerçekleştirmek amacıyla faaliyet, ürün ve çevre boyutlarından kaynaklanan kanuni yükümlölükleri çevre yönetim temsilcisi ve çevre mühendisi tarafından çevre ve orman bakanlığı, başbakanlık, organize sanayi bölgesi, il çevre ve orman bakanlığı resmi internet sitelerinden ya da bu konuda söz konusu kuruluşların yazılarından takip etmektedir. Bu yükümlölüklerde oluşan değişiklikler çevre mühendisi tarafından ve çevre mühendisinin koordinasyonunda çevre yönetim sisteminin çevre boyutlarından kaynaklanan yasal ve diğer şartlar tablosuna yansıtılarak yürürlüğe alınır. Diğer kaynaklardan temin edilen çevresel yükümlölükler ile ilgili yayınların gerektiğinde dağıtımı çevre mühendisi tarafından gerçekleştirilir. Şirketin çevre yönetim sistemi kapsamında katı atıklar için takip ettiği yönetmelikler çizelge 6.5. de gösterilmektedir.

Çizelge 6.5 : Teklas Kauçuk A.Ş. nin çevre yönetimi kapsamında katı atıklar için takip ettiği yönetmelikler

Yönetmelik	Resmi gazete no	Resmi gazete tarihi	Kurum
Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği	26562	24.06.2007	Çevre ve Orman Bakanlığı
Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği	25744	03.03.2005	Çevre ve Orman Bakanlığı
Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik	26927	05.07.2008	Çevre ve Orman Bakanlığı
Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği	20814	14.03.1991	Devlet Bakanlığı
Tehlikeli Maddelerin Karayoluyla Taşınması Hakkında Yönetmelik	26479	31.03.2007	Ulaştırma Bakanlığı
Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği	25755	14.03.2005	Çevre ve Orman Bakanlığı
Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği	25831	31.05.2005	Çevre ve Orman Bakanlığı

İşletmede uygulanan tersine lojistik süreci ekonomik açıdan değerlendirildiğinde hammadde maliyetlerinin azaltılması, yeni parça tedarik maliyetlerinin azaltılması,

atıklardan ek mali kazançlar elde edilmesi, müşteri sadakatinin arttırılması ve karların yükseltilmesi gibi birçok faydası olduğu görülmektedir. Şekil 6.9’da tersine lojistiğin iş süreçlerine kattığı bu faydaların şematik gösterimi yer almaktadır.



Şekil 6.9 : Tersine lojistiğin iş süreçlerine kattığı faydalar

6.5 İşletmede Uygulanacak Katı Atık Yönetiminin Analiz Edilme Süreci

İşletme bünyesinde uygulanacak tersine lojistik sürecinin mevcut sisteme uygun bir şekilde adapte edilmesi için birtakım analizler uygulanmıştır. Bu analizlerin sonucuna göre tanımlanan ağ yapısı ile ekonomik açıdan kazancın ençoklanması, çevresel açıdan da atıkların en iyi şekilde değerlendirilip yasalara uyumun sağlanması amaçlanmıştır. Aşağıda, yapılan analiz sürecinin adımları görülmektedir.

Literatür araştırması: Gerekli teknik bilginin toplanması amacıyla tersine lojistik üzerine yayınlanan teorik ve uygulamalı çalışmalar araştırılmış ve elde edilen bilgiler bir veritabanında toplanmıştır.

Saha veri toplama çalışması: İşletmede ilgili konular hakkında yetkili kişilerle yapılan görüşmelerden ve teknik belgelerden elde edilen veriler toplanmıştır.

Ağ yapısının tanımlanması: Elde edilen veriler ve gözlemlerle işletme bünyesinde varolan ağ yapısı analiz edilmiştir ve süreçlerin birbirleriyle olan bağlantıları belirlenmiştir.

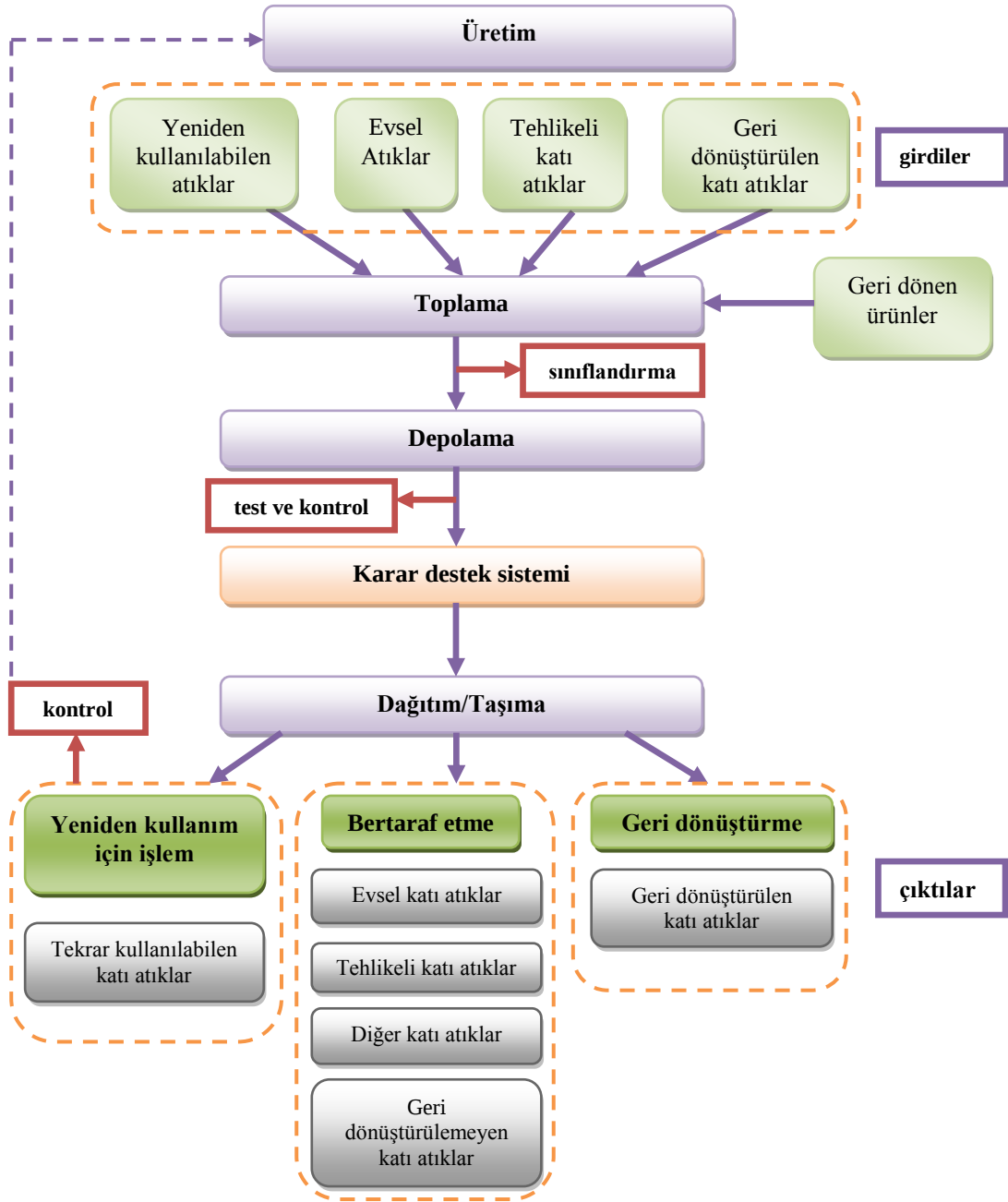
Tersine lojistik akışın haritalanması: Geri dönen ürünlerin ve katı atıkların yönetilmesi için uygulanan her işlem tespit edilmiş ve tersine lojistik sürecinde yer alan yeniden kullanım, yeniden üretime dahil etme, bertaraf etme gibi işlemler tanımlanmıştır. Bu tanımlamalar ile işletmenin ağ yapısına en uygun model tasarlanmıştır.

Teknik analiz: Tersine lojistik sürecinde yer alan ve katı atıkların yönetilmesi için uygulanan işlemler teknik bir analiz gerçekleştirilmiştir. Modelde yer alacak toplama, depolama, taşıma ve atıkları değerlendirme işlemleri için ekonomik ve yapısal veriler temin edilmiştir.

Çevresel analiz: İşletmenin sahip olduğu katı atık yönetimi ağ yapısı çevresel açıdan incelenmiş, ilgili yasa, yönetmelikler ve çevre standartlarına uygunluğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda yapılan çalışmada işletme bünyesinde uygulan ISO 14001 standardı kapsamlı olarak tartışılmış ve önemli hususlar tespit edilmiştir.

6.6 Katı Atık Yönetimi İçin Tasarlanan Tersine Lojistik Ağ yapısı

Geri dönen ürünlerin ve işletme bünyesinde oluşan atıkları değerlendirmek için kullanılan tersine lojistik süreci çeşitli araştırmacılar tarafından birçok farklı şekilde sınıflandırılmıştır. Fleischmann ve arkadaşları (2000) bu sürecin toplama, depolama, ayırma, yeniden işlem, bertaraf etme ve yeniden dağıtım işlemlerinde oluştuğunu belirtirken, Liu ve arkadaşları (2002) yeniden kullanım, yeniden üretim, geri dönüştürme ve yok etme işlemlerinden oluştuğunu dile getirmiştir. Yapılan araştırmaların birçoğunda tersine lojistik bileşenlerinin tanımlamaları farklı olsa da amaçları açısından değerlendirildiğine aynı oldukları görülmektedir. Şekil 6.10'da gösterilen ve işletme bünyesindeki katı atıkların yönetimi için önerilen tersine lojistik ağ yapısı da literatürde yer alan bu çalışmalardan, işletmedeki yetkili kişilerden, belgelerden ve sahip olunan gözlemlerden yola çıkarak hazırlanmıştır.



Şekil 6.10 : Katı atıkların yönetimi için tasarlanan ağ yapısı

Şekilde gösterildiği gibi tersine akışın başlangıç adımı atıkların oluşuktan sonra toplanmasıdır. Toplama işlemi esnasında işletme bünyesindeki tüm katı atıklar daha sonra uygulanacak işlemlere göre sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırılan atıklar ve geri dönen ürünler işletme içinde depolama alanlarında bekletildikten sonra uygulanacak işlemlere göre ilgili işlemin tesisine taşınmaktadır. Atıkların toplanması ve taşınması işlemleri için dış kaynak kullanılmakta olup işletmeye bu işlemler için toplanan ve taşınan miktar üzerinden iki işlem için ayrı ayrı ödeme yapılmaktadır. Tekrar kullanılabilir atıklar kontrol edildikten sonra işletme bünyesindeki karışım

tesisine, bertaraf edilecek atıklar imha alanlarına ve yakma tesislerine, geri dönüştürülebilen atıklar ise geri dönüşüm tesislerine gönderilmektedir. Son olarak yeniden kullanılacak ve üretime dahil edilecek hammaddeler gerekli testler ve kontroller yapıldıktan sonra üretim tesisine gönderilmektedir. Müşterilerden dönen hasarlı ve kabul edilmeyen ürünler, şirketin anlaşmalı olduğu araç servislerinden aldığı ve değerlendirilmek üzere tersine lojistik sürecine dahil ettiği gerek Teklas A.Ş. gerekse de rakip firma üreticilerine ait yeniden kullanılabilir ürünler ise geri dönen ürün olarak atık sınıfında yer almaktadır. İşletme bünyesinde oluşan diğer atıklar gibi bu atıklar içinde karar verme sürecinden sonra aynı işlemler uygulanmaktadır.

6.7 Tersine Lojistik Açısından Değerlendirilen Katı Atık Yönetimi İçin Model

Literatürde yaygın bir şekilde yer alan etkin ve etkili katı atık yönetim süreçlerini inceleyen makalelerin birçoğu atık yönetim işlemleri ile ağ modellerinin kullanımını birbirine bağlamaktadır. Bu incelemelerde genellikle genel atık yönetim sistemleri kapsamında malzemenin kurtarılmasını ve yeniden kazanımını içeren birçok model kurulmuştur. Çalışmaların büyük bir çoğunluğunda deterministik bir yapı söz konusu olup küçük bir kısmında ise geri kazanım sistemlerinin yapısında yer alan geri dönen ürünlerin neden olduğu belirsizliklere çözüm bulabilmek için stokastik yapıda modeller yer almaktadır. Genel olarak kullanılan modeller; dağıtım modelleri, araç rotalama modelleri, dinamik rotalama ve çizelgeleme modelleri olup karma tamsayılı matematiksel modelleme şeklinde formüle edilmiştir (Şengül, 2010).

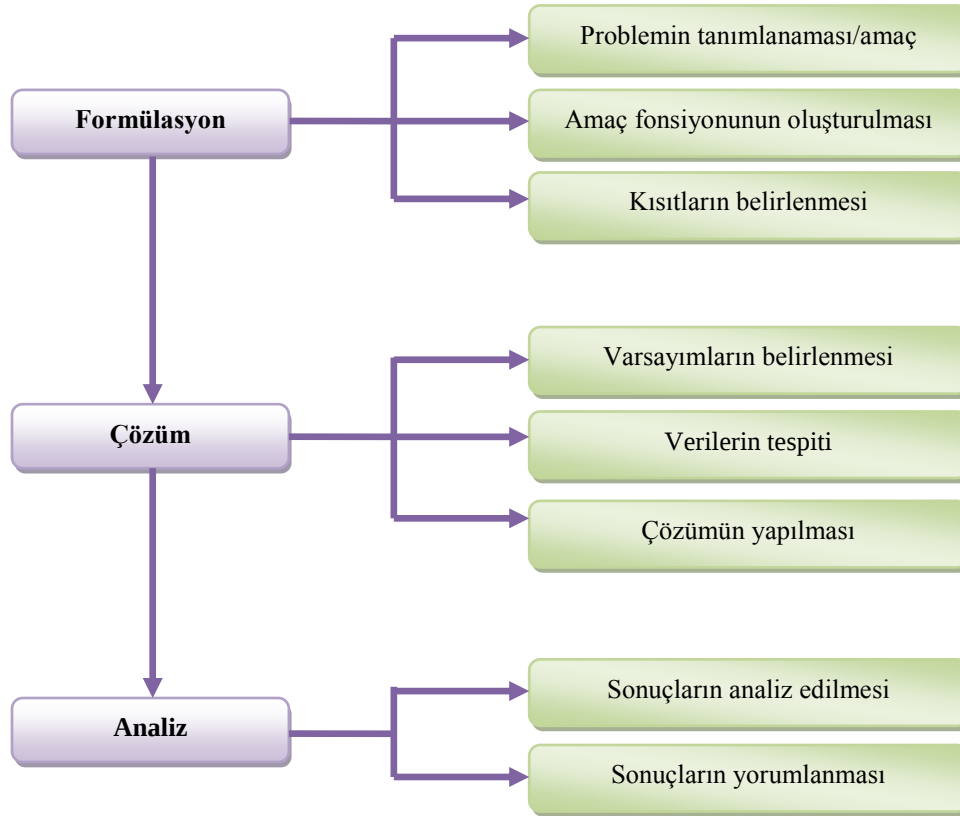
Rubio ve arkadaşları (2008) tarafından yapılan çalışmada literatürde 1995-2005 yılları arasında tersine lojistik konusunda yapılan çalışmalar arasında çizelge 6.6'da gösterildiği gibi en çok kullanılan analiz tekniğinin matematiksel programlama olduğu görülmektedir. Bu durum tersine lojistik problemlerinin çözümünde matematiksel modellerin önemli ve güçlü birer araç olduğuna kanıt niteliğindedir.

Çizelge 6.6 : Rubio ve arkadaşlarının (2008) yaptığı çalışmaya göre literatürde tersine lojistik problemlerinin çözümü için kullanılan analiz teknikleri ve oranları

Analiz teknikleri	Oran
Matematiksel programlama	%18,6
Örnek olay yöntemi	%15,3
Simülasyon	%14,8
Tanımlayıcı analiz teknikleri	%11,5
Optimizasyon teknikleri	%10,9
Kuyruk teorisi ve Markov süreci	%9,8
Kontrol teorisi	%5,5
Diğer teknikler	%13,6

Yöneylem araştırması kapsamındaki matematiksel programlamanın atık yönetimi alanında başarılı olması sebebiyle bu çalışmada kurulacak model için ayrık zamanlı doğrusal bir kazanç ençoklama modeli yapısı seçilmiştir. Analiz edilecek model Türkiye’de yer alan yönetmeliklere ve işletmenin sahip olduğu katı atık yönetim sürecine dayanarak tasarlanmıştır.

