

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TERSİNE LOJİSTİK VE BİR BEYAZ EŞYA
ÜRETİCİSİ FİRMADA GERİ DÖNÜŞÜM SİSTEMİ
AĞ TASARIMININ YAPILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Hüseyin Selçuk KILIÇ**

Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

Programı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ

MAYIS 2005

**TERSİNE LOJİSTİK VE BİR BEYAZ EŞYA ÜRETİCİSİ
FİRMADA GERİ DÖNÜŞÜM SİSTEMİ AĞ TASARIMININ
YAPILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Hüseyin Selçuk KILIÇ
(507031113)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Mayıs 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Mayıs 2005**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ufuk CEBECİ
Diğer Jüri Üyeleri: Öğr. Gör. Dr. Cemil CEYLAN (İTÜ)
Öğr. Gör. Dr. Halefşan SÜMEN (İTÜ)**

MAYIS 2005

ÖNSÖZ

Tezle birlikte yeni bir konu olan ve gün geçtikçe önemi artan tersine lojistik konusu elektrikli ve elektronik ürünler kapsamında incelenmiş ve Türkiye’de bir beyaz eşya üreticisinde uygulaması yapılmıştır.

Tez çalışmasının bütün aşamalarında bana her türlü yardımı sağlayan başta değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Ufuk Cebeci’ye, sunduğu imkânlardan ötürü Türkiye’nin önde gelen beyaz eşya üreticisi olan Arçelik kurumuna özellikle Sn. Talat Yüksel’e, değerli arkadaşlarıma ve aileme teşekkür ederim.

Mayıs 2005

Hüseyin Selçuk KILIÇ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR.....	viii
TABLO LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
SEMBOL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xvi
SUMMARY.....	xvii

1 GİRİŞ.....	1
2 TERSİNE LOJİSTİĞE GİRİŞ.....	4
2.1 Tanımı ve Kapsamı.....	4
2.2 Tersine Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi İlişkisi.....	6
2.2.1 İleri Yönde Lojistik ile Tersine Lojistik Arasındaki Farklar.....	7
2.2.2 Tedarik Zinciri Yönetimi Çerçevesi.....	7
2.2.3 Geri Dönüşüm Süreçlerini İçeren Zenginleştirilmiş Çerçeve.....	9
2.3 Tersine Lojistiğin Önündeki Engeller.....	11
2.3.1 Bilgi ve Teknolojik Sistem Eksikliği.....	11
2.3.2 Ürün Kalitesine İlişkin Problemler.....	12
2.3.3 Şirket Politikaları.....	12
2.3.4 Tersine Lojistik Değişimine Direnç.....	12
2.3.5 Uygun Performans Metriklerinin Eksikliği.....	13
2.3.6 Eğitim ve Bilgi Eksikliği.....	13
2.3.7 Finanssal Kısıtlar.....	13
2.3.8 Üst Yönetimin Katılım Esnekliği.....	14
2.3.9 Tersine Lojistik Bilgisinden Yoksunluk.....	14
2.3.10 Stratejik Plan Esnekliği.....	14
2.3.11 Bayilerin, Distribütörlerin ve Perakendecilerin Destek Konusunda İsteksizliği.....	15
2.4 Tersine Lojistik ve Sürekli Gelişim İlişkisi.....	15
2.4.1 Sürekli Gelişim ve Ürün Perspektifi.....	15
2.4.2 Sürekli Gelişim ve Organizasyon Perspektifi.....	16
3 TERSİNE LOJİSTİKTE NİÇİN? , NASIL? , NE? VE KİM?.....	17
3.1 Tersine Lojistikte “Niçin ?”.....	17
3.1.1 Tersine Lojistiğe Neden Olan Güçler.....	17
3.1.1.1 Ekonomik Neden.....	18

3.1.1.2	Yasama.....	19
3.1.1.3	Kurumsal Sorumluluk.....	19
3.1.2	Tersine Lojistikte Dönüş Nedenleri.....	20
3.1.2.1	Üretimden Dönenler.....	21
3.1.2.2	Dağıtımdan Dönenler.....	21
3.1.2.3	Müşteriden Dönenler.....	22
3.2	Tersine Lojistikte “Nasıl ?”.....	23
3.3	Tersine Lojistikte “Ne ?”.....	25
3.3.1	Dönen Ürünlerin Kompozisyonları.....	25
3.3.2	Dönen Ürünlerin Bozulmaları.....	26
3.3.3	Dönen Ürünlerin Kullanım Şekilleri.....	26
3.4	Tersine Lojistikte “Kim ?”.....	27
4	TERSİNE LOJİSTİK AĞ TASARIMI.....	30
4.1	Tersine Lojistik Ağ Yapılarının İncelenmesi.....	30
4.2	Tersine Lojistik Ağ Yapılarının Özellikleri.....	32
4.3	Tersine Lojistik Ağ Yapısı Türleri.....	34
4.3.1	Zorunlu Almayı Gerektiren Ağ Yapıları.....	34
4.3.2	Katma Değerli Geri Kazanım İçin Orijinal Ekipman Üreticileri Ağ Yapıları.....	34
4.3.3	Revizyonlu Ürüne Odaklanmış Ağ Yapıları.....	35
4.3.4	Malzeme Geri Kazanımı İçin Geri Dönüşüm Ağ Yapıları.....	36
4.3.5	Yeniden Doldurulabilir Konteynırlar İçin Ağ Yapıları.....	36
4.4	Örnek Olay: IBM.....	36
5	TERSİNE LOJİSTİK AĞ TASARIMI İÇİN KANTİTATİF MODELLER.....	39
5.1	Literatürde Tersine Lojistik Ağ Yapısı Modelleri.....	39
5.2	Temel Tesis Lokasyon Modeli.....	42
5.3	Sürekli Ağ Tasarım Modeli.....	47
6	ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK EKİPMAN ATIKLARINA AİT AB DİREKTİFİNİN ÜRETİCİLERE GETİRDİKLERİ.....	49
6.1	Amaç.....	49
6.2	Kapsam.....	49
6.3	Üretici sorumlulukları.....	50
6.3.1	Bireysel Sorumluluk.....	50
6.3.2	Finansal Sorumluluk.....	50
6.3.3	Toplamaya Ait Sorumluluklar.....	50
6.3.4	Geri Kazanım Prosesine Ait Sorumluluklar.....	50

7 ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK EKİPMAN ATIKLARININ GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMESİNE AİT SİSTEMLER.....	52
7.1 Manüel Demontaj Sistemleri.....	53
7.2 Ezici/Öğütücülü Sistemler.....	54
7.3 Otomatik Demontaj Sistemleri.....	56
 8 DÜNYADA ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK EKİPMANLARA AİT GERİ DÖNÜŞÜM SİSTEMLERİ.....	 57
8.1 AB’de Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlara Ait Sistemler.....	57
8.1.1 AB’de Elektrikli ve Elektronik Atık Toplama Yöntemleri.....	59
8.1.1.1 Perakendeci Geri Alma ve Toplama.....	60
8.1.1.2 Üretici Geri Alma ve Depolama.....	60
8.1.1.3 Belediye Toplama Noktaları.....	60
8.1.1.4 Diğer Toplama Noktaları.....	61
8.1.1.5 Kapıdan Toplama.....	61
8.1.1.6 Ticari Toplama.....	61
8.1.1.7 Sistemlerin Kullandıkları Toplama Yerlerinin Dağılımı.....	61
8.1.2 Fon Yapıları.....	62
8.1.2.1 Her Ürün İçin Geri Dönüşüm Bedeli (Gelecek ve Tarihi Atık).....	62
8.1.2.2 Her Ürün İçin Geri Dönüşüm Bedeli (Mevcut Atık).....	63
8.1.2.3 Her Ürün İçin Geri Dönüşüm Bedeli (Tarihi Atık Yok).....	63
8.1.2.4 Gerçek Maliyetler (Mevcut Pazar Payı ve Ödenmemiş Borç).....	63
8.1.2.5 Geri Dönen Elektronik Atık Marka Oranı (Ödenmemiş borç)	63
8.1.2.6 Belediye Çöp Vergilendirmesi.....	63
8.1.3 Geri Dönüşüm Bedellerinin Hesaplanması.....	64
8.1.4 Toplama ve İşlemede Etkinlik.....	64
8.1.4.1 Kişi Başına Toplanan Elektrikli ve Elektronik Atıklar.....	64
8.1.4.2 Ülkelerde Mevcut Durumda Geri Kazanım Oranları.....	65
8.1.4.3 Geri Dönüşüm ve Taşıma Maliyetlerini Etkileyen Faktörler.....	65
8.1.4.4 Ürün Kategorileri Bazında Taşıma ve İşleme Maliyetleri.....	66
8.1.4.5 AB Toplama Sistemlerinde Maliyet Kalemlerinin Dağılımı.....	66
8.2 Amerika’da Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlara Ait Sistemler.....	67
8.3 Japonya’da Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlara Ait Sistemler.....	68
8.4 Tayvan’da Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlara Ait Sistemler.....	68
 9 TERSİNE LOJİSTİKTE ÜRÜN ÖMRÜ.....	 70
9.1 Weibull Modeli.....	71
9.1.1 Weibull Olasılık Dağılım Fonksiyonu.....	71
9.1.2 Kümülatif Dağılım Fonksiyonu.....	72
9.2 EEEA’ yı İzlemek İçin Uygun Örneklem Hacmi.....	75

9.3 Modelin Çalıştırılması.....	76
9.3.1 Örnek Bir Uygulama.....	77

10 BİR BEYAZ EŞYA ÜRETİCİSİNİN AB DİREKTİFİ DOĞRULTUSUNDA TÜRKİYE’DE GERİ DÖNÜŞÜM SİSTEMİ

AĞ TASARIMININ YAPILMASI.....	81
10.1 Sistemin İşleyişi.....	81
10.1.1 Elektrikli ve Elektronik Atıkların Merkezi Toplama Noktalarına Kadar Toplanması.....	82
10.1.2 Merkezi Toplama Noktalarından Üreticilere Ait Depolama Noktalarına Sevkıyat.....	83
10.1.3 Depolama Noktalarından Geri Dönüşüm Tesislerine Sevkıyat.....	83
10.1.4 Geri Dönüşüm Tesisinden İkincil Malzeme Pazarı veya Özel İşlem Gerektiren Noktalara Sevkıyat.....	84
10.2 Modelin Oluşturulması.....	84
10.2.1 Modelin Amacı.....	84
10.2.2 Model Parametrelerinin Belirlenmesi.....	84
10.2.2.1 Açığa Çıkacak Olan Elektrikli ve Elektronik Atık Miktarı.....	86
10.2.2.2 Ürün Kategorilerinin Belirlenmesi.....	89
10.2.2.3 Ürün Kategorilerinin Minimum Geri Dönüşüm Oranının Belirlenmesi.....	90
10.2.2.4 Ürün Kategorilerinin Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	90
10.2.2.5 Ürün Kategorilerinin Hacimlerinin Belirlenmesi.....	91
10.2.2.6 Ürün Kategorilerinin Birim Km Taşıma Maliyetlerinin Belirlenmesi.....	91
10.2.2.7 Ürün Kategorilerinin Malzeme Kompozisyonlarının Belirlenmesi.....	92
10.2.2.8 Faydalı Malzeme Kg Gelirlerinin Belirlenmesi.....	94
10.2.2.9 Faydalı Malzeme Kg Km Taşıma Maliyetlerinin Belirlenmesi.....	95
10.2.2.10 Zararlı Malzeme Kg İmha Giderlerinin Belirlenmesi.....	96
10.2.2.11 Zararlı Malzeme Kg Km Taşıma Maliyetlerinin Belirlenmesi.....	96
10.2.2.12 Depolama Noktalarının Özelliklerinin Belirlenmesi.....	97
10.2.2.13 Depolama Noktalarının Konum Kümelerinin Oluşturulması....	97
10.2.2.14 Depolama Noktalarının Kapasitelerinin Belirlenmesi.....	97
10.2.2.15 Depolama Noktalarının Yıllık Sabit Maliyeti ve Elleçleme Maliyetinin Belirlenmesi.....	99
10.2.2.16 Geri Dönüşüm Tesislerinin Özelliklerinin Belirlenmesi.....	104
10.2.2.17 Geri Dönüşüm Tesislerinin Konum Kümelerinin Oluşturulması.....	105
10.2.2.18 Geri Dönüşüm Tesislerinin Kapasitelerinin Belirlenmesi.....	105

10.2.2.19 Geri Dönüşüm Tesislerinin Yıllık Sabit Maliyeti ve İşleme Maliyetinin Belirlenmesi.....	106
10.2.2.20 Geri Dönüşüm Tesislerinin Malzeme İşleme Verimliliklerinin Belirlenmesi.....	107
10.2.2.21 İkincil Malzeme Pazarlarının Konumlarının Belirlenmesi...	108
10.2.2.22 Zararlı Malzeme İmha Tesislerinin Konumlarının Belirlenmesi.....	108
10.3 Modelin Kurulması.....	109
10.3.1 İndisler.....	109
10.3.2 Karar Değişkenleri.....	109
10.3.3 Parametreler.....	110
10.3.4 Model.....	111
10.3.5 Kısıt Açıklamaları.....	113
10.3.6 Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	114
11 SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	122
KAYNAKLAR.....	124
EKLER.....	128
ÖZGEÇMİŞ.....	140

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
USA	: United States of America (Amerika Birleşik Devletleri)
UK	: United Kingdom (Birleşik Krallık)
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
EC	: European Community (Avrupa Topluluğu)
REVLOG	: Reverse Logistics (Tersine Lojistik)
OEM	: Original Equipment Manufacturers (Asıl Ekipman Üreticileri)
GARS	: Global Asset Recovery System (Küresel Kaynak Geri Kazanım Sistemi)
PC	: Personal Computer (Kişisel Bilgisayar)
MILP	: Mixed Integer Linear Programming (Karışık Tamsayılı Lineer Programlama)
WEEE	: Waste Electrical Electronic Equipment (Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıkları)
HCFC	: Hydro Chloro Fluoro Carbon
HFC	: Hydro Fluoro Carbon
HC	: Hydro Carbon
CFC	: Chloro Fluoro Carbon
BT	: Bilişim Teknolojileri
NVMP	: Nederlandse vereniging Verwijdering Metalektro Producten (Hollanda Ulusal Elektronik Atık Toplama Sistemi)
SWICO	: Schweizerische Wirtschaftsverband der Informations, Kommunikations- und Organisationstechnik. (İsviçre Elektrikli ve Elektronik Atık Toplama Sistemi)
IT	: Information Technologies (Bilgi Teknolojileri)
ICT	: Information Communication Technology (Bilgi İletişim Teknolojisi)
CL	: Confidence Level (Güvenilirlik Seviyesi)
TV	: Televizyon
GAMS	: General Algebraic Modeling System (Genel Matematiksel Modelleme Sistemi)
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasıla
CRT	: Cathode Ray Tube
ABS	: Acrylonitrile Butadiene Styrene
PP	: Polypropylene
HIPS	: High Impact Polystyrene
PVC	: Polyvinyl
PS	: Polystyrene
PU	: Poly Urethane
EEEA	: Elektrikli Elektronik Ekipman Atıkları

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 5.1	Tersine lojistik tesis lokasyon modelleri..... 39
Tablo 6.1	Ürün kategorilerinin geri kazanım, geri dönüşüm, yeniden kullanma oranları..... 51
Tablo 7.1	Çamaşır makinesine ait manüel demontaj süreçleri..... 54
Tablo 8.1	AB elektronik atık yapılarının toplama kanallarını kullanma yüzdeleri..... 62
Tablo 8.2	Sistemlere göre ürün geri dönüşüm bedellerinin hesaplanma şekli. 64
Tablo 8.3	Bazı ürün gruplarının sistemlere göre geri dönüşüm bedelleri..... 64
Tablo 8.4	Sistemlerin yıllık kişi başına elektronik atık toplama miktarları (kg/kişi)..... 64
Tablo 8.5	Ülkelerde yıllık kişi başına toplanan elektronik atık miktarları (kg/kişi)..... 65
Tablo 8.6	Ülkeler bazında geri dönüşüm oranları..... 65
Tablo 8.7	Ürün kategorileri bazında kg taşıma ve işleme maliyetleri..... 66
Tablo 8.8	Avrupa'daki sistemlerde maliyet kalemlerinin dağılımı..... 67
Tablo 9.1	Beta = 0,5 için alfa = 15 için dağılım değerleri 72
Tablo 9.2	Beta = 1 için, alfa = 15 için dağılım değerleri..... 73
Tablo 9.3	Beta = 3 için alfa = 15 için dağılım değerleri 74
Tablo 9.4	Beta ve x/alfa değerleri için %90 G. Seviyesinde gereken örneklem hacimleri..... 76
Tablo 9.5	Çamaşır makinesi ürün ömür değerleri..... 78
Tablo 9.6	Lineer regresyon değerleri..... 78
Tablo 9.7	1980'de üretilen 10000 adet ürünün yıllara göre dönüş değerleri..... 80
Tablo 10.1	Türkiye'de yıllara göre ürün satışları..... 87
Tablo 10.2	Modelde kabul edilen Türkiye'de ürün kategorilerinin ağırlıkça ve adetçe bulunma oranları..... 87
Tablo 10.3	Hollanda NVMP sisteminin topladığı ürün kategorilerinin ağırlıkça bulunma oranları..... 88
Tablo 10.4	Hollanda NVMP sisteminin topladığı ürün kategorilerinin adetçe oranları..... 88
Tablo 10.5	Kişi başı yıllık 0,5 kg toplanması durumunda atık ürün kategori adetleri..... 88
Tablo 10.6	Kişi başı yıllık 1 kg toplanması durumunda atık ürün kategori adetleri..... 89
Tablo 10.7	Kişi başı yıllık 2 kg toplanması durumunda atık ürün kategori adetleri..... 89
Tablo 10.8	Kişi başı yıllık 4 kg toplanması durumunda atık ürün kategori adetleri..... 89
Tablo 10.9	Ürün kategorisi minimum geri dönüşüm oranı..... 90
Tablo 10.10	Hollanda sistemi (NVMP) ürün kategori ağırlıkları..... 90
Tablo 10.11	1992-2004 arası mevcut satışlardaki büyük eşya toplam satışları... 91

Tablo 10.12	Ürün kategorilerine ait ağırlık, hacim ve taşıma maliyetleri.....	92
Tablo 10.13	Büyük eşya malzeme kompozisyonu.....	93
Tablo 10.14	Soğutucu malzeme kompozisyonları.....	93
Tablo 10.15	TV malzeme kompozisyonları.....	94
Tablo 10.16	Küçük eşya malzeme kompozisyonları.....	94
Tablo 10.17	Faydalı malzemelerin kg gelirleri.....	95
Tablo 10.18	Kamyonun tam dolu olduğu zaman alabileceği malzeme miktarları.....	95
Tablo 10.19	Gelir getiren malzemelerin kg*km taşıma maliyetleri.....	96
Tablo 10.20	Zararlı malzeme kg işleme maliyetleri.....	96
Tablo 10.21	Zararlı malzemelerin kg*km taşıma maliyetleri.....	97
Tablo 10.22	Depo türlerinin kullanılabilir alanları.....	98
Tablo 10.23	Depoların olduğu illerde olası depo tipleri.....	98
Tablo 10.24	Depo hesaplanmasında kullanılan birim maliyetler.....	99
Tablo 10.25	Arsa satın alma maliyetleri.....	100
Tablo 10.26	Ofis yapım maliyeti.....	100
Tablo 10.27	Stok alanı sundurma maliyeti.....	100
Tablo 10.28	Yıllık sabit enerji giderleri.....	101
Tablo 10.29	Yıllık sabit ofis giderleri.....	101
Tablo 10.30	Depo yönetim giderleri.....	101
Tablo 10.31	Depolarda kullanılan ekipmanlar ve maliyetleri.....	103
Tablo 10.32	Depo yıllık sabit maliyetleri.....	103
Tablo 10.33	Depolarda kullanılması planlanan işçi sayıları ve maliyetleri.....	103
Tablo 10.34	Depolarda birim hacim değişken maliyetler (€/m ³).....	104
Tablo 10.35	Depo türlerine ve konumlarına göre birim ürün kategori elleçleme maliyeti.....	104
Tablo 10.36	Tesis kümelerinin konumları ve kapasiteleri.....	106
Tablo 10.37	Geri dönüşüm tesislerinin yıllık sabit maliyetleri ve kg işleme maliyetleri.....	107
Tablo 10.38	İkincil malzemelerin gidebileceği pazar yerleri.....	108
Tablo 10.39	Zararlı malzemelerin imha edildiği tesislerin bulunduğu iller	109
Tablo 10.40	Senaryo 1 durumunda depolardaki ürün miktarları ve depo kapasite kullanım oranları.....	114
Tablo 10.41	Senaryo 1 durumunda tesislerdeki ürün miktarları ve tesis kapasite kullanım oranları.....	114
Tablo 10.42	Senaryo 1 durumunda ikincil malzeme pazarlarında bulunan ferros metal, alüminyum, bakır, ABS, PP, HIPS, PS, PVC ve karışık plastik miktarları.....	115
Tablo 10.43	Senaryo 1 durumunda ikincil malzeme pazarlarında bulunan cam, beton, tahta, kauçuk, bitüm, kompresör, PU ve diğer karışık malzeme miktarları (kg).....	115
Tablo 10.44	Senaryo 1 durumunda zararlı malzeme tesislerindeki malzeme miktarları (kg).....	115
Tablo 10.45	Senaryo 2 durumunda depolardaki ürün miktarları ve depo kapasite kullanım oranları.....	116
Tablo 10.46	Senaryo 2 durumunda tesislerdeki ürün miktarları ve tesis kapasite kullanım oranları.....	116

Tablo 10.47	Senaryo 2 durumunda ikincil malzeme pazarlarında bulunan ferros metal, alüminyum, bakır, ABS, PP, HIPS, PS, PVC ve karışık plastik miktarları.....	116
Tablo 10.48	Senaryo 2 durumunda ikincil malzeme pazarlarında bulunan cam, beton, tahta, kauçuk, bitüm, kompresör, PU ve diğer karışık malzeme miktarları (kg).....	117
Tablo 10.49	Senaryo 2 durumunda zararlı malzeme tesislerindeki malzeme miktarları (kg).....	117
Tablo 10.50	Senaryo 3 durumunda depolardaki ürün miktarları ve depo kapasite kullanım oranları.....	118
Tablo 10.51	Senaryo 3 durumunda tesislerdeki ürün miktarları ve tesis kapasite kullanım oranları.....	118
Tablo 10.52	Senaryo 3 durumunda ikincil malzeme pazarlarında bulunan ferros metal, alüminyum, bakır, ABS, PP, HIPS, PS, PVC ve karışık plastik miktarları.....	118
Tablo 10.53	Senaryo 3 durumunda ikincil malzeme pazarlarında bulunan cam, beton, tahta, kauçuk, bitüm, kompresör, PU ve diğer karışık malzeme miktarları (kg).....	119
Tablo 10.54	Senaryo 3 durumunda zararlı malzeme tesislerindeki malzeme miktarları (kg).....	119
Tablo 10.55	Senaryo 4 durumunda depolardaki ürün miktarları ve depo kapasite kullanım oranları.....	120
Tablo 10.56	Senaryo 4 durumunda tesislerdeki ürün miktarları ve tesis kapasite kullanım oranları.....	120
Tablo 10.57	Senaryo 4 durumunda ikincil malzeme pazarlarında bulunan ferros metal, alüminyum, bakır, ABS, PP, HIPS, PS, PVC ve karışık plastik miktarları.....	121
Tablo 10.58	Senaryo 4 durumunda ikincil malzeme pazarlarında bulunan cam, beton, tahta, kauçuk, bitüm, kompresör, PU ve diğer karışık malzeme miktarları (kg).....	121
Tablo 10.59	Senaryo 4 durumunda zararlı malzeme tesislerindeki malzeme miktarları (kg).....	121
Tablo A.1	2005’de olması beklenen nüfus	124
Tablo B.1	Kişi başı 0,5 kg elektrikli ve elektronik atık toplandığı zaman illerde çıkması beklenen ürün kategori miktarları	127
Tablo B.2	Kişi başı 1 kg elektrikli ve elektronik atık toplandığı zaman illerde çıkması beklenen ürün kategori miktarları	129
Tablo B.3	Kişi başı 2 kg elektrikli ve elektronik atık toplandığı zaman illerde çıkması beklenen ürün kategori miktarları	131
Tablo B.4	Kişi başı 4 kg elektrikli ve elektronik atık toplandığı zaman illerde çıkması beklenen ürün kategori miktarları	133