Çalışma kapsamında uygulanacak model ile işletme bünyesindeki katı atıkların değerlendirilmesi için tasarlanan tersine lojistik ağındaki işlemlerin neden olduğu ekonomik kazancın belirlenen zaman periyodu içinde en üst seviyeye getirilmesi amaçlanmaktadır. Tasarlanan modelde toplama, depolama, geri dönüştürme, yeniden kullanım, taşıma ve bertaraf etme gibi atıkların değerlendirilmesi için uygulanan işlemlerin maliyetleri göz önünde bulundurulmuş olup modelin oluşturulması ve çözümü için izlenecek yol şekil 6.11’de gösterilmektedir. Modelin çözüm sürecinde öncelikle formülasyon belirlenmiş, daha sonra tasarlanan model belirlenen veriler neticesinde çözülmüş ve elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir.



Şekil 6.11 : Modelin oluşturulması ve izlenecek yol

6.7.1 Amaç fonksiyonu

Katı atıkların tersine lojistik süreci ile değerlendirilmesi için tasarlanan modelde, oluşan atıkların etkin ve etkili bir şekilde yönetilmesi amacıyla uygulanan işlemlerin meydana getirdiği kazancın ençoklanması amaçlanmıştır.

Katı atıklarının değerlendirilmesi için kurulan tersine lojistik ağına ait matematiksel model aşağıda tanımlanan indisler, parametreler ve karar değişkenleri kullanılarak formüle edilmiştir.

İndisler:

k : zaman adımı

j : katı atık çeşidi

Parametreler:

$S_j(k)$: k adımlı zamanda j tipi atık çeşidi için işletmede oluşan katı atık miktarı (ton)

$m^t(j)$: “ t ” kodu ile belirtilen j tipi atık çeşidi için birim toplama maliyeti (TL/ton)

$m^d(j)$: “d” kodu ile belirtilen j tipi atık çeşidi için birim depolama maliyeti (TL/ton)

$m^l(j)$: “l” kodu ile belirtilen j tipi atık çeşidi için birim taşıma maliyeti (TL/ton)

$m^y(j)$: “y” kodu ile belirtilen yeniden kullanılan j tipi atık çeşidi için birim işlem maliyeti (TL/ton)

$m^b(j)$: “b” kodu ile belirtilen bertaraf edilen j tipi atık çeşidi için birim işlem maliyeti (TL/ton)

$m^g(j)$: “d” kodu ile belirtilen geri dönüştürülen j tipi atık çeşidi için birim işlem maliyeti (TL/ton)

$m^p(j)$: j tipi yeniden kullanılacak atık çeşidi için birim harcanan işlem maliyeti (TL/ton)

$m^h(j)$: j tipi yeniden kullanılacak atık çeşidi için birim kazanılan hammadde kazanç maliyeti (TL/ton)

$P_j^{min}(k)$: k adımlı zamanda j tipi atık çeşidi için şirket gereksinimleri açısından minimum işlenmesi gereken katı atık miktarı (ton)

$D_j^{kap}(k)$: k adımlı zamanda j tipi atık çeşidi için depolama kapasitesi (ton)

$P_j^{kap}(k)$: k adımlı zamanda j tipi atık çeşidi için işlem kapasitesi (ton)

Karar değişkenleri:

$T_j(k)$: k adımlı zamanda j tipi atık çeşidi için toplanan atık miktarı (ton)

$P_j(k)$: k adımlı zamanda j tipi atık çeşidi için işlem gören atık miktarı (ton)

$D_j(k)$: k adımlı zamanda j tipi atık çeşidi için depolanan atık miktarı (ton)

Kurulan matematiksel modelde tanımlanan indislerin, parametrelerin ve karar değişkenlerinin yer aldığı amaç fonksiyonu Denklem 6.1’de gösterilmektedir.

$$\begin{aligned} \text{Max} - \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J m^t(j) \times T_j(k) - \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J m^d(j) \times (T_j(k) - P_j(k) - \\ \sum_{k=2}^K \sum_{j=1}^J m^d(j) \times (D_j(k-1) + T_j(k) - P_j(k)) - \\ \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J m^l(j) \times P_j(k) + \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J m^y(j) \times P_j(k) - \\ \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J m^b(j) \times P_j(k) + \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J m^g(j) \times P_j(k) \end{aligned} \quad (6.1)$$

Amaç fonksiyonu toplama, depolama, taşıma, yeniden kullanılan atıklar için işlem, bertaraf edilen atıklar için bertaraf etme ve geri dönüştürülen atıklar için geri dönüştürme maliyeti olmak üzere toplam 6 temel maliyet kalemi içermektedir:

1- Toplam toplama maliyeti

Denklem 6.2’de gösterildiği gibi tüm atık türleri ve tüm zaman adımları için birim toplama maliyeti ve toplanan atık miktarının çarpılmasından oluşan maliyet kalemidir. Bu denklemin sonucu işletmeye kazanç sağlamadığı için negatif değer almakta olup amaç fonksiyonunda çıkarma işlemi ile temsil edilmektedir.

$$- \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J m^t(j) \times T_j(k) \quad (6.2)$$

2- Toplam depolama maliyeti

Denklem 6.3’de gösterildiği gibi ilk zaman adımında, tüm atık türleri için toplanan atık miktarından işlenen atık miktarı çıkarılmakta ve elde edilen değer birim depolama maliyeti ile çarpılmaktadır. Diğer zaman adımlarında ise tüm atık türleri için bir önceki zaman adımında depolananan atık miktarının toplanan atık miktarı ile toplanmasından elde edilen değerden işlenen atık miktarı çıkarılmakta ve elde edilen değer birim depolama maliyeti ile çarpılmaktadır. Son olarak ilk zaman adımında ve diğer zaman adımlarında elde edilen değerler toplanmaktadır. Bu denklemlerin sonucu işletmeye kazanç sağlamadığı için negatif değer almakta olup amaç fonksiyonunda çıkarma işlemi ile temsil edilmektedirler.

$$\begin{aligned} & - \sum_{k=1}^1 \sum_{j=1}^J m^d(j) \times (T_j(k) - P_j(k)) \\ & - \sum_{k=2}^K \sum_{j=1}^J m^d(j) \times (D_j(k-1) + T_j(k) - P_j(k)) \end{aligned} \quad (6.3)$$

3- Toplam Taşıma maliyeti

Denklem 6.4’de gösterildiği gibi tüm atık türleri ve tüm zaman adımları için birim taşıma maliyeti ve işlenen atık miktarının çarpılmasından oluşan maliyet kalemidir. Bu denklemin sonucu işletmeye kazanç sağlamadığı için negatif değer almakta olup amaç fonksiyonunda çıkarma işlemi ile temsil edilmektedir.

$$- \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J m^l(j) \times P_j(k) \quad (6.4)$$

4- Yeniden kullanılan atıklar için toplam işlem maliyeti

Denklem 6.5’de gösterildiği gibi tüm yeniden kullanılacak atık türleri ve tüm zaman adımları için birim yeniden kullanım işlem maliyeti ve işlenen atık miktarının çarpılmasından oluşan maliyet kalemidir. Bu denklemin sonucu işletmeye kazanç sağladığı için pozitif değer almakta olup amaç fonksiyonunda toplama işlemi ile temsil edilmektedir.

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J m^y(j) \times P_j(k) \quad (6.5)$$

Yeniden kullanılan atık türleri için birim yeniden kullanım işlem maliyeti, denklem 6.6’da gösterildiği gibi atıkların yeniden kullanım işlemi ile elde edilen birim hammadde kazanç maliyeti değerinden atıkların yeniden kullanılması için harcanan maliyet değerinin çıkarılması ile elde edilmektedir.

$$m^y(j) = m^h(j) - m^p(j) \quad (6.6)$$

5- Bertaraf edilen atıklar için toplam bertaraf etme maliyeti

Denklem 6.7’de gösterildiği gibi bertaraf edilen tüm atık türleri ve tüm zaman adımları için birim bertaraf etme maliyeti ve işlenen atık miktarının çarpılmasından oluşan maliyet kalemidir. Bu denklemin sonucu işletmeye kazanç sağlamadığı için negatif değer almakta olup amaç fonksiyonunda çıkarma işlemi ile temsil edilmektedir.

$$- \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J m^b(j) \times P_j(k) \quad (6.7)$$

6- Geri dönüştürülen atıklar için toplam geri dönüştürme maliyeti

Denklem 6.8’de gösterildiği gibi geri dönüştürülebilen tüm atık türleri ve tüm zaman adımları için birim geri dönüşüm işleminden kazanılan birim işlem maliyeti ve işlenen atık miktarının çarpılmasından oluşan maliyet kalemidir. Bu denklemin sonucu işletmeye kazanç sağladığı için pozitif değer almakta olup amaç fonksiyonunda toplama işlemi ile temsil edilmektedir.

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J m^g(j) \times P_j(k) \quad (6.8)$$

6.7.2 Kısıtlar

Belirlenen zaman aralıkları içinde çok çeşitli katı atıkların değerlendirilmesi ile sağlanan kazancın ençoklandığı modelde, amaç fonksiyonunda belirtilen maliyetlerle ilişkili kısıtlar yer almaktadır. Bu kısıtların matematiksel formları aşağıdaki gibidir (6.9, 6.10, 6.11, 6.12, 6.13, 6.14, 6.15, 6.16, 6.17, 6.18).

$$T_j(k) = S_j(k), \quad \forall j, k \quad (6.9)$$

$$P_j(k) \geq P_j^{\min}, \quad \forall j, k \quad (6.10)$$

$$P_j(k) \leq T_j(k), \quad \forall j, k \quad (6.11)$$

$$P_j(k) \leq P_j^{\text{kap}}, \quad \forall j, k \quad (6.12)$$

$$\sum_{j=1}^J T_j(k) - P_j(k) \leq D_j^{\text{kap}}(k), \quad \forall j, k = 1 \quad (6.13)$$

$$T_j(k) - P_j(k) = D_j(k), \quad \forall j, k = 1 \quad (6.14)$$

$$\sum_{j=1}^J D_j(k-1) + T_j(k) - P_j(k) \leq D_j^{\text{kap}}(k), \quad \forall j, k \neq 1 \quad (6.15)$$

$$T_j(k) - P_j(k) \leq D_j(k), \quad \forall j, k \neq 1 \quad (6.16)$$

$$D_j(k) \leq 20, \quad \forall k, j = 3 \quad (6.17)$$

$$D_j(k) \leq 10, \quad \forall k, j = 4 \quad (6.18)$$

Denklemlerde yer alan $T_j(k)$, $D_j(k)$, $P_j(k)$ terimleri tersine lojistik sürecindeki işlemlerin meydana getirdiği kazancı ençoklamak için belirlenen ve zamanla değişen karar değişkenleridir.

Denklem 6.9’da k adımlı zamanda toplanan toplam katı atık miktarının, oluşan toplam katı atık miktarına eşit olması gerektiği belirtilmiştir. Katı atıkları değerlendirme süreci sadece kar amacıyla değil çevreye yönelik yerel ve küresel

düzenlemelerden dolayı gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, minimum toplama miktarı yönetmelikte katı atıkları bünyelerinde barındıran firmaların operasyonları için temel bir gereklilik olarak hükümet tarafından belirlenebilir. Ayrıca, firmaların rutin iş operasyonlarını sürdürmek için kendi atık toplama stratejileri olabilir. Bu kısıtlamalar içinde yönetmeliklerde yer almadığı için hükümet tarafından belirlenen toplanması ve işlenmesi gereken herhangi bir minimum katı atık miktarı belirtilmemiştir. Ancak işletmenin uyguladığı tersine lojistik stratejisi gereği denklem 6.10'da k adımlı zamanda j tipi atık türüne ait işlem gören katı atık miktarının işletme gereksinimleri açısından işlem görmesi gereken minimum katı atık miktarından fazla veya eşit olması gerektiği ifade edilmiştir.

Denklem 6.11'de ise k adımlı zamanda j tipi atık türüne ait işlem gören katı atık miktarının k adımlı zamanda j tipi atık türüne ait toplanan atık miktarına eşit veya bu atık miktarından küçük olması gerektiği belirtilmiştir

Denklem 6.12'de k adımlı zamanda j tipi atık türüne ait işlem gören katı atık miktarının, j tipi atık türüne ait işlem görme kapasitesine eşit veya bu miktardan küçük olması gerektiği belirtilmiştir.

Denklem 6.13'de ilk zaman adımı j tipi atık türüne ait toplanan atık miktarından işlem gören atık miktarının çıkarılması ile elde edilen değerin depolama kapasitesine eşit veya bu miktardan küçük olması gerektiği belirtilmiştir. Denklem 6.14'de ilk zaman adımı j tipi atık türüne ait toplanan atık miktarından işlem gören atık miktarının çıkarılması ile elde edilen değerin depolanan miktara eşit olması gerektiği belirtilmiştir.

Denklem 6.15'de ilk zaman adımı dışındaki zamanlarda j tipi atık türüne ait bir önceki zaman adımı $(k-1)$ depolanan atık miktarı ile k adımlı zamanda toplanan atık miktarının toplanmasından k adımlı zamanda işlem gören atık miktarının çıkarılması ile elde edilen değerin depolama kapasitesine eşit veya bu miktardan küçük olması gerektiği belirtilmiştir. Denklem 6.16'da ilk zaman adımı dışındaki zamanlarda j tipi atık türüne ait toplanan atık miktarından işlem gören atık miktarının çıkarılması ile elde edilen değerin depolanan miktara eşit olması gerektiği belirtilmiştir.

Maliyetleri ençoklamak için tasarlanan modelde atıkların bertaraf edilmesi maliyetleri düşürdüğü için modelde bertaraf edilen atık türleri depolanma eğilimi

göstermektedirler bu nedenle denklem 6.17’de evsel katı atık türü ve denklem 6.18’de ise tehlikeli katı atık türü için tüm zaman adımlarını içeren depolama kapasite sınırı belirtilmiştir. Böylece bu atık türlerinin belirtilen miktardan daha üst değerlerde depolanması engellenmiştir.

6.7.3 Veriler

Teklas Muallimköy tesisinde meydana gelen katı atıkların belirlenen zaman periyodu içinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen kazancı ençoklamak için ortaya atılan modelde yer alan parametrelere ait veriler üretim grup lideri ve endüstriyel işler grup lideri ile yapılan birebir görüşmeler ve daha önceki yıllarda elde edilen verilerden yola çıkarak elde edilmiştir. Bu veriler modelin çözümündeki uygun aşamalarda kullanılırken aşağıdaki varsayımlar dikkate alınmıştır.

1. Katı atıkların değerlendirilmesi için kurulan ağ sistemi tersine lojistik açısından değerlendirilmiştir. Bu ağ yapısı içinde yeniden kullanılabilen, bertaraf edilebilen ve geri dönüştürülebilen ürünlerin değerlendirilme işlemleri yer almaktadır.
2. İşlem gören katı atıkların miktarları bilinmektedir. Üretim faaliyeti sırasında ve üretim faaliyeti dışında oluşan belirli katı atıkların miktarları belirlenen her zaman aralığı için ton ağırlık birimi cinsinden belirtilmiştir.
3. Katı atıkların şirket içi dağıtım bedeli göz ardı edilmiştir. Model formülasyonunu kolaylaştırmak amacıyla katı atıkları değerlendirmek için uygulanan diğer işlemlerin maliyetleri arasında önemli bir yere sahip olmayan şirket içi dağıtım maliyeti model içinde yer almamaktadır.
4. İş operasyonlarının temel gereksinimleri için firma tarafından önceden belirlenen k adımlı zamanda j tipi atık çeşidi için minimum işlem görmesi gereken katı atık miktarı ($P_j^{\min}(k)$) tüm zaman adımlarında aynı miktardadır. Aynı şekilde j tipi atık çeşidi için depolama kapasitesi ($D_j^{\text{kap}}(k)$) ve işlem görme kapasitesi ($P_j^{\text{kap}}(k)$) tüm zaman adımlarında aynı miktardadır.
5. Yeniden kullanım birim işlem maliyeti (m^y) sadece yeniden kullanılabilen atıklara uygulandığı için yeniden kullanılamayan atık türleri için “0” olarak ifade edilmiştir.