ŞEKİL LİSTESİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1	Lineer Ekonomi (mevcut durum)	9
Şekil 2.2	Kapalı döngü ekonomisi (gelecek durum).....	11
Şekil 3.1	Tersine lojistiğe neden olan güçler.....	18
Şekil 3.2	Tersine lojistikte dönüş yerleri.....	21
Şekil 3.3	Tersine lojistikte prosesler.....	24
Şekil 3.4	Geri kazanım opsiyonu tersine çevrilmiş piramit.....	25
Şekil 3.5	Tersine lojistikte kim kimdir ?.....	29
Şekil 4.1	Tersine lojistik ağ yapısı.....	32
Şekil 5.1	Geri kazanım ağ modelinin yapısı.....	43
Şekil 7.1	Ezici öğütücülü sistem.....	55
Şekil 7.2	Yoğunluk prensibine göre ayırım.....	55
Şekil 8.1	Genel bir toplama sistemi.....	60
Şekil 9.1	Beta = 0,5 alfa = 15 için olasılık dağılım fonksiyonu.....	73
Şekil 9.2	Beta = 1 alfa = 15 için olasılık dağılım fonksiyonu.....	74
Şekil 9.3	Beta = 3 alfa = 15 için olasılık dağılım fonksiyonu.....	75
Şekil 10.1	Tersine lojistik ağ tasarım modeli.....	82
Şekil 10.2	Belediyelerin sorumlu olduğu merkezi toplama noktasına kadar olan akışlar.....	83

SEMBOL LİSTESİ

β	: Ürün ömrü hesaplanmasında fonksiyonun şekli
α	: Ürün karakteristik ömrü
$f(x)$	: Weibull dağılımı olasılık fonksiyonu
$F(x)$	: Weibull kümülatif dağılım fonksiyonu
$R(x)$	: Ürün dayanıklılık oranı
x	: Süre
u	: Ürün kategorileri
i	: Toplama noktaları
j	: Depolama noktaları
k	: Geri Dönüşüm tesisleri
l	: Faydalı malzemelerin gittiği ikincil malzeme pazar yerleri
m	: Zararlı malzemeleri imha eden tesisler
f	: Gelir getiren faydalı malzemeler
$m1_{iju}$	: “i” toplama noktasından “j” deposuna giden “u” ürün miktarı. (adet)
$m2_{jku}$	: “j” deposundan “k” tesisine giden “u” ürün miktarı (adet)
$m3_{klf}$	: “k” geri dönüşüm tesisinden “l” ikincil malzeme pazarına “f” faydalı malzeme miktarı (kg)
$m4_{kmz}$	: “k” geri dönüşüm tesisinden “m” zararlı malzeme imha tesisine “z” zararlı malzeme miktarı
b_{ju}	: “j” depolama noktasındaki “u” kategori ürün miktarı (adet)
c_{ku}	: “k” tesisindeki “u” kategori ürün miktarı (adet)
dv_j	: “j” deposu var yada yok (1/0)
tv_k	: “k” tesisi var yada yok (1/0)
$ham1_{kf}$	: “k” geri dönüşüm tesisindeki “f” faydalı malzeme miktarı (kg)
$ham2_{kz}$	: “k” geri dönüşüm tesisindeki “z” zararlı malzeme miktarı (kg)
$nham1_{lf}$	: “l” faydalı malzeme pazarındaki “f” faydalı malzeme miktarı (kg)
$nham2_{mz}$	: “m” zararlı malzeme imha eden ikincil işleme tesisindeki “z” zararlı malzeme miktarı (kg)
ai_u	: “i” toplama noktasındaki “u” kategori ürün miktarı (adet)
$d1_{ij}$	: “i” toplama noktası ile “j” deposu arası uzaklık (km)
$d2_{jk}$	: “j” depolama noktası ile “k” tesisi arası uzaklık (km)
tm_u	: “u” kategori ürün adet*km başına taşıma maliyeti
$tm2_f$	: “f” faydalı malzeme kg*km taşıma maliyeti
$tm3_z$	: “z” faydalı malzeme kg*km taşıma maliyeti
em_{ju}	: “j” deposundaki “u” kategori ürün elleçleme maliyeti
im_{ku}	: “k” tesisinde “u” kategori ürün kg işleme maliyeti
au_u	: “u” kategori ürün ağırlığı (kg)
hu_u	: “u” kategori ürün hacmi (m ³)
$malz1_{uf}$	: “u” kategori üründeki “f” faydalı malzeme oranı (ağırlıkça oran)
$malz2_{uz}$	: “u” kategori üründeki “z” faydalı malzeme oranı (ağırlıkça oran)
get_f	: “f” malzemesi kg getirisi
gid_z	: “z” malzemesi “kg” imha gideri

desm_j	: “j” deposu yıllık sabit maliyeti
tesm_k	: “k” geri dönüşüm tesisi yıllık sabit maliyeti
mindeka_j	: “j” deposu minimum kapasitesi
maksdeka_j	: “j” deposu maksimum kapasitesi
minteka_k	: “k” geri dönüşüm tesisi minimum kapasitesi
makstekak_k	: “k” geri dönüşüm tesisi maksimum kapasitesi
v_{kf}	: “k” geri dönüşüm tesisi “f” malzemesi verimlilik oranı
makspakar_f	: “f” ikincil malzeme pazar yeri “f” malzeme kapasitesi
makszateka_{mz}	: “m” zararlı malzemeleri işleyen nihai işlem tesisinin “z” zararlı malzeme işleme kapasitesi
ged_u	: “u” ürün kategorisi için olması istenen minimum geri dönüşüm oranı
x	: Olması istenen maksimum depo sayısı
y	: Olması istenen maksimum tesis sayısı
d_k	: Müşteri k’nın yıllık talebi $k \in K$ (üretim birimi)
u_k	: Müşteri k’dan kullanılmış ürünlerin yıllık dönüşleri $k \in K$ (üretim birimi)
γ	: Ortalama geri kazanım başarısı
p_i	: Tesis i’nin yıllık kapasitesi $i \in I$
h_j	: Depo j’nin yıllık kapasitesi $j \in J$
r_l	: Test merkezi l’nin yıllık kapasitesi $l \in L$
I	: Potansiyel tesis yerleri kümesi
J	: Potansiyel depolama yerleri kümesi
K	: Sabit müşteri konumları kümesi
L	: Potansiyel test merkezleri konumları kümesi
Y_i^p	: Tesis i’nin açıldığını gösteren belirteç
Y_j^h	: Depo j’nin açıldığını gösteren belirteç
Y_l^r	: Test merkezi l’nin açıldığını gösteren belirteç
X_{ij}^p	: Tesis i’den depo j’ye ürün akışı (üretim birimi)
X_{jk}^h	: Depo j’den müşteri k’ya ürün akışı (üretim birimi)
X_{kl}^c	: Müşteri k’dan test merkezi l’ye ürün akışı (üretim birimi)
X_{li}^r	: Test merkezi l’den fabrika i’ye ürün akışı (üretim birimi)
V_k	: Müşteri k’nın karşılanamamış talebi (üretim birimi)
U_k	: Müşteri k’dan kullanılmış ürünlerin fazla arzı
f_i^p	: Tesis i’ yi açmak için yıllık sabit maliyet
f_j^h	: Depo j’yi açmak için yıllık sabit maliyet
f_l^r	: Test merkezi l’ yi açmak için yıllık sabit maliyet
C_{ij}^p	: Tesis i’ deki birim üretim maliyeti ve tesis i’den müşteri j’ye olan taşıma maliyetinin toplamı
C_{jk}^h	: Depo j’de elleçleme ve depolama maliyeti ile depo j’den müşteri k’ya taşıma maliyeti
C_{kl}^c	: Müşteri k’dan test merkezi l’ye taşıma maliyeti ve test, tetkik ve imha maliyeti

- C_{li}^r : Test merkezi l'den tesis i'ye taşıma maliyeti ile işleme maliyeti
eksi üretim maliyetinin toplamı
- C_k^b : Müşteri k'nın talebinin karşılanamamasının birim maliyeti
- C_k^o : Müşteri k'dan dönüşlerin toplanamama maliyeti

TERSİNE LOJİSTİK VE BİR BEYAZ EŞYA ÜRETİCİSİ FİRMADA GERİ DÖNÜŞÜM SİSTEMİ AĞ TASARIMININ YAPILMASI

ÖZET

Dünyada artan nüfusa karşı kaynakların sınırlı sayıda bulunmasından ötürü kaynakların etkin ve verimli olarak kullanılması hayatın sürdürülebilirliği açısından yeterli değildir. Artan nüfusa bağlı olarak kullanılan ürünlerin miktarı da gün geçtikçe önemli derecede artmaktadır. Bu noktada kullanılmış ürünlerin geri kazanımı hem ikincil kaynak olarak kullanılmalarında hem de bu ürünlerin çevreye verdikleri zararın minimize edilmesinde önemlidir. Bütün dünyada gerek yasal nedenlerden ötürü gerekse de ekonomik kazanımlarından ötürü geri kazanım bunun sonucu olarak tersine lojistik büyük önem kazanmaktadır

Bu tez çalışmasıyla giderek önemi artan ve klasik tedarik zinciri yaklaşımından kapalı döngü sistemlere geçişe neden olan tersine lojistik kavramı elektrikli ve elektronik ekipman atıklar kapsamında incelenmiş ve bir üreticinin geri dönüşüm sistemi ağı tasarımı yapılmıştır.

Çalışma da öncelikli olarak tersine lojistik kavramının ne olduğu, hangi durumlarda açığa çıktığı, kimleri etkilediği, neler kazandırdığı mevcuttaki tedarik zinciri yönetimi anlayışını nasıl etkilediği gibi çeşitli konulara açıklık getirilmeye çalışılmıştır. Tersine lojistik ağı yapısı türlerinden bahsedilmiş, ağı tasarımı kullanılan modeller aktarılmıştır.

Çalışma da odaklanılan temel nokta elektrikli ve elektronik ekipmanlar olduğu için elektrikli ve elektronik ekipmanların geri dönüştürülmesine ait sistemler incelenmiş, geri dönüşüm yöntemleri aktarılmıştır. AB başta olmak üzere dünyadaki elektrikli ve elektronik ekipmanlara ilişkin toplama sistemlerinden, yasal uygulamalardan bahsedilmiştir

Konunun teorik olarak incelenmesinden sonra Türkiye’de yasal olarak şu an taslak aşamasında bulunan ve ileriki yıllarda yürürlüğe girecek bir uygulama karşısında, Türkiye’de faaliyet gösteren bir beyaz eşya üreticisinin geri dönüşüm sistemi ağı tasarımı yapılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla karışık tamsayıli lineer programlama kullanılarak bir geri dönüşüm sistemi ağı tasarımı modellemesi yapılmıştır.

Modeldeki amaç elektrikli ve elektronik ekipmanların belediyelere ait toplama noktalarından ikincil malzeme pazarı veya nihai işleme tesislerine kadar olan en uygun akışını ilgili maliyetleri minimize ederek sağlamaktır. Buradaki maliyetler taşıma maliyeti, elleçleme maliyeti, işleme maliyeti, yeni tesisler ve depolar için sabit maliyet, nihai işlem ve imha maliyetleridir. Maliyetlerin yanı sıra ikincil malzemelerden elde edilen gelir de sisteme dâhil edilmiştir. Model 4 farklı senaryo için GAMS optimizasyon programıyla çözülmüştür. Her senaryo için optimum depo ve tesis konumları belirlenmiştir.

REVERSE LOGISTICS AND MAKING A RECYCLING SYSTEM NETWORK DESIGN IN A HOUSEHOLD APPLIANCE MANUFACTURER

SUMMARY

Since there are limited sources for the growing population in the world, the usage of the sources both effectively and efficiently is not enough for the sustainability of the life. Regarding to the increasing population, the quantities of the used products are increasing tremendously day by day. At this point, the recovery of the used products becomes very important both for regarding them as a secondary source and minimizing their negative effects to the environment. In all over the world both for legal reasons and economical benefits, the recovery and as a result of this, reverse logistics gets more important.

With this thesis , reverse logistics whose importance increases day by day and which causes the transformation of the traditional supply chain management to closed loop systems is investigated within the scope of electrical and electronic equipments and in addition to this a recycling system network design is made for a producer.

In the study, first of all some subjects such as what reverse logistics is, in which situation it occurs, who it affects, what its benefits are, how it affects the concept of the supply chain management are tried to be highlighted. The reverse logistics network types and used models in the network design are told.

Since the main point in the study is the electrical and electronic equipments, the systems related with the recycling of electrical and electronic equipments are investigated and recycling techniques are told. Firstly with EU, the collection systems and legal applications of electrical and electronic equipments in the world are told.

After the theoretical investigation of the subject, a recycle system network design of a household appliance manufacturer is tried to be made for the preparation of an application which is legally on the draft stage in Turkey. For this aim, by using mixed integer linear programming, a recycle network modeling is made.

The aim of the model is to provide the optimal flow of the electrical and electronic equipments from the municipal collection points to the secondary material market or final treatment facilities by minimizing the related costs such as transportation costs, handling costs, treatment costs, fixed costs for the storage sites and recycle facilities and final treatment costs. Beside the costs, the revenue from the secondary materials is also considered in the model. The model is solved for 4 scenarios with the GAMS optimization program and optimum locations of storage sites and recycling facilities are found for four scenarios.

1. GİRİŞ

Kaynakların kısıtlı olduğu bir dünyada kaynakların etkin kullanılmasının yanı sıra kullanılan ürünlerin ve malzemelerin geri kazanımı artan nüfus ve bununla doğru orantılı olarak artan tüketimle daha da önem kazanmaktadır. Geri kazanım bazı durumlarda çevresel açıdan yasalarla zorunlu hale getirilirken kimi durumlarda ise işletmeler tarafından ekonomik bir kazanım olarak görölmektedir. Bu anlamda basit şekilde tüketiciden üreticiye malların hareketi şekliden tanımlanabilecek tersine lojistik anahtar bir rol oynamaktadır ve her geçen gün önemi artmaktadır.

Amerika’da yıllık lojistik harcaması 950 milyar dolar civarındadır. Tersine lojistik ise ortalama olarak 43 milyar dolarla toplam değerin %4.5’una denk gelmektedir. Bütün sektörlerde tersine lojistiğın lojistik içerisinde payı sektörüne göre %3 ile %50 arasında değişmektedir. [1]

Dünyanın birçok yerinde toplama ve geri kazanıma ilişkin yasalar çıkmaya başlamıştır. Özellikle Avrupa Birliği’nde elektrikli ve elektronik ekipmanlara, kullanılmış arabalara ve kullanılmış pillere ilişkin yasalar çıkmaya başlamıştır. Bu eğilim devam edecek gözökmektedir. [2]

Xerox, Canon, Océ gibi büyük kopyalama makinesi üreticileri kullanılan ekipmanları geri kazanım için büyük çaba sarf etmektedirler. Xerox yeniden üretim ve kullanımda yıllık milyonlarca gelir elde etmektedir. Ayrıca 50 000’den fazla materyalin de çöp sistemine girmesini engellemektedir. Bu günkü ekipmanların %90’ının yeniden üretilebilecek durumda olduğu iddia edilmektedir. Xerox’un kopyalama ve çıktı kartuşlarının %70’i yeniden kullanım ve geri dönüşüm için Avrupa’da ve Amerika’da toplanmaktadır. Canon’un Virginia’da (ABD) ve İngiltere’de revizyonlu kopyalama makinesi yapan 2 tane fabrikası vardır. (1993’ten beri) ve şimdi bütün kopyalama parçaları için geri dönüşüm sistemi araştırılmaktadır. Kartuşlar 1990’dan beri toplanmaktadır. 1997 itibarıyla Avrupa ve Asya’da 3 fabrika 20 milyon’dan fazla kartuş geri kazanmıştır. Benzer girişimler Océ tarafından da yapılmıştır. [3]

Kimya sanayinde de birçok firma kullanılmış halı geri kazanımına girmiştir. 1999'da Georgia'da büyük ölçekli bir geri dönüşüm firması kurulmuştur. Bununla halıdaki naylon hammaddesinin geri kazanımı sağlanacaktır. 80 milyon dolarlık bir yatırım olan tesis yıllık 90 000 tonluk bir işleme kapasitesine sahiptir. 75 metropolden ürünler gelmektedir. Buna benzer çalışmalar Avrupa'da da yapılmıştır. [3]

Ürün geri kazanımına ilişkin başka örnekte Kodak'ın tek kullanımlık kameralarıdır. Özel olarak imha edilebilir şekilde tasarlanmışlardır. Toplama hacmi 1990'da 0,9 milyon kameradan 1998'de 61 milyon kameraya çıkmıştır. Bugün dünya çapında 3 geri dönüşüm tesisi işletilmektedir. %86 oranında kamera parçaları yeni kamera üretiminde kullanılmaktadır. [3]

Ürün geri kazanımının artan önemi makro ekonomik düzeyde de görülmektedir. Örneğin cam geri kazanım oranları tüketim yüzdesi olarak 1980'lerde %5'lerden 1997'de %26'lara (ABD), %20'lerden %52'lere (Fransa) ve Almanya'da %34'den %70'lere çıkmıştır. Hollanda'da 1996'da endüstriyel ürünlerin geri kazanımı %70 civarındayken, 1992'de ise %36 civarındadır. [3]

Uzun bir zamandır, geri kazanımla ilgili araştırmalar mühendisliğe odaklanmıştır. Daha spesifik olarak ise pazarlama konularına eğilim olmuştur. Son 10 yılda yeniden kullanım ve geri kazanımın lojistik boyutuyla ancak ilgilenilmeye başlanmıştır. Lojistik açıdan ürün geri kazanımı kullanıcıdan üreticiye doğru başlar. Bu akışların yönetimi, geleneksel tedarik zinciri akışlarının tersine lojistiğin konusuna girmektedir. Bununla birlikte kullanılan ürünlerin geri kazanımı ürün akışının farklı yolda olmasının tek nedeni değildir. Satılmayan ürünlerin perakendeciden üreticiye gelmesi de önemi artan başka bir etmendir.[3]

2002 Şubat'ta Avrupa Birliği tarafından elektrikli ve elektronik ekipman üreticilerinin ürettikleri ürünleri toplanması ve geri kazanımına yönelik bir direktif yayınlanmıştır. Bununla üreticiler tüketicilerden ürün ömrü tamamlanmış ürünleri toplamak ve bunları belirtilen oranlarda geri kazanmaktan finanssal olarak sorumlu durumundadırlar. [4]

AB içerisindeki her tüketici ortalama olarak yılda kişi başına ortalama 14 kg elektrikli ve elektronik atık ortaya koymaktadır. Bu da toplamda 5 milyon ton elektrikli ve elektronik atık açığa çıkmasına neden olmaktadır. Bu 5 milyon ton elektrikli ve elektronik atığın %90'ı gömülmekte, yakılmakta, ya da ön işlem

yapılmadan geri kazanılmaya çalışılmaktadır. Bu hem çevrenin korunması açısından hem de değerli kaynakların kaybı açısından istenmeyen bir durumdur. Bu nedenden dolayı AB parlamentosu 2002/96/EC direktifiyle malzemelerin gömülerek ve yakılarak imha edilmesinden çevreye uygun olarak yeniden kullanma, geri dönüşüm ve diğer geri kazanım opsiyonlarından biriyle değerlendirilerek bir katma değer oluşturmak istemektedir. Burada ilgili maliyetler üreticiler tarafından karşılanacaktır. Lojistik ve işleme maliyetleriyle birlikte toplam tutar ton başına ortalama 400-600 € arasında değişecektir. Bu da ortalama olarak 2-3 milyar dolar civarında büyük bir pazar oluşturmaktadır. [5]

Avrupa’da birçok ülkede direktif yayınlanmadan önce de elektrikli ve elektronik ekipmanlar belirli sistemlerle toplanmakta ve geri kazanılmaktayken Türkiye’de buna benzer bir çalışma yoktur. Bu açıdan bu tez çalışmasıyla birlikte tersine lojistiğin ve geri kazanımın önemi, katkıları elektrikli ve elektronik ekipmanlara ait dünyadaki mevcut toplama ve geri kazanım sistemleri incelenmeye çalışılmış. Türkiye’deki bir beyaz eşya üreticisinde geri dönüşüm sistemi ağ tasarımı yapılmaya çalışılarak AB eşiğindeki Türkiye için bir model oluşturulmaya çalışılmıştır.

2. TERSİNE LOJİSTİĞE GİRİŞ

2.1 Tanımı ve Kapsamı

Literatürde tersine kanallar (reverse channels) ve tersine akış (reverse flow) 70'lerden beri bulunmasına rağmen, bunlar geri dönüşümle ilgilidirler. 80'lerde tanım tedarik zincirinde yer alan geleneksel akışın tersine bir akış olarak algılanmaya veya Lambert ve Stock (1981)'un ortaya koyduğu gibi “Yanlış yolda ilerlemek” şeklinde yapılmıştır. 90'ların başında “Tersine lojistiğin” resmi bir tanımı Lojistik Yönetimi Konseyi tarafından geri kazanım görüşü de vurgulanarak ortaya konulmuştur. [6]

Literatürde reverse logistics, return logistics, retro logistics, reverse distribution gibi ifadeler kabaca aynı anlama gelmektedir. Günümüzde tersine lojistiğe ilişkin temel olarak 3-4 tanım bulunmaktadır. Bu tanımlar şu şekildedir:

Stock ve Kopicky tarafından yapılan tanımda tersine lojistik, paketleme ve ürünlerden doğan zehirli ve zehirli olmayan atıkların yok edilmesi ve lojistik yönetimine karşılık gelen geniş bir ifadedir. Normal lojistik aktivitelerinin tersi yönde akışı tersine dağıtımı içerir. [6]

Pohlen ve Farris (1992) pazarlama ilkeleri doğrultusunda tersine lojistiği ona yön vererek bir dağıtım kanalında tüketiciden üreticiye malların hareketi şeklinde tanımlamışlardır. [6]

90'ların sonunda Rogers ve Tibben-Lambke (1999) tersine lojistiği, içerilen süreçleri ve hedefleri vurgulayarak, tüketim noktasından yeniden değer kazandırma ve uygun imha amaçlı noktanın orijinine hammaddenin, süreç içi stokların, bitmiş ürünlerin ve ilgili bilginin planlanması, uygulanması ve kontrolünün etkin ve maliyet efektif akışının sürecidir şeklinde tanımlamışlardır.[6]

Stock ve Kopicky atık miktarının azaltılmasına odaklanmakta ve tersine lojistiği çevresel yönetim kavramı içine yerleştirmektedir. Buna denk olarak Pohlen ve Farris tedarik zincirindeki gönderici ve alıcının pozisyonuna göre “yön” üzerinde durmakta.

Rogers ve Tibben-Lambke ise tedarik zincirinde kapalı bir döngü oluşturacak ürünlerin akışına bakmaktadır. 3 tanımda önemli bir noktaya kadar örtüşmektedir. Özel olarak 3'ü de kullanılmış ürünlerin orijinal üreticiye dönüşünü içermektedir. Bununla birlikte tanımlar aynı değildir. Hiçbiri diğerini kapsamamaktadır.

Tersine lojistiğe farklı açılardan bakılabilir. Temel olarak 3 açıdan bakıldığı zaman buna uygun bir tanımlama yapılabilir.

İlk olarak tersine lojistiği lojistik sistemlerinin artan gelişen farklılığının bir elemanı olarak görülebilir. Geleneksel olarak tedarik zincirleri iyi tanımlanmış hiyerarşik bir düzendeki tek yönlü yapılardır. Tedarik zincirinin en yaygın tanımı tedarikçilerden, üreticilerden, distribütörlerden, perakendecilerden ve müşterilerden oluşan malzemenin tedarikçiden müşteriye doğru aktığı, bilginin ise her 2 yönde çift yönlü olarak aktığı sistemdir şeklindedir. Bununla birlikte mevcut durumda lojistik sistemlerinin bütün malzeme akışının aşağı doğru olarak sınıflandırılmayacağı organizasyonların genel ağı şeklinde geliştikleri görülmektedir. Tersine akışların resmin bütününden ayrılması doğru değildir. Yeni yönetim ve iş durumları oluşturduğu için özel bir dikkati gerektirmektedir. Ayrı bir isim de gereklidir. [3]

İkinci olarak tersine lojistik ikincil ürünlerin akışıyla ilgilidir. Yani orijinal ömrünü tamamlamış ya da orijinal olarak kullanılamayacak durumda olan ürünler. Bu durumda tersine lojistik geçmiş kullanımların türevleriyle ilgilenir. Bu ya planlanmıştır ya da gerçekten açığa çıkmıştır. Amaç açığa çıkan ürünlerden maksimum ekonomik değeri elde etmektir. Bu imha ya da geri kazanım şeklinde olabilir. [3]

Üçüncü olarak tersine lojistik daha çok alıcı tarafı ifade etmektedir. Böylece tersine lojistik tedarik lojistiğinin özel bir formudur denilebilir.[3]

Bu durumda tersine lojistik, değer kazanmak veya uygun yok etmek amaçlı geleneksel tedarik zincirinin yönünün aksine ikincil ürünlerin ve ilgili bilginin verimli, etkin tedarik akışının ve depolanmasının planlanması, uygulanması ve kontrolü sürecidir şeklinde tanımlanabilir. [3]

Bu tanımda Stock ve Kopicky gibi ürün geri kazanımı ve yok etmeye atıfta bulunulmuş. Bununla birlikte daha geniş bir ikincil ürün kavramı kullanılmıştır. Özel olarak yeni fakat atıl, modası geçmiş (stok fazlası) ürünler içerilmiştir. Farklı zincirler de hesaba katılmıştır.