6. Bertaraf edilen evsel ve tehlikeli atıklar için birim bertaraf etme maliyeti (m^b) sadece bertaraf edilebilen atıklara uygulandığı için bertaraf edilmeyen atık türleri için “0” olarak ifade edilmiştir.
7. Geri dönüştürülen atıklar için birim geri dönüştürme maliyeti (m^g) sadece geri dönüştürülebilen atıklara uygulandığı için geri dönüştürülmeyen atık türleri için “0” olarak ifade edilmiştir.
8. Amaç fonksiyonu içinde yer alan parametreler doğrusal ve kantitatif olarak ifade edilmiştir. Toplanan, depolanan, yeniden kullanılan, geri dönüştürülen ve bertaraf edilen katı atık miktarları kantitatif olarak ton cinsinden ifade edilmiş olup birim maliyetlerin değişmediği kabul edildiğinden, toplam maliyetler ile katı atık miktarları arasında doğrusal bir ilişki vardır.
9. Doğrusal programlama modelinin uygulanabilmesi için veriler aynı ölçü birimi ile ifade edilmiştir.
10. Tesisler arasında yapılan taşımalarla ilgili herhangi bir kapasite kısıtı olmadığı varsayılmıştır.
11. j tipi katı atık çeşidi için birim toplama maliyetleri dış kaynak kullanımından dolayı şirket anlaşması gereği tüm atıklar için aynıdır.
12. Modelleme belirli bir zaman periyodu için çözümlenmiştir.

Teklas Muallimköy fabrikasında oluşan ve model içinde yer alan tüm katı atık türleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır:

- A1: Tekrar kullanılabilen kauçuk atıklar
- A2: Tekrar kullanılabilen plastik atıklar
- A3: Evsel katı atıklar
- A4: Tehlikeli katı atıklar
- A5: Geri dönüştürülen metal atıklar
- A6: Geri dönüştürülen tahta atıklar
- A7: Geri dönüştürülen kağıt atıklar
- A8: Geri dönüştürülen plastik atıklar
- A9: Geri dönüştürülen kauçuk atıklar

A1 ve A2 ile ifade edilen atık türü üretim sırasında meydana gelen ve ürün geri dönüşleri ile elde edilen plastik bazlı kauçuk ve tekrar kullanılabilen plastik atıkları ifade etmektedir. Diğer katı atık türleri ise firmaya ekonomik değer yaratmak ve çevreye olan zararları önlenmek amacıyla değerlendirilen katı atık türleridir.

Modelde iki çeşit parametre bulunmaktadır. Bunlardan birincisi talep bazlı parametreler (meydana gelen katı atıklara ait parametreler) ikincisi ise arz bazlı parametrelerdir (işlem gören katı atıklara ait parametreler).

Her zaman adımı bir ayı temsil etmektedir. Yapılan çalışmada 12 aylık zaman dilimini temsil eden 12 adet zaman adımı mevcuttur.

Aşağıdaki çizelge 6.7’de Teklas Muallimköy tesisinde meydana gelen ve her zaman adımı için değişkenlik gösteren ölçü birimi olarak ton ile ifade edilmiş katı atık miktarları görülmektedir. Kurulan modelde oluşan atık miktarları j tipi atık türü için $S_j(k)$ terimi ile ifade edilmiştir. Çizelgede gösterilen katı atık miktarları Teklas Kauçuk A.Ş. bünyesinde yer alan kauçuk hortum, fren hortumu ve plastik üretim departmanları ile kalıp, aparat ve otomasyon departmanında uygulanan işlemler sonucunda ortaya çıkan atık miktarlarının toplanması sonucu elde edilmiştir.

Çizelge 6.7 : Zaman adımlarına göre meydana gelen katı atık miktarları (birim: ton/zaman adımı)

Katı atık çeşitleri	Zaman adımı											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A1	98	89	102	97	95	104	101	92	117	109	114	115
A2	57	67	61	55	59	57	51	69	61	64	63	62
A3	18	16	16	16	17	15	18	16	14	18	16	17
A4	13	13	12	16	14	15	12	17	12	14	16	13
A5	19	27	20	23	21	29	31	26	38	20	21	27
A6	24	35	28	24	24	26	27	29	25	26	22	29
A7	16	16	19	16	14	12	11	12	14	12	16	13
A8	32	34	31	35	35	36	31	32	32	38	36	35
A9	185	181	177	176	172	177	179	192	198	193	197	195

Amaç fonksiyonunda yer alan parametrelerden j tipi atık için birim harcanan işlem maliyeti (m^p) ve j tipi yeniden kullanılacak katı atık için birim hammadde kazanç maliyeti (m^h) değerleri Teklas karışım tesisi grup lideri ile yapılan görüşmeler

sonucunda elde edilmiştir. j tipi bertaraf edilecek atık türü için birim bertaraf maliyeti (m^b) bertaraf işlemini gerçekleştiren firmalar ve j tipi geri dönüştürülecek atık türü için birim geri dönüştürme maliyeti (m^g) geri dönüştürme işlemini gerçekleştirecek firmalar tarafından belirlenen değerlerdir. “t” kodu ile belirtilen toplama aktivitesi ile ilişkilendirilen birim toplama maliyeti (m^t) ise bu işlemi yürütmesi için anlaşılan firmaya ton cinsinden birim toplanan katı atık için verilen maliyet olup tüm katı atık türleri için aynı miktardadır. “d” kodu ile belirtilen depolama aktivitesi ile ilişkilendirilen birim depolama maliyeti işletmenin atıkları depolaması için harcadığı maliyet olup j tipi atık için birim depolama maliyeti (m^d) endüstriyel ilişkiler grup lideri ile yapılan görüşmeler sonucunda elde edilmiştir. “l” kodu ile belirtilen atıkların taşınması aktivitesi ile ilişkilendirilen j tipi yeniden kullanılacak katı atık için birim taşıma maliyeti (m^l) değerleri lojistik grup lideri ile yapılan görüşmeler sonucunda elde edilmiştir. Çizelge 6.8’de amaç fonksiyonunda yer alan maliyet parametrelerine ait tahmini değerler görülmektedir.

Çizelge 6.8 : Amaç fonksiyonunda yer alan maliyet parametrelerin tahmini değerleri

Katı atık çeşitleri	Parametreler							
	m^p (TL /ton)	m^h (TL /ton)	m^y (TL /ton)	m^b (TL /ton)	m^g (TL /ton)	m^t (TL/ ton)	m^d (TL/ ton)	m^l (TL/ ton)
A1	456	2808	2352	0	0	68	52	42
A2	346	1356	1010	0	0	68	38	42
A3	0	0	0	115	0	68	38	108
A4	0	0	0	1615	0	68	156	42
A5	0	0	0	0	5100	68	38	132
A6	0	0	0	0	450	68	38	132
A7	0	0	0	0	150	68	38	132
A8	0	0	0	0	452	68	38	132
A9	0	0	0	0	1321	68	52	132

İş operasyonlarının temel gereksinimler için işletme tarafından önceden belirlenen j tipi yeniden kullanılacak katı atık türleri için minimum işlenmesi gereken katı atık miktarı $P_j^{\min}(k)$ karışım tesisi grup lideri ile yapılan görüşmeler sonucunda belirlenmiştir. j tipi yeniden kullanılacak katı atık türleri için işlem kapasitesi (P_j^{kap}) karışım tesisi grup liderinin bildirdiği; bertaraf edilecek ve geri dönüştürülecek atık

türleri için işlem kapasitesi ise ilgili tesislerin bildirdikleri kapasitelerdir. D_j^{kap} ise Teklas A.Ş.'nin j tipi katı atık çeşitleri için sahip olduğu depolama kapasitesidir. Çizelge 6.10'da kısıt fonksiyonlarında yer alan bu parametreler için elde edilmiş tahmini değerler görülmektedir.

Çizelge 6.9: Kısıt fonksiyonlarında yer alan parametrelerin tahmini değerleri

Katı atık çeşitleri	Parametreler		
	P_j^{min} (ton)	P_j^{kap} (ton)	D_j^{kap} (ton)
A1	80	100	500
A2	40	50	500
A3	14	100	500
A4	12	30	500
A5	10	100	500
A6	20	100	500
A7	10	100	500
A8	25	100	500
A9	140	250	500

6.7.4 Vakalar

Teklas Muallimköy tesisinde meydana gelen katı atıkların en fazla kazançla değerlendirilmesi için kurulan modelde beş farklı vaka çalışması yer almaktadır. Vaka çalışmalarında temel amaç yeniden kullanılabilir kauçuk atık miktarının artışının işletmeye olan katkısını tespit etmek olup yapılan çalışmada birinci vaka çalışması referans alınarak diğer vaka çalışmaları ile kıyaslanma yoluna gidilmiş ve en iyi uygulanabilir sonuç değerlendirilmiştir.

Vaka 1:

Vaka 1 çalışmasında işletme bünyesinde tersine lojistik süreci içinde yer alan yeniden kullanım işleminin uygulanmadığı durum ele alınmış ve bu süreç ile değerlendirilen yeniden kullanılabilir nitelikteki kauçuk atıkların geri dönüştürüldüğü varsayılmıştır. Firmada meydana gelen operasyonlar sonucunda ortaya çıkan katı atıklar için belirtilen değerler ise ilgili kişilerle yapılan görüşmeler sonucunda ve firmanın son 5 yıldaki verileri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Vaka 1 çalışmasında zaman adımlarına göre meydana gelen katı atık miktarları, yeniden kullanılabilir atıkların tamamının geri dönüştürüldüğü varsayımı dahilinde çizelge 6.10'da, amaç

ve kısıt fonksiyonlarında yer alan parametreler ise çizelge 6.8, 6.9’da belirtilmiştir. Yeniden kullanılabilir kauçuk ve plastik atıklar için minimum işlenmesi gereken atık miktarları ($P_j^{\min}$) sıfır değerlerini almakta ve amaç fonksiyonunda yeniden kullanılabilir atıklar için işlem maliyeti kalemi yer almamaktadır. Bu vaka çalışması yapılacak diğer vaka çalışmaları için referans kabul edilip sonuçların kıyaslanması için kullanılacaktır.

Çizelge 6.10 : Vaka 1 çalışmasında belirlenen varsayıma dahilinde zaman adımlarına göre meydana gelen katı atık miktarları (birim: ton/zaman adımı)

Katı atık çeşitleri	Zaman adımı											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	18	16	16	16	17	15	18	16	14	18	16	17
A4	13	13	12	16	14	15	12	17	12	14	16	13
A5	19	27	20	23	21	29	31	26	38	20	21	27
A6	24	35	28	24	24	26	27	29	25	26	22	29
A7	16	16	19	16	14	12	11	12	14	12	16	13
A8	89	101	92	90	94	93	82	101	93	102	99	97
A9	283	270	279	273	267	281	280	284	315	302	311	310

Vaka 2:

Vaka 2 çalışmasında işletme bünyesinde mevcut tersine lojistik durumu ele alınıp yeniden kullanılabilir katı atıklar işletmenin sahip olduğu mevcut kapasite ile değerlendirilmektedir. Vaka 2’de yer alan parametreler çizelge 6.7, 6.8 ve 6.9’da belirtilmiştir.

Vaka 3:

Vaka 3 çalışmasında vaka 2 çalışmasından farklı olarak yeniden kullanılabilir kauçuk atıkların miktarı %30 yeniden kullanılabilir plastik atıkların miktarı %20 artmakta; geri dönüştürülen kauçuk ve plastik atıkların miktarları da bu oranlarda azalmaktadır. Yeniden kullanılabilir kauçuk atıklar için işlem kapasitesinin (P_j^{kap}) %40, yeniden kullanılabilir plastik atıklar için ise işlem kapasitesinin (P_j^{kap}) %60 oranında artırıldığı varsayılarak model çözülmüştür. Bu varsayım neticesinde kauçuk atıklar için işlem kapasitesi 140 ton, plastik atıklar için işlem kapasitesi 60 olarak

belirlenmiştir. Bunun yanında minimum işlem görmesi gereken yeniden kullanılabilir kauçuk atık miktarı 100 tona, yeniden kullanılabilir plastik miktarı ise 50 tona çıkarılmış, minimum işlem görmesi gereken geri dönüştürülebilir kauçuk atık miktarı 120 tona, geri dönüştürülebilir plastik atık miktarı ise 10 tona indirilmiştir. Vaka 3 çalışmasında, belirlenen varsayım dahilinde zaman adımlarına göre meydana gelen katı atık miktarları çizelge 11’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.11 : Vaka 3 çalışmasında belirlenen varsayım dahilinde zaman adımlarına göre meydana gelen katı atık miktarları (birim: ton/zaman adımı)

Katı atık çeşitleri	Zaman adımı											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A1	127	116	133	126	124	135	131	120	152	142	148	150
A2	68	80	73	66	71	68	61	83	73	77	76	74
A3	18	16	16	16	17	15	18	16	14	18	16	17
A4	13	13	12	16	14	15	12	17	12	14	16	13
A5	19	27	20	23	21	29	31	26	38	20	21	27
A6	24	35	28	24	24	26	27	29	25	26	22	29
A7	16	16	19	16	14	12	11	12	14	12	16	13
A8	21	21	19	24	23	25	21	18	20	25	23	23
A9	156	154	146	147	143	146	149	164	163	160	163	160

Vaka 4:

Vaka 4 çalışmasında vaka 3 çalışmasından farklı olarak tüm atıklar için işlem kapasitesinde serbestliğe gidilerek model çözülmüştür. Bu vaka çalışmasında denklem 6.12’de belirtilen kısıt modelde yer almamıştır.

Vaka 5:

Vaka 5 çalışmasında vaka 4 çalışmasından farklı olarak geri dönüştürülen kauçuk atıkların ve plastik atıkların tamamının yeniden kullanılabilirdiği varsayılarak bu atık türleri için işlem kapasitesinde ve minimum işlenmesi gereken atık miktarlarında serbestliğe gidilerek model çözülmüştür. Vaka 5 çalışmasında belirlenen varsayım dahilinde zaman adımlarına göre meydana gelen katı atık miktarları çizelge 12’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.12 : Vaka 5 çalışmasında belirlenen varsayım dahilinde zaman adımlarına göre meydana gelen katı atık miktarları (birim: ton/zaman adımı)

Katı atık çeşitleri	Zaman adımı											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A1	283	270	279	273	267	281	280	284	315	302	311	310
A2	89	101	92	90	94	93	82	101	93	102	99	97
A3	18	16	16	16	17	15	18	16	14	18	16	17
A4	13	13	12	16	14	15	12	17	11	14	16	13
A5	19	27	20	23	21	29	31	26	38	20	21	27
A6	24	35	28	24	24	26	27	29	25	26	22	29
A7	16	16	19	16	14	12	11	12	14	12	16	13
A8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6.7.5 Vakaların değerlendirilmesi

Teklas Muallimköy tesisinde meydana gelen katı atıkların tersine lojistik süreci içinde değerlendirilmesi sonucu elde edilen kazancı ençoklamak amacıyla kurulan modelde yer alan parametreler 5 farklı şekilde tasarlanan vaka çalışmasıyla incelenmiştir. Her vaka çalışması için oluşturulan kazanç ençoklama modeli, elde edilen verilere göre Lindo systems Inc. Şirketi tarafından üretilmiş doğrusal, tamsayılı ve doğrusal olmayan matematiksel modelleri çözebilen, duyarlılık analizi yapan bir en iyileme yazılımı ve modelleme dili olan Lingo 13.0 yazılım paketi ile çözümlenmiş ve optimal sonuç bulunmaya çalışılmıştır.

Vaka 1 çalışmasında işletme tersine lojistik süreci içinde yer alan yeniden kullanım işleminin uygulanmadığı durum ele alınmış ve değerlendirilecek tüm atıkların türlerine göre berataraf veya geri dönüştürüldüğü varsayılmıştır. Vaka 1 çalışması kapsamında kurulan modelin çözümlenmesi sonucu oluşan veriler Ek A'da gösterilmektedir. Ek A başlığı altında modelin lingo dilinde yazılışı Ek A1'de, modelin çözüm özeti Ek A2'de ve modelin çözümlenmesi sonucu belirlenmiş belirli zaman aralıklarında toplanan, depolanan ve işlenen katı atık miktarları Ek A3'de belirtilmiştir. Bu çalışmada değerlendirilen yeniden kullanılabilir nitelikteki kauçuk ve plastik atıkların tamamı geri dönüştürülmekte olup tüm atıklara uygulanan işlemler sonucunda elde edilen kazancın 4708771 TL olduğu tespit edilmiştir.

Vaka 2 çalışmasında işletme bünyesinde mevcut tersine lojistik durum ele alınmıştır. Bu çalışma kapsamında kurulan modelin çözümlenmesi sonucu oluşan veriler Ek B’de yer almaktadır. Ek B başlığı altında modelin lingo dilinde yazılışı Ek B1’de, modelin çözüm özeti Ek B2’de ve modelin çözümlenmesi sonucu belirlenmiş belirli zaman aralıklarında toplanan, depolanan ve işlenen katı atık miktarları Ek B3’de gösterilmektedir. Yeniden kullanılabilir katı atıkların işletmenin sahip olduğu mevcut kapasite ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen kazancın 6925543 TL olduğu belirlenmiştir. Tersine lojistik sisteminin uygulanmadığı vaka 1 çalışması ile kıyaslandığında yeniden kullanılabilir atıklar için mevcut işlem kapasitesine sahip tersine lojistik sistemi ile atıkların değerlendirilmesi süreci işletmeye fazladan 2216772 TL ekonomik bir kazanç sağladığı görülmektedir. Elde edilen veriler analiz edildiğinde yeniden kullanılabilir kauçuk ve plastik atıklar için işlem kapasitesi, oluşan atık miktarına oranla yetersiz kaldığı için bu atık türlerine ait depolanan atık miktarları sürekli artmaktadır. Bu durum, işletmenin yeniden kullanılabilir atık türleri için kapasite artışına gitmesi gerektiğini belirten önemli bir göstergedir.

Vaka 3 çalışmasında yeniden kullanılabilir kauçuk atıkların miktarının %30 yeniden kullanılabilir plastik atıkların miktarının %20 artmakta; geri dönüştürülen kauçuk ve plastik atıkların miktarları da bu oranlarda azalmaktadır. Yeniden kullanılabilir kauçuk atıklar için işlem kapasitesinin (P_j^{kap}) %40, yeniden kullanılabilir plastik atıklar için ise işlem kapasitesinin (P_j^{kap}) %60 oranında arttırıldığı varsayılarak model çözülmüştür. Vaka 3 çalışması kapsamında kurulan modelin çözümlenmesi sonucu oluşan veriler Ek C’de yer almaktadır. Ek C başlığı altında modelin lingo dilinde yazılışı Ek C1’de, modelin çözüm özeti Ek C2’de ve modelin çözümlenmesi sonucu belirlenmiş belirli zaman aralıklarında toplanan, depolanan ve işlenen katı atık miktarları Ek C3’de gösterilmektedir. Vaka 3 çalışmasında belirtilen kapasite artışları sonucu elde edilen kazancın 7660311 TL olduğu belirlenmiştir. Tersine lojistik sisteminin uygulanmadığı vaka 1 çalışması ile kıyaslandığında belirlenen varsayım dahilinde uygulanan tersine lojistik sistemi ile atıkların değerlendirilmesi süreci işletmeye fazladan 2951540 TL ekonomik bir kazanç sağladığı görülmektedir.

Vaka 4 çalışmasında tüm atıklar için işlem kapasitesinde serbestliğe gidilmiştir. Vaka 4 çalışması kapsamında kurulan modelin çözümlenmesi sonucu oluşan veriler Ek D’de yer almaktadır. Ek D başlığı altında modelin lingo dilinde yazılışı Ek D1’de, modelin çözüm özeti Ek D2’de ve modelin çözümlenmesi sonucu belirlenmiş belirli

zaman aralıklarında toplanan, depolanan ve işlenen katı atık miktarları Ek D3'de gösterilmektedir. Vaka 4 çalışmasında belirtilen kapasite serbestliği sonucu elde edilen kazancın 7739475 TL olduğu belirlenmiştir. Tersine lojistik sisteminin uygulanmadığı vaka 1 çalışması ile kıyaslandığında belirlenen varsayım dahilinde uygulanan tersine lojistik sistemi ile atıkların değerlendirilmesi süreci işletmeye fazladan 3030704 TL ekonomik bir kazanç sağladığı görülmektedir.

Vaka 5 çalışmasında ise kurulan model, geri dönüştürülen kauçuk ve plastik atıkların tamamının yeniden kullanılabildiği varsayılarak çözülmüştür. Bunun yanında bu atık türleri için minimum toplanması ve işlenmesi gereken atık miktarlarında ve tüm atık türleri için işlem kapasitesinde serbestliğe gidilmiştir. Vaka 5 çalışması kapsamında kurulan modelin çözümlenmesi sonucu oluşan veriler Ek E'de yer almaktadır. Ek E başlığı altında modelin lingo dilinde yazılışı Ek E1'de, modelin çözüm özeti Ek E2'de ve modelin çözümlenmesi sonucu belirlenmiş belirli zaman aralıklarında toplanan, depolanan ve işlenen katı atık miktarları Ek E3'de gösterilmektedir. Vaka 5 çalışmasında belirlenen varsayımlar neticesinde elde edilen kazancın 9984649 TL olduğu belirlenmiştir. Tersine lojistik sisteminin uygulanmadığı vaka 1 çalışması ile kıyaslandığında belirlenen varsayım dahilinde uygulanan tersine lojistik sistemi ile atıkların değerlendirilmesi süreci işletmeye fazladan 5275878 TL ekonomik bir kazanç sağladığı görülmektedir. Değerler analiz edildiğinde depolama miktarlarının oldukça azaldığı tespit edilmiştir. Bu durum işletme için depolama alanlarını üretim alanlarına dönüştürme olanağı sunmaktadır. İşletme hem sağladığı kazanç hem de ileri dönemlerde sağlayacağı üretim imkanları açısından bu vaka çalışmasının uygulanabilirliğini hedef olarak benimsemelidir.

Çizelge 6.13'de Lingo 13.0 yazılımıyla çözümlenen tüm vaka çalışmalarının toplam kazanç maliyetleri ve bu vaka çalışmalarının referans olarak alınan vaka 1 çalışması ile kıyaslandığında kazançlarda meydana gelen artış miktarları görülmektedir.

Çizelge 6.13 : Vakaların maliyet açısından kıyaslanması

	Vakalar				
	Vaka 1	Vaka 2	Vaka 3	Vaka 4	Vaka 5
Toplam kazanç maliyet (TL)	4708771	6925543	7660311	7739475	9984649
Vaka 1' e göre kazanç artış miktarı (TL)	-	2216772	2951540	3030704	5275878
Vaka 1' e göre kazanç artış oranı (%)	-	47,1	62,7	64,4	112,0

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Küreselleşen dünyada rekabet ortamının, müşteri isteklerinin ve çevresel kaygıların sürekli artması ürün yaşam sürelerinin sürekli azalması nedeniyle işletmeler mevcut sistemlerini geliştirme ve yeni çözümler bulma yoluna gitmişler ve tersine lojistik kavramının ortaya çıkmasına neden olmuşlardır.

Günümüz dünyasında sürekli artan çevresel problemler ve uygulanması gereken yasal zorunluluklar ile birlikte önem kazanmaya başlayan tersine lojistik, ürün geri dönüşlerinin ve işletmelerin çeşitli üretim süreçleri sonucunda meydana gelen atıkların etkin bir şekilde değerlendirilmesi için önemli bir uygulama haline gelmiştir. İşletmeler için çok önemli bir rekabet aracı olarak kullanılan tersine lojistik sistemi Amerika ve birçok Avrupa ülkesi tarafından yıllardır uygulanmakta ve sürekli üzerinde çalışılmaktadır. Ancak, Türkiye’de tersine lojistik hala yeni ve üzerinde çalışılması gereken bir konu olarak görülmekte olup ülkemizde çevresel bilincin hızla gelişmesi ve çevrenin korunmasına yönelik yasaların ve yönetmeliklerin artması nedeniyle işletmeler tersine lojistik uygulamalarını bünyelerine katmaya başlamışlardır. Tersine lojistik süreçleri geniş çapta uygulama alanı bulamasa da işletmeler tersine lojistik sistemini, atıkların değerlendirilmesi ve kazancın artırılması için en etkin yollardan biri olarak görmesi nedeniyle ileri ki yıllarda bu sistemin çok fazla uygulama alanı bulacağı öngörülmektedir.

1990’ların öncesinde üreticiler çevreye verilen zararları önlemek amacıyla tedarik zincirlerine çevre yönetimi sürecini dahil etmeye başlamışlardır. Bu durum sonraki yıllarda yeşil konsept ve sürdürülebilirlik kavramının ortaya çıkmasıyla yeni stratejilerin oluşmasına neden olmuştur. İnsan sağlığını ve çevreyi korumak, bunu yanı sıra ürünlerin yaşamsal döngülerinin sonunda tekrar değerlendirmek amacıyla kullanılan tersine lojistik bu stratejilerin en önemlilerinden biridir.

Tersine lojistik ağı tasarımının firmaya değer yaratmak amacıyla dizayn edilmesi, tersine lojistik sürecinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Başarılı ve etkili bir tersine lojistik süreci yönetimine sahip olan şirketler ekonomik kazancın yanında çevreye duyarlı imajı oluşturarak hem rekabet gücünü hem de ekonomik ve sosyal

sürdürülebilirliklerini arttıracaklardır. Bu nedenlerden dolayı tersine lojistik ağlarının, firmaların sahip oldukları iş süreçlerine uygun bir şekilde ve firmaya en fazla değer yaratacak şekilde tasarlanması stratejik bir öneme sahiptir. Bu stratejik önemin farkında olan işletmelerin, sahip oldukları tersine lojistik süreçlerini geliştirmesi sonucu ekonomik ve yasal düzenlemelerin baskısıyla üretim sistemlerinde uyguladıkları geri dönüştürme, yeniden kullanım ve yeniden üretim proseslerinde iyileşmelerin meydana geldiği görülmektedir.

Günümüzde atıkların sağlıklı ve ekonomik bir şekilde uzaklaştırılması konusu, geçmiş yıllara nazaran çok daha önemli bir boyut kazanması ile birlikte tersine lojistik katı atıkların iyi bir şekilde yönetilmesi için çok güçlü bir ekonomik kaynak olarak görülmeye başlanmıştır.

Katı atıkların tersine lojistik ile değerlendirildiği işletmelerde geri dönüştürülen veya yok edilen atıklardan beklenen ekonomik değerlerin karşılanması ve çevreye duyarlı bir lojistik sürecin gerçekleştirilmesi istenmektedir. Atıkların toplanması, taşınması, ticari kullanımı ve imha edilmesi gibi alt süreçleri barındıran lojistik olarak entegre edilmiş bu atık yönetim sistemlerinin başarısı yasalara en iyi şekilde uyulması ve ekonomik kazanç elde edilmesi olmak üzere iki temel unsura bağlıdır. İyi yönetilmiş bir tersine lojistik sistemi maliyetleri düşürmesinin yanısıra ürün geri dönüş olanaklarını arttırdığından dolayı müşterilerin güvenini arttırmakta böylece müşteri kaybetme riskini azalmaktadır bu da işletmenin karlarını önemli derecede arttırmasına neden olmaktadır.

Atıkların azaltılması, yönetilmesi ve bertaraf edilmesi için uygun lojistik yönetim becerilerini ve faaliyetlerini kapsayan tersine lojistik ağına sahip işletmelerde temel amaç atıkların geri dönüştürülmesi, yeniden üretilmesi ve yeniden kullanılması için gerekli süreçleri mevcut lojistik sistemlerine kolayca adapte edebilmektir. Bu adaptasyonu etkin şekilde gerçekleştirebilen işletmeler üretim ve diğer süreçler sonucunda oluşan atıklardan hem ekonomik hem verimlilik açısından en yüksek oranda fayda sağlayabilmektedirler.

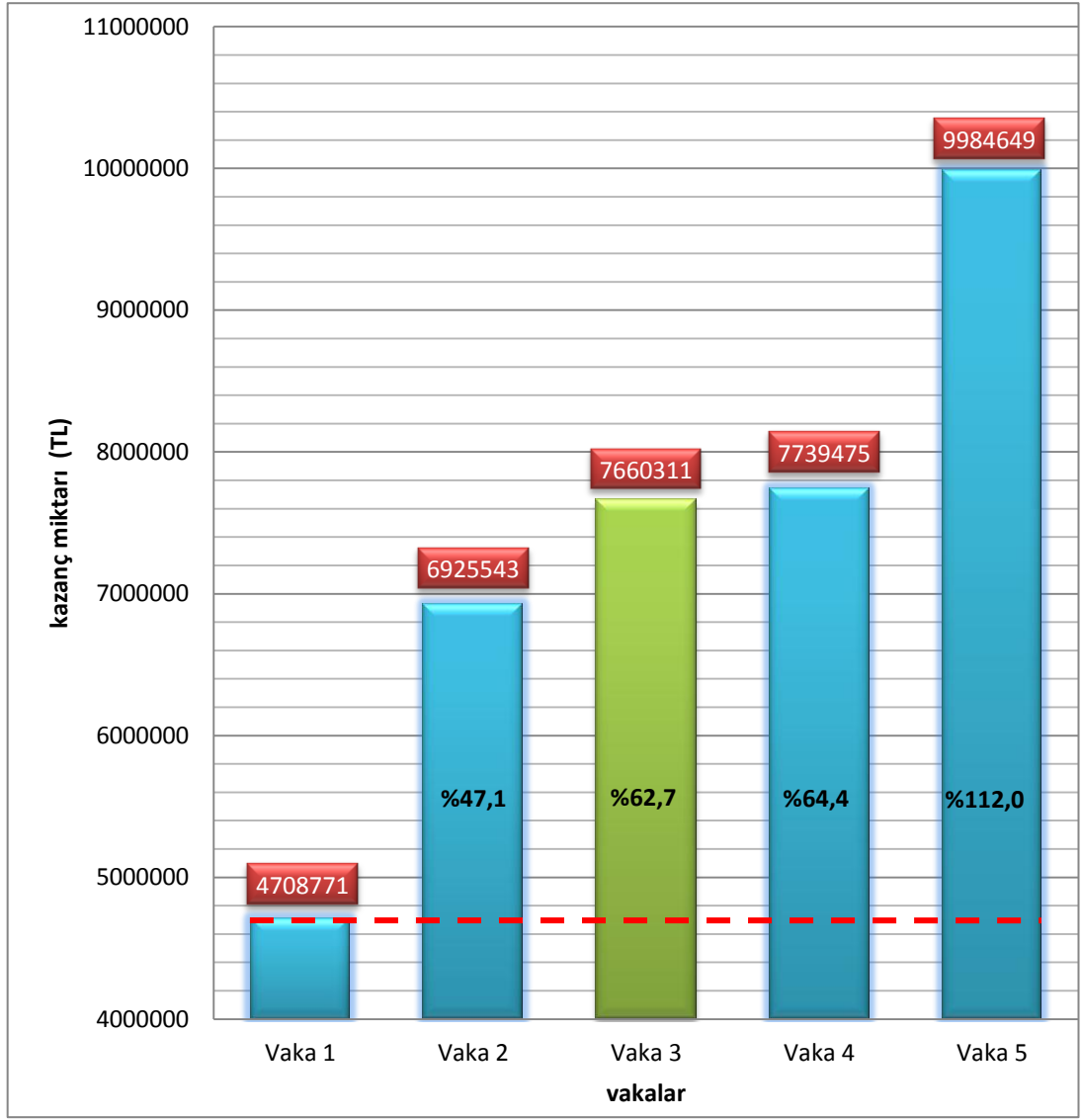
İşletmeler, sahip oldukları tersine lojistik ağ yapısı ile üretim ve üretim dışı oluşan atıkları, uygulanan toplama, depolama, ayrıştırma, geri dönüştürme, yeniden kullanma, yeniden üretim ve bertaraf etme işlemleri ile değerlendirmekte ve uyguladıkları yöneylem araştırması yöntemleri ile bu işlemlerin neden olduğu