Bunlara ek olarak, tersine Lojistik (REVLOG) üzerine çalışan Avrupa Çalışma Grubu'nun kullandığı tanımında ise tersine lojistik, ham maddelerin süreç içi stokların, paketlenme ve bitmiş kullanılmış ürünlerin üretim, dağıtım ve kullanım noktasından geri kazanım ve uygun imha noktalarına tersine akışının planlanması, uygulanması ve kontrolü sürecidir şeklinde tanımlama yapılmıştır.[6]

Tersine lojistik çöp yönetiminden farklıdır. Tersine lojistik kazanılacak bir değer olduğu yerlere ve çıktının yeni bir tedarik zincirine katıldığı yere odaklanır. Tersine lojistik yeşil lojistik (green logistics)'ten de farklıdır. Öyle ki yeşil lojistik bütün lojistik aktivitelerine çevresel açıdan bakar ve özellikle ileri yönde lojistiğe odaklanır. Lojistikte öne çıkan çevresel konular yenilenemeyen doğal kaynakların tüketimi, hava emisyonları, yığılma ve yol kullanımı, gürültü kirliliği ve hem zehirli hem de zehirli olmayan çöp imhasıdır. [6]

Özet olarak tersine lojistik tanımı “yanlış yön” ifadesiyle başlayarak zamanla değişmiş çevresel görünüşe, önemli bir vurguya dönüşmüştür. Nihai olarak alanını genişletmeye başlamıştır ve sürekli gelişimin bir parçası olarak görülmektedir

2.2 Tersine Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi İlişkisi

Tedarik zinciri yönetimi şirketlerin sınırları arasındaki üretim süreçlerinin koordinasyonunu sağlamaya yönelik bir yaklaşım olarak geniş bir şekilde tartışılmaktadır. Bununla birlikte tedarik zinciri yönetimine ilişkin ortak bir tanım verilememektedir. Fakat lojistik perspektifi açısından ürünün üretimine yönelik paydaşlar arasındaki transfer süreçleriyle ilgilenmek denilmektedir. Bu transfer süreçleri malzeme, ürün, para ve bilgidir. [2]

Son 10 yılda Tedarik zinciri yönetimi yönetim biliminde ve sanayide çok önemli bir yer almıştır. Tedarikçiden tüketiciye sistem elemanları bütünsel olarak planlanmış ve ilişkileri tanımlanmıştır. Fakat çevresel etkiler ve yasal zorunluluklardan ötürü bütün firmalar kapsamalarını genişletmek durumunda kalmışlardır. Artık yönetim ürünün “beşikten mezara” kadar olan süreciyle ilgilenmektedir. Sadece ileri yönde malzeme ve ürün akışıyla çevresel iyileştirme mümkün değildir. “Geri yol” çok daha önem kazanmıştır. Bu durumda tedarik zinciri kapalı döngü sistemlerine evrimleşmeli dönüşmelidir. Bu da tersine lojistik kavramının entegrasyonu ile olabilecektir.[7]

Tersine lojistik tedarik zincirinin değer oluşturulabilecek ve marjinal maliyette değer kazanılabilecek alanlarından biridir. Küreselleşmenin etkisi, ürün maliyetlerindeki gelişmeler, güvenilirlik, tasarım ve paketleme, kısa ürün ömürleri ve arttırılmış görünürlük ihtiyaçları tersine lojistiği içeren tedarik zincirinin bütün kademelerine odaklanmayı arttırmaktadır. Tedarik zincirleri gün geçtikçe daha etkin olurken bazen iyi yönetilen tedarik zincirleri aktarmalarda meydana gelen zarar görmüş ürünleri toplamakta dahi zafiyet göstermektedir. Bu durum etkin bir tersine lojistiğe olan ihtiya ı göstermektedir. [8]

 leri yönde lojistik (forward logistics)'le, tersine lojistik (reverse logistics) arasındaki sınır modern tedarik zincirinde ciddi olarak tanımlanmamıştır. Tedarik zincirlerinde ileri ve geri lojistik kapalı döngü tedarik zinciri (closed loop supply chain) kavramıyla ele alınmaya çalışılmıştır. [6]

2.2.1  leri Yönde Lojistik ile Tersine lojistik Arasındaki Farklar

Temel olarak ileri yönde lojistik ve tersine lojistik arasındaki farklara bakılırsa miktarsal olarak tersine lojistik küçük miktarlarda, ileri yönde lojistik standardize olmuş büyük miktarlardadır. Bilgi izleme açısından tersine lojistik manüel ve otomatik bilginin kombinasyonundan, ileri yönde lojistikte ise otomatik bilgi sistemleri kullanılır. Sipariş  evrim süresi açısından tersine lojistikte orta ve uzun çevrim süresi, ileri lojistikte ise kısa çevrim süresi olmaktadır.  r n değeri açısından tersine lojistikte orta düşük seviyede ürün, ileri yönde lojistikte ise yüksek ürün değeri bulunmaktadır. Tersine lojistikte stok kontrolüne odaklanılmamıştır.  leri lojistikte ise stok kontrolüne odaklanılmıştır. Tersine lojistik öncelik açısından düşük, ileri lojistik ise yüksektir. Maliyet kalemleri tersine lojistikte saklı, ileri lojistikte ise daha görünürdür. Tersine lojistikte ürün akışı iki yönlüdür (itme-çekme), ileri lojistikte ise çekme tabanlıdır. Tersine lojistikte kanallar çok kompleks ve farklı, ileri lojistikte ise daha az komplekstir. [9]

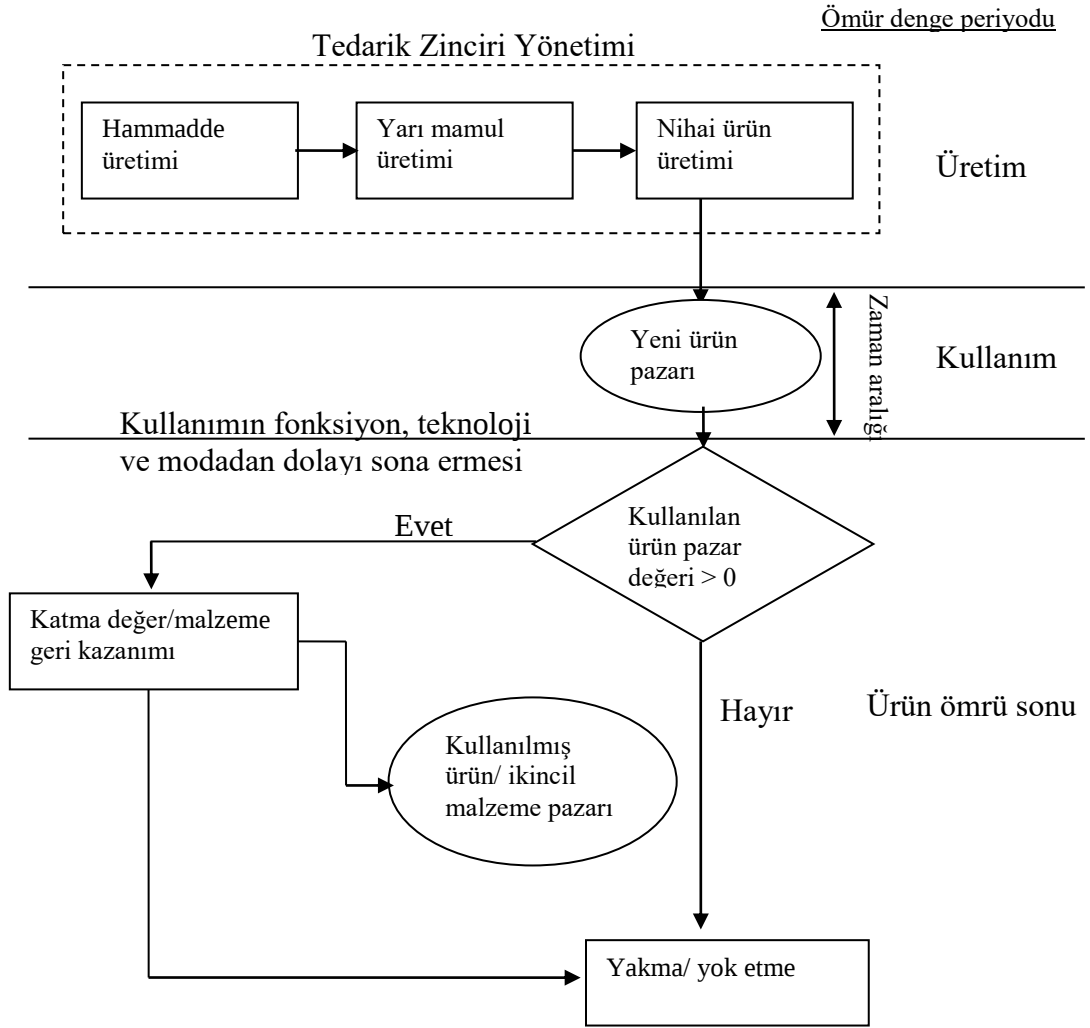
2.2.2 Tedarik Zinciri Yönetimi  er evesi

1980'lerin sonlarından itibaren tedarik zinciri yönetimi teorisi hakkında birçok yayın olmasına rağmen kabul edilmiş ortak bir "Tedarik Zinciri Yönetimi" tanımı yoktur. Lojistik perspektifi açısından tedarik zinciri yönetimi ürün üretimine ilişkin paydaşların arasındaki süreçlerin transferinin koordinasyonunu sağlar. Bu transfer süreçleri malzeme, ürün, para ve bilgiden oluşur. Örneğin Tedarik zinciri bireysel

sipariş politikalarının koordine edilemediği durumlarda oluşan ani stok değişimlerinden sakınmaya çalışır. Bu kırbaç (bullwhip) etkisi olarak da bilinir ve tedarik zincirinde malzeme kıtlığına neden olur. Zincirin herhangi bir noktasında malzeme eksikliği sorunu çekmemek için bütün paydaşlar tarafından ilk tedarikçiden tüketiciye kadar rekabetçi avantajların farkına varılması gerekir. [7]

Gerçek tedarik zinciri yönetimi arka planında “lineer ekonomi” terimiyle karakterize edilebilir. Durum şekil 2.1’de gösterilmiştir. Burada yoğunluk ürünlerin üretimi için doğal kaynakların kullanılmasıdır. Ürün ömrü sona ermiş ise opsiyonlar genelde yakma ve yok etme şeklindedir. Geri alma zorunluluğu olmadan üreticinin satış noktasının ilerisi için çok az koordinasyon gerekliliği vardır. Yeni yasalarla birlikte birçok üretici geri alma durumuyla karşı karşıya gelecektir. Sonuç olarak tedarik zinciri yönetimi yapısını etkileyecektir. Bu durum kapalı döngü ekonomisi olarak adlandırılabilir. Bu değişiklik 2 önemli adaptasyonu içermektedir.

- Hayat sonu gelmiş ürünler için yakma ve gömme gibi tek kademe imha opsiyonları yerine çok aşamalı zenginleştirilmiş işleme teknikleri gereklidir. Bu durumda ters yönde ek bir tedarik zinciri olacaktır.
- Bu ikincil materyaller gerçek üretim sürecine entegre olduklarında zaman ve miktar adaptasyonuna bağlı olarak tedarik zincirinde geri besleme etkileri olacaktır. Tersine tedarik zincirini oluşturmaktan başka her iki zinciri koordine etmekte gerekli olacaktır. [7]



Şekil 2.1: Lineer ekonomi (mevcut durum)

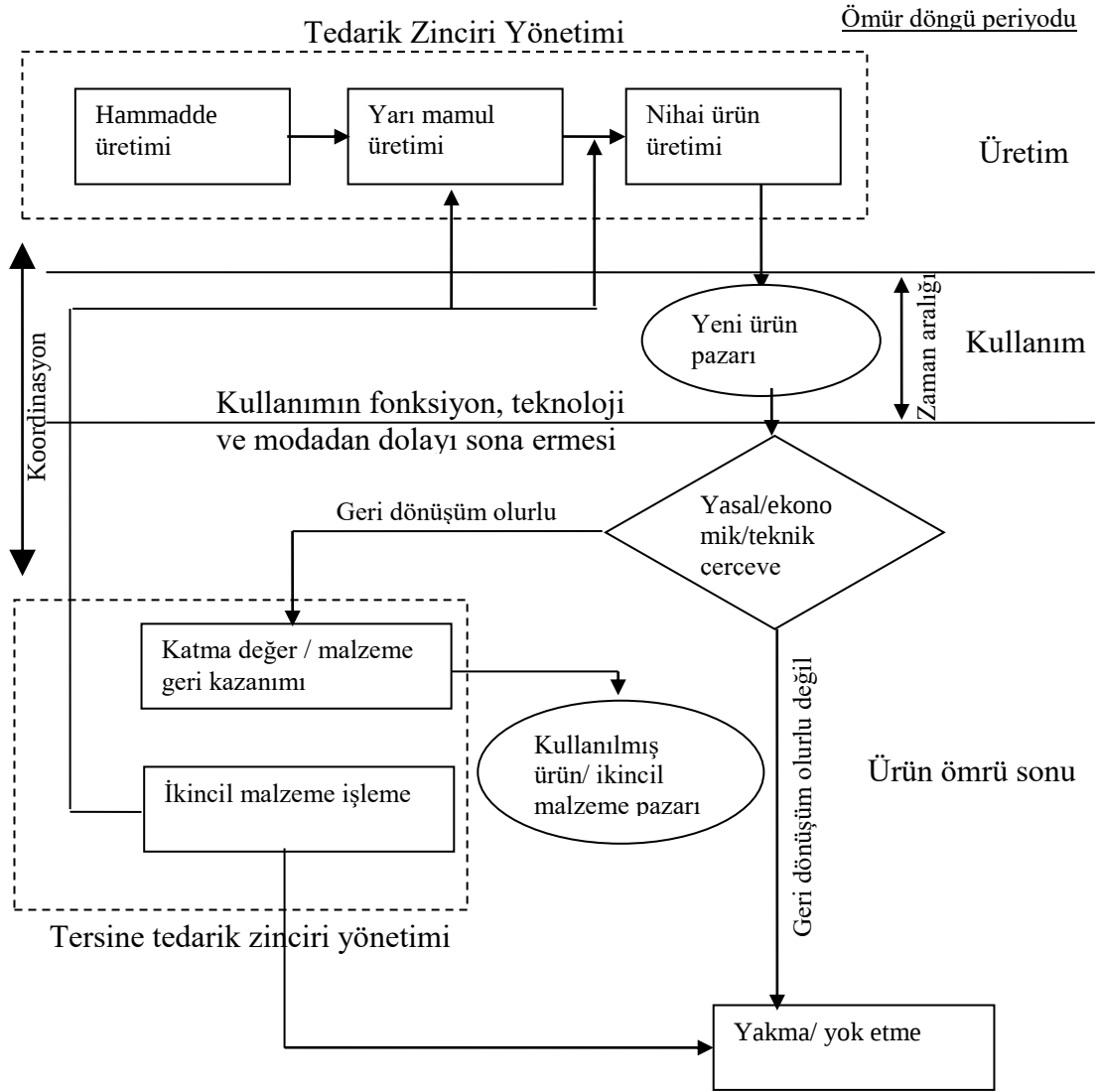
2.2.3 Geri Dönüşüm Süreçlerini İçeren Zenginleştirilmiş Çerçeve

Lineer Ekonomi alternatifine nispeten üreticiler geri kazanım ve ikincil malzeme işleyişi gibi ek işlerle karşı karşıya kalacaklardır. Bu yüzden ürünün kullanım aşamasından sonra tedarik zincirinin koordinasyonu için “Tersine Tedarik Zinciri Yönetimi” gerekmektedir. Oluşacak durum şekil 2.2’de gösterilmiştir. Gelecekte toplanacak kullanılmış ürünlerin miktarı belirli bir noktaya kadar stokastik olduğu için tedarik zincirinin koordinasyonu ve tersine tedarik zinciri belirsizlik altında karar vermeyi gerektirmektedir. Üretim ve geri kazanım arasındaki zaman ne kadar uzun olursa örneğin ortalama ürün ömrü belirsizliğinin derecesi artar. Böylece tahmin metotları geri kazanım senaryolarını planlamak için gereklidir. Bu senaryoların yardımıyla farklı tedarik zinciri opsiyonlarının maliyet ve teknik fizibilitesi yerine getirilir.

Geri kazanım tekniklerindeki farklı olasılıklardan başka, orta dönemli planlama adaptasyonlarının bir büyük nedeni ürüne özel geri alma sisteminin kurulmasından sonra toplanacak geri dönüştürülebilir ürünlerde önemli artıştır. Özellikle araba gibi uzun ömürlü ve kompleks ürünlerde aşağıdaki görüşler bu etki alanı için kayda değerdir.

- Geri kazanım odaklı ve tüketici odaklı ürün tasarımının birleştirilmesi son yıllarda yeni ürünler ve bileşenlerde gerekli hale gelmiştir. Böylece “Geri kazanım için dizayn” konuları artarak devam etmektedir. Bu eğilimi ürün ömrü durumuna göre planlanırsa, geri kazanım olasılıkları gelişecektir. Buna bağlı olarak malzeme miktarında artış tahmin edilebilir.
- Geri kazanım odaklı ürün tasarımına bağlı olarak yeni ürünlerdeki malzeme seçimi ve kompozisyonu geri kazanım prosedürlerini yerine getirmek için değiştirilmiştir. Örneğin arabalarda kullanılan plastiklerin çeşitliliği azaltılmıştır ve bileşenlerden mümkün olduğunca kaçınılmıştır.

Üretim ve geri kazanım arasındaki ortalama zaman aralığı ele alınırsa geleceğe yönelik miktarsal eğilime karar verilebilir. Bu çerçevede değişkenlerin planlanması, tesis yerleşimi, kapasite ve yeniden işlemenin gerçekleştirileceği alanların orta dönemli genişleme opsiyonları göz önünde bulundurulmalıdır. [7]



Şekil 2.2: Kapalı döngü ekonomisi (gelecek durum)

2.3 Tersine Lojistiğin Önündeki Engeller

2.3.1 Bilgi ve Teknolojik Sistem Eksikliği

Tersine lojistiğin uygulanamamasındaki en büyük problemlerden biri de iyi bilgi sistemleri eksikliğidir. Ürün yaşam döngüsünün çeşitli aşamalarında etkin bir bilgi ve teknolojik sistem çok gereklidir. Ürün geliştirme aşamasında dikkat edilmesi gereken önemli değişkenler malzeme içeriği ve ürün yapısıdır. Üretimde kullanılan malzemenin türü ve teknoloji ürünün kullanımının veya ömrünün sonunda geri kazanımının boyutu belirler. Mükemmel bilgi ve teknolojik sistemler çevre, geri kazanım, yeniden kullanma ve benzeri durumları içeren ürün geliştirme programları için çok faydalı olabilir. Etkili bilgi sistemi ürünlerin geri dönüşlerinin önceki yıllardaki satışlarına bağlı olarak bireysel olarak takip edilmesinde de önemlidir.

Ürün geri dönüşünün tahmin edilmesinde geçmiş yılların satışları yardımcı olabilir. Böylece depo yönetimine de yardımcı olmaktadır. [10]

2.3.2 Ürün Kalitesine İlişkin Problemler

Tersine lojistiğin önündeki bir diğer engel de kullanım ömrü veya ürün ömrü gelmiş ürünlerin kalite durumudur. Tersine lojistikte ürün kalitesi ileri lojistikteki gibi standart değildir. Geri dönen ürünler dağıtım merkezine ulaştığı zaman, izleyeceği yola karar verilmelidir. Bu tersine lojistiğin ilk aşamalarında verilen karar bütün tersine lojistik akışının yönetilmesi ve karlılığında kritik bir rol oynamaktadır. Dönen ürünün kalitesi çeşitli şekillerde olabilir. Ürün hatalı, zarar görmüş veya basitçe müşteri tarafından istenmemiş olabilir. Böylece ürünlerin fiyatlandırılmalarında değişiklikler olmaktadır. İlk aşamada dönen ürünün kalitesi denetlenir ve ona göre bir yol çizilir. Böylece geri dönen ürünler durumunda ileri lojistikle kıyaslandığı zaman çok daha zor olabilir. [10]

2.3.3 Şirket Politikaları

Sıkı şirket politikaları da tersine lojistiğin önündeki önemli engellerdendir. Tersine lojistiğin önem eksikliği ve yönetim dikkatsizliği şirketler tarafından izlenen politikayla ilişkilidir. Şirketler müşterilerine bir marka imajı oluşturmak istemektedirler. Geri dönen ürünleri kullanarak ürün kalitesini tehlikeye atmak istememektedirler. Sadece birincil ürün üreten şirketler tarafından geliştirilen bu politika da geri dönen ürünlerin elleçlenmemesi ve değerini açığa çıkarılmamasında büyük etkindir. Genişleyen üretici sorumluluğuna bağlı olarak birçok şirket tedarik zincirlerine geri kazanım opsiyonlarını entegre etmeye başlamıştır. Bu paradigmatik değişimle katı politikalar değişmiş ürünlerden değer kazanılmaya başlayarak rakiplere üstünlük sağlanmaya çalışılmaktadır. [10]

2.3.4 Tersine Lojistik Değişimine Direnç

Tersine lojistiğin uygulanmasındaki en büyük engellerden biri de değişime karşı gösterilen dirençtir. İnsanlar genelde değişimden kaçmaktadırlar ve tersine lojistik ise kafa yapılarında ve pratikte birçok değişiklik gerektirmektedir. Şirket politikaları ve organizasyonel yapılar değişimden öte mevcut yolunda ilerlemeyi tercih ederler. Net bir tersine lojistik vizyonunun olmaması problemi daha da büyütür. Pazarda rekabetin artması ve kar marjlarının da düşmesiyle birlikte şirketler geri kazanımla

karlılık elde etmeye çalışmaktadırlar. Daha önemlisi, tersine lojistik adaptasyonunun çevreye direkt katkıları vardır. Tersine lojistiğin hem ekonomik hem de çevresel açılardan katkılarının bilincinde olunmaması da tersine lojistiğe karşı olan değişim direncinin ana faktörlerindendir. Tersine lojistik sistemleri büyük ekonomik yatırım gerektirmektedir. Finanssal kısıtlarda değişime dirençte etkili olabilir. [10]

2.3.5 Uygun Performans Metriklerinin Eksikliği

Performans metriklerinin eksikliği tersine lojistikte önemli bir engeldir. Performans ölçütleri entegre iş yönetim sistemlerinin temelini oluşturur basitçe “ölçülemeyen iş yönetilemez.” Herhangi bir sistemin performans ölçümü performans yönetim sürecinin, performans gelişiminin, performans dokümantasyon sürecinin mümkün kılınmasında anahtar bir rol oynamaktadır. Eğer firmalar performans sistemlerine tersine lojistik uygulamalarını da ekleyebilirse daha başarılı sonuçlar alabilirler. Başarılı tersine lojistik programları bütün süreçleri etkin bir şekilde koordine edecek, değer kazanma veya uygun imha yollarından birine yönlendirecek, çevreye dost ürünler oluşturacak ve performans ölçüm sistemleri kurarak tasarlanan tersine lojistik yapısının bekleneni sağlayıp sağlamadığını gösterecektir. [10]

2.3.6 Eğitim ve Bilgi Eksikliği

Birçok firma tersine lojistik pazarına girmekte yeterli değildir ya da isteksizdir. Bu isteksizliğin temelinde bilgi eksikliğinin olduğu gözükmemektedir. [11] İyi bir tersine lojistik için en önemli engellerden biri de insan kaynakları eksikliğidir. Ticari dönüşüm için eğitim eksikliği ana nedendir. Tersine lojistikle birlikte gelen değişimle ortaya çıkması beklenen yeni süreçler açığa çıkmakta bunlar için kadroların eğitilmesi gerekmektedir. Özellikle ürün gelişimi gibi bazı kritik konularda eğitimler verilmesi önemli olmaktadır. Çevresel konularda entegrasyon için bu eğitimler önemli rol oynamaktadır.[10]

2.3.7 Finanssal Kısıtlar

İyi bir tersine lojistik uygulamasında anahtar engellerden biri de finanssal kısıtlardır. Finans tersine lojistiğin alt yapı ve insan gücü gereksinimleri için esastır. Şirketler tersine lojistiğin uygulanabilmesi için finanssal destek ve diğer kaynaklara ihtiyaç duymaktadır. Etkin bilgi ve teknolojik sistemlerle tersine lojistik olurlu kılınmaktadır. Bilgi ve teknolojik sistemler daha fazla fon gerektirmektedir. Çünkü

bunlar olmaksızın ürün izleme, takip, yeniden kullanma, geri kazanım ve geri dönüşüm süreçleri mevcut şartlarla karşılanamaz. Tersine lojistikle ilişkili elemanların yetiştirilmesinde de finansal kaynağa ihtiyaç vardır. Bütün bunlar finanssal destek gerektirmektedir. [10]

2.3.8 Üst Yönetimin Katılım Esnekliği

Başarılı bir tersine lojistik uygulaması için üst yönetimin desteği ana faktörlerdendir. Mintzberg, kurumsal çabalardan en önemlisinin üst yönetim desteği olduğunu belirtmiştir. Ticari amaçlı geri dönüşümde görülen ana engellerden biri de üst yönetim eksikliğidir. Tersine lojistik sistemine açık bir vizyon ve değer katmak için etkin bir liderliğe ihtiyaç duyulmaktadır. Üst yönetim diğer organizasyonel hedeflere önem verdiği kadar tersine lojistiğe de önem vermeli ve bütün tedarik zinciri üyelerini sisteme entegre ederek katılımını göstermelidir. Tersine lojistiğe stratejik planlarında, hareket planlarında başarılı bir uygulama için sürekli destek sağlamalıdır. [10]

2.3.9 Tersine Lojistik Bilgisinden Yoksunluk

En önemli engellerden biri de tersine lojistiğin faydalarından bihaber olmaktır. Şirketler bundan haberdar olsalar bile yeterince önem vermediklerinden ötürü. Bu bir sorun oluşturmaktadır. Şirket sektörü fark etmeksizin birçok alanda gerek ürün ömrünü tamamlamış gerekse de bir şekilde geri dönen ürünler bulunmaktadır.

Bu ürünlerden değişik geri kazanım yollarından değer elde edilebilir ve büyük karlılıklar sağlanabilir. Bu açıdan tersine lojistik bilgisinden yoksunluk tersine lojistik için büyük bir engeldir.[10]

2.3.10 Stratejik Plan Esnekliği

Her zamankinden daha fazla ekonomi ve elektronik ticaret, şirketlerden tersine lojistiği stratejik planlarının bir parçası olmasını talep etmektedir. Tersine lojistik mevcut pazarda stratejik bir silah olarak kullanılabilir. Stratejik planlama tersine lojistik hedeflerinin belirlenmesi ve bunları yönetmek için uzun dönem planlarının belirtilmesidir. Mevcut senaryoda teknolojiye ani değişikliklere ve rakiplerin, tüketicilerin, tedarikçilerin hareketlerindeki değişikliklere bağlı olarak tersine lojistik programı için esaslı bir stratejik planlama gereklidir. Tersine lojistiğin bir

organizasyonda uygulanabilmesi için, stratejik planlamanın rolü organizasyonun global pazarda hayatta kalabilmesi için çok önemlidir. [10]

2.3.11 Bayilerin, Distribütörlerin ve Perakendecilerin Destek Konusunda İsteksizliği

Tersine lojistikte diğer önemli bir engel de bayilerin, perakendecilerin ve distribütörlerin tersine lojistik aktivitelerindeki destek noktasındaki eksikliğidir. [10]

2.4 Tersine Lojistik ve Sürekli Gelişim İlişkisi

Birçok ekonomide sürdürülebilirlik ana bir konu olmuştur. Önde gelen firmaların çoğu bu yüzden geri kazanım ve tersine lojistiğe odaklanmıştır. [12] Tersine lojistik aktivitelerinin düzgün tedarik zincirlerine entegrasyonu tedarik döngüsü isminde yeni bir sisteme neden olacaktır. Böyle bir yaklaşım sürdürülebilir gelişme nosyonuna da uymaktadır. Sonuç olarak bu kavramla firmalar çevresel ve sosyal kısıtlar altında ekonomik gelişme için stratejiler aramaktadırlar. Amaçları mevcudun ihtiyaçlarını gelecek kuşakların ihtiyaçlarıyla uzlaşmaksızın yerine getirmektir.

Şimdiye kadar sürekli gelişim kavramı organizasyonlar tarafından çoğunlukla tasarım aşamasında ürünün üretim, dağıtım süreçlerinde ve kullanımındaki çevresel etkisini azaltmak için temel olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte organizasyonların sorumlulukları sürekli artmaktadır. Organizasyonlar müşterilerini sadece ürünlerinin kalitesiyle değil aynı zamanda satış sonrası sağladıkları servis destekleriyle de memnun etmektedirler.

2 tip sürekli gelişim kavramı bulunmaktadır. Bunlar ürün perspektifinden sürekli gelişim ve organizasyon perspektifi açısından sürekli gelişimdir. [13]

2.4.1 Sürekli Gelişim ve Ürün Perspektifi

Geçmişte ürünler tasarlanırken fonksiyon ve maliyet ana unsurlar olarak ele alınmaktaydı. Ürün ömür sonuna ve malzeme geri kazanımına ilişkin bir tasarım çok söz konusu değildi. Fakat üretici sorumluluklarının ürün ömür sonuna doğru kaymasıyla geri kazanım ve geri dönüşüm maliyetlerini indirmek ve rekabetçi kalabilmek için üreticiler artık tasarımlarını ürünlerini alıp geri kazanacaklarını düşünerek yapmalıdırlar. Böylece ürün ömür döngü yaklaşımına ihtiyaç duyulacak

ürün ömrünün başlangıcında seçilen malzemeler ve bileşenler kolay bir demontaj ve yeniden kullanım sağlayabilecektir. [14]

Ürünlerin tasarım aşamasında organizasyonlar ürünlerin çevresel etkilerini minimuma indirmek için aşağıdakileri uygulamak durumundadırlar.

- Yenilenemeyen ürünlerin tüketimini azaltmak.
- Geri dönüştürülebilir malzemeleri kullanmak.
- Standart malzemeleri seçmek.
- Bileşenlerin çeşitliliğini azaltmak.
- Modüler bir tasarımı benimsemek.
- Hata riskini azaltmak için manüel ayarlamaları azaltmak. [13]

2.4.2 Sürekli Gelişim ve Organizasyon Perspektifi

Sürekli gelişimin organizasyon tarafında ise organizasyonların geri kazanım ve işlemede belirli bir planı sağlamaları gerekmektedir. Böylece tersine lojistikte açığa çıkan belirsizliğin etkisi minimize edilecektir. Ana faaliyetlerle tersine lojistik aktivitelerinin yeterli entegrasyonunun sağlanmasıyla organizasyonlar yapılanma ve organize etme de gerekli motivasyona sahip olacaklardır. [13]

3. TERSİNE LOJİSTİKTE NİÇİN? , NASIL? , NE? VE KİM?

Tersine lojistiği daha iyi analiz edebilmek için 4 temel soruya cevap vermek gerekmektedir. Bunlar niçin? , nasıl? , ne? ve kim?’dir.

Niçin geri dönüşüm olur? Tersine lojistikte aktif olan şirketlerin ve enstitülerin arkasındaki yönlendirici güç nedir?

Pratikte tersine lojistik nasıl çalışır? Tersine lojistikte süreçler nelerdir? ve tersine zincirde nasıl değer kazanılır?

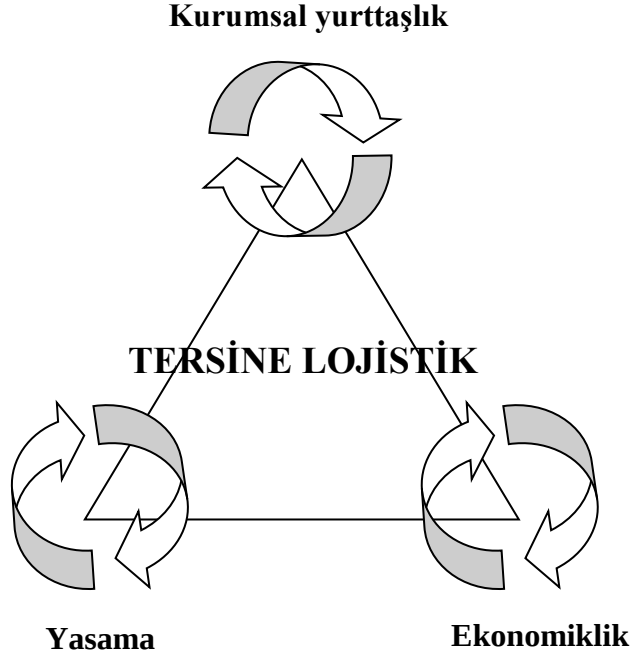
Geri dönen nedir? Geri kazanımı çekici ve zorunlu yapan ürün özellikleri nedir?

Tersine lojistik aktivitelerini kim yerine getirir? Aktörler ve tersine lojistikteki, rolleri nelerdir?

3.1 Tersine Lojistikte “Niçin ?”

3.1.1 Tersine Lojistiğe Neden Olan Güçler

Tersine lojistiğe neden olan temel olarak 3 tip faktör bulunmaktadır. Bunlar ekonomik, yasal ve kurumsal nedenlerdir. Şekil 3’de durum gösterilmeye çalışılmıştır.[8]



Şekil 3.1: Tersine lojistiğe neden olan güçler

3.1.1.1 Ekonomik neden

Tersine lojistik programı şirketlerde hammadde kullanımını azaltarak, geri kazanımla değer katarak veya imha maliyetlerini azaltarak direkt kazanımlar oluşturabilir. Iskartaya çıkan malların ve materyallerin fazlalığından ve dağınık pazarın genişliğinin sunduğu imkânlardan ötürü bağımsız müteşebbislerde işe girmişlerdir. Metal hurda komisyoncuları metal hurdaları toplayarak ve onu çelik işi yapanlara aktarmakta onlar da süreçlerinde sıfır hammaddeye kullanılmış metali katarak maliyetlerini düşürerek fayda sağlamaktadırlar. Elektronik sanayinde birçok ürün faydalı ömrünün sonuna kısa bir zamanda gelmektedir. Fakat çoğu parçası hala gerçek ekonomik değerini taşımaktadır.

Açık ve hemen beklenen bir kar olmasa dahi bir kuruluş pazarlama, rekabet ve/veya stratejik konulardan dolayı dolaylı kazanım elde edebilir. Örneğin firmalar geri kazanımla ilgilenerek gelecek olan yasamalara ilişkin hazırlık yapmış olacak ve stratejik bir adım atmış olacaktır.

Rekabet tarafında bir firma geri kazanımla uğraşarak diğer firmaların teknolojisini almasını engelleyebilir veya pazara girmelerini zorlaştırabilir. IBM'in geri kazanım (parça) süreciyle ilgilenmesinde komisyonculardan sakınmak vardır. Geri kazanım

imaj oluşturmak için de kullanılabilir. Örneğin bir lastik üreticisi müşteri maliyetini düşürmek için müşterilerine yeniden diş açma opsiyonunu sunmaktadır. [6]

zet olarak ekonomik neden direkt veya dolaylı olarak şu kazanımları sağlamaktadır.

Direkt kazanımlar

- Malzeme girişi
- Maliyet azaltılması
- Katma değerli geri kazanım

Dolaylı kazanımlar

- Çevresel yasaları hızlandırma/geciktirme
- Pazar korunumu
- Çevresel bir imaj
- Gelişmiş müşteri/tedarikçi ilişkileri [6]

3.1.1.2 Yasama

Yasama firmaların ürünlerini geri kazanmalarını ve geri almalarını gerektiren bir durum olabilir. Özellikle Avrupa’da çevresel yasalarda geri dönüşüm kotaları, paketleme düzenlemesi ve geri alma zorunluluğu gibi yasalar çıkmaktadır. Otomobil endüstrisi ve elektrikli ve elektronik ekipman endüstrisi özel yasa baskısı altındadır. [6]

En önemli yasalardan biri de 13 Ağustos 2005’ten itibaren AB’de uygulamaya geçecek olan elektrikli ve elektronik atıklara ilişkin yasadır. Bu yasamayla birlikte elektrikli ve elektronik ekipman üreticileri atık ürünleri belirli oranlarda ve belirli geri dönüşüm düzeyinde toplamak durumundadır. [4]

3.1.1.3 Kurumsal Sorumluluk

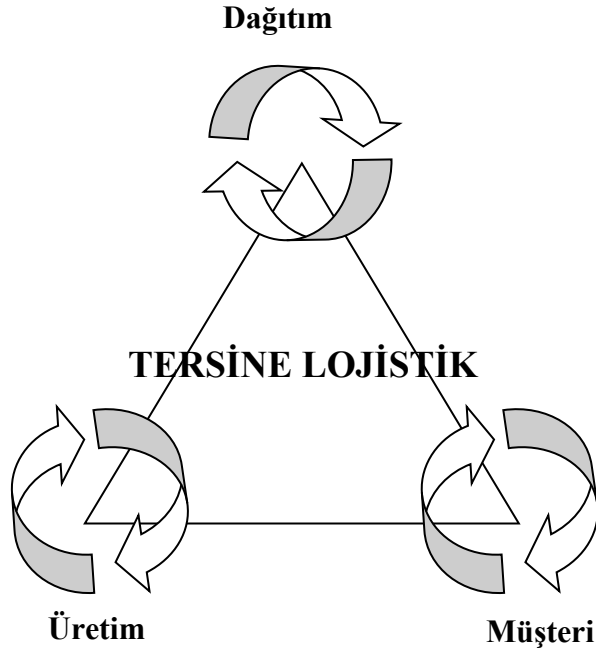
Kurumsal sorumluluk içerdiği değerler veya prensiplerden ötürü bir firmayı ve organizasyonu tersine lojistikle ilgilenmeye sorumlu kılar. Bu günlerde Shell gibi birçok firma da çevresel ve sosyal konuların öncelikli olduğu yaygın kurumsal sorumluluk içeren programlar vardır.

Bu üç kavram karşılıklı bağdaşmaz değildir. Gerçekte bazen sınırı koymakta zordur. Birçok ülkede müşteriler satın aldıkları ürünleri geri döndürme hakkına sahiptir. Aynı zamanda bu fırsat müşterileri çekmekte kullanılmakta, şirkete potansiyel fayda sağlamaktadır. [6]

3.1.2 Tersine Lojistikte Dönüş Nedenleri

2000 yılı itibariyle ortalama olarak yapılan satışların %6'sı dönmektedir. [9] Bütün iş kollarında pazarlama, zarar görme, kalite problemleri veya fazla stoklama gibi çeşitli nedenlerden ötürü bir şekilde dönüşler olmaktadır. Dönüş oranı bütün sanayi kollarında %3 ile %50 arasında değişmektedir. Farklı sanayi kollarında yapılan çalışmalar dönüşlerin maliyetinin satışların %3 ile %5'i arasında olduğunu göstermektedir. Örnek olarak magazin yayın endüstrisi %50'lik dönüş oranıyla en yüksek değere sahiptir. Yüksek dönüş oranlarına sahip diğer endüstriler ise %20-30 ile kitap yayıncıları, %18-35 ile katalog perakendecileri ve %20-30 ile tebrik kartı şirketleridir. Diğer taraftan ise postayla sipariş verilen bilgisayar üreticileri, dönüş oranı %2-5, tüketici elektroniğinde %4-5 ve evsel kimyevi eşya üreticilerinde ise bu oran %2-3 civarındadır. [15]

Tersine lojistik için dönüş nedenleri ürünlerin düzgün olarak fonksiyonlarını yerine getirememeleri veya fonksiyonlarına daha fazla ihtiyaç duyulmamasıdır. Daha detaya inilecek olursa tedarik zinciri hiyerarşisinde üretimden başlayarak ve ürünlerin müşteriye ulaşmasına kadar olan tanım ele alınırsa bu durumda dönüş nedenleri üretimden dönen, dağıtımdan dönen ve müşteriden dönen olmak üzere şekil 3.2'deki gibi 3'e ayrılabilir. [6]



Şekil 3.2: Tersine lojistikte dönüş yerleri

3.1.2.1 Üretimden Dönenler

Üretim aşamasında parçaların ve ürünlerin kazanılmasını gerektiren bütün durumlar üretimden dönenler grubuna girmektedir. Bu çeşitli nedenlerden dolayı olmaktadır. Hammaddeler artık duruma düşebilir. Süreç içinde veya nihai ürünler kalite kontrol süreçlerinden geçemeyebilir ve yeniden işleme tabi tutulması gerekir, ürünler üretim esnasında hurda olabilir veya üretimden yarı mamul çıkabilir. Hammadde fazlaları ve ürün hurdaları “ihtiyaç duyulmayan ürün” kategorisine girerken kalite kontrolden dönenler “hatalı” ürün kategorisine girmektedir. Sonuç olarak üretimden dönenler:

- Hammadde fazlalıkları / artıkları
- Kalite kontrolden dönenler
- Üretim artıkları / yarı ürünler

Olarak sınıflandırılabilir. [6]

3.1.2.2 Dağıtımdan Dönenler

Dağıtım aşamasında dönen bütün ürünler dağıtımdan gelenler, dönenler grubuna girmektedir. Burada ürünlerin geri getirilmesi, ticari olarak dönenler, stok ayarlamalarından ve fonksiyonel nedenlerden dolayı dönenler olarak ayrılabilir. Geri

getirilen ürünler (product recalls) ürünlerdeki güvenlik ve sağlık nedenlerinden dolayı yeniden toplanırlar. Üretici veya tedarikçi genellikle bunu yaparlar. B2B ticari dönüşler perakendecinin tedarikçiye kontratta opsiyonunun olduğu durumlardır. Bu durum yanlış/zarar görmüş dağıtımlarda, çok kısa raf ömrü olan ürünlerde, satılamama durumunda perakendecilerin ve distribütörlerin üreticilere ve toptancılara geri gönderdikleri durumlarda olur. Bu son durum son kullanma tarihi geçmiş ürün ömrü çok uzun olan (ilaç ve gıda gibi) ve artık satılamayacak ürünleri de içerir. Stok ayarlamaları zincirdeki bir aktörün stokları yeniden dağıttığı durumlarda örneğin depolar arasında veya mağazalar arasında gibi sezonsal ürünlerin olduğu durumlarda olur. [6]

Son olarak fonksiyonel dönüşler bu da doğal işlevi gereği zincir içinde ileri ve geri giden ürünlerdir. Belirgin bir örnek paletlerdir. Görevleri diğer ürünleri taşımaktır ve bu görevi defalarca yapabilirler. Diğer örnekler sandık, konteynır ve paketlerdir. Özet olarak dağıtım dönüşleri:

- Üründen geri dönenler.
- B2B ticari dönüşler (satılmayan ürünler, yanlış/zarar görmüş dağıtımlar)
- Stok ayarlamaları şeklindedir.

Fonksiyonel dönüşler ise (Dağıtım maddeleri/taşıyıcılar/paletler) şeklindedir. [6]

3.1.2.3 Müşteriden Dönenler

Üçüncü grup müşteriden dönenlerden oluşmaktadır. Bu dönüşler ürün en azından müşteriye ulaştıktan sonra başlar. Yine ürünlerin çeşitli dönüş nedenleri vardır:

- B2C ticari dönüşler (Geri ödeme garantisi)
- Garanti dönüşleri
- Servise Yönelik dönüşler (tamir yedek parça)
- Kullanımı sona eren ürünlerden dönenler
- Ürün ömründen dolayı dönenler.

Nedenler ürün hayat döngüsüne göre çok ya da az olarak sıralanabilir. Geri ödeme garantileri müşterinin alım noktasında fikrini değiştirmesine imkân tanıyan bir durumdur. (Genellikle ürünü elde ettikten kısa bir süre sonra) Eğer ihtiyaçları ve

beklentileri karşılanamazsa bu durum olur. Nedenler listesi çok olabilir. Örneğin giysilerde memnuniyetsizlik ebada, renge ve kumaş özelliklerine bağlı olabilir. Bu altı çizilen nedenlerden bağımsız olarak müşteri geri ödeme garantisinden istifade için ürünü getirdiği durumlarda B2C ticari geri dönüş ile karşı karşıya kalınır. Diğer iki nedende garanti ve servis dönüşlerinde, ürünün kullanımında fonksiyonel hata olmasından doğmaktadır.

İlk olarak garanti iadelerinde başlangıçta belirtilen kalite standartlarının uyum olmadığı zaman gerçekleşir. Bazen bu iadelerde ya tamir olur ya da yeni ürün verilir veyahut parası verilir. Garanti periyodunun bitişinden sonra müşteriler bakım ve tamirden yine faydalanabilirler fakat artık ücretsiz olarak değişim hakkına sahip olamayacaklardır. Ürünler müşterinin olduğu yerde veyahut geri gönderilerek yapılır. İlk durumda yedek parçalarda çok geri dönüşler olmaktadır. Çünkü kesin olarak hangi parçalara ihtiyaç duyulacağı belli değildir.

Kullanım ömrü sona eren ürünlerdeki dönüşler ise ürünün ömrünün belirli döneminde ancak olur. Bu kiralama durumunda ve geri dönebilen şişe gibi konteynırlarda olur. 2 .el pazarlara dönüşlerde kullanılmış kitapların amazon.com' a gidişi gibi. [6]

Son olarak ürün ömrü dönüşleri ürünün ekonomik veya fiziksel yaşamının sonunda olan dönüşlerdir. Bu ürünler ya orijinal ekipman üreticilerine yasal durumlar gereği gitmekte ya da komisyoncular onları değerli malzemeleri için almaktadırlar. Elektrikli ve elektronik atıklarla ilgili olan direktifteki dönüşler ürünün ömrü sonundaki dönüşlere girmektedir.

3.2 Tersine Lojistikte “Nasıl ?”

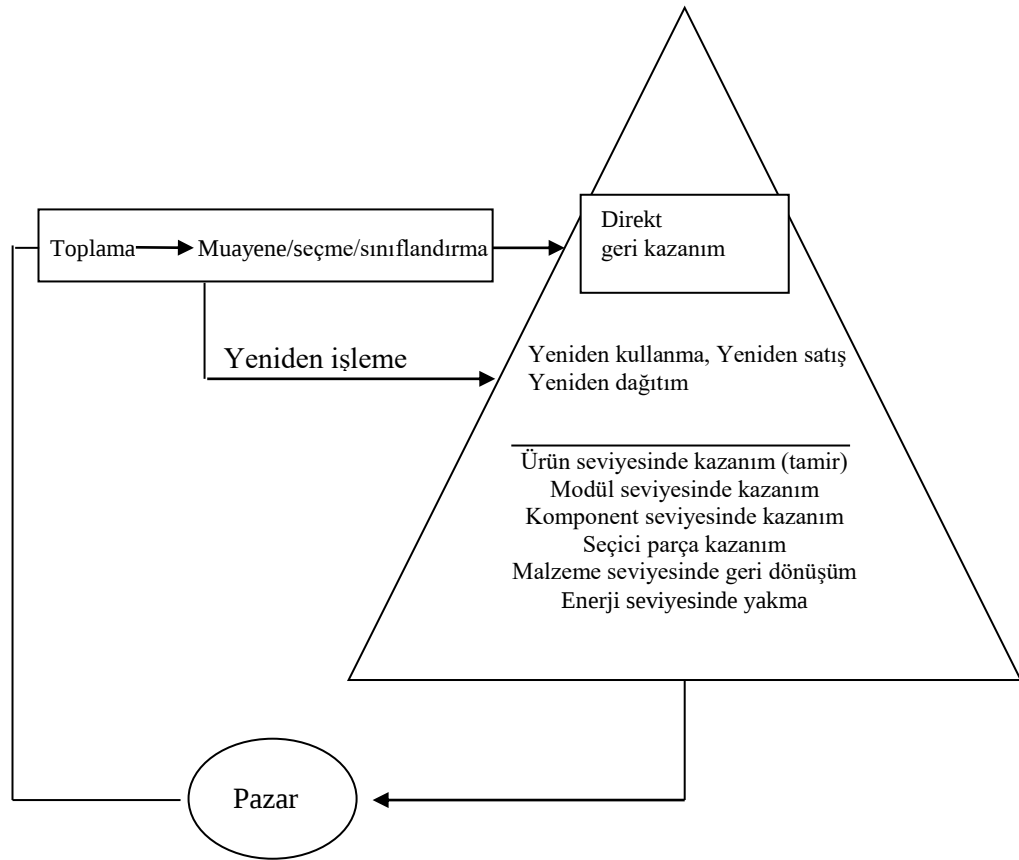
Nasıl noktası pratikte tersine lojistiğin nasıl olduğunu göstermek ve ürünlerin değerlerinin nasıl elde edildiğiyle ilgilenir.

Bütünsel tersine lojistik süreçlerinde geri kazanım gerçekte sadece aktivitelerden bir tanesidir. İlk olarak toplama, sonra kombine denetim/seçim/ayırma süreci, üçüncü olarak geri kazanım (direkt veya geri işleme sürecini içerir.) ve son olarak yeniden dağıtım gelir.