maliyetlerin optimize etmektedirler. Literatürde, etkili katı atık yönetim işlemlerini ve planlarını hesaplayan modeller yaygın bir şekilde yer almaktadır. Yapılan araştırmaların birçoğu atık yönetimi için uygulanan süreçler ile ağ modellerinin kullanımını ilişkilendirmiştir. Bu ilişkilendirmeyi geliştirmenin en etkili yolu da yapılan maliyet analizleri sonucu ortaya çıkan değerlerin yorumlanmasıdır. Bu çalışmada da incelenen işletmedeki tersine lojistik maliyetlerini analiz etmek amacıyla işletmede meydana gelen atıkların firmaya değer yaratmak üzere tersine lojistik açısından değerlendirilme süreci araştırılmış, katı atıkların bu süreç ile etkin bir şekilde değerlendirilmesi için kazanç ençoklama modeli ortaya atılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çalışmada ilk olarak, tersine lojistik kavramı teorik olarak incelenip nasıl tanımlandığı; tersine lojistiğin uygulanmasına neden olan güçlerin neler olduğu; kimlerin, hangi amaçla, ne zaman, nasıl rol üstlendiği gibi konulara açıklık getirilmiştir. Tersine lojistiğin önündeki engellerden, öneminden, sürdürülebilirlik ve yeşil lojistik ile ilişkisinden ve sahip olduğu ağ yapısından bahsedilmiştir. Daha sonra, katı atık yönetim sürecine ve bu süreci oluşturan bileşenlere değinilerek bu sürecin atıkların etkin bir şekilde yönetilmesine imkan sağlayan tersine lojistik sistemi ile olan ilişkisi açıklanmıştır. Son olarak ise katı atıkları yönetmek için uygulanan tersine lojistik sisteminin içinde yer alan işlemlerin sağladığı kazançları ençoklayan bir model kurulmuş ve modelin çözümlenmesi ile elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir. Kazançların ençoklanması için kurulan model ile değişik varsayımları içeren beş farklı vaka çalışması arasından en uygulanabilir ve en fazla kazanç sağlayan tersine lojistik süreci tespit edilmeye çalışılmaktadır. Bu amaçla vaka 1 çalışmasında kurulan model, tersine lojistik süreci içinde yer alan yeniden kullanım işleminin uygulanmadığı varsayımlar olarak çözülmüş ve uygulanan tersine lojistik sürecinin neden olduğu maliyet kazancını değerlendirmek amacıyla diğer vaka çalışmalarının sonuçları vaka 1 çalışmasının sonucuyla kıyaslanmıştır. Mevcut tersine lojistik sürecinin incelendiği vaka 2 çalışmasında işletmede oluşan katı atıklar mevcut kapasite ile değerlendirilmiş olup elde edilen sonuç tersine lojistik sisteminin uygulanmadığı vaka 1 çalışması ile kıyaslandığında işletmeye fazladan 2216772 TL ekonomik bir kazanç sağladığı görülmüştür. Vaka 3 çalışmasında 5 yıl içinde gerçekleştirilecek projeler dikkate alınarak yeniden kullanılabilir kauçuk atıkların miktarının %30, yeniden kullanılabilir plastik atıkların miktarının %20 ve bununla

birlikte yeniden kullanılabilir kauçuk atıklar için işlem kapasitesinin %40, yeniden kullanılabilir plastik atıklar için ise işlem kapasitesinin %60 oranında arttırıldığı varsayılarak model çözülmüş ve vaka 1 çalışması ile kıyaslandığında işletmeye fazladan 2951540 TL ekonomik bir kazanç sağladığı görülmüştür. Vaka 4 çalışmasında tüm atıklar için işlem kapasitesi kısıtı kaldırılarak model çözülmüş ve vaka 1 çalışması ile kıyaslandığında 3030704 TL ekonomik bir kazanç sağladığı görülmüştür. Son olarak ise vaka 5 çalışmasında tüm atık türleri için herhangi bir işlem kapasitesi olmaksızın geri dönüştürülen kauçuk ve plastik atıkların tamamının yeniden kullanılabilirdiği varsayılarak ve bu atık türleri için minimum toplanması ve işlenmesi gereken atık miktarlarında serbestliğe gidilerek model çözülmüş ve bu sürecin işletmeye fazladan 5275878 TL ekonomik bir kazanç sağladığı görülmüştür. Tez çalışmasında kurulan model, ürünlerin yeniden kullanılması yönüne eğilimli olduğu için çözümlenen vaka çalışmaları arasında vaka 5 çalışmasında görüldüğü gibi herhangi bir işlem kısıtı olmaksızın yeniden kullanılabilir tüm atıkların işletme bünyesine kazandırılmasının işletmeye en fazla kazanç sağlayacak seçenek olduğu görülmektedir ancak Teklas Kauçuk A.Ş. karışım grup lideri, satınalma müdürü ve genel müdür ile yapılan görüşmeler sonucunda orta vadeli dönemde yeniden kullanılabilir atıkların değerlendirilmesi için yapılacak kapasite artışı vaka 3 çalışması belirtilen seviyelerde olması gerektiği tespit edilmiştir. Bu nedenle Teklas Kauçuk A.Ş. için uyarlanan tez çalışması kapsamında tespit edilen en uygulanabilir ve en çok kazanç sağlayan seçenek uygulanacak tersine lojistik sistemi ile işletmeye 7660311 TL miktarında bir ekonomik getiri imkanı sunan vaka 3 çalışması olarak belirlenmiştir. Şekil 7.1’de tüm vaka çalışmalarının çözümlenmesi sonucunda elde edilen kazanç miktarları ve vaka çalışmalarının vaka 1 çalışması ile kıyaslandığında ortaya çıkan kazanç artış oranları görülmektedir.

İşletme bünyesinde uygulanabilecek tersine lojistik, vaka çalışmalarında görüldüğü gibi maliyet açısından optimize edilse de dünyada ekonomik ve çevresel nedenlerden dolayı çok fazla uygulama alanı bulan bu sistem ülkemizde olduğu gibi Teklas Kauçuk A.Ş.’de de kısıtlı miktarda uygulama alanı bulmuştur. Ancak yapılacak inovasyon ve ar-ge çalışmalarıyla üretilen ürünlerde kullanılan hammaddelere tekrar kullanılabilir olma özelliği kazandırılıp tersine lojistik süreci içinde değerlendirilme imkanı doğarsa bu süreç işletmeye hem çevresel hem ekonomik açıdan birçok kazanç sağlayacaktır.



Şekil 7.1 : Tüm vaka çalışmalarında elde edilen kazanç miktarları, vaka çalışmalarının vaka 1 çalışması ile kıyaslandığında ortaya çıkan kazanç artış oranları

KAYNAKLAR

- Akkerman, R. ve Van Donk, D.R.** (2006). Development and application of a decision support tool for the reduction of product losses in the food-processing industry. *Journal of Cleaner Production*, **16(3)**, 335-342.
- Bayles, D.** (2000). Send it back! The role of reverse logistics, Prentice Hall PTR.
- Betis R.A., Bradley S.P. ve Hamel G.** (1992). Outsourcing and industrial decline. *The Academy of Management Executive*, **6(1)**, 9.
- Birdoğan, B.** (2003). Tersine lojistik zorunluluk mu? Kazaç mı? *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, **4(1)**, 18-38.
- Blumberg, D.F.,** (2005). Introduction to Management of Reverse Logistics and Closed Loop Supply Chain Processes, Boca Raton, FL: CRC Press.
- Bulut E. ve Deran A.** (2008). Ters lojistik ve şirketlerin maliyet yönetimi üzerine etkileri, *Ekonomik Yaklaşım*, **19**, Özel Sayı, 325-344.
- Cespon, M.F., Castro, R.C. ve Lundquist, J.** (2009). Empiric study on reverse logistic strategies in the manufacturing sector in the central area of cuba. *The Flagship Research Journal of International Conference of the Production and Operations Management Society*, **2(2)**, 72-82.
- Chan F.T.S. ve Chan H.K.** (2008). A survey on reverse logistics system of mobile phone industry in Hong Kong, *Management Decision*, **46(5)**, 702-708.
- Cooper, J. ve Stephan, R.** (1994). Reinventing logistics: is business process re engineering the answer? *Logistics Information Management*, **7(2)**, 39-41.
- Daga, A.** (2005). Collaboration in reverse logistics. White Paper, Wipro Technologies. Mountain View, CA, USA.
- De Brito, M.P., Flapper, S.D.P. ve Dekker, R.** (2002). Reverse logistics: a review of case studies. *Report Series Research in Management ERS-2003-012-LIS*, Erasmus University Rotterdam.
- De Brito, M.P. ve Dekker, R.** (2003). A framework for reverse logistics. *Report Series Research in Management ERS-2003-045-LIS*, Erasmus University Rotterdam.
- De Brito, M.P.** (2004). Reversing logistics management, *medium econometrische toepassing*, **12(1)**.
- Degher, A.** (2002). HP's worldwide take back and recycling programs: lessons on improving program implementation. *IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, 224-225.
- Demirel, N.Ö. ve Gökçen, H.** (2008). Geri kazanımlı imalat sistemleri için lojistik ağı tasarımı: literatür araştırması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **23(4)**, 903-912.

- Developing integrated solid waste management plan training manual**, (2009). Volume 2: assessment of current waste management system and gaps therein, United Nations Environment Programme.
- Diker, G.** (2001), Çevre yönetim sistemi ISO 14000: atık yönetimi ve istanbul uygulaması basılmamış yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Dowlatshahi, S.** (2000). Developing a theory of reverse logistics, *Interfaces*, **30**, 143-155.
- Dowlatshahi, S.** (2005). A strategic framework for the design and implementation of remanufacturing operations in reverse logistics. *International Journal of Production Research*, **43(16)**, 3455-3480.
- Dowlatshahi S.** (2009). A cost benefit analysis for the design and implementation of reverse logistics systems: case studies approach, *International Journal of Production Research*, **48(5)**, 1361-1380.
- El korch A., Millet D.** (2011). Designing a sustainable reverse logistics channel: the generic structures framework, *Journal of Cleaner Production*, **19(6-7)**, 588-597.
- Erdal M., Görçün Ö.F., Görçün Ö. ve Saygılı M.S.** (2008). Entegre Lojistik Yönetimi, Beta yayınları, 1. baskı.
- Erol, İ., Velioğlu, M.İ. ve Şerifoğlu, F.S.** (2006). AB uyum yasaları ve sürdürülebilir kalkınma bağlamında tersine tedarik zinciri yönetimi: Türkiye'ye yönelik araştırma fırsatları ve önerileri. *İktisat İşletme ve Finans*, **244**, 86-106.
- Fen, M.** (2010). The study on reverse logistics for e-commerce, *Management and Service Science (MASS), 2010 International Conference on*, 1-4.
- Fleischmann, M., Boemhof-Ruwaard, J.M., Dekker, R., van der Laan, E., van Nunen J.A.E.E. ve Van Wassenhove, L.N.** (1997). Quantitative models for reverse logistics: a review, *European Journal of Operational Research*, **103**, 1-17.
- Fleischmann, M.** (2000). Quantitative models for reverse logistics, Doktora Tezi, Erasmus University Rotterdam, the Netherlands.
- Fleischmann, M., Beullens, P., Bloemhof-Ruwaard, J.M. ve Van Wassenhove L. N.** (2001). The impact of product recovery on logistics network design. *Production and Operations Management*, **10(2)**, 156-173.
- Garcia-Rodriguez, F., Castilla-Gutierrez, C. ve Bustos-flores, C.** (2012). Implementation of reverse logistics as a sustainable tool for raw material purchasing in developing countries: the case of venezuela, *Int. J. Production Economics*.
- Gilani, E., Altuğ, N. ve Oğuzhan, A.** (2012). Reverse logistics activities in Turkey, *Ege Akademik Bakış*, **12(3)**, 391-399.
- Govindan, K., Pokharel, S. ve Kumar, P.S.** (2009). A hybrid approach using ISM and fuzzy TOPSIS for the selection of reverse logistics provider, *Resources, Conservation and Recycling*, **54**, 28-36.

- Gönüllü, T.** (2004). Endüstriyel kirlenme kontrolü. Birsen yayınevi, ISBN:975-511-384-3.
- Grabara, I. ve Nowakowska A.** (2009). Reverse logistics as the element of enterprise management. *Annales universitatis apulensis, Series Oeconomica*. **2(9)**, 396-402.
- Guo, W.** (2009). Study on reverse logistics in enterprises. *IEEE Computer Society Washington*, 87-90.
- Gürdal, S.** (2006). Türkiye lojistik sektörü altyapı analizi. *İstanbul Ticaret Odası Yayınları*, **14**, 12.
- Hazen, B.T., Wu, Y., Cegielski, C.G., Jones-Farmer L.A. ve Hall D.J.** (2012). Consumer reactions to the adoption of green reverse logistics. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, **22(4)**, 417-434.
- Hervani, A.A., Helms M.M. Ve Sarkis J.** (2005). Performance measurement for green supply chain management. *Benchmarking: An International Journal*, **12(4)**, 330-353.
- Hu, T.L., Sheu J.B. ve Huang, K.H.** (2002). Reverse logistics cost minimization model for the treatment of hazardous wastes, *Transportation Research Part E*, **38**, 457-473.
- Jian-guo, X., Zhong, Q. ve Jun-hua, L.** (2007). Study on cost control of enterprise reverse logistics based on the analysis of cost drivers, *College of Economics Management*.
- Karaçay, G.** (2005). Tersine lojistik: kavram ve isleyiş, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, **14(1)**, 317-332.
- Kavlak, M.** (2002). İstanbul Büyükşehir Belediyesi katı atık yönetimi ve İSTAÇ A.Ş. modeli, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bilim Uzmanlığı Tezi.
- Koban, E. ve Keser, H.Y.** (2007). Dış Ticarete Lojistik, Bursa, **1**, 87.
- Krikke, H., Bloemhof Ruward, J.M. ve Van Wassenhove, L.N.** (2003). Concurrent product and closed-loop supply chain design with an application to refrigerators. *International Journal of Production Research*, **41**, 3689-3719.
- Kwan Tan, A.W. ve Kumar A.** (2006). A decision-making model for reverse logistics in the computer industry. *International Journal of Logistics Management*, **17(3)**, 331-354.
- Lambert, S., Riopel, D. ve Andul-Kader, W.** (2011). A reverse logistics decisions conceptual framework, *Computers & Industrial Engineering*, **61 (3)**, 561-581.
- Lee, C.K.M. ve Lam, J.S.L.** (2012). Managing reverse logistics to enhance sustainability of industrial marketing. *Industrial Marketing Management*, **41(4)**, 589-598.
- Li, Y., Zhu, W. ve Yao, M.** (2010). Application research of hypercycle theory in reverse logistics. *International Conference on Logistics Systems and Intelligent Management*.