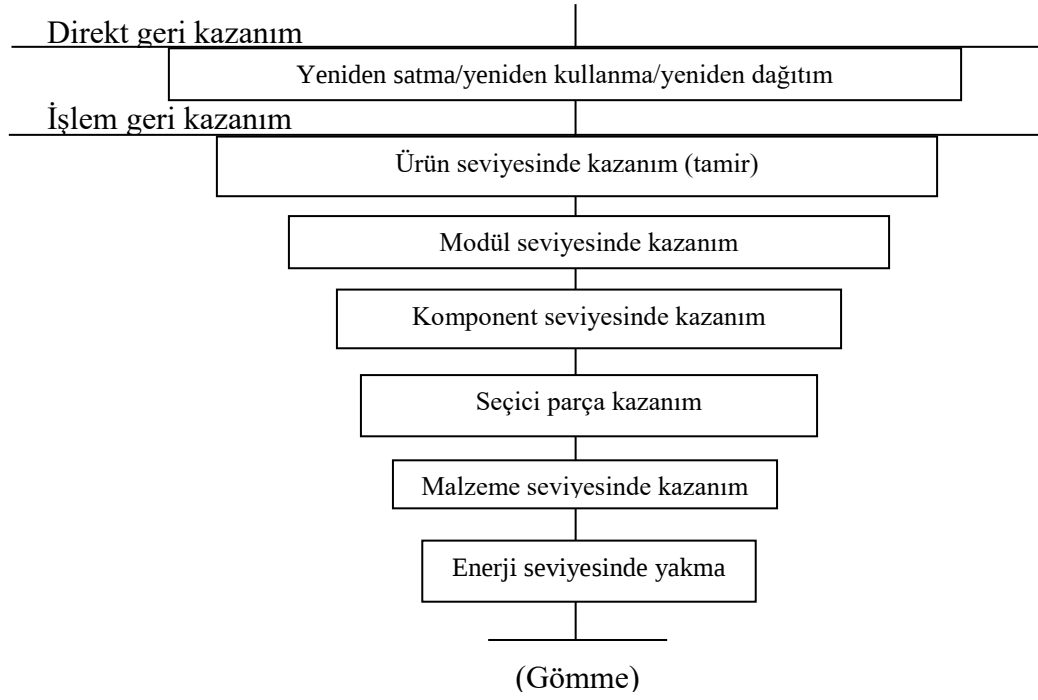
Toplama ürünleri müşterilerden bir geri kazanım noktasına getirmeye tekabül eder. Bu noktada ürünler gözden geçirilir. Kaliteleri değerlendirilir ve geri kazanım türüne

karar verilir. Ürünler sonradan sınıflandırılabilir ve takip eden geri kazanıma göre yönlendirilebilir. Eğer ürünün kalitesi neredeyse yenisi gibiyse ürün pazara yeniden kullanma, yeniden satış ve yeniden dağıtım ile sürülebilir. Eğer değilse daha fazla işlem içeren başka bir geri kazanım süreci kullanılacaktır.

Yeniden işleme değişik aşamalarda olabilir. Şekil 3.3'teki proseslerde görüldüğü gibi ürün aşamasında (tamir), modül aşamasında (yeniden üretim), seçici parça aşamasında (seçici kullanım), malzeme seviyesinde (geri dönüşüm) ve enerji seviyesinde (yakma) şeklinde olur.



Şekil 3.3: Tersine lojistikte prosesler



Şekil 3.4: Geri kazanım opsiyonu tersine çevrilmiş piramit

Şekil 3.4’te piramidin tepesinde ürün ve modül global aşamalar, aşağılarda ise malzeme ve enerji gibi özel aşamalar vardır. Tedarik zincirinin herhangi bir aşamasında (üretim, dağıtım, müşteri) piramidin hem üst ve hem alt noktasındaki opsiyonlara göre geri kazanılabilir. [6]

3.3 Tersine Lojistikte “Ne ?”

Tersine lojistikte üçüncü bir bakış açısı ise gerçekte neyin ıskartaya çıktığıdır ve döndüğüdür. 3 ürün özelliği gözükmemektedir.

- Kompozisyon
- Bozulma
- Kullanım şekli [6]

3.3.1 Dönen Ürünlerin Kompozisyonları

Ürünleri geri kazanım için tasarlarlarken içerdikleri bileşen ve malzeme sayısı dikkate değer önemli noktalardır. Sadece sayı noktasında değil malzemelerin ve bileşenlerin nasıl beraber konulduğu işleme sürecinin kolaylığını etkileyecek ve dolayısıyla tersine lojistiğin ekonomikliğini etkileyecektir. Zehirli materyallerin varlığı da özel işlem gerektirdiğinden ötürü önemlidir. Malzeme heterojenliği de geri kazanım da

önemli rol oynamaktadır. Mümkün olduğu kadar saf farklı malzeme ayrımında bu önemlidir. (plastiklerde problem oluşmaktadır). Geri kazanım sistemlerinde ürünün hacmi de önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle taşıma ve elleçleme de önemlidir. Özet olarak bir ürünün gerçek özellikleri geri kazanım için aldatıcı olabilir. Çünkü bunlar bütün süreci etkilemektedir.[6]

3.3.2 Dönen Ürünlerin Bozulmaları

Ürünün fonksiyon göstermemesine neden olan bozulma özellikleri vardır. Bu özellikler ürünün bütünsel ya da parça olarak ileri bir kullanımının olup olmayacağına karar vermekte kullanılır. Bu geri kazanım opsiyonunu etkilemektedir. Ürünün geri kazanım potansiyelinin belirlenmesi için birçok sorunun sorulması gerekmektedir. Ürün kullanımla eskir mi? Bu asli bozuklukla ilgilidir. Bütün parçalar eşit sürede mi eskir? Bu bozukluğun homojenliği ile ilgilidir. Ürünün değeri hızlı bir şekilde mi düşer? Bu durum da ekonomik bozuklukla ilgilidir. Gerçekte ürünler pazara yeni ürünlerin girmesiyle modası geçmiş olurlar bilgisayarlarda olduğu gibi. Bu uygulanabilir geri kazanım opsiyonlarını sınırlandıracaktır. Aynı durum asli bozukluk ve homojen olup olmaması için de söylenebilir. Eğer bir ürün kullanımı esnasında gazoline gibi tamamen tüketilirse veya pil gibi hızla tükenirse veya bazı parçaları bozulmaya duyarlıysa bu tür ürünlerin yeniden kullanımı söz konusu değildir. Eğer bununla birlikte ürünün bir parçası bozulursa diğer geri kazanım opsiyonları tamir gibi veya parça değiştirme veya geri kullanma gibi düşünülebilir. [6]

3.3.3 Dönen Ürünlerin Kullanım Şekilleri

Bölgeye, yoğunluğa ve kullanım süresine göre ürün kullanım şekli bir grup özellikten oluşur ki bu örneğin toplama aşamasını etkiler. Son kullanıcının bireysel veya kurumsal olması toplama için farklı noktalar veya son kullanıcıdan farklı derecelerde gayret talep ettiği için bir farklılık oluşturacaktır. Kullanım daha az veya daha yoğun da olabilir. Örneğin kiralık medikal ekipmanlara bakıldığında bunlar genel de kira ile bir süre için kullanılır ve gerekli sterilizasyon işlemlerinden sonra yeniden kiralanabilir. Kullanım yoğunluğunu tanımlayan sadece süre değildir. Fakat aynı zamanda kullanım esnasında tüketim derecesi de önemlidir. Örneğin genel de kişi kitabı açtıktan sonra okur ve onu muhafaza eder. Fakat daha sonra onunla ilgilenmez. Bu durum amazon.com' u 2. el kitap konusunda ticarete teşvik etmiştir.

Ürünün özellikleri ürünün tipiyle ilişkilidir. Geri kazanım durumuna ulaşan ürünlerin potansiyel durumlarına ilişkin ürün tipi gerçekte global bir etki uyandırır. Ürün tipi Zhiquiang (2003) tarafından tersine lojistik aktivitelerinin planının taslağını oluşturmak için kullanılmıştır. Fleischmann (1997) tipleri ayırmıştır. Yedek parçalar, paketler ve tüketici eşyaları doğal bir ekleme de tüketici eşyalarından daha kompleks ve farklı bir kullanım şekli olan endüstriyel ürünler sınıfıdır. Bundan başka Birleşmiş Milletler (BM)'in ürün sınıflandırmasına bakılırsa ve tersine lojistik için ilgili karakteristiklere dikkat edilirse ürünlere birkaç sınıf daha eklemek önemli olmaktadır. Bunlar maden cevherleri, petrol ve kimyasallar, inşaat ekipmanları ve diğer taşınabilir ürünlerdir. Genel bir kanı inşaatlarda kullanılan nesnelerin uzun bir kullanım ömrüne sahip olduklarıdır. Bunun yanında geri kazanım sıklıkla alan üzerinde olmalıdır. Köprü, yol gibi kolaylıkla kaldırılamayan ve taşınamayan yapılarda olduğu gibi maden cevherleri, petrol ve kimyasallar ortak zararlı yapılarından ötürü özel bir işleme ve geri kazanım süreci gerektirmektedir ve özel bir sınıf oluşturmaktadır. Son olarak diğer materyaller için ayrı bir kategori tanımlanır. Selüloz, cam ve hurdalar gibi özet olarak aşağıdaki ana ürün kategorilerine sınıflandırma yapılmıştır.

- Tüketici eşyaları (elbiseler, mobilya ve kapsamlı ürün çeşitleri)
- Endüstriyel ürünler (Askeri ve profesyonel ekipmanlar)
- Yedek parçalar
- Paketleme ve dağıtım ürünleri
- İnşaat yapıları(Binalar, su yolları, köprüler ve yollar)
- Maden cevherleri, petrol ve kimyasallar.
- Diğer materyaller (kâğıt, cam ve hurdalar)

Her bir ürün grubu için geri kazanım durumunu açıklamak ve her biri için tersine lojistik zinciri tanımlamak zor bir olaydır. [6]

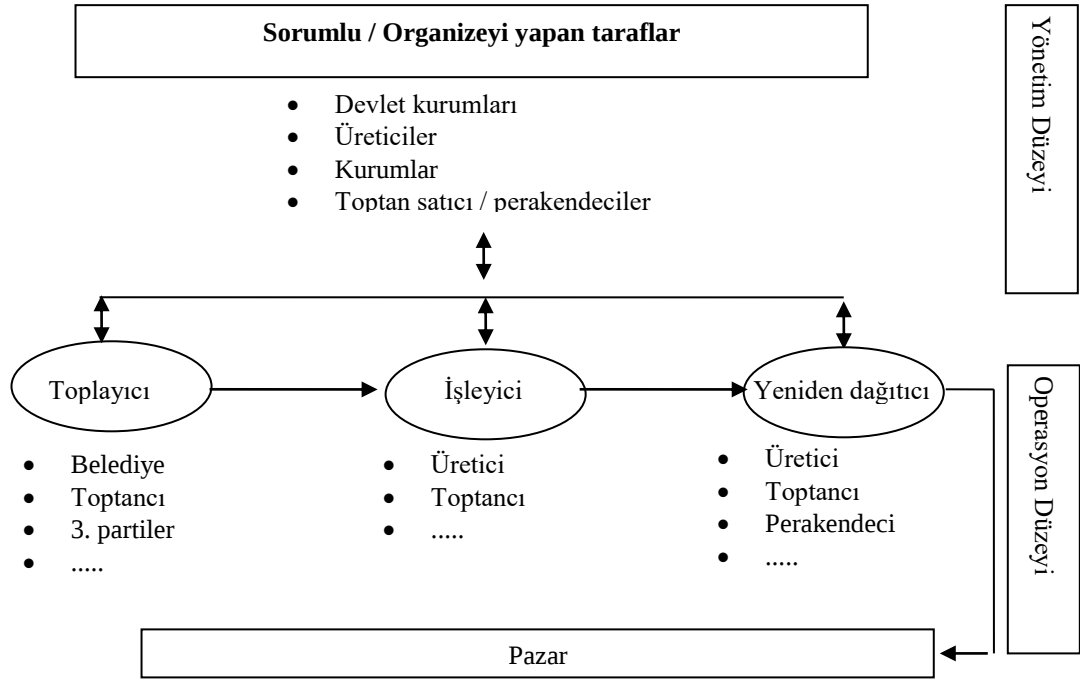
3.4 Tersine Lojistikte “Kim ?”

Tersine lojistikte aktörler üzerinde birçok bakış açısı vardır. Bu konuda şöyle bir ayrım yapılabilir.[6]

- İleri tedarik zinciri aktörleri (tedarikçi, üretici, toptan satıcı ve perakendeci olarak)
- Özelleşmiş tersine zincir oyuncular (toptancı ve geri dönüşüm uzmanları vb.)
- Fırsatçı oyuncular (yardım organizasyonları)

Bazı oyuncular sorumludurlar veya tedarik zincirini organize ederler bazıları ise zincirde görevleri yerine getirirler. Sahip olunan nihai oyuncunun rolü buna ek olarak sahiplenici roldür. Bu rol geri kazanımın onsuz çok önemli olmayacağı gönderici/verici ve ileri müşteri tarafından gerçekleştirilir. Toplama ve işleme gibi tersine lojistik aktivitelerinde yer alan aktör grubu bağımsız araçlardır. Özel geri kazanım şirketleri tersine lojistik servis sağlayıcıları, revizyonlu ürün yapanlar, toplama işini yapan belediyeler ve kamu özel kuruluşları geri kazanım sorumluluğunu yerine getirmek için oluşturulmuşlardır. Her aktörün farklı amaçları vardır. Üreticiler revizyonlu ürün satıcılarının ürünlerini yeniden satmalarını engellemek için geri dönüşüm yapabilirler. Farklı taraflar birbiriyle mücadele içinde olabilirler.

Bu bakış açısı şekil 3.5' de açıkça belirtilmiştir. Şeklin üstündeki taraflar ya sorumludur ya da yasa tarafından sorumlu hale getirilmiştir. Bunlar ileri yönde tedarik zincirindendir. Orijinal ekipman üreticileri (OEM) gibi sonrasında aynı taraflar ve kurumlarında (beraber çalışan şirketler durumunda) veya hatta devletin kendisinde olabileceği tersine zinciri organize eden taraflar vardır. Bu taraflar altında 2 temel tersine lojistik aktivitesi vardır. Yine toplama ve işleme farklı taraflarca yapılabilir. Bundan sonra ürünler yeniden pazara dağıtılır. [6]



Şekil 3.5: Tersine lojistikte kim kimdir?

4. TERSİNE LOJİSTİK AĞ TASARIMI

Geleneksel tedarik zincirlerinde olduğu gibi, lojistik ağına geri dönen ürünlerin yeniden pazarlanabilir hale getirilmesi için dönüşüm süreçlerinin eklenmesi gerekmektedir. Geleneksel tedarik zincirlerinde lojistik ağ yapısı çok önem arz eden bir konu olarak kabul edilir. Üretim bölgelerinin, depolamanın ve bunlar arasında seçilen ulaşım bağlantıları tedarik zincirinin performansı açısından büyük önem arz etmektedir. Benzer olarak, lojistik ağ yapısı tersine lojistik yapısının karlılığı üzerinde temel bir etkisi vardır. Kullanılan ürünlerden elde edilen karı maksimize kılmak için şirketler açığa çıkan ürünlerin optimal bir yönden ilerlemelerini sağlamak durumundadırlar. Bu noktada, tersine tedarik zincirinin süreçlerinin nasıl olması gerektiğine karar verilmesi gerekmektedir. Onların depolama ve ulaşım olarak nasıl bağlanması gerektiğinin belirlenmesi gerekmektedir. Özellikle şirketler önceki kullanıcılardan geri kazanılabilir ürünleri nasıl toplayacaklarını, geri kazanılabilir ürünlerin nerede tetkik edilerek değerli ve değersiz bileşenlerinin ayrılacağına karar verilmesi gerekmektedir. Bunların hangi işleme tesislerinde işleneceğinin ve pazara nasıl aktarılacağına belirlenmesi gerekmektedir. [6]

4.1 Tersine Lojistik Ağ Yapılarının İncelenmesi

Lojistik ağ yapılarına kullanılmış ürünlerin toplanması ve geri kazanım faaliyetlerine aktarılması için ve nihayetinde başka bir kullanıcıya aktarılmasında ihtiyaç duyulmaktadır. Genel itibarıyla bu şekilde bir yapı iki pazar arasındaki bağlantıyı göstermektedir. Biri kullanılmış ürünleri sağlayan yapı diğeri de yeniden kullanılabilen ürünleri talep eden pazardır. Bu bağlantı tersine kanal aktivitelerini içermektedir. Bunlar sırasıyla toplama, test etme, sınıflandırma, yeniden işleme ve yeniden dağıtımadır. Şekil 4.1’de bunun genel bir perspektifini göstermektedir. Burada iki pazar kesişebilir. Kapalı döngü bir ağ oluşmaktadır.

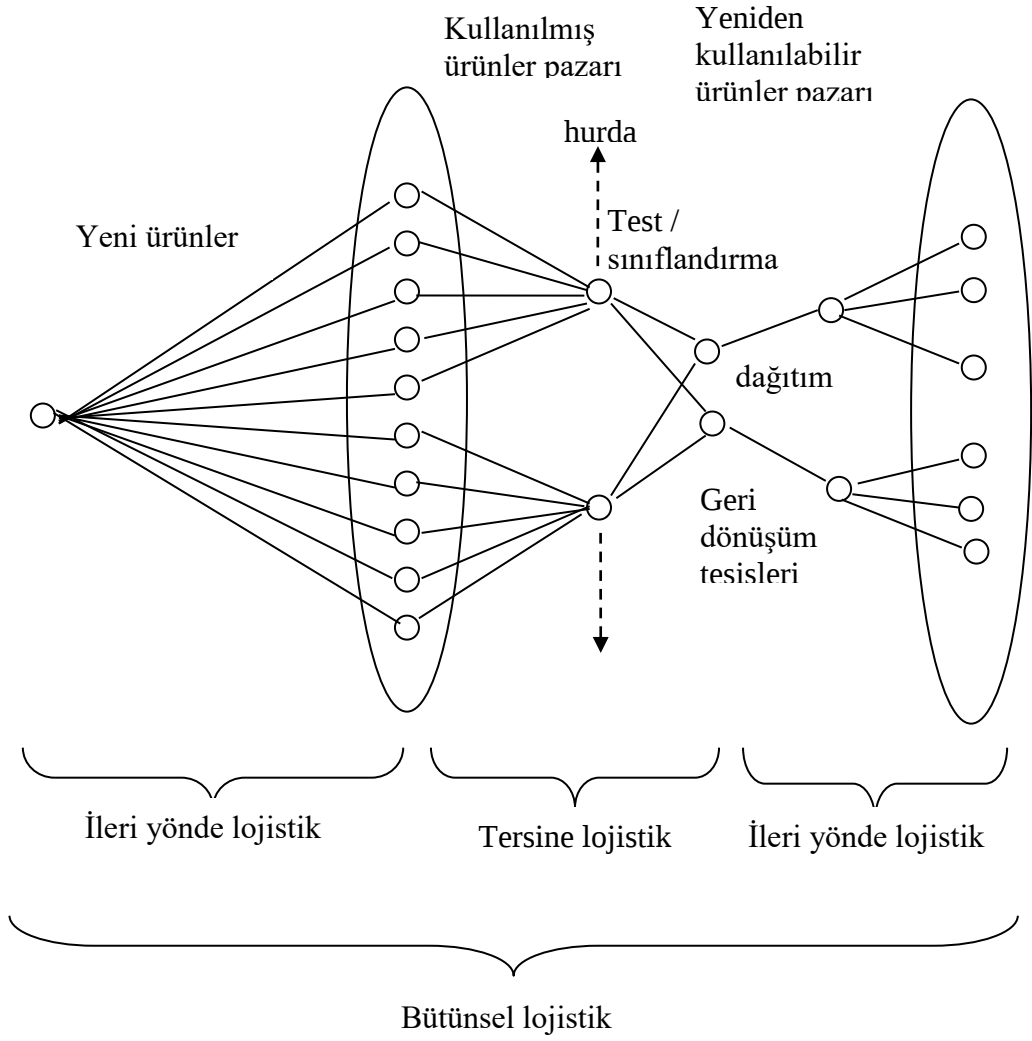
Lojistik açıdan şekilde gösterilen yapı çoktan çoğa dağıtım ağı şeklinde karakterize edilebilir.

Bir araştırma tersine kanal yapılarına ve dahil olan farklı oyuncuların rolleri üzerine odaklanır. Bu amaçla Fuller ve Allen (1995) ayrımı (1) Üretici entegre sistem (2) Çöp nakliye sistemi (3) Özelleşmiş tersine işlemciler – işlemci sistemleri (4) İleri yönde perakendeciler – toptan satıcı sistemleri (5) Geçici – kolaylaştırıcı sistemler. Analiz Gultinan ve Nwokoye'nin (1975) ve Pohlen ve Farris (1992)' nin erken önerileriyle genişlemektedir. [6]

Farklı bir bakış açısından Bloemhof-Ruwaard ve Salomon (1997) ve Fleischmann (2000) tersine lojistik ve geri kazanım süreçleri formu arasında farklılığa atıfta bulunmaktadır.

Yazarlar 3 farklı ağ yapısından bahsetmektedirler. Bunlar yeniden üretim, geri dönüşüm ve direkt yeniden kullanım ağ yapılarıdır. Fleischmann (2003)'de bunu geri kazanım süreçlerinin sahiplenilmesini de eklemektedir) [6]

Bu analizler üzerine ağ yapıları 5'e ayrılabilir. (1) Zorunlu olarak geri almaya yönelik ağ yapıları (2) Katma değerli geri kazanım için gerçek ekipman üreticileri ağ yapıları (3) Tahsis edilmiş yeniden üretim ağ yapıları (4) Malzeme geri kazanımı için geri dönüşüm ağ yapısı (5) Yeniden doldurulabilir konteynırlar için ağ yapıları.



Şekil 4.1: Tersine lojistik ağ yapısı

4.2 Tersine Lojistik Ağ Yapılarının Özellikleri

Lojistik ağ yapısının türüne göre stratejik tasarım kararları toplama/elde etme metodunun seçimi, sınıflandırma, yeniden işleme operasyonlarına ait yer seçimi, kapasite belirlenmesi, ilgili envanter stokları ve kaynaklara, türlere, kapasitelere göre uygun taşıma türlerinin seçilmesi gibi kriterleri içermektedir. Bunları geleneksel bir üretim-dağıtım ağıyla kıyasladığımız zaman ağ yapısının en fazla göze çarpan faktör olduğunu görmekteyiz. Ağ yapıları çoktan çoğa ve kimi noktalarda yakınsayan kimi noktalarda da uzaksayan bir yapı arz etmektedir. Oysaki üretim ve dağıtım ağ yapıları birazdan çoğa ve uzaksayan yapılar olma özelliği göstermektedirler. Bununla birlikte bu farklılık tersine lojistiğin içsel özelliğinden öte kapsamın bir sonucu olabilir.

Zıt olarak aşağıdaki faktörler tersine lojistiğıe özel temel faktörlerdir:

- Tedarik belirsizliğı
- Test ve sınıflandırmada merkezileşme derecesi
- İleri ve tersine akışlar arasındaki ilişki.

Geleneksel tedarik zincirlerinde talep tipik olarak ana bilinmeyendir. Tersine lojistikte ise tedarik kısmı önemli bir belirsizlik arz etmektedir. Kullanılmış ürünler klasik bileşen ve ham maddelere nazaran daha az standardize girdi kaynaklarıdır. Ürün geri dönüşlerinin miktar, kalite ve dönüş zamanı genel olarak tam manasıyla bilinmemektedir. Bu durumda talebi ve arzı eşleştirmek tersine lojistikte önemli bir sorundur. Sonuç olarak akış hacimlerindeki ve kompozisyonlarındaki değışikliklere bağılı düzgünlük tersine lojistik ağı yapılarında önemli bir ön şarttır.

Tersine lojistikte test etme ve sınıflandırma operasyonlarına ilişkin ihtiyaç tedarik kısmındaki belirsizliğin direkt bir sonucudur. Bu aşamanın merkezileştirilmesinin derecesi tersine lojistikte taşıma ihtiyaçlarına önemli bir etki yapmaktadır. Toplanan ürünleri erken bir aşamada test etmek toplam taşıma mesafesini kısaltır çünkü teşhis edilen ürünler direkt olarak ilgili geri kazanım opsiyonuna gönderilir. Özel olarak, bu yaklaşım değersiz hurdaların gereksiz taşınmasına engel olur. Diğer taraftan, yatırım maliyetleri ve özel iş gücü gibi durumlarda da merkezi durum ağır basmaktadır. Geleneksel üretim-dağıtım ağı yapılarında bu duruma tam benzer bir yapı yoktur çünkü ürünün izleyeceği yol tam olarak bellidir.