- Lieb, R. ve Bentz, B.A.** (2004). The use of third party logistics services by large American manufacturers: the 2003 Survey. *Transportation Journal*, **43(3)**, 24-33.
- Lourenço, H.R. ve Soto, J.P.** (2002). Reverse logistics models and applications: a recoverable production planning model. Document de Treball, working paper #3, *Grup de Recerca en Logística Empresarial*.
- Lu, Z. ve Bostel, N.** (2007). A facility location model for logistics systems including reverse flows: the case of remanufacturing activities. *Computers & Operations Research*, **34(2)**, 299-323.
- Marien, E.** (2001). Reverse logistics as competitive strategy. *Supply Chain Yearbook*, 1-14.
- Minahan, T.** (1998). Manufacturers take aim at end of the supply chain. *Purchasing*, **124(6)**, 111.
- Morrell, A.L.** (2001). The forgotten child of the supply chain. *Modern Materials Handling*, **56(6)**, 33-36.
- Murphy, P.** (1986). A preliminary study of transportation and warehousing aspect of reverse distribution. *Transportation Journal*, 12-21.
- Nakıboğlu, G.** (2007). Tersine lojistik önemi ve dünyadaki uygulamaları, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, **9(2)**, 181-196.
- Nemli, E.** (2000). Çevreye duyarlı işletmecilik ve türk sanayiinde çevre yönetim sistemi uygulamaları, *İstanbul Sanayi Odası Yayınları*, **11**, 162.
- Özbay, T.** (2004). İşletme yönetiminde yeni eğilimler dizisi: sorularla dış kaynak kullanımı. *İstanbul: İTO Yayınları*, **27**, 25.
- Pollock, W.K.** (2007). Using Reverse Logistics to Enhance customer Service and Competitive Performance. *Reverse Logistics Magazine*, **2(5)**, 12-16.
- PricewaterhouseCoopers (PWC) reverse logistics report**, (2008). Integrated supply chain solutions, how to realise an agile and efficient reverse chain within the consumer electronics industry.
- Quariguasi, F. N. J, Walther, G., Bloemhof. J., van Nunen, J.A.E.E. ve Spengler T.** (2009). A methodology for assessing eco-efficiency in logistics networks. *European Journal of Operational Research*, **193(3)**, 670-82.
- Resmi Gazete**, (2008). Atık yönetimi genel esaslarına ilişkin yönetmelik. Tarih: 05.07.2008, Sayı:26927.
- Resmi Gazete**, (1991). Katı atıkların kontrolü yönetmeliği. Tarih: 14.03.1991, Sayı:20814.
- Resmi Gazete**, (2002). OSB uygulama yönetmeliği. Tarih: 01.04.2002, Sayı:24713.
- Resmi Gazete**, (2005). Tehlikeli atıkların kontrolü yönetmeliği. Tarih: 14.03.2005, Sayı:25755.
- Resmi Gazete**, (2005). Tıbbi atıkların kontrolü yönetmeliği. Tarih: 22.07.2005, Sayı:25883.
- Rogers, D.S. ve Tibben-Lembke, R. S.** (1998). Going backwards: reverse logistics trends and practices.

- Rogers, D.S. ve Tibben-Lembke, R.S.** (2001). An examination of reverse logistics practices. *Journal of Business Logistics*, **22 (2)**, 129-148.
- Rubio, S., Chamorro, A. ve Miranda, F.J.** (2008). Characteristics of the research on reverse logistics (1995–2005). *International Journal of Production Research*, **46 (4)**, 1099–1120.
- Salihoğlu, G.**, (2010). Industrial hazardous waste management in Turkey: Current state of the field and primary challenges. *Journal of hazardous materials*, **177 (1-3)**, 42-56.
- Setaputra, R.** (2005). Role of return policy in reverse logistics: issues and optimum policies, the Doctor of Philosophy Thesis, The University of Wisconsin.
- Skapa, R. ve Klapalova, A.** (2000). Reverse logistics in the Czech Republic: outcomes of the preliminary research, *Outcomes of the Preliminary Research*, 1254-1265.
- Starostka-Patyk, M., Grabara, J.K.** (2010). Reverse logistics processes in industrial waste management as an element of sustainable development. *Annales Universitatis Apulensis Series Oeconomica*, **12(2)**, 698-707.
- Stock, J., Speh, T. ve Shear, H.** (2002). Many happy (product) returns. *Harvard Business Review*, **80(7)**, 16-17.
- Subramaniam, S., Bhadury, J. ve Peng, H.S.** (2004). Reverse logistics strategies and their implementation: a pedagogical survey. *Journal of the Academy of Business and Economics*, **4(1)**, 169-173.
- Şengül, Ü.** (2010). atıkların geri dönüşümü ve tersine lojistik. *Paradoks Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi*, **6(1)**, 73-86.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. ve Eliassen, R.** (1993). Solid Waste Management. Mc Graw Hill Inc., Singapore.
- Thierry, M., Salomon, M., Van Nunen, J.A.E.E. ve Van Wassenhove, L.N.** (1995). Strategic issues in product recovery management. *California Management Review*, **37(2)**, 114-135.
- 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.
- Toktay, B.L., Wein, L.M. ve Zenios S.A.** (1997). Inventory management of remanufacturable products. Working paper, Operations Research Center, MIT.
- Wang, Z., Bai, H.** (2010). Reverse logistics network: a review. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 1139-1143.
- Wilson, E.J., McDougall, F.R. ve Willmore, J.** (2001). Euro-trash:searching Europe for a more sustainable approach to waste management. *Resource, Conservation and Recycling*, **31(4)**, 327-346.

- Xiaoqing, G. ve Baoqin, Y.** (2008). Study on the optimized cost-benefit model of recycling logistics system with reverse process. *Industrial Electronics and Applications*, ICIEA 2008. 3rd IEEE Conference on, 232-235.
- Yetiş, Ü.** (2007). Türkiye’de tehlikeli atık yönetimi. *Çevre Denetimi ve Sayıştaylar: Uluslararası Sempozyumu*, 30.05.2007, Sayıştay Başkanlığı, Ankara.
- Yücel, F.** (2003). Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında çevre korumanın ve ekonomik kalkınmanın karsıtlığı ve birlikteliği. Çukurova Üniversitesi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Dergisi*, **11**, 10.
- Zuluaga, J.P.S.** (2005). Reverse logistics: models and applications, Doktora tezi, Universitat Pompeu Farba.

EKLER

Ek A : Vaka 1 çalışmasında kurulan modelin çözümlenmesi sonucu oluşan veriler

Ek A.1 : Vaka 1 çalışmasına ait modelin lingo dilinde yazılışı

Ek A.2 : Vaka 1 çalışmasında önerilen modelin çözüm özeti

Ek A.3 : Vaka 1 için optimal çözümler

Ek B : Vaka 2 çalışmasında kurulan modelin çözümlenmesi sonucu oluşan veriler

Ek B.1 : Vaka 2 çalışmasına ait modelin lingo dilinde yazılışı

Ek B.2 : Vaka 2 çalışmasında önerilen modelin çözüm özeti

Ek B.3 : Vaka 2 için optimal çözümler

Ek C : Vaka 3 çalışmasında kurulan modelin çözümlenmesi sonucu oluşan veriler

Ek C.1 : Vaka 3 çalışmasına ait modelin lingo dilinde yazılışı

Ek C.2 : Vaka 3 çalışmasında önerilen modelin çözüm özeti

Ek C.3 : Vaka 3 için optimal çözümler

Ek D : Vaka 4 çalışmasında kurulan modelin çözümlenmesi sonucu oluşan veriler

Ek D.1 : Vaka 4 çalışmasına ait modelin lingo dilinde yazılışı

Ek D.2 : Vaka 4 çalışmasında önerilen modelin çözüm özeti

Ek D.3 : Vaka 4 için optimal çözümler

Ek E : Vaka 5 çalışmasında kurulan modelin çözümlenmesi sonucu oluşan veriler

Ek E.1 : Vaka 5 çalışmasına ait modelin lingo dilinde yazılışı

Ek E.2 : Vaka 5 çalışmasında önerilen modelin çözüm özeti

Ek E.3 : Vaka 5 için optimal çözümler

Ek A : Vaka 1 çalışmasında kurulan modelin çözümlemesi sonucu oluşan veriler

Ek A.1 : Vaka 1 çalışmasına ait modelin lingo dilinde yazılışı

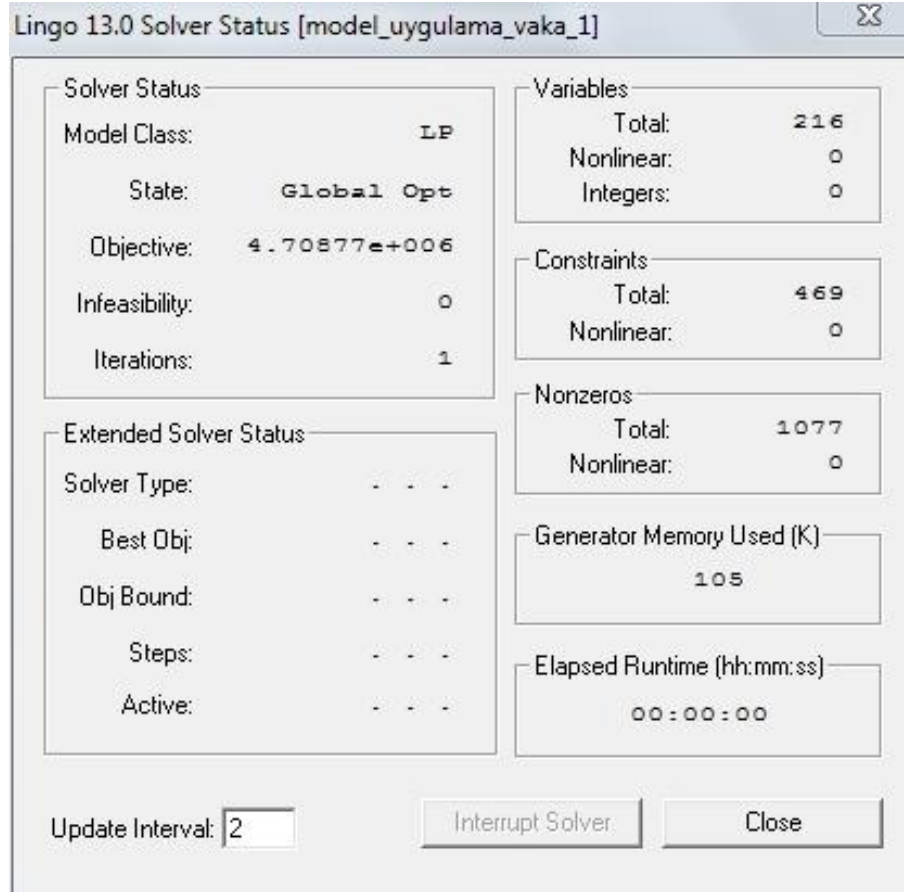
```
SETS:
!İNDİSLER;
!k indisi;
zamanadimi/1..12/:DK;
!j indisi;
atikcesidi/1..9/:mt,md,ml,mb,mg,PK,PM;
!kj indisi;
atik(zamanadimi,atikcesidi):S,T,D,P;
ENDSETS
!VERİLER;
DATA:
mt=68,68,68,68,68,68,68,68,68;
md=52,38,38,156,38,38,38,38,52;
ml=42,42,108,42,132,132,132,132,132;
mb=0,0,115,1615,0,0,0,0,0;
mg=0,0,0,0,5100,450,150,452,1321;
PM=0,0,14,12,10,20,10,25,140;
PK=100,50,100,30,100,100,100,100,250;
DK=500,500,500,500,500,500,500,500,500,500,500,500;
S=0,0,18,13,19,24,16,89,283,
  0,0,16,13,27,35,16,101,270,
  0,0,16,12,20,28,19,92,279,
  0,0,16,16,23,24,16,90,273,
  0,0,17,14,21,24,14,94,267,
  0,0,15,15,29,26,12,93,281,
  0,0,18,12,31,27,11,82,280,
  0,0,16,17,26,29,12,101,284,
  0,0,14,12,38,25,14,93,315,
  0,0,18,14,20,26,12,102,302,
  0,0,16,16,21,22,16,99,311,
  0,0,17,13,27,29,13,97,310;
ENDDATA
!AMAÇ FONKSİYONU;
MAX=
!toplama maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):mt(J)*T(K,J)))
!depolama maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K)|K#EQ#1:md(J)*(T(K,J)-
P(K,J))))
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K)|K#NE#1:md(J)*(D(K-
1,J)+T(K,J)-P(K,J))))
!taşıma maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):ml(J)*P(K,J)))
!bertaraf edilecek atıklar için bertaraf etme maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):mb(J)*P(K,J)))
!geri dönüştürülecek atıklar için geri dönüştürme maliyeti;
+@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):mg(J)*P(K,J)));
!KISITLAR;
@for(zamanadimi(K):@for(atikcesidi(J):T(K,J)=S(K,J)));
@for(atikcesidi(J):@for(zamanadimi(K):P(K,J)>=PM(J)));
@for(zamanadimi(K):@for(atikcesidi(J):P(K,J)<=T(K,J)));
@for(atikcesidi(J):@for(zamanadimi(K):P(K,J)<=PK(J)));
@for(zamanadimi(K)|K#EQ#1:@sum(atikcesidi(J):T(K,J)-P(K,J))<=DK(K));
@for(zamanadimi(K)|K#EQ#1:@for(atikcesidi(J):(T(K,J)-
P(K,J))=D(K,J)));
@for(zamanadimi(K)|K#NE#1:@sum(atikcesidi(J):D(K-1,J)+T(K,J)-
P(K,J))<=DK(K));
```

```

@for(zamanadimi(K) | K#NE#1:@for(atikcesidi(J) : (D(K-1,J) + T(K,J) -
P(K,J))=D(K,J)));
@for(zamanadimi(K) :@for(atikcesidi(J) | J#EQ#3:D(K,J)<=20));
@for(zamanadimi(K) :@for(atikcesidi(J) | J#EQ#4:D(K,J)<=10));
END

```

Ek A.2 : Vaka 1 çalışmasında önerilen modelin çözüm özeti



Ek A.3 : Vaka 1 için optimal çözümler

Zaman adımları	T_{A1} (k)	D_{A1} (k)	P_{A1} (k)	T_{A2} (k)	D_{A2} (k)	P_{A2} (k)	T_{A3} (k)	D_{A3} (k)	P_{A3} (k)	T_{A4} (k)	D_{A4} (k)	P_{A4} (k)	T_{A5} (k)	D_{A5} (k)	P_{A5} (k)	T_{A6} (k)	D_{A6} (k)	P_{A6} (k)
1	0	0	0	0	0	0	18	0	18	13	0	13	19	0	19	24	0	24
2	0	0	0	0	0	0	16	0	16	13	0	13	27	0	27	35	0	35
3	0	0	0	0	0	0	16	0	16	12	0	12	20	0	20	28	0	28
4	0	0	0	0	0	0	16	0	16	16	0	16	23	0	23	24	0	24
5	0	0	0	0	0	0	17	0	17	14	0	14	21	0	21	24	0	24
6	0	0	0	0	0	0	15	0	15	15	0	15	29	0	29	26	0	26
7	0	0	0	0	0	0	18	0	18	12	0	12	31	0	31	27	0	27
8	0	0	0	0	0	0	16	2	14	17	3	14	26	0	26	29	0	29
9	0	0	0	0	0	0	14	2	14	12	3	12	38	0	38	25	0	25
10	0	0	0	0	0	0	18	6	14	14	5	12	20	0	20	26	0	26
11	0	0	0	0	0	0	16	8	14	16	9	12	21	0	21	22	0	22
12	0	0	0	0	0	0	17	11	14	13	10	12	27	0	27	29	0	29

Zaman adımları	T_{A7} (k)	D_{A7} (k)	P_{A7} (k)	T_{A8} (k)	D_{A8} (k)	P_{A8} (k)	T_{A9} (k)	D_{A9} (k)	P_{A9} (k)
1	16	0	16	89	0	89	283	33	250
2	16	0	16	101	1	100	270	53	250
3	19	0	19	92	1	92	279	82	250
4	16	0	16	90	1	90	273	105	250
5	14	0	14	94	1	94	267	122	250
6	12	0	12	93	1	93	281	153	250
7	11	0	11	82	1	82	280	183	250
8	12	0	12	101	2	100	284	217	250
9	14	0	14	93	2	93	315	282	250
10	12	0	12	102	4	100	302	334	250
11	16	0	16	99	4	60	311	395	250
12	13	0	13	97	4	60	310	455	250