Tersine lojistiğın diğer önemli özelliğı de farklı ürün akışları arasındaki potansiyel sinerjidir. Geleneksel dağıtım ağı yapılarında tek yönlü yol şeklinde hareket ederken, kapalı döngü sistemleri gelen ve giden akışları birbiriyle kesişmektedir. Bu kurulumda ekonomik skalaya ulaşmak için entegrasyonu potansiyel bir araç olarak görmek sezgiseldir. Fırsatlar taşıma ve tesislerle ilgilidir. Örneğın kullanılmış ürünlerin toplanmasını dağıtımla birleştirmek boş dönüşleri engelleyebilecektir. Benzer olarak aynı tesiste ileri ve geri yöndeki akışların operasyonlarının yapılması genel giderleri düşürmektedir. Aynı zamanda bu fırsatlar uyumluluğı da arttırabilir. Birçok durumda kapalı döngü tedarik zincirleri tek aşamada tasarlanmaz mevcutta var olan bir dağıtım ağına entegrasyonuyla sağlanır. [6]

4.3 Tersine Lojistik Ağ Yapısı Türleri

4.3.1 Zorunlu Almayı Gerektiren Ağ Yapıları

Tersine lojistik ağ yapılarının önemli bir kısmı çevresel açıdan ürün geri alma yasasına uygun olarak oluşturulmuştur. Buna tipik bir örnek Hollanda'daki elektronik ürün geri dönüşüm ağıdır. Benzer sistemler İskandinav ülkelerinde ve Asya'daki çeşitli ülkelerde kurulmuştur ve Avrupa'da da kurulma aşamasındadır. Buna ait bir örnekte Almanya'da ki paketlemeye ilişkin yapılanma olan “green dot” sistemidir. Hurda araçlar da yasamalarındaki başka önemli bir grubu oluşturmaktadır. Bu durumların tamamında orijinal ekipman üreticileri kendi ürünlerinden ömür sonlarında sorumludurlar. Bu durumlarda ürün ömrü sona ermiş ürünlerden değer elde etme ihtimali küçüktür. Şirketler maliyet küçüklenmesine odaklanmışlardır. Malzeme geri dönüşümü tipik geri kazanım türüdür. Maliyetler tüketicilere ya direkt olarak ya da ürünle birlikte yansıtılmaktadır. [16]

Orijinal Ekipman Üreticileri yasal ve finansal olarak geri alma ve geri kazanımdan sorumlu olmalarına rağmen, bu işler genel olarak lojistik hizmet sağlayıcılarına ve profesyonel geri dönüşüm şirketlerine yaptırılmaktadır. Bunun ötesinde birçok durumda sitemlerin sanayi işbirliği çerçevesinde kurulmuş olduğu görülmektedir. Bu tip tersine lojistik ağ yapıları daha çok düşük maliyetli toplamaya yönelmişlerdir. Genel olarak bu sistemlerde belediyelerle işbirliği içerisinde hurda ürün bırakma noktaları oluşturulur. Buralarda belirli bir hacme ulaşan ürünler daha sonra ilgili işlem merkezlerine gönderilir. Bu tip sistemlerde test etme ve derecelendirme çok öncelik taşımamaktadır. Toplama alanlarında ürünler kabaca sınıflanır ve ileri derecede malzeme ayrımı geri dönüşüm sürecinde olur. [16]

4.3.2 Katma Değerli Geri Kazanım İçin Orijinal Ekipman Üreticileri Ağ Yapıları

Tersine lojistik ağ yapılarına ilişkin başka önemli bir sınıf kapalı döngü tedarik zincirlerini yöneten ve amacı kullanılmış ürünlerden değer kazanmak olan orijinal ekipman üreticileridir. IBM' in buna benzer bir çalışması bulunmaktadır.

Genel olarak orijinal ekipman üreticileri tarafından oluşturulan kapalı döngü zincirler farklı kaynaklardan gelen birçok kullanılmış ürün akışını içermektedir. (leasing'den dönen ürünler, “eskiyi getir yeniyi al” ve müşteri hizmeti olarak yapılan geri alma

durumları önemlidir.) Bununla birlikte bu durumların çoğu miktarların çok olması ve daha iyi müşteri ilişkilerinden ötürü ürün ömrünün izlenmesini kolay kıldığı için iş pazarında gerçekleşmektedir. Bununla birlikte orijinal ekipman üreticileri tarafından yönetilen bu sistemlerde ürün, bileşen ve malzeme seviyesinde kaliteye bağlı alternatif geri kazanım opsiyonları bulunmaktadır.

Bu tip heterojen akışların olduğu bir yapıda geri kazanılan değerin maksimize edilmesi için test ve derecelendirme büyük önem taşımaktadır. Mevcut durumda çoğunlukla merkezi bir test operasyonuna eğilim bulunmaktadır. Geçen on yıllardaki dağıtım yapılarının gelişimine bakıldığında bunlarla özdeş olarak ekonomik skala ulaşım giderlerine ağır basmaktadır. Mali açıdan öte dönüş akışlarının yönetiminde yasal kısıtlar önemli bir rol oynamaktadır.

Bu tip, üreticilerin kendilerinin oluşturduğu ağ yapılarında koordinasyon çok önemlidir. Sadece kullanılmış ürünlerin geliş ve gidiş akışları değil aynı zamanda birbirinin yerine kısmi olarak geçebilen geri kazanım ve orijinal üretiminde koordine edilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak tersine lojistik ağ yapıları büyük bütünsel bir çözümün içinde yer almalıdır. Böylece sinerjiden faydalanılacak fakat lojistik karar aşamasının kompleksliğini arttıracaktır. [16]

4.3.3 Revizyonlu Ürüne Odaklanmış Ağ Yapıları

Orijinal ekipman üreticileri tarafından yönetilen geri kazanım programlarına ek olarak, özelleşmiş revizyonlu ürün üreticileri uzun bir aradır bulunmaktadır. Revizyonlu otomotiv ve endüstriyel ekipman üreticileri, revizyonlu lastik üreticileri bulunmaktadır. Bu tip kapalı döngü zincirleri orijinal ekipman sistemleriyle kıyasladığımız zaman daha fazla ticari ve fırsatçılığın fazla olduğunu görmekteyiz. İş çevreleri daha çok fırsat odaklıdır ve arz-talep arasında optimal bir denge aramaktadır.

Komisyonculuk özelliği revizyonlu ürüne odaklanmış zincirlerin lojistik yapısında da gözlenmektedir. Var olan lojistik ağ yapısına, toplama alt yapısı eklemekten öte revizyonlu ürün üreticileri arzdan talebe kadar bütünsel ağ yapısını tasarlamak durumundadırlar. Özellikle revizyonlu ürün tesislerinin konumu gerek tedarik kaynaklarına gerekse de müşteri konumuna bağlıdır. Burada kar maksimizasyonu maliyet küçüklenmesine baskın bir kriterdir. [16]

4.3.4 Malzeme Geri Kazanımı İçin Geri Dönüşüm Ağ Yapıları

Geri dönüşüm içerisindeki malzeme geri kazanım sistemleri kendine ait özellikleri olan ayrı bir kapalı döngü tedarik zinciri oluşturmaktadır. Malzeme geri dönüşüm yapıları düşük kar marjlıdır. Bu yüzden sadece ekonomik amaçlı kurulmuş olan yapılar yasalardan ötürü kurulmuş olan yapılara nazaran daha az sayıdadır.

Diğer önemli bir özellik ise büyük yatırım gerektirmeleridir. Ayrıca işlenecek olan miktarın çok olması da önemlidir. Ekonomik skala burada sistem için hayati bir unsur teşkil etmektedir. Bu durum lojistik ağ yapısına da yansımaktadır. Büyük ölçekli merkezi bir geri dönüşüm tesisi bu yapılarda genelde bulunmaktadır.

Malzeme geri dönüşüm de test etme ve derecelendirme çok önemli değildir. Taşıma da etkinliği arttırmak için sadece bazı ön işlemler gerekmektedir. Öğütme ve yakma yığın halde toplanmış olan ürünlerin ulaşımında önemli derecede azaltmaktadır. Özellikle merkezi geri dönüşüm tesislerinde uzak mesafelerde bu çok daha önemlidir. [16]

4.3.5 Yeniden Doldurulabilir Konteynırlar İçin Ağ Yapıları

Burada söz konusu olan kapalı döngü tedarik zinciri yapısında ise yeniden kullanılabilir ambalajlar, içeceklerin şişeleri, sandıklar, paletler ve kutular gibi nesnelerin yeniden sisteme dahil olması söz konusudur.

Buradaki en önemli özelliklerden biri “konteynırların” anında kullanılabilme özellikleridir. Yeniden işleme safhası temizleme, küçük tamir ve bir takım değiştirmelerden oluşmaktadır.

Bu tip sistemlerdeki lojistik yapısında ise varlığı korumak esastır. Sistemden sızıntıları engellemek için ve tam bir kapalı döngü sistemi oluşturabilmek için depozito sistemi, eski-yeni değişimi gibi çeşitli uygulamalar yapılmaktadır. Boş konteynırların rotası da aynı zamanda varlığı etkilemektedir. Sistemler genelde her iki yönde de aynı ağ yapısını kullanmaktadırlar. Taşıma ücretlerinin kısılmasıyla bu uygulama planlama ve organizasyonda büyük kolaylıklar sağlamaktadır. [16]

4.4 Örnek Olay: IBM

Ürün geri kazanımın yönetilmesinde elektronik sanayi anahtar bir sektör olmuştur. Bir taraftan genişleyen pazar hacimleri, bir taraftan ürün ömrünün kısa olması büyük

miktarlarda ürünün imha edilmesine neden olmaktadır. Bu noktada çevresel düzenlemelerde elektronik sektörünün ana hedef olması normaldir. Birçok ülkede geri alma zorunlulukları bulunmaktadır. Aynı zamanda modüler ürün tasarımı ve az miktardaki aşınma elektronik ürünleri ve bileşenleri kullanılabilir kılmaktadır. Bu iki noktadaki gelişmeler önemli geri kazanım potansiyeliyle sonuçlanmaktadır.

Bu sektörde önemli bir rol oynayan IBM'in iş aktiviteleri birçok "tersine" ürün akışları içermektedir. İş çevresi bakımından en önemli dönüşler leasing anlaşmalarının bitiminden sonraki dönüşlerdir. Leasing satışları IBM'in satışlarının %35'ini oluşturmaktadır. IBM bu noktada Kuzey Amerika, Avrupa ve Doğu Asya gibi ülkelerde iş çevrelerinin ürünlerini ücretsiz ya da düşük bir bedel karşılığı teslim edebilecekleri geri alma programları uygulamaktadır. Yeniden pazarlanabilir ürünler için müşterilere pozitif bir katkıda da bulunulabilmektedir. Tüketici pazarında IBM Avrupa ve Doğu Asya gibi birçok ülkede ömrünü tamamlamış ürünleri çevresel düzenlemelerden ötürü geri almak durumundadır. Kullanılmış ürünlerin yanı sıra IBM aynı zamanda perakendeci stok fazlası ve iptal edilen siparişler gibi yeni ürünlere ait tersine akışlarla da karşılaşmaktadır. Bu akış tedarik zincirinde anlaşma kontratına göre değişmektedir. Buna bir örnekte servislerde yaşanan süreçtir. Eski ürünler alınarak ya tamir edilip gönderilmekte ya da yenileri gönderilmektedir. [6]

Tersine lojistiğin artan önemi karşısında, IBM dünya çapındaki bütün ürünlerinin geri toplanmasının yönetimine yönelik 1998'de bir birim oluşturmuştur. İsmi Global Kaynak Geri kazanım Servisi (GARS) olan bu organizasyonun ana amacı toplam geri kazanılan değeri maksimize etmektir. Bu noktada GARS dünya çapında 25 tesis işletmektedir. Bu noktalarda toplama, tetkik etme ve uygun bir geri kazanım opsiyonuna aktarma işlemleri yapılmaktadır. Revizyonlu yapılabilecek ve yeniden pazarlanabilecek şekilde olan ürünler revize edilerek yeniden pazara sunulmaktadır. Bu amaçla IBM dünya çapında her biri belirli bir ürün grubuna yönelmiş olan 9 tane revizyonlu ürün işletmesine sahiptir. Gerek IBM'in kendi web sitesinden gerekse de diğer siteler üzerinden yapılan internetteki açık arttırma satışları da önemli bir rol oynamaktadır. Bir bütün olarak değer arz etmeyen ürünler demonte tesislerine gönderilerek hard disk, ana kart gibi önemli parçaları alınır ya IBM'in yedek parça ağına dahil edilir ya da satılır. Geri kalanlar ise geri dönüştürülebilir ürün haline getirilir ve dışarıdan geri dönüşümcülere satılır. 2000'de 51 000 ton kullanılmış ekipman işlendiğini ve bunun %3,2'sinin gömüldüğünü belirtmiştir.[6]

Yukarıda bahsedilen durumlar iş pazarlarına ait durumlardır. Daha az bir pazar payı olan tüketicilerden dönen ürünlerde ise farklı bir yol izlenmektedir. Bireysel toplamanın dezavantajlarından kaçınmak için IBM birçok ülkede kolektif çözüm yapılarına dahil olmaktadır. Hollanda'da ulusal yasal geri alma zorunluluğuna da örneğin Bilgi ve iletişim teknolojileri üreticileri birliğinin organize ettiği bir sistem içersinde bulunarak yerine getirmektedir. Bu durumda farklı üreticilere ait kullanılmış makineler toplanmakta ve geri dönüşüm şirketlerine gönderilmektedir. Taşıma ve geri dönüşüm maliyetleri üye organizasyonlar arasında pazar hacimleri nispetinde paylaşılmaktadır. Kasım 2000'den itibaren ABD'de yeni bir uygulama başlamıştır. IBM müşterileri yeni PC'yle birlikte geri dönüşüm hizmeti de satın alabilmektedirler. Ürün kullanılmaz hale gelince belirli bir geri dönüşüm firmasına gönderilerek ya yardım kuruluşlarına hazır hale getirilir ya da parçalara ayrılarak geri dönüştürülebilir malzeme haline getirilir. [6]

5. TERSİNE LOJİSTİK AĞ TASARIMI İÇİN KANTİTATİF MODELLER

Mevcutta var olan modellerin çoğu karışık tamsayılı lineer programlama (mixed integer linear programming, MILP) üzerine kuruludur. Bu model büyük çapta matematiksel optimizasyona izin verirken, değişik parametrelerin etkisine yönelik çıkarımlar yapmak zordur. [16]

Yıllar boyunca, basit kapasitesiz tesis yerleşimi modellerinden kompleks kapasiteli çoklu seviyeli modellere geçiş olmuştur. Aynı zamanda kombinasyonlu optimizasyon teorilerine dayanan güçlü çözüm algoritmaları önerilmiştir. Bu bağlamda Karışık Tamsayılı Lineer Programlama lokasyon modelleri tersine lojistik ağ yapısı tasarımında doğal bir başlangıç kantitatif yaklaşımı olabilir. Birçok yazar MILP lokasyon modelini tersine lojistik kavramına adapte etmeye çalışmıştır. Tersine lojistikte tesis yerleşim modelleri itme ve çekme şeklinde tablo 5.1'deki gibi sınıflandırılabilir. [6]

Karışık tamsayılı lineer programlama modeline alternatif bir modelde “sürekli yaklaşım” metodolojisi. Bu yaklaşımda tersine lojistik ağ tasarımı için bir maliyet modeli geliştirilmektedir [16]

Tablo 5.1: Tersine lojistik tesis lokasyon modelleri

	İtme kaynaklı modeller	Çekme kaynaklı modeller
Bütünsel ağ yapısı	Kroon ve Vrijens (1995) Thierry (1997) Spengler (1997) Marin ve Pelegrin (1998) Fleishmann (2001)	Realff (1999) Jayaraman (1999)
Tersine ağ yapısı	Berger ve Debailie (1997)	Krikke (1999)

5.1 Literatürde Tersine Lojistik Ağ Yapısı Modelleri

Lojistik ağ tasarımı tersine lojistik konuları içerisinde birçok örnek olayı içeren alanlardan biridir. Geçen birkaç yıl içinde bu konuda ciddi detaylı çalışmalar

yapılmıştır. Bu çalışmaların çoğunda geleneksel tesis yerleşim modellerinin modifikasyonu ve genişletilmesine dayanan optimizasyon modelleri geliştirilmiştir.

Spengler (1997) Alman çelik sanayinde geri dönüşüm ağlarını tetkik etmiştir. Çelik üretimi önemli miktarda artık oluşturmaktadır ve bunların çevresel düzenlemelere uygun olması ve imha maliyetlerinin azaltılması açısından geri dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla, farklı işleme teknolojileri mevcuttur. Bütünsel maliyetlerin azaltılması için hangi noktada geri dönüşüm süreçleri ve süreç zincirleri oluşturulmalıdır üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu noktada modifiye olmuş MILP depo yerleşim modeli önerilmektedir.. Model formülasyonu bireysel süreç adımlarına karşılık gelen keyfi sayılarda ağ seviyelerine ve alternatif işleme opsiyonlarına bağlı keyfi sayıda hurda ürün sayısına izin vermektedir. Çoklu senaryoların analiz edilmesiyle yeterli kapasite faydalarına ulaşabilmek için sanayi çevrelerince geniş bir işbirliğine ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır. Bunun ötesinde geri dönüşüm hedefleri ve imha kısıtlamaları ciddi yatırım kısıtları gerektirebilir.

[16]

Fleischmann (2001)'de orijinal ekipman üreticilerinin mevcutta var olan üretim-dağıtım ağına geri kazanım operasyonlarının eklenmesinin sonuçları üzerinde odaklanmıştır. Genel bir Karışık Tamsayılı Lineer Programlama (MILP) oluşturulmuş hem ileri hem de geri akışları içermektedir. Nümerik çalışmalara bağlı olarak bütünsel ağ yapısı geri kazanım hacimlerindeki değişikliklere bağlı olarak düzgünlük arz etmektedir ve tersine lojistik ağ yapısı birçok durumda mevcut lojistik yapısına entegre edilebilmektedir. **[16]**

Jayaraman (1999) Amerika'daki revizyonlu elektronik ekipman üreticisinin lojistik ağ yapısını analiz etmiştir. Aktiviteler temel olarak ana toplama, revizyonlu üretim ve revizyonlu ürünlerin dağıtımını içermektedir. Burada revizyonlu üretim yapacak tesislerin optimal sayısı ve konumları, toplanacak ürün sayısı yatırım, taşıma, işleme ve depolama maliyetleri de göz önünde bulundurularak araştırılmıştır. Yazarlar bu ağ yapısı tasarımının standart çoklu ürün kapasiteli depo lokasyonu (MILP) şeklinde modellenebileceğini göstermişlerdir. Burada sınırlı ana tedarik hareketleri bütün operasyon seviyelerinde bir kapasite kısıdı gibi hareket eder. Burada yazarlar sistem performansı için çok önemli olan kapasitenin yönetilmesini geleneksel üretim-dağıtım ağ yapılarındakinden farklı yaklaşımlar gerektirdiğini belirtmektedirler.**[16]**

Barros (1998) malzeme geri dönüşümüne ilişkin bir çalışma yapmıştır. Burada inşaatlardan çıkan kumun geri kazanılmasını ele almıştır. Büyük alt yapı çalışmalarında kullanılmak üzere kumun geri dönüştürülmesi için ulusal çapta Hollanda’da çöp geri dönüşüm firmaları ağ yapısını kurmaya çalışmaktadır. Burada kirlenme ana temadır. Yani kumun yeniden kullanılmadan önce analiz edilmesi ve temizlenmesi gerekmektedir. Kirli kumun temizlenmesi pahalı işleme tesisi maliyeti gerektirmektedir. Ek olarak muayene ve depolama için ek bölgesel alanlar oluşturulması gerekmektedir. Yazarlar bu ağ tasarımı problemi için çok seviyeli tesis yerleşim modeli geliştirmişlerdir.(tailored multi-level capacitated facility location model). Analizlerinde talep ve arz önemli belirsizlikler içerdiği için sağlam bir ağ yapısının önemini vurgulamışlardır. Bunun için birçok en iyi ve en kötü durumların değerlendirildiği senaryo incelenmiştir. Lists ve Dekker (2001) bu konuyu tekrar incelemiş ve modelleme yaklaşımlarında açık bir şekilde belirsizlik konusunu ele almışlardır. Lokasyon kararlarının mükemmel olmayan bilgiye dayandığı çok aşamalı stokastik programlama modelinin arz ve talep noktasında kullanılmakta iken sonra gelen işleme ve ulaştırma kararları gerçek miktarlar üzerine kurulmuştur. Model bir dizi senaryo kümesinin verilen olasılıklar dâhilinde beklenen performansının maksimizasyonunu sağlar. Yazarlar herhangi bir senaryo için çözümlerin en uygun olmasına ihtiyaç duyulmadığını vurgulamaktadır ve böylece bu yaklaşım basit senaryo analizlerinden daha güçlüdür. [16]

Bu tip örnekleri bir diğer örnekte yeniden kullanılabilir paketlemedir. (Kroon ve Vrijens, 1995). Daha özel olarak, bu durum portatif plastik konteynırlar için kapalı döngü depozitoya dayalı sistemlerin ağ tasarımına ilişkindir. Sistem de birçok aktör bulunmaktadır. Yeniden kullanılabilir konteynırları içeren bir merkezi acente ve boş konteynırların sınıflandırılması, dağıtılması ve toplanmasından sorumlu bir lojistik hizmet sağlayıcısından oluşmaktadır. Sonraki operasyonlar için bir dizi depo konumlandırılmalıdır. Yazarlar bu durumun standart bir lokasyon modeliyle yapılabileceğini ortaya koymaya çalışmışlardır. Buna ek olarak, bütünsel ağ tasarım probleminin ise sisteme dahil olan farklı taraflar arasında ve onların rollerinin etkileşiminden oluştuğunu vurgulamaktadırlar. Depo lokasyonu, havuz hacmi ve ödeme yapıları sistemin performansı ve onun klasik tek yönlü paketlemeyle olan rekabeti üzerinde bir bütün olarak önemli bir etkiye sahiptir. [16]

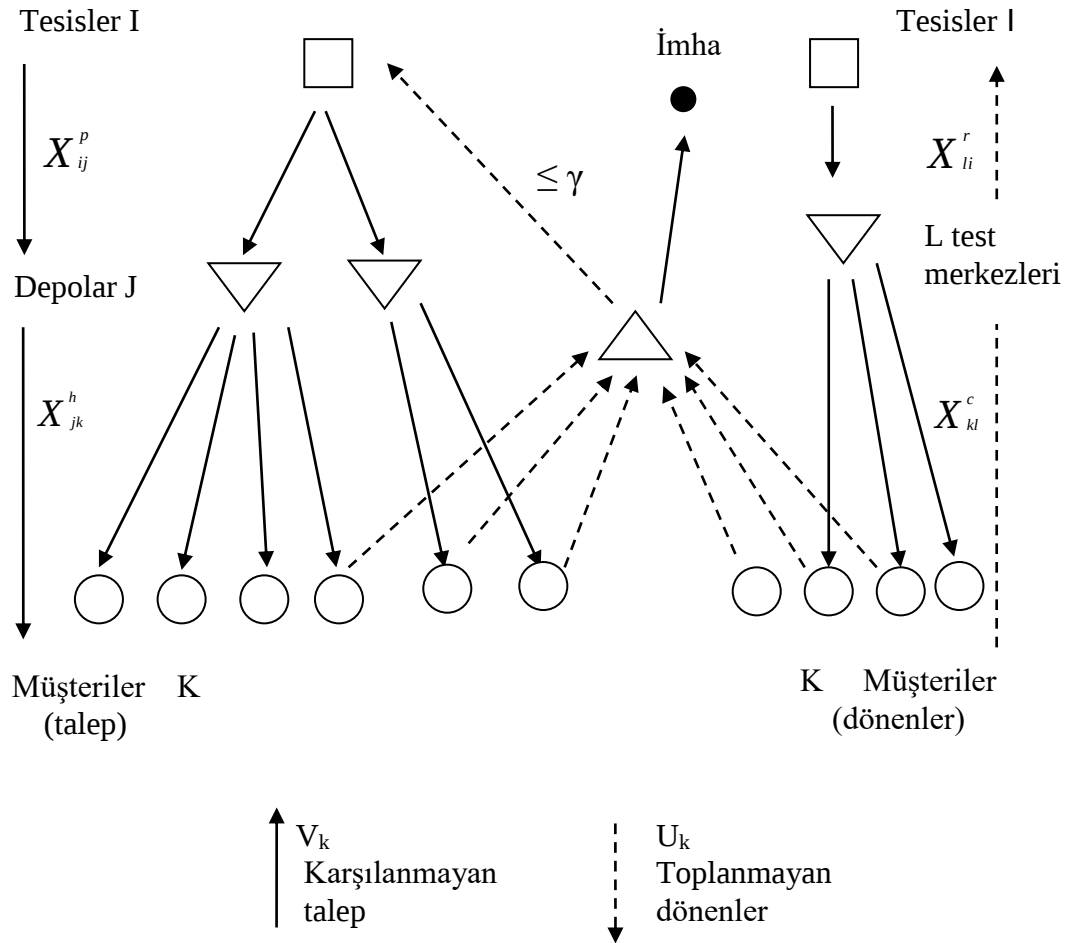
Tersine lojistik ağ tasarımına ilişkin literatür incelendiğinde bunun klasik üretim dağıtım ağ yapılarıyla özdeş benzerliklere sahip olduğu gözlenmektedir. Matematiksel açıdan tersine lojistik ağ tasarımında önerilen metotlar geleneksel karışık tamsayılı lineer programlama tesis lokasyon modellerinden çok fazla fark etmemektedir. Bazı karakteristik özellikler test etme ve derecelendirme ve talep ve arz durumundaki alternatif pazarları yansıtmaktadır. Burada kayda değer önemli bir nokta ise tedarik belirsizliğidir. Bu birçok yazar tarafından tersine lojistiğin ayırt edici özelliği olarak belirtilmektedir. [16]

Daha önemli olabilecek bir nokta ise uzun dönem pazar gelişmelerinin analizidir. Şimdiye kadar ki neredeyse bütün tersine lojistik ağ tasarımlarında sabit, tek periyotlu perspektif ele alınmıştır. Bununla birlikte kapalı döngü zincirler ise şu an gelişme aşamasındadır ve şirketler orta düzeyli projelerden büyük skalalı iş süreçlerine operasyonlarını genişletmektedirler. [16]

Karışık tamsayılı lineer programlara ek olarak kullanılan bir diğer metotta sürekli yaklaşım metodolojisidir. Burada talep süreklilik arz eden coğrafi yoğunluk fonksiyonu şeklinde modellenir. Talep yoğunluğu ve diğer sistem parametrelerinin belirlenen hizmet alanında yavaşça değiştii varsayılarak lojistik maliyetleri coğrafi ortalamalarla yakınlştırılır. Bu yolla kritik sistem parametrelerinin maliyet etkisi açığa çıkarılabilir ve uygun lojistik ağ yapıları için çıkarımlarda bulunulabilir.[16]

5.2 Temel Tesis Lokasyon Modeli

Modelde bir ürün için üç seviyede tesisler bulunmaktadır. Bunlar test merkezleri, fabrikalar ve dağıtım depolarıdır. Bundan başka kullanılmış ürünlerin akışı için iki genel yol vardır. Bunlar geri kazanım ve imhadır. Şekil 5.1’de modelin genel yapısı görölmektedir.



Şekil 5.1: Geri kazanım ağ modelinin yapısı

İndis kümesi

I = Potansiyel tesis yerleri kümesi

J = Potansiyel depolama yerleri kümesi

K = Sabit müşteri konumları kümesi

L = Potansiyel test merkezleri konumları kümesi

Değişkenler

Y_i^p = Tesis i 'nin açıldığını gösteren belirteç $i \in I$

Y_j^h = Depo j 'nin açıldığını gösteren belirteç $j \in J$

Y_l^r = Test merkezi l 'nin açıldığını gösteren belirteç $l \in L$

X_{ij}^p = Tesis i 'den depo j 'ye ürün akışı (üretim birimi)

X_{jk}^h = Depo j'den müşteri k'ya ürün akışı (üretim birimi)

X_{kl}^c = Müşteri k'dan test merkezi l'ye ürün akışı (üretim birimi)

X_{li}^r = Test merkezi l'den fabrika i'ye ürün akışı (üretim birimi)

V_k = Müşteri k'nın karşılanamamış talebi (üretim birimi)

U_k = Müşteri k'dan kullanılmış ürünlerin fazla arzı

Maliyetler

f_i^p = Tesis i'yi açmak için yıllık sabit maliyet $i \in I$

f_j^h = Depo j'yi açmak için yıllık sabit maliyet $j \in J$

f_l^r = Test merkezi l'yi açmak için yıllık sabit maliyet $l \in L$

C_{ij}^p = Tesis i'deki birim üretim maliyeti ve tesis i'den müşteri j'ye olan taşıma maliyetinin toplamı

C_{jk}^h = Depo j'de elleçleme ve depolama maliyeti ile depo j'den müşteri k'ya taşıma maliyeti

C_{kl}^c = Müşteri k'dan test merkezi l'ye taşıma maliyeti ve test, tetkik ve imha maliyeti.

C_{li}^r = Test merkezi l'den tesis i'ye taşıma maliyeti ile işleme maliyeti eksi üretim maliyetinin toplamı.

C_k^b = Müşteri k'nın talebinin karşılanamamasının birim maliyeti.

C_k^o = Müşteri k'dan dönüşlerin toplanamama maliyeti.

Parametreler

d_k = Müşteri k'nın yıllık talebi $k \in K$ (üretim birimi)

u_k = Müşteri k'dan kullanılmış ürünlerin yıllık dönüşleri $k \in K$ (üretim birimi)

γ = Ortalama geri kazanım başarısı

p_i = Tesis i 'nin yıllık kapasitesi $i \in I$

h_j = Depo j 'nin yıllık kapasitesi $j \in J$

r_l = Test merkezi l 'nin yıllık kapasitesi $l \in L$

Bu durumda tersine lojistik ağ tasarımı şu şekilde yapılabilir.

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{i \in I} f_i^p Y_i^p + \sum_{j \in J} f_j^h Y_j^h + \sum_{l \in L} f_l^r Y_l^r + \\ & \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij}^p x_{ij}^p + \sum_{k \in K} (c_k^b v_k + \sum_{j \in J} c_{jk}^h x_{jk}^h) + \sum_{k \in K} (c_k^o U_k + \sum_{l \in L} c_{kl}^c x_{kl}^c) + \sum_{l \in L} \sum_{i \in I} c_{li}^r x_{li}^r \end{aligned} \quad (5.1)$$

Kısıtlar

$$\sum_{j \in J} x_{jk}^h + v_k = d_k \quad \forall k \in K \quad (5.2)$$

$$\sum_{l \in L} x_{kl}^c + U_k = u_k \quad \forall k \in K \quad (5.3)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij}^p = \sum_{k \in K} x_{jk}^h \quad \forall j \in J \quad (5.4)$$

$$\sum_{l \in L} x_{li}^r \leq \sum_{j \in J} x_{ij}^p \quad \forall i \in I \quad (5.5)$$

$$\sum_{i \in I} x_{li}^r + \gamma \sum_{k \in K} x_{kl}^c \quad \forall l \in L \quad (5.6)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij}^p \leq p_i Y_i^p \quad \forall i \in I \quad (5.7)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij}^p \leq h_j Y_j^h \quad \forall j \in J \quad (5.8)$$

$$\sum_{k \in K} x_{kl}^c \leq r_l Y_l^r \quad \forall l \in L \quad (5.9)$$

$$Y_i^p, Y_j^h, Y_l^r \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J, l \in L \quad (5.10)$$

$$X_{ij}^p, X_{jk}^h, X_{kl}^c, X_{li}^r, U_k, V_k \geq 0 \quad \forall i \in I, j \in J, k \in K, l \in L \quad (5.11)$$

Formülasyonda (5.2) ve (5.3)'le bütün müşterilerin taleplerinin karşılanması sağlanmaktadır. (5.4), (5.5) ve (5.6)'yla depo, fabrika ve test merkezindeki denge kısıtları sağlanmaktadır. Depo seviyesinde gelen ve giden akışların eşit olması

gerekmektedir. Tesis seviyesinde potansiyel arz miktarı yeni üretimle sağlanır. Benzer olarak test merkezinde geri kazanım randımanı ile sınırlı olan girişlerdeki fazlalık ise imha hacmine tekabül eder. Son olarak ise (5.7), (5.8) ve (5.9) ise genel tesis açma durumları kapasiteyle sınırlandırılmaktadır. [6]

Bu model çok geniştir. Birçok tersine lojistik durumlarını içerebilir. Örneğin kapalı döngü ve açık döngü yapılarının her ikisi de gösterilebilir ve d_k ve u_k parametrelerinin farklı ayarlamalarıyla bu yansıtılabilir. Özellikle kapalı döngüsel bir durum en azından k müşteri için $d_k, u_k > 0$ ile karakterize edilebilir. Benzer olarak kullanılmış ürünlerin toplanmasında itme ve çekme durumları farklı ceza maliyetleriyle C_k^o yansıtılabilir. Buna ilaveten “imha” rotası 3. bir tarafa yaptırılan herhangi bir geri kazanım opsiyonuna da içerebilir. Örnek olarak malzeme geri kazanımı verilebilir.[6]

Matematiksel olarak formülasyon geleneksel üretim-dağıtım kontekstindeki çoklu aşama tesis yerleşim modellerinden çok farklılık göstermemektedir. Özel bir bakış dışsal parametreler olan ve birbirine farklı denge durumlarıyla bağlı olan d_k ve u_k ’ya ait olan kümelerdir. Bu durum tersine lojistikte arz ve talep tarafındaki pazar durumlarını dengeleme ihtiyacını yansıtır. Diğer bir eleman ise (5.6)’yla sağlanan ek bağımsızlık derecesidir. İmha hacmini sabit bir oran yerine alt sınırla kısıtlayarak, geri kazanım stratejisi ve ağ tasarımı eş zamanlı olarak optimize edilir.[6]

Açılımlar

Bu model birçok yolda genişletilebilir. Geleneksel tesis lokasyon modellerinde olduğu gibi formülasyon dinamik, kapasite seçimi ve çoklu ürün ayarlamasına genelleştirilebilir. Bu diğer kontekstlerde de mevcuttur.[6]

İleri ve geri kanallarda entegrasyon

Tersine lojistikte farklı süreçlerin entegrasyonu önemlidir. Örneğin depo alanlarıyla test merkezlerinin birleştirilmesi sabit giderlerin düşürülmesinden dolayı önemlidir. Bu gibi durumlar modele ek değişkenlerin eklenmesiyle sağlanabilir.[6]

İleri ve Tersine taşımaların entegrasyonu

İleri ve geri malzeme hareketlerinde rota entegrasyonunun doğuracağı sinerjiyle maliyetlerde avantaj sağlanabilir. Bu durum iki lokasyon arasındaki eş zamanlı akışlara ilişkin akış değişkenlerinin modele eklenmesiyle sağlanabilir.[6]

Yeni ve geri kazanılmış ürünlere ilişkin talebi ayırma

Mevcut formülasyon sadece bir sınıf talebi içermektedir. Bu da ya yeni üretimle yada geri kazanımla sağlanabilir. Alternatif olarak geri kazanılmış ürün pazarıyla yeni ürün pazarı ayrılmak istenebilir bu durumda da çoklu mal akışı formülasyonuna geçiş olur.[6]

Çoklu Geri kazanım Opsiyonları

Mevcut modelde geri kazanım stratejisinin temel gösterimi vardır. Burada geri kazanım içsel “geri kazanım” ve dışsal olarak da “imha” durumu vardır. Daha fazla geri kazanım opsiyonunun olduğu durumlarda ise yine çoklu ürün formülasyonuna geçiş söz konusudur. [6]

5.3 Sürekli Ağ Tasarım Modeli

Lojistik maliyetlerini araştırmak ve buna karşılık gelen sistem tasarımını optimize edebilmek için Daganzo(1999) “sürekli yaklaşım metodolojisi” ni ortaya koymuştur. Bu yaklaşımın anahtar özelliği klasik MILP modellerindeki ayırık talep lokasyonlarından farklı olarak talebi sürekli bir coğrafi yoğunluk fonksiyonu olarak modellemesidir. Talep yoğunluğunun ve diğer sistem parametrelerinin verilen servis bölgesinde zamanla değiştiği varsayılarak, lojistik maliyetlerinin sınırlı sayıda parametreyle ifade edilebilen coğrafi ortalamalara yakınsayacağı belirtilmiştir. Bu noktada kritik sistem parametrelerinin maliyet etkisi ortaya çıkabilir ve uygun lojistik alt yapısı için yönergeler elde edilebilir.

Bu yaklaşım tersine lojistik sistemlerinin analizinde uygulanabilir. Lojistik yapısı toplama noktalarından başlayarak bir geri kazanım sürecine aktarılır. Kullanılmış ürünler bir dizi turla toplanır ve test etme ve sınıflandırmaya tabi tutulur. Bundan sonra kullanılamayacak sınıf hurdaya ayrılır diğerleri ise yeniden dağıtılmak üzere geri kazanım tesisine aktarılır.

“Sürekli yaklaşım modeli” ele alınırsa birim zamanda toplanması gereken miktar lokasyon bağlı süreklilik fonksiyonuyla $p(x)$ şeklinde gösterilir. Belirli servis bölgesi A' da x' in yavaşça değişmesi şeklinde olur. Amaç servis bölgesi A' da toplam lojistik maliyetine yakınsamaktır ve doğal olarak da bu maliyetleri uygun bir tersine lojistik ağ yapısı seçerek minimize etmektir. Bu noktada toplanan her birim ürün için maliyetleri göz önünde bulundurmak önemlidir. “Sürekli yakınsama” yaklaşımı

“yerel” problem parametreleri şeklinde maliyetleri ifade eder ve belirli servis bölgesinde bunları entegre ederek bütünsel maliyetlere yakınsar. **[6]**

6. ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK EKİPMAN ATIKLARINA AİT AB DİREKTİFİNİN ÜRETİCİLERE GETİRDİKLERİ

Avrupa Birliği'nde çevreyle ilgili sürekli yasalar çıkmaktadır. Bunların en önemlilerinden biri de elektrikli ve elektronik ekipman üreticilerini ilgilendiren elektrikli ve elektronik atık direktifi (WEEE, Waste Electrical Electronic Equipment, 2002/96/EC)'dir. Direktif AB parlamentosu tarafında 2003 Şubat'ta yayınlanmıştır. Uygulamaya ise 2005 Ağustos itibariyle geçilecektir. Bu direktifle birlikte elektrikli ve elektronik ekipman üreticilerine pazara sundukları ürünlerle ilgili çeşitli sorumluluklar gelmektedir.

Tez kapsamındaki uygulamanın çıkış noktasını bu direktif oluşturmaktadır. AB'nin eşiğindeki Türkiye'de de aynı şekilde bu direktifin taslağı hazırlanmıştır ve önümüzdeki birkaç yıl içerisinde yasalaşması beklenmektedir.

6.1 Amaç

Temel olarak bu direktifin amacı elektrikli ve elektronik ürün atıklarından kaynaklanan kirliliği önlemek veya azaltmak, kaynakların etkin kullanılmasını sağlamak veya enerji tasarrufuna katkıda bulunmak ve elektrikli ve elektronik atıkların yönetimine ait ulusal düzeydeki kriterleri birbirine uyumlu hale getirmektir.

[4]

6.2 Kapsam

Direktif elektrikli ve elektronik ekipmanlara ait bir direktiftir. Bu direktifle 1000V AC ve 1500 DC' den az olan ürünler kapsam içerisine alınmıştır. Ürünler temel olarak 10 kategori halinde sınıflandırılmışlardır. Bu gruplar büyük ev aletleri, küçük ev aletleri, B.T.& Telekomünikasyon aletleri, tüketici eşyaları, ışıklandırma ekipmanları, elektrikli ve elektronik aletler, oyuncak, eğlence & spor ekipmanları, izleme ve kontrol elemanları ve medikal ekipmanlardır. [4]

6.3 Üretici Sorumlulukları

Direktifle birlikte elektrikli ve elektronik ekipman üreticilerine çeşitli sorumluluklar getirilmektedir. Bunlar temel olarak bireysel sorumluluk, finanssal sorumluluk, toplamaya ait sorumluluklar ve geri kazanım prosesine sorumluluklar şeklinde sınıflandırılabilir.

6.3.1 Bireysel Sorumluluk

Direktifle birlikte üreticilere bireysel sorumluluk gelmektedir. 13 ağustos 2005'ten önce pazara sunulan ürünler tarihi atık sayılmaktadır. Bu ürünlerden küçük olanlar 2011, büyük olanlar ise 2013 tarihine kadar geri dönüştürülecektir. Mevcut durumda pazarda bulunan üretici pazar payı nispetinde bu ürünlerden sorumlu olacaktır. 13 Ağustos 2005'ten sonra üretilen ürünlerde ise her üretici kendi ürettiğinden sorumlu olacaktır.[4]

6.3.2 Finansal Sorumluluk

Üreticiler elektrikli ve elektronik atıkların toplama noktalarından itibaren toplanmasından ve belirtilen oranlarda geri kazanılmasından finanssal olarak sorumludurlar. Bu sorumluluklarını bireysel olarak yerine getirebilecekleri gibi birliktelikler kurarak da yerine getirebilirler.[4]

6.3.3 Toplamaya Ait Sorumluluklar

Üreticiler pazara sundukları ürünlerin toplanmasından sorumludurlar. Ülke bazında yıllık kişi başına 4kg'lık bir toplama hedefi vardır. Her üretici bu kişi başı 4 kg' lık paydan pazar payı nispetinde sorumlu olacaktır. [4]

6.3.4 Geri Kazanım Prosesine Ait Sorumluluklar

Toplanan elektrikli ve elektronik ekipmanların belirli oranlarda geri kazanılması, geri dönüştürülmesi ve yeniden kullanılması gerekmektedir. Geri kazanımı geri dönüşüm, yeniden kullanma ve yakarak enerji elde etmenin bütünü oluşturmaktadır. Geri dönüşüm malzeme seviyesine indirgeyerek kazanım, yeniden kullanmada ise bütün ürünün veya belirli bileşenlerin aynı amaçla veya başka amaçlı kullanılmasıdır. Bunların yanı sıra ürünlerdeki bazı tehlikeli maddelerin çıkartılmasına ilişkin gerekler örneğin soğutuculardaki gazların (HFC,HF...) alınması, ürünlerin stoklama

ve geri kazanma sürecine ait teknik şartlar bulunmaktadır. Bu doğrultuda her ürün kategorisi için hedefler belirlenmiştir. Hedefler tablo 6.1’ deki gibidir. [4]

Tablo 6.1: Ürün kategorilerin geri kazanım, geri dönüşüm, yeniden kullanma oranları

	WEEE Geri Dönüşüm Oranları	
	Geri dönüşüm + yeniden kullanma (%)	Geri kazanım (%)
Büyük ev aletleri	75	80
Küçük ev aletleri	50	70
IT & telekomünikasyon aletleri	65	75
Tüketici eşyaları	65	75
Işıklandırma ekipmanları	50	70
Elektrikli ve elektronik aletler	50	70
Oyuncak, eğlence & spor ekipmanları	50	70
İzleme ve kontrol aletleri	50	70
Otomatik dağıtıcılar	75	80
Medikal ekipmanlar	75	80

7. ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK EKİPMAN ATIKLARININ GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMESİNE AİT SİSTEMLER

Elektronik atık geri dönüşümü ve yönetimi diğer evsel çöplerin geri dönüşümünden iki önemli noktada farklılaşır. Bunlardan birincisi elektronik atıklar diğer ev ürünlerine göre zararlı materyallerde dahil olmak üzere daha fazla materyali içermektedir. İkinci olarak ise değerli ve yeniden kullanılabilir materyalleri içermesidir. [17]

Temel olarak kullanılmış ürünlerin ikincil pazardaki değerlerini yeni ürünün değeri, dizayn ve teknolojik değişimler, yeni ürünün beklenen ömrü, ürün model ömrünün beklenen uzunluğu, ürün geri gelmesi, kullanılan ürün için talep, kullanılan ürünlerin bulunabilirliği, kullanılan ürünlerin yaşı, kullanılan ürünlerin kalitesi, kullanılan ürünün işleme ve bakım maliyeti, malzeme hurda değeri gibi faktörler etkilemektedir. [18]

Birçok sanayi kolunda çevresel bilinç artık tasarımın odaklandığı noktalardan biri olmuştur. Firmalar artık çevreye zararlı malzeme kullanmamaya, üretimde geri dönüştürülebilir malzeme kullanmaya başlamışlardır. Bu amaçla ürünlerin fonksiyon ve kalitesinden ödün verilmeyerek çevreye verdikleri zararlı etki minimize edilmeye çalışılarak çevre için tasarım yapılmaya çalışılmaktadır.[19]

Ürünlerde çevre için tasarım yapıldığı zaman geri dönüştürülebilme oranları da artmaktadır. Bu oran geri dönüşüm için kullanılan metodolojiyle de ilgilidir. Elektrikli ve elektronik ekipmanların geri dönüşümünde kullanılan temel olarak 3 metot vardır. Bunların birbirlerine göre üstünlükleri ve zaafları vardır. Bu sistemler manüel demontaj sistemleri, ezici/öğütücülü sistemler ve otomatik demontaj sistemleridir.

7.1 Manüel Demontaj Sistemleri

Demontaj, belirli bir amaç doğrultusunda bir bileşenin, bir parçanın veya parça grubunun veya bir alt montajın (kısmi demontaj) veya ürüne ait bütün parçaların (tam demontaj) üründen uzaklaştırılmasına ait sistematik yaklaşımdır. [20]

Elektrikli ve elektronik ekipmanların pratikte geri dönüşümünde seçici demontaj kaçınılmaz bir süreçtir. Çünkü bileşenlerin yeniden kullanılmasının önceliği vardır. Zararlı bileşenlerin demonte edilmesi gereklidir. Değerli bileşenleri ve yüksek derecede malzemeleri demonte etmek de önemlidir. [20]

Manüel demontaj sistemleri iş gücü yoğun sistemlerdir. Prosesler işlem öncelik sırasına göre manüel olarak gerçekleştirilir. Ürünlerin hangi noktaya kadar demontaj edileceğinin saptanması olan ekonomik demontaj seviyesi bu sistemlerde önemlidir.

Yöneylem araştırmacılarının tersine lojistikte karşılaştıkları en zor problemlerden biri ürünün ömrü sonunda verimli bir demontaj sırasının bulunmasıdır. Bu konuda lineer programlama, dinamik programlama gibi değişik algoritmalar kullanılarak optimum sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. [21]

Geri dönüşüm oranları diğer sistemlere göre daha yüksektir. İşleme kapasitesi iş gücüyle doğru orantılıdır. Birim kg işleme maliyetleri diğer sistemlere göre daha yüksektir. Manüel demontajlı sistemlerin yasalarda geri dönüşüm oranlarının önem kazanmasıyla daha sıklaşacağı beklenmektedir. Diğer sistemlerin belirli aşamalarında da yine manüel demontaj yapılmaktadır.

Temel olarak önceki çalışmalar ürün ailesinde kullanılan malzeme sayısının malzeme geri kazanım verimliliğindeki en büyük faktörlerden biri olduğunu göstermiştir. Temel demontaj faktörleri olarak demontaj süresi, bağlantı sayısı, modül sayısı, parça sayısı, demontaj adımları, demontaj edilecek ürünlerin değerleri ve komponentlere tamamıyla ulaşılabilirlik gösterilebilir. [19]

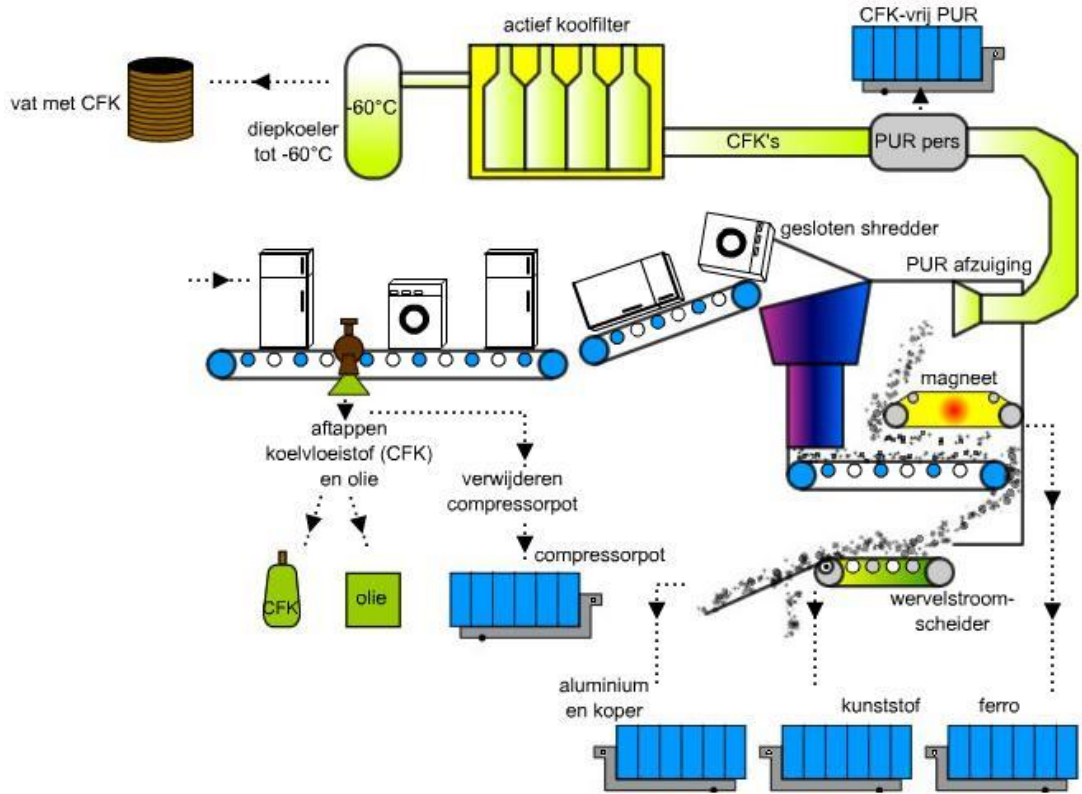
Örnek olarak bir çamaşır makinesine ait demontaj sürecinde prosesler tablo 7.1'deki gibi yapılabilir.