Ek B : Vaka 2 çalışmasında kurulan modelin çözümlenmesi sonucu oluşan veriler

Ek B.1 : Vaka 2 çalışmasına ait modelin lingo dilinde yazılışı

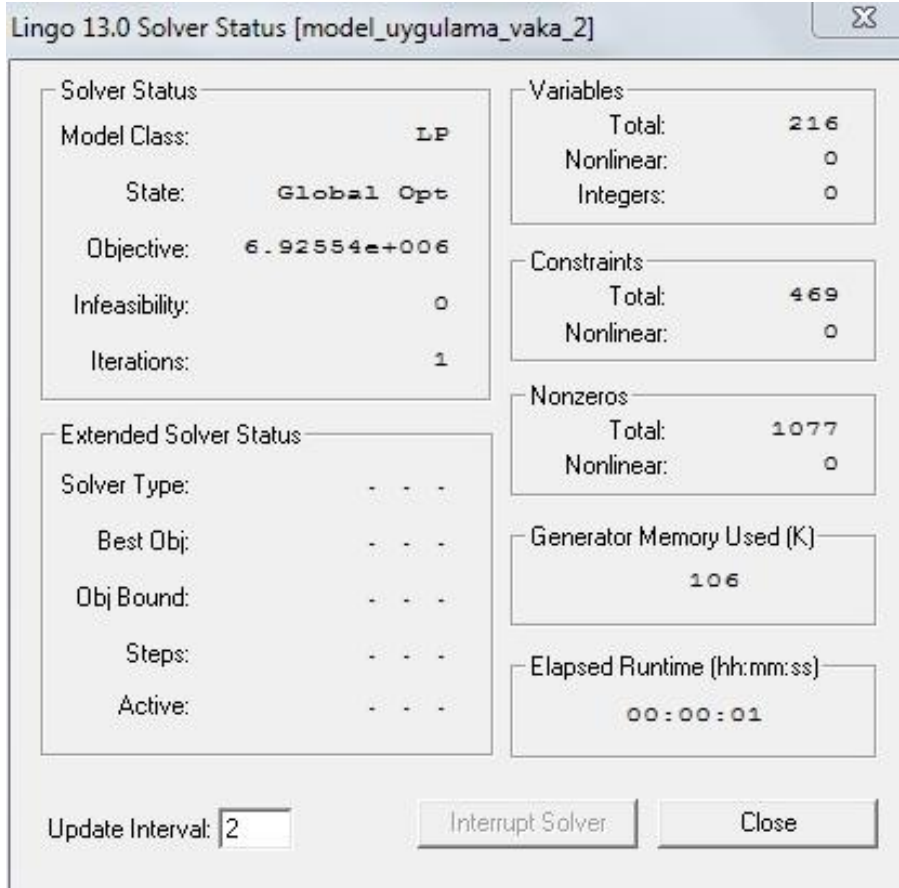
```
SETS:
!İNDİSLER;
!k indisi;
zamanadimi/1..12/:DK;
!j indisi;
atikcesidi/1..9/:mt,md,ml,my,mb,mg,PK,PM;
!kj indisi;
atik(zamanadimi,atikcesidi):S,T,D,P;
ENDSETS
!VERİLER;
DATA:
mt=68,68,68,68,68,68,68,68,68;
md=52,38,38,156,38,38,38,38,52;
ml=42,42,108,42,132,132,132,132,132;
my=2352,1010,0,0,0,0,0,0,0;
mb=0,0,115,1615,0,0,0,0,0;
mg=0,0,0,0,5100,450,150,452,1321;
PM=80,40,14,12,10,20,10,25,140;
PK=100,50,100,30,100,100,100,100,250;
DK=500,500,500,500,500,500,500,500,500,500,500,500;
S=98,57,18,13,19,24,16,32,185,
89,67,16,13,27,35,16,34,181,
102,61,16,12,20,28,19,31,177,
97,55,16,16,23,24,16,35,176,
95,59,17,14,21,24,14,35,172,
104,57,15,15,29,26,12,36,177,
101,51,18,12,31,27,11,31,179,
92,69,16,17,26,29,12,32,192,
117,61,14,12,38,25,14,32,198,
109,64,18,14,20,26,12,38,193,
114,63,16,16,21,22,16,36,197,
115,62,17,13,27,29,13,35,195;
ENDDATA
!AMAÇ FONKSİYONU;
MAX=
!toplama maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):mt(J)*T(K,J)))
!depolama maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K)|K#EQ#1:md(J)*(T(K,J)-
P(K,J))))
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K)|K#NE#1:md(J)*(D(K-
1,J)+T(K,J)-P(K,J))))
!taşıma maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):ml(J)*P(K,J)))
!yeniden kullanılacak atıklar için işleme maliyeti;
+@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):(my(J)*P(K,J))))
!bertaraf edilecek atıklar için bertaraf etme maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):mb(J)*P(K,J)))
!geri dönüştürülecek atıklar için geri dönüştürme maliyeti;
+@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):mg(J)*P(K,J)));
!KISITLAR;
@for(zamanadimi(K):@for(atikcesidi(J):T(K,J)=S(K,J)));
@for(atikcesidi(J):@for(zamanadimi(K):P(K,J)>=PM(J)));
@for(zamanadimi(K):@for(atikcesidi(J):P(K,J)<=T(K,J)));
@for(atikcesidi(J):@for(zamanadimi(K):P(K,J)<=PK(J)));
@for(zamanadimi(K)|K#EQ#1:@sum(atikcesidi(J):T(K,J)-P(K,J))<=DK(K));
```

```

@for(zamanadimi(K) | K#EQ#1:@for(atikcesidi(J) : (T(K,J) -
P(K,J))=D(K,J)));
@for(zamanadimi(K) | K#NE#1:@sum(atikcesidi(J) : D(K-1,J) + T(K,J) -
P(K,J))<=DK(K));
@for(zamanadimi(K) | K#NE#1:@for(atikcesidi(J) : (D(K-1,J) + T(K,J) -
P(K,J))=D(K,J)));
@for(zamanadimi(K) :@for(atikcesidi(J) | J#EQ#3:D(K,J)<=20));
@for(zamanadimi(K) :@for(atikcesidi(J) | J#EQ#4:D(K,J)<=10));
END

```

Şekil B.2 : Vaka 2 çalışmasında önerilen modelin çözüm özeti



Ek B.3 : Vaka 2 için optimal çözümler

Zaman adımları	T_{A1} (k)	D_{A1} (k)	P_{A1} (k)	T_{A2} (k)	D_{A2} (k)	P_{A2} (k)	T_{A3} (k)	D_{A3} (k)	P_{A3} (k)	T_{A4} (k)	D_{A4} (k)	P_{A4} (k)	T_{A5} (k)	D_{A5} (k)	P_{A5} (k)	T_{A6} (k)	D_{A6} (k)	P_{A6} (k)
1	98	0	98	57	7	50	18	0	18	13	0	13	19	0	19	24	0	24
2	89	0	89	67	24	50	16	0	16	13	0	13	27	0	27	35	0	35
3	102	2	100	61	35	50	16	0	16	12	0	12	20	0	20	28	0	28
4	97	2	97	55	40	50	16	0	16	16	0	16	23	0	23	24	0	24
5	95	2	95	59	49	50	17	0	17	14	0	14	21	0	21	24	0	24
6	104	6	100	57	56	50	15	0	15	15	0	15	29	0	29	26	0	26
7	101	7	100	51	57	50	18	0	18	12	0	12	31	0	31	27	0	27
8	92	7	92	69	76	50	16	2	14	17	3	14	26	0	26	29	0	29
9	117	24	100	61	87	50	14	2	14	12	3	12	38	0	38	25	0	25
10	109	33	100	64	101	50	18	6	14	14	5	12	20	0	20	26	0	26
11	114	47	100	63	114	50	16	8	14	16	9	12	21	0	21	22	0	22
12	115	62	100	62	126	50	17	11	14	13	10	12	27	0	27	29	0	29

Zaman adımları	T_{A7} (k)	D_{A7} (k)	P_{A7} (k)	T_{A8} (k)	D_{A8} (k)	P_{A8} (k)	T_{A9} (k)	D_{A9} (k)	P_{A9} (k)
1	16	0	16	32	0	32	185	0	185
2	16	0	16	34	0	34	181	0	181
3	19	0	19	31	0	31	177	0	177
4	16	0	16	35	0	35	176	0	176
5	14	0	14	35	0	35	172	0	172
6	12	0	12	36	0	36	177	0	177
7	11	0	11	31	0	31	179	0	179
8	12	0	12	32	0	32	192	0	192
9	14	0	14	32	0	32	198	0	198
10	12	0	12	38	0	38	193	0	193
11	16	0	16	36	0	36	197	0	197
12	13	0	13	35	0	35	195	0	195

Ek C : Vaka 3 çalışmasında kurulan modelin çözümlenmesi sonucu oluşan veriler

Ek C.1 : Vaka 3 çalışmasına ait modelin lingo dilinde yazılışı

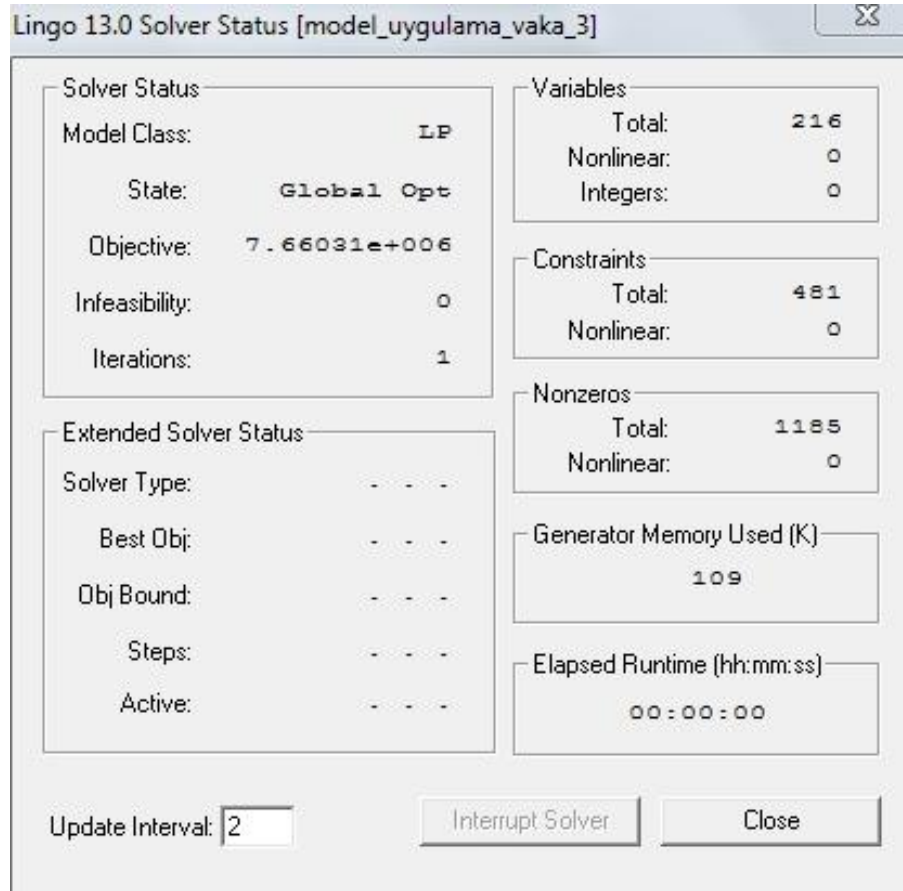
```
SETS:
!İNDİSLER;
!k indisi;
zamanadimi/1..12/:DK;
!j indisi;
atikcesidi/1..9/:mt,md,ml,my,mb,mg,PK,PM;
!kj indisi;
atik(zamanadimi,atikcesidi):S,T,D,P;
ENDSETS
!VERİLER;
DATA:
mt=68,68,68,68,68,68,68,68,68;
md=52,38,156,38,38,38,38,38,52;
ml=42,42,108,42,132,132,132,132,132;
my=2352,1010,0,0,0,0,0,0,0;
mb=0,0,115,1615,0,0,0,0,0;
mg=0,0,0,0,5100,450,150,452,1321;
PM=100,50,14,12,10,20,10,10,120;
PK=140,80,100,30,100,100,100,100,250;
DK=500,500,500,500,500,500,500,500,500,500,500,500;
S=127,68,18,13,19,24,16,21,156,
  116,80,16,13,27,35,16,21,154,
  133,73,16,12,20,28,19,19,146,
  126,66,16,16,23,24,16,24,147,
  124,71,17,14,21,24,14,23,143,
  135,68,15,15,29,26,12,25,146,
  131,61,18,12,31,27,11,21,149,
  120,83,16,17,26,29,12,18,164,
  152,73,14,12,38,25,14,20,163,
  142,77,18,14,20,26,12,25,161,
  148,76,16,16,21,22,16,23,163,
  150,73,17,13,27,29,13,23,160;
ENDDATA
!AMAÇ FONKSİYONU;
MAX=
!toplama maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):mt(J)*T(K,J)))
!depolama maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K)|K#EQ#1:md(J)*(T(K,J)-
P(K,J))))
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K)|K#NE#1:md(J)*(D(K-
1,J)+T(K,J)-P(K,J))))
!taşıma maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):ml(J)*P(K,J)))
!yeniden kullanılacak atıklar için işleme maliyeti;
+@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):(my(J)*P(K,J))))
!bertaraf edilecek atıklar için bertaraf etme maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):mb(J)*P(K,J)))
!geri dönüştürülecek atıklar için geri dönüştürme maliyeti;
+@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):mg(J)*P(K,J)));
!KISITLAR;
@for(zamanadimi(K):@for(atikcesidi(J):T(K,J)=S(K,J)));
@for(atikcesidi(J):@for(zamanadimi(K):P(K,J)>=PM(J)));
@for(zamanadimi(K):@sum(atikcesidi(J):P(K,J))<=@sum(atikcesidi(J):T(
K,J)));
@for(zamanadimi(K):@for(atikcesidi(J):P(K,J)<=T(K,J)));
@for(atikcesidi(J):@for(zamanadimi(K):P(K,J)<=PK(J)));
```

```

@for(zamanadimi(K) | K#EQ#1:@sum(atikcesidi(J):T(K,J)-P(K,J))<=DK(K));
@for(zamanadimi(K) | K#EQ#1:@for(atikcesidi(J):(T(K,J)-
P(K,J))=D(K,J)));
@for(zamanadimi(K) | K#NE#1:@sum(atikcesidi(J):D(K-1,J)+ T(K,J)-
P(K,J))<=DK(K));
@for(zamanadimi(K) | K#NE#1:@for(atikcesidi(J):(D(K-1,J)+ T(K,J)-
P(K,J))=D(K,J)));
@for(zamanadimi(K):@for(atikcesidi(J) | J#EQ#3:D(K,J)<=20));
@for(zamanadimi(K):@for(atikcesidi(J) | J#EQ#4:D(K,J)<=10));
END

```

Ek C.2 : Vaka 3 çalışmasında önerilen modelin çözüm özeti



Ek C.3 : Vaka 3 için optimal çözümler

Zaman adımları	T_{A1} (k)	D_{A1} (k)	P_{A1} (k)	T_{A2} (k)	D_{A2} (k)	P_{A2} (k)	T_{A3} (k)	D_{A3} (k)	P_{A3} (k)	T_{A4} (k)	D_{A4} (k)	P_{A4} (k)	T_{A5} (k)	D_{A5} (k)	P_{A5} (k)	T_{A6} (k)	D_{A6} (k)	P_{A6} (k)
1	127	0	127	68	0	68	18	0	18	13	0	13	19	0	19	24	0	24
2	116	0	116	80	0	80	16	0	16	13	0	13	27	0	27	35	0	35
3	133	0	133	73	0	73	16	0	16	12	0	12	20	0	20	28	0	28
4	126	0	126	66	0	66	16	0	16	16	0	16	23	0	23	24	0	24
5	124	0	124	71	0	71	17	0	17	14	0	14	21	0	21	24	0	24
6	135	0	135	68	0	68	15	0	15	15	0	15	29	0	29	26	0	26
7	131	0	131	61	0	61	18	0	18	12	0	12	31	0	31	27	0	27
8	120	0	120	83	3	80	16	0	16	17	3	14	26	0	26	29	0	29
9	152	12	140	73	3	73	14	0	14	12	3	12	38	0	38	25	0	25
10	142	14	140	77	3	77	18	0	18	14	5	12	20	0	20	26	0	26
11	148	22	140	76	3	76	16	0	16	16	9	12	21	0	21	22	0	22
12	150	32	140	73	3	73	17	3	14	13	10	12	27	0	27	29	0	29

Zaman adımları	T_{A7} (k)	D_{A7} (k)	P_{A7} (k)	T_{A8} (k)	D_{A8} (k)	P_{A8} (k)	T_{A9} (k)	D_{A9} (k)	P_{A9} (k)
1	16	0	16	21	0	21	156	0	156
2	16	0	16	21	0	21	154	0	154
3	19	0	19	19	0	19	146	0	146
4	16	0	16	24	0	24	147	0	147
5	14	0	14	23	0	23	143	0	143
6	12	0	12	25	0	25	146	0	146
7	11	0	11	21	0	21	149	0	149
8	12	0	12	18	0	18	164	0	164
9	14	0	14	20	0	20	163	0	163
10	12	0	12	25	0	25	161	0	161
11	16	0	16	23	0	23	163	0	163
12	13	0	13	23	0	23	160	0	160

Ek D : Vaka 4 çalışmasında kurulan modelin çözümlenmesi sonucu oluşan veriler

Ek D.1 : Vaka 4 çalışmasına ait modelin lingo dilinde yazılışı

```
SETS:
!İNDİSLER;
!k indisi;
zamanadimi/1..12/:DK;
!j indisi;
atikcesidi/1..9/:mt,md,ml,my,mb,mg,PM;
!kj indisi;
atik(zamanadimi,atikcesidi):S,T,D,P;
ENDSETS
!VERİLER;
DATA:
mt=68,68,68,68,68,68,68,68,68;
md=52,38,38,156,38,38,38,38,52;
ml=42,42,108,42,132,132,132,132,132;
my=2352,1010,0,0,0,0,0,0,0;
mb=0,0,115,1615,0,0,0,0,0;
mg=0,0,0,0,5100,450,150,452,1321;
PM=100,50,14,12,10,20,10,10,120;
DK=500,500,500,500,500,500,500,500,500,500,500,500;
S=127,68,18,13,19,24,16,21,156,
  116,80,16,13,27,35,16,21,154,
  133,73,16,12,20,28,19,19,146,
  126,66,16,16,23,24,16,24,147,
  124,71,17,14,21,24,14,23,143,
  135,68,15,15,29,26,12,25,146,
  131,61,18,12,31,27,11,21,149,
  120,83,16,17,26,29,12,18,164,
  152,73,14,12,38,25,14,20,163,
  142,77,18,14,20,26,12,25,161,
  148,76,16,16,21,22,16,23,163,
  150,73,17,13,27,29,13,23,160;
ENDDATA
!AMAÇ FONKSİYONU;
MAX=
!toplama maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):mt(J)*T(K,J)))
!depolama maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K)|K#EQ#1:md(J)*(T(K,J)-
P(K,J))))
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K)|K#NE#1:md(J)*(D(K-
1,J)+T(K,J)-P(K,J))))
!taşıma maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):ml(J)*P(K,J)))
!yeniden kullanılacak atıklar için işleme maliyeti;
+@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):(my(J)*P(K,J))))
!bertaraf edilecek atıklar için bertaraf etme maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):mb(J)*P(K,J)))
!geri dönüştürülecek atıklar için geri dönüştürme maliyeti;
+@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):mg(J)*P(K,J)));
!KISITLAR;
@for(zamanadimi(K):@for(atikcesidi(J):T(K,J)=S(K,J)));
@for(atikcesidi(J):@for(zamanadimi(K):P(K,J)>=PM(J)));
@for(zamanadimi(K):@sum(atikcesidi(J):P(K,J))<=@sum(atikcesidi(J):T(
K,J)));
@for(zamanadimi(K):@for(atikcesidi(J):P(K,J)<=T(K,J)));
@for(zamanadimi(K)|K#EQ#1:@sum(atikcesidi(J):T(K,J)-P(K,J))<=DK(K));
```

```

@for(zamanadimi(K) | K#EQ#1:@for(atikcesidi(J) : (T(K,J) -
P(K,J))=D(K,J)));
@for(zamanadimi(K) | K#NE#1:@sum(atikcesidi(J) : D(K-1,J) + T(K,J) -
P(K,J))<=DK(K));
@for(zamanadimi(K) | K#NE#1:@for(atikcesidi(J) : (D(K-1,J) + T(K,J) -
P(K,J))=D(K,J)));
@for(zamanadimi(K) :@for(atikcesidi(J) | J#EQ#3:D(K,J)<=20));
@for(zamanadimi(K) :@for(atikcesidi(J) | J#EQ#4:D(K,J)<=10));
END

```

Ek D.2 : Vaka 4 çalışmasında önerilen modelin çözüm özeti

Lingo 13.0 Solver Status [model_uygulama_vaka_4]

Solver Status Model Class: LP State: Global Opt Objective: 7.73948e+006 Infeasibility: 0 Iterations: 1		Variables Total: 216 Nonlinear: 0 Integers: 0	
Extended Solver Status Solver Type: - - - Best Obj: - - - Obj Bound: - - - Steps: - - - Active: - - -		Constraints Total: 373 Nonlinear: 0	
		Nonzeros Total: 1077 Nonlinear: 0	
		Generator Memory Used (K) 99	
		Elapsed Runtime (hh:mm:ss) 00:00:00	
Update Interval: 2		Interrupt Solver Close	

Ek D.3 : Vaka 4 için optimal çözümler

Zaman adımları	T_{A1} (k)	D_{A1} (k)	P_{A1} (k)	T_{A2} (k)	D_{A2} (k)	P_{A2} (k)	T_{A3} (k)	D_{A3} (k)	P_{A3} (k)	T_{A4} (k)	D_{A4} (k)	P_{A4} (k)	T_{A5} (k)	D_{A5} (k)	P_{A5} (k)	T_{A6} (k)	D_{A6} (k)	P_{A6} (k)
1	127	0	127	68	0	68	18	0	18	13	0	13	19	0	19	24	0	24
2	116	0	116	80	0	80	16	0	16	13	0	13	27	0	27	35	0	35
3	133	0	133	73	0	73	16	0	16	12	0	12	20	0	20	28	0	28
4	126	0	126	66	0	66	16	0	16	16	0	16	23	0	23	24	0	24
5	124	0	124	71	0	71	17	0	17	14	0	14	21	0	21	24	0	24
6	135	0	135	68	0	68	15	0	15	15	0	15	29	0	29	26	0	26
7	131	0	131	61	0	61	18	0	18	12	0	12	31	0	31	27	0	27
8	120	0	120	83	0	83	16	2	14	17	3	14	26	0	26	29	0	29
9	152	0	140	73	0	73	14	2	14	12	3	12	38	0	38	25	0	25
10	142	0	140	77	0	77	18	6	14	14	5	12	20	0	20	26	0	26
11	148	0	140	76	0	76	16	8	14	16	9	12	21	0	21	22	0	22
12	150	0	140	73	0	73	17	11	14	13	10	12	27	0	27	29	0	29

Zaman adımları	T_{A7} (k)	D_{A7} (k)	P_{A7} (k)	T_{A8} (k)	D_{A8} (k)	P_{A8} (k)	T_{A9} (k)	D_{A9} (k)	P_{A9} (k)
1	16	0	16	21	0	21	156	0	156
2	16	0	16	21	0	21	154	0	154
3	19	0	19	19	0	19	146	0	146
4	16	0	16	24	0	24	147	0	147
5	14	0	14	23	0	23	143	0	143
6	12	0	12	25	0	25	146	0	146
7	11	0	11	21	0	21	149	0	149
8	12	0	12	18	0	18	164	0	164
9	14	0	14	20	0	20	163	0	163
10	12	0	12	25	0	25	161	0	161
11	16	0	16	23	0	23	163	0	163
12	13	0	13	23	0	23	160	0	160

Ek E : Vaka 5 çalışmasında kurulan modelin çözümlenmesi sonucu oluşan veriler

Ek E.1 : Vaka 5 çalışmasına ait modelin lingo dilinde yazılışı

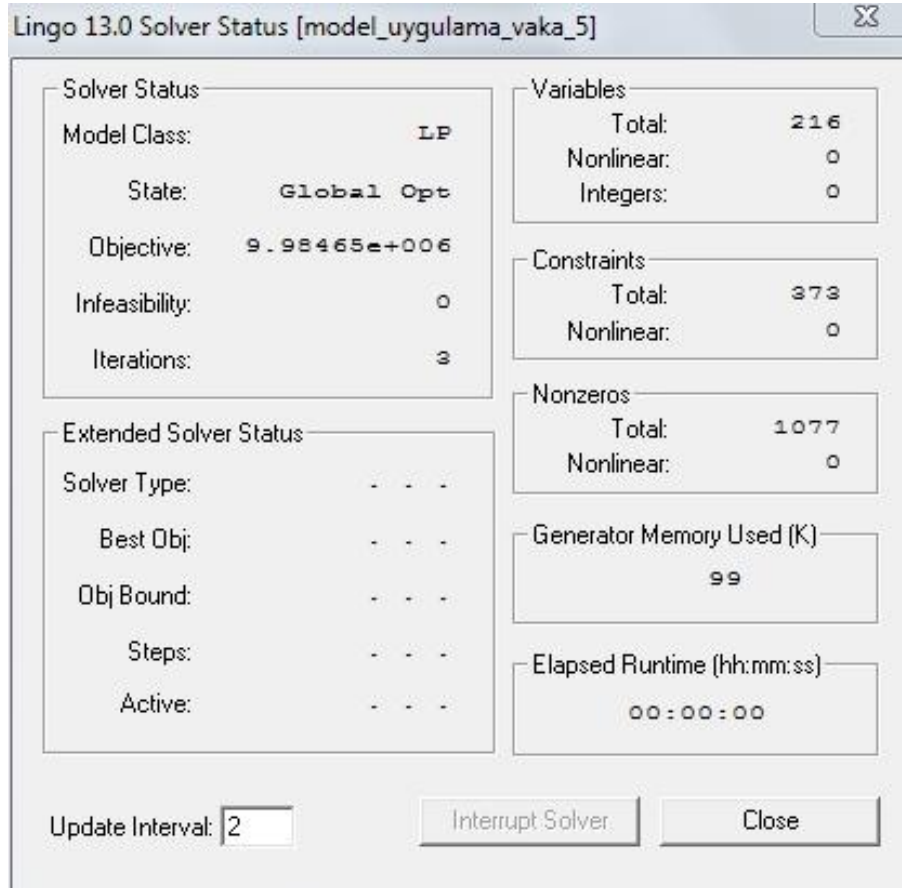
```
SETS:
!İNDİSLER;
!k indisi;
zamanadimi/1..12/:DK;
!j indisi;
atikcesidi/1..9/:mt,md,ml,my,mb,mg,PM;
!kj indisi;
atik(zamanadimi,atikcesidi):S,T,D,P;
ENDSETS
!VERİLER;
DATA:
mt=68,68,68,68,68,68,68,68,68;
md=52,38,38,156,38,38,38,38,52;
ml=42,42,108,42,132,132,132,132,132;
my=2352,1010,0,0,0,0,0,0,0;
mb=0,0,115,1615,0,0,0,0,0;
mg=0,0,0,0,5100,450,150,452,1321;
PM=100,50,14,12,10,20,10,0,0;
DK=500,500,500,500,500,500,500,500,500,500,500,500;
S=283,89,18,13,19,24,16,0,0,
  270,101,16,13,27,35,16,0,0,
  279,92,16,12,20,28,19,0,0,
  273,90,16,16,23,24,16,0,0,
  267,94,17,14,21,24,14,0,0,
  281,93,15,15,29,26,12,0,0,
  280,82,18,12,31,27,11,0,0,
  284,101,16,17,26,29,12,0,0,
  315,93,14,12,38,25,14,0,0,
  302,102,18,14,20,26,12,0,0,
  311,99,16,16,21,22,16,0,0,
  310,97,17,13,27,29,13,0,0;
ENDDATA
!AMAÇ FONKSİYONU;
MAX=
!toplama maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):mt(J)*T(K,J)))
!depolama maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K)|K#EQ#1:md(J)*(T(K,J)-
P(K,J))))
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K)|K#NE#1:md(J)*(D(K-
1,J)+T(K,J)-P(K,J))))
!taşıma maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):ml(J)*P(K,J)))
!yeniden kullanılacak atıklar için işleme maliyeti;
+@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):(my(J)*P(K,J))))
!bertaraf edilecek atıklar için bertaraf etme maliyeti;
-@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):mb(J)*P(K,J)))
!geri dönüştürülecek atıklar için geri dönüştürme maliyeti;
+@sum(atikcesidi(J):@sum(zamanadimi(K):mg(J)*P(K,J)));
!KISITLAR;
@for(zamanadimi(K):@for(atikcesidi(J):T(K,J)=S(K,J)));
@for(atikcesidi(J):@for(zamanadimi(K):P(K,J)>=PM(J)));
@for(zamanadimi(K):@sum(atikcesidi(J):P(K,J))<=@sum(atikcesidi(J):T(
K,J)));
@for(zamanadimi(K):@for(atikcesidi(J):P(K,J)<=T(K,J)));
@for(zamanadimi(K)|K#EQ#1:@sum(atikcesidi(J):T(K,J)-P(K,J))<=DK(K));
```

```

@for(zamanadimi(K) | K#EQ#1:@for(atikcesidi(J) : (T(K,J) -
P(K,J))=D(K,J)));
@for(zamanadimi(K) | K#NE#1:@sum(atikcesidi(J) : D(K-1,J) + T(K,J) -
P(K,J)) <= DK(K));
@for(zamanadimi(K) | K#NE#1:@for(atikcesidi(J) : (D(K-1,J) + T(K,J) -
P(K,J))=D(K,J)));
@for(zamanadimi(K) : @for(atikcesidi(J) | J#EQ#3 : D(K,J) <= 20));
@for(zamanadimi(K) : @for(atikcesidi(J) | J#EQ#4 : D(K,J) <= 10));
END

```

Ek E.2 : Vaka 5 çalışmasında önerilen modelin çözüm özeti



Ek E.3 : Vaka 5 için optimal çözümler

Zaman adımları	T_{A1} (k)	D_{A1} (k)	P_{A1} (k)	T_{A2} (k)	D_{A2} (k)	P_{A2} (k)	T_{A3} (k)	D_{A3} (k)	P_{A3} (k)	T_{A4} (k)	D_{A4} (k)	P_{A4} (k)	T_{A5} (k)	D_{A5} (k)	P_{A5} (k)	T_{A6} (k)	D_{A6} (k)	P_{A6} (k)
1	283	0	283	89	0	89	18	0	18	13	0	13	19	0	19	24	0	24
2	270	0	270	101	0	101	16	0	16	13	0	13	27	0	27	35	0	35
3	279	0	279	92	0	92	16	0	16	12	0	12	20	0	20	28	0	28
4	273	0	273	90	0	90	16	0	16	16	0	16	23	0	23	24	0	24
5	267	0	267	94	0	94	17	0	17	14	0	14	21	0	21	24	0	24
6	281	0	281	93	0	93	15	0	15	15	0	15	29	0	29	26	0	26
7	280	0	280	82	0	82	18	0	18	12	0	12	31	0	31	27	0	27
8	284	0	284	101	0	101	16	2	14	17	3	14	26	0	26	29	0	29
9	315	0	315	93	0	93	14	2	14	12	3	12	38	0	38	25	0	25
10	302	0	302	102	0	102	18	6	14	14	5	12	20	0	20	26	0	26
11	311	0	311	99	0	99	16	8	14	16	9	12	21	0	21	22	0	22
12	310	0	310	97	0	97	17	11	14	13	10	12	27	0	27	29	0	29

Zaman adımları	T_{A7} (k)	D_{A7} (k)	P_{A7} (k)	T_{A8} (k)	D_{A8} (k)	P_{A8} (k)	T_{A9} (k)	D_{A9} (k)	P_{A9} (k)
1	16	0	16	0	0	0	0	0	0
2	16	0	16	0	0	0	0	0	0
3	19	0	19	0	0	0	0	0	0
4	16	0	16	0	0	0	0	0	0
5	14	0	14	0	0	0	0	0	0
6	12	0	12	0	0	0	0	0	0
7	11	0	11	0	0	0	0	0	0
8	12	0	12	0	0	0	0	0	0
9	14	0	14	0	0	0	0	0	0
10	12	0	12	0	0	0	0	0	0
11	16	0	16	0	0	0	0	0	0
12	13	0	13	0	0	0	0	0	0

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Öner ÇETİN

Doğum Yeri ve Tarihi: Kadıköy / 16.08.1986

Adres: Güzeller Mah. 939 Sk. No:39 K:3 D:5 Gebze/KOCAELİ

E-Posta: onercetin@istanbul.edu.tr

Lisans: Kimya Mühendisliği (İstanbul Üniversitesi)

Yüksek Lisans: İşletme Mühendisliği (İstanbul Teknik Üniversitesi)

Mesleki Deneyim: Proje Mühendisi (Teklas Kauçuk A.Ş.)

Ürün Geliştirme Mühendisi (Teklas Kauçuk A.Ş.)

Operasyon Takım Lideri (Seaman Safety Company)