Tablo 7.1: Çamaşır makinesine ait manüel demontaj süreçleri

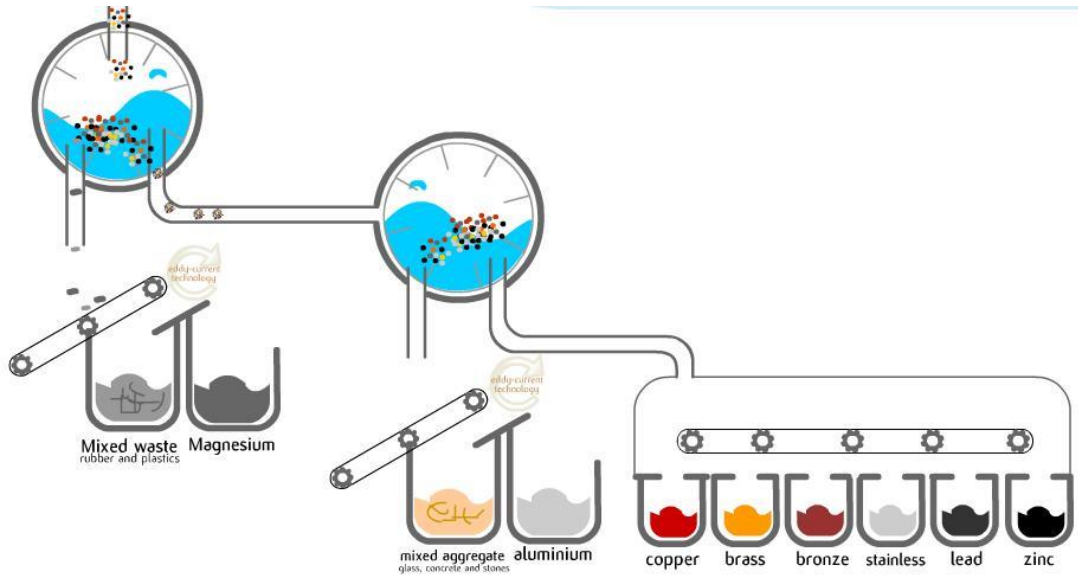
No	Prosesler	No	Prosesler
1	Tahliye hortumunun suyunun boşaltılması	18	Komponent sacının ve üzerindeki parçaların sökülmesi
2	Üst kapak sökülmesi	19	Ön duvarın sökülmesi
3	Şebeke kablosunun sökülmesi	20	Deterjan kutusunun sökülmesi
4	Ventilin sökülmesi	21	Kablo grubu ve elektronik kart sökülmesi
5	Tahliye hortumunun sökülmesi	22	Pompa motor suyunun boşaltılması
6	Üst denge taşının sökülmesi	23	Pompa motorunun sökülmesi
7	Aka duvarın sökülmesi	24	Pompa motoru ve gövdenin ayrılması
8	Motor poly-v kayışının kesilmesi	25	Körük telinin sökülmesi
9	Alüminyum kasnak sökülmesi	26	Körük ve kazan ön duvarının sökülmesi
10	Kablo grubu motor ayrımının yapılması	27	Kazanı çevreleyen lastiklerin sökülmesi
11	Motorun sökülmesi	28	Üç ayak sökülmesi
12	Amortisörlerin sökülmesi	29	Alt-ön dengenin sökülmesi
13	Üç ayak vidalarının sökülmesi	30	Tambur ve kazanın beraber çıkartılması
14	Kazan hortumlarının sökülmesi	31	Gövde amortisörlerinin çıkartılması
15	Ön kapağın sökülmesi	32	Yalıtım maddesinin çıkartılması
16	Tekmeliğin sökülmesi	33	Gövdenin plastik malzemelerinin sökülmesi
17	Ön panonun sökülmesi	34	Gövde ayaklarının sökülmesi

7.2 Ezici/Öğütücülü Sistemler

Yaygın olarak kullanılan metotlardandır. Sistemde temel olarak ürünler bir ezici ve öğütücü mekanizmaya girer. Burada parçalanmış ürünlerden çıkan malzemeler temel olarak ilk etapta manyetik bir alandan geçirilerek demir içerikli metal ve demir içerikli olmayan metal ayrımı yapılır. Durum şekil 7.1’de gösterilmiştir. [22] Daha sonra diğer malzemeler ise yoğunluklarına göre sıvılardan ayırt edilerek seçilirler. Durum şekil 7.2’de gösterilmiştir. [23]



Şekil 7.1: Ezici öğütücülü sistem



Şekil 7.2: Yoğunluk prensibine göre ayırım

Ezici/öğütücülü sistemlerde temel olarak geri dönüşüm oranları yüksek değilken birim kg işleme maliyetleri düşüktür. Yüksek kapasitede çalışabilir. Saatte 3 ton elektrikli ve elektronik ekipman işleme kapasitelerine sahip olan yapılardır.

7.3 Otomatik Demontaj Sistemleri

Demontaj prosesleri için yapılan araştırmalardan biri de robotların kullanılmasıdır. Elektronik ekipmanların otomatik montajı son derecede ilerlemiştir. Fakat buna ters olarak otomatik demontaj sistemleri henüz gelişmiş durumda değildir. Mevcut durumda sadece klavyelere, monitörlere ve elektronik kartlara ilişkin birkaç pilot proje bulunmaktadır. PC'ler için mevcut durumda otomatik herhangi bir çözüm yoktur. [20]

Otomatik demontaj sistemleri belirli ürün grupları ve modelleri için standartlaşmış yapıdadırlar. Yatırım maliyetleri yüksektir. Esnek değildir fakat işlem hızları yüksektir. Yaygın bir kullanım alanları yoktur.

8. DÜNYADA ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK EKİPMANLARA AİT GERİ DÖNÜŞÜM SİSTEMLERİ

Dünyanın birçok yerinde geri dönüşüm sistemleri belirli bir süredir bulunmaktadır. Fakat özellikle elektrikli ve elektronik ekipmanlara ilişkin geri dönüşüm yapıları çok eski değildir.

Özellikle AB’de elektrikli ve elektronik ekipmanlara ait direktifin yayınlanmasından sonra geri dönüşüm sistemi olan ülkeler sistemlerini iyileştirmeye olmaları ise yeniden kurmaya başlamışlardır. Benzer şekilde Amerika, Japonya ve Tayvan’da çeşitli yasalarla birlikte benzer nitelikte geri dönüşüm yapıları bulunmaktadır.

8.1 AB’de Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlara Ait Sistemler

AB ülkeleri içerisinde 1999 öncesinde sadece Hollanda’da elektronik ürünlerin toplanmasına ve geri dönüştürülmesine ilişkin yasalar vardı.[24] Bugün hızla diğer ülkelerde de uygulamalar başlamıştır. Elektrikli ve elektronik atıkların toplanması ve geri kazanılması Avrupa Birliği ülkelerinde genellikle üretici birliklerinin oluşturduğu sistemlerle yapılmaktadır. Avrupa Birliği’nde özellikle 6 ülkede var olan 7 sistem şunlardır.

- Belçika : Recupel
- Danimarka : Municipal Targeted Tax
- Hollanda : ICT Milieu, NVMP
- Norveç : El Retur
- İsveç : El Kretsen
- İsviçre : SWICO

Bu altı yapıda kar amacı gütmeyen elektrikli ve elektronik ürünlerin üretiminde ve dağıtımında yer alan ticari yapılar tarafından işletilmektedir. Bunlara istisna olarak

sadece Danimarka verilebilir. Danimarka’da sistem belediyeler ve yerel toplama otoriteleri tarafından işletilmektedir. [25]

Bunların dışında İngiltere gibi bazı ülkelerde de elektrikli ve elektronik ekipmanlar oturmuş bir sistem olmasa da toplanmakta ve geri kazanılmaktadır. İngiltere’de yapılan son araştırmaya göre yılda 1 milyon ton elektrikli ve elektronik atık açığa çıkmaktadır.[26] Mevcut durumda İngiltere’de kişi başına yılda 7,83 kg elektrikli ve elektronik atık toplanmaktadır ve geri dönüşüm oranı ise ortalama olarak %68 dolayındadır.[27]

Coğrafi yapı, nüfus yoğunluğu ve hacmi, işçilik maliyeti, ürün kapsamı, endüstriyel ilgi ve organizasyon, farklı yasal gereklilikler ve standartlar ve yapı gelişmişliği elektrikli ve elektronik atık yönetim organizasyonlarının işleyişini direkt olarak etkilemektedir. Bu yapının performansı daha etkin olarak ulusal geri dönüşüm kültürüne ve halkın ilgisine bağlıdır.

Farklı yapılar tarafından toplanan ve işlenen elektrikli ve elektronik atıkların hacimlerinde geniş bir dağılım bulunmaktadır. Bu da ürünün kapsamına ve nüfus yoğunluğuna göre değişmektedir. Toplam hacim açısından El-Kretsen 2002’de en büyük miktara ulaşmıştır. Bu da yaklaşık olarak 75 000 tondur. Kişi başına ortalama 8,4 kg düşmektedir. Buna zıt olarak ise ICT Milieu daha dar bir ürün kapsamında 9426 ton toplamış bu da kişi başına 0,6 kg yapmaktadır. Bütün bu ülkeler direktifte belirtilen kişi başı 4 kg sınırını rahatlıkla geçmektedir. İsveç kişi başına toplamada en yüksek rakama ulaşmaktadır. Bu da 11 kg’ dır. Norveç ve İsviçre bunu takip etmektedir. Onlar da kişi başına 8 kg toplamaktadır. Belçika, Danimarka ve Hollanda ise yıllık ortalama kişi başına 4-5 kg toplamaktadır. Ülkeler geri dönüşüm ve geri kazanımda ise %80-%90 civarlarında oran belirtmişlerdir. [25]

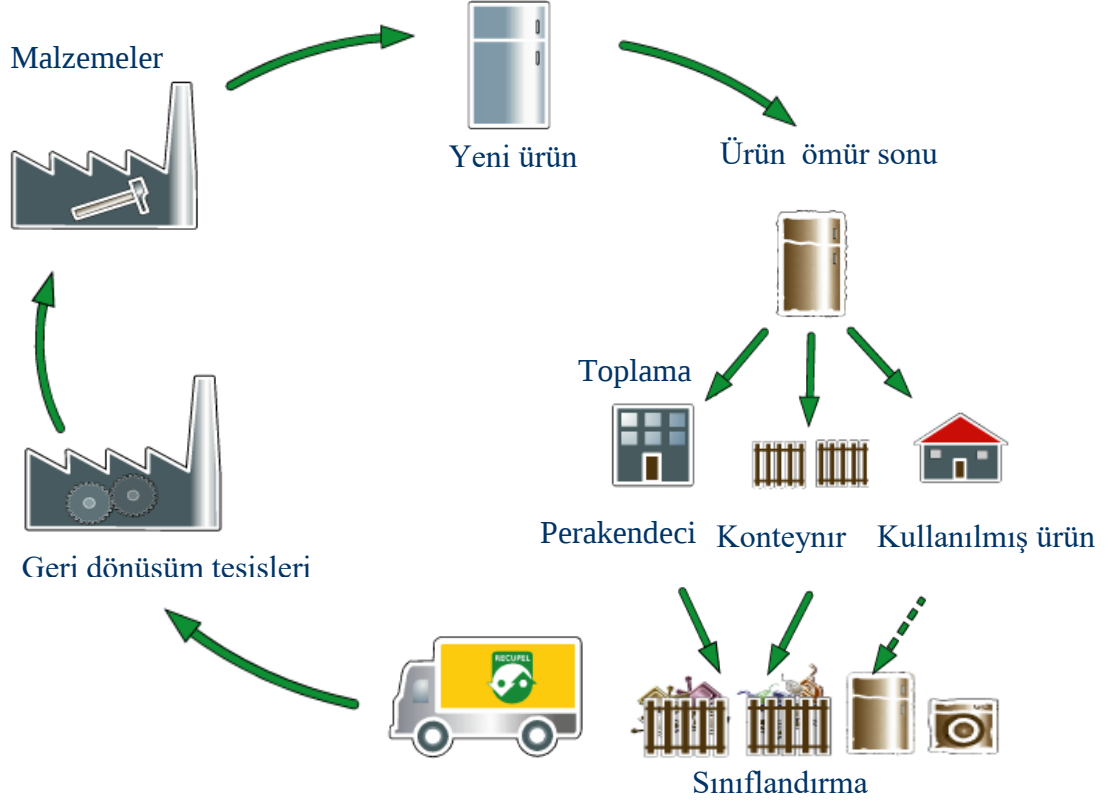
Elektrikli ve elektronik atıkların toplama ve işleme maliyeti ortalama olarak 0,35€ / kg (NVMP) ile 0,64€/kg (SWICO) civarındadır. Bu değişiklikler farklı işçilik maliyetlerini, coğrafi özellikleri, ürün kapsamı ve geri dönüşüm standartlarını yansıtmaktadır. Yönetim yapılarının çoğu özellikle NVMP, Recupel ve daha dar kapsamlı olarak El Retur gelecek sorumlulukları da yerine getirmek için birikim ve fon sağlamaktadır. Hem mevcuttaki giderlerin sağlanması hem de geleceğe yönelik giderler için toplanan miktar biraz daha fazladır. Örneğin 2002’de NVMP yaklaşık olarak ürün başına 0,61€ talep etmiş gerçekte ise direkt maliyetler 0,35€/kg

civarındadır. Yine aynı şekilde aynı yıl Recupel kg başına 1,36 €/kg talep ederken gerçekte ise direkt maliyetler 0,54 €/kg civarındadır. Birçok sanayi temsilcisi toplanan fonların büyüklüğüne dair kaygılarını belirtmişlerdir. NVMP ve Recupel için bu tutarlar 80 milyon € ve 25 milyon € civarındadır. [25]

Bu yapıların yönetim şekillerinde değişiklikler bulunmaktadır. Kimilerinde sadece koordinasyon sağlanırken kimilerinde operasyonel düzeyde belirli bir noktaya kadar çalışanlar bulunmaktadır. Bütün yapılar kendi finansal ve yönetsel yapılarını oluşturmuşlardır. Yönetsel yapının kompleksliği finansal ve operasyonel durumlarına göre değişiklikler göstermektedir.

8.1.1 AB’de Elektrikli ve Elektronik Atık Toplama Yöntemleri

Elektrikli ve elektronik atıkların toplanması için temel olarak 3 ana yol vardır. Bunlar belediye toplama noktaları, perakendeciler yoluyla ve üreticilerin geri alması şeklindedir. İsviçre’deki SWICO’nun dışında yönetim yapılarının çoğunda belediyelerin toplama noktaları kullanılmaktadır. Özellikle ICT Milieu, Danimarka sistemi ve El-Kretsen bu kanalı çok kullanmaktadır. Diğerleri Recupel, NVMP ve El-Retur ise perakendeci katılımını desteklemektedirler. Fakat bu %30’luk hacmi geçmemektedir. SWICO perakendeci zinciriyle 2002’de %58’lik bir toplama başarısı göstermiştir. Bütün yapılar taşıma ve işleme aktivitelerinin büyük çoğunluğunu 2-3 senelik anlaşmalar dahilinde ticari yapılara yaptırmaktadırlar. Farklı yapılar farklı toplama yollarının kombinasyonunu kullanmaktadırlar. [25] Şekil 8.1’de temel olarak bir toplama sistemi görülmektedir.



Şekil 8.1: Genel bir toplama sistemi

8.1.1.1 Perakendeci Geri Alma ve Toplama

Tüketiciler benzer ürün satan perakendecilere elektrikli ve elektronik atıkları bırakabilirler. Bu benzer bir ürün satılırken veya satılmasına gerek kalmadan ücretsiz olarak da yapılabilir. [25]

İngiltere Ticaret ve Endüstri Bakanlığı'nın yaptığı çalışmaya göre İngiltere'de eğer toplama perakendeciler tarafından bire bir değişimlerle yapılırsa sistemde toplama maliyetinin ton başına maliyet 247 £ olacağı belirtilmiştir.[28]

8.1.1.2 Üretici Geri Alma ve Depolama

Elektrikli ve elektronik atık direkt olarak üreticiler tarafından alınır ve sonra elektrikli ve elektronik atık sistemine dahil edilir. Bu genelde endüstriyel ekipmanlarda olur ve “eskiyi getir yeniye götür” durumlarında olur. [25]

8.1.1.3 Belediye Toplama Noktaları

Evsel tüketiciler veya iş çevresi elektrikli ve elektronik atıkları belediye toplama noktalarına bırakabilirler. Bir dizi konteynır veya palet ürün tipine ve lojistik

durumuna göre sağlanır. Bu genelde evsel ürünler için ücretsizdir. Ticari ürünler için ücretlidir. [25]

İngiltere Ticaret ve Endüstri Bakanlığı'nın yaptığı çalışmaya göre İngiltere'de eğer toplama belediye toplama noktalarından yapılırsa sistemde toplama maliyetinin ton başına maliyeti 113 £ olacağı belirtilmiştir.[28]

8.1.1.4 Diğer Toplama Noktaları

Tüketiciler ve iş çevreleri elektrikli ve elektronik atıkları özel olarak oluşturulmuş merkezlere bırakabilirler. Bunlar üreticiler tarafından veya genelde üçüncü taraflar tarafından işletilen özelleşmiş sınıflandırma merkezleri olabilirler. Genelde evsel ürünler için ücretsizdir ve endüstriyel ürünler için ise belirli bir ücrete tabiidir. [25]

8.1.1.5 Kapıdan Toplama

Evsel elektrikli ve elektronik atık kapıdan üreticiler veya belediyeler tarafından toplanabilir. Belirli bir bedel istenebilir. [25]

İngiltere Ticaret ve Endüstri Bakanlığı'nın yaptığı çalışmaya göre İngiltere'de eğer toplama kapıdan belirli bir program dahilinde kapıdan yapılırsa sistemde toplama maliyetinin ton başına maliyeti 156 £, eğer istek üzerine yapılırsa ton başına maliyetin 183 £ olacağı belirtilmiştir.[28]

8.1.1.6 Ticari Toplama

Elektrikli ve elektronik atık ticari işletmeler tarafından istek üzerine toplanabilir. Belirli bir bedel istenebilir. [25]

İngiltere Ticaret ve Endüstri Bakanlığı'nın yaptığı çalışmaya göre İngiltere'de eğer toplama yardım kuruluşları veya ticari organizasyonlar tarafından yapılırsa sistemde toplama maliyetinin ton başına maliyeti 80 £ olacağı belirtilmiştir.[28]

8.1.1.7 Sistemlerin Kullandıkları Toplama Yerlerinin Dağılımı

Kolektif uyum yapıları içinde kullanılan yollar farklılık gösterir. Sistemlerin çoğunda belediyelerin toplama noktaları kullanılır. Danimarka ve ICT Milieu bu toplama kanalını %100 oranında kullanmaktadır. SWICO sistemi %58 oranında perakendeci geri alma kanalını kullanmaktadır. [25]

Sistemlerde toplama kanallarının kullanılma tablo 8.1'deki gibidir.

Tablo 8.1: AB elektronik atık yapılarının toplama kanallarını kullanma yüzdeleri

Yapı	Perakendeci	Üretici	Merkezler (belediyeler)	Merkezler (diğer)
Recupel	%25	-	%60	%15
Danimarka	-	-	%100	-
ICT Milieu	-	-	%100	-
NVMP	%10	-	%87	%3
El Retur	%31	-	%51	%14
El Kretsen	-	-	% 75	% 25
SWICO	% 58	% 18	% 8	% 16

Bütün yapılar geri dönüşüm ve taşıma işlemlerini dış kaynaklı yapmaktadırlar. Geri dönüşüm ve taşıma firmalarının sayısı önemli farklılıklar göstermektedir. El Kretsen 33 direkt anlaşmalı hizmet sağlayıcı kullanmaktayken, ICT Milieu tek bir tane tedarikçi kullanmaktadır. [25]

Recupel ve NVMP’de lojistik işlemleri merkezi bir noktadan yapılmaktadır. El Retur ve ICT Milieu gibi diğerleri ise bütün lojistik, taşıma ve geri dönüşüm işlemlerini dış kaynaklı olarak yapmaktadırlar. Yapıların çoğunda birden fazla geri dönüşüm, taşıma şirketleriyle anlaşmalar yapılmaktadır. [25]

8.1.2 Fon Yapıları

Her yapı geri dönüşüm ve toplama maliyetlerini çeşitli sistemlerin bir yada birkaçının kombinasyonu şeklinde yerine getirmektedir. Burada söz konusu bedeller belirlenirken önceki ürünlere ait tarihi atık ve ilgili yılda pazara sunulan yeni ürüne ait geri dönüşüm bedeli kavramı söz konusudur.

8.1.2.1 Her Ürün İçin Geri Dönüşüm Bedeli (Gelecek ve Tarihi Atık)

Üreticilerden pazara sundukları her ürün için bir bedel toplanır. Bu da satış noktasında görünür bir şekilde üreticilere yansıtılır. Bu bedel satılan ürünün ömrü sonundaki maliyetini artı bu kolektif yapıdan önce pazara sunulan tarihi atıkların maliyetini ve sahipsiz ürünlere ait geri dönüşüm bedelini içermektedir. Burada rezerve bir fon geçmiş ve gelecek atıkların geri dönüşümü için tutulur. Tarihi atıkların miktarının zamanla azalmasından ötürü geri dönüşüm bedeli de düşme gösterecektir. Bu görünür bedel sistemiyle tüketiciler parayı sağlamaktadır fakat raporlama ve yönetim sorumluluğu üreticilerdedir. Bu NVMP (Hollanda), Recupel (Belçika) ve El Retur-Hvitevareretur (Norveç)’deki sistemi yansıtmaktadır. [25]

8.1.2.2 Her Ürün İçin Geri Dönüşüm Bedeli (Mevcut Atık)

Burada pazara sunulan her ürün için üreticiden belirli bir bedel toplanır. Daha sonra bu bedel tüketiciden satış noktasında tahsil edilir. Burada alınan bedel sadece mevcutta açığa çıkan elektronik atıkların geri dönüşümünde kullanılır. Burada geçmiş ve gelecek atıkların geri dönüşümü için herhangi bir rezerve fon tutulmaz. Sadece belirli bir periyot için rezerve işletim fonu tutulur periyot sonunda fazla olan miktarlar üreticilere dağıtılır. SWICO (İsviçre), bu sistemle çalışmaktadır. [25]

8.1.2.3 Her Ürün İçin Geri Dönüşüm Bedeli (Tarihi Atık Yok)

Üreticilerden pazara sunulan her ürün için belirli bir bedel toplanır. Fakat bu bedel tüketicilere görünür bir şekilde yansıtılmaz. Üreticilerin fiyatları içinde dahildir. Alınan bedeller mevcut atıkların geri dönüşümü için kullanılacaktır. Rezerve bir fon uygulaması yoktur. Alınan fazla bedeller maliyetlerin karşılanmasından sonra eğer fazla ise üreticilere dağıtılır. El Kretsen (İsveç) ve El Retur (Norveç)'de bu sistem kullanılmaktadır. [25]

8.1.2.4 Gerçek Maliyetler (Mevcut Pazar Payı ve Ödenmemiş Borç)

Belirli bir ürün kategorisine giren ürünler geri dönüştürülür ve gerçek maliyetler elde edilir. Bu maliyetler üyelere pazar payları nispetinde paylaştırılır. Bütün maliyetler bütünsel fiyat içerisinde dahildir. Bu sistem ICT Milieu, El Kretsen ve El Retur (IKT Retur, IT Retur)'da kullanılmaktadır. [25]

8.1.2.5 Geri Dönen Elektronik Atık Marka Oranı (Ödenmemiş Borç)

2003 yılının başına kadar, ICT Milieu Hollanda'da gerçek üretici dönüşlerine dayanan bir sistem kurmuştur. Bu sistemle toplanan elektrikli ve elektronik atıklar marka ve üreticilerine göre sınıflandırılır. Böylece dahil olan her şirket gerçek bedellere ulaşmaktadır. Fazla sayıda sahipsiz ve kayıt dışı ürün olmasından ötürü bu sistem kaldırılarak mevcut pazar payı sistemine geçilmiştir. [25]

8.1.2.6 Belediye Çöp Vergilendirmesi

Üreticilerin finansına ek olarak birçok ülkede yerel belediye çöp vergisine dayanan paralel sistemlerde bulunmaktadır. Danimarka'da bu sistem kullanılmaktadır. İsveç hariç diğer ülkelerde de belirli bir oranda toplama noktalarının iyileştirilmesi amacıyla vergilendirme yapılmaktadır. [25]

8.1.3 Geri Dönüşüm Bedellerinin Hesaplanması

Bir ürün için geri dönüşüm bedeli hesaplanırken birçok metot kullanılabilir. Bunlar kategori bazında her ürün için sabit bir bedel, ürün ağırlığına göre değişen bedel ve satış fiyatının belirli bir oranına göre veya maliyet bandına göre değişen bedeller şeklinde olabilir. Bedellerin hesaplanma şekli tablo 8.2’de ve geri dönüşüm bedelleri tablo 8.3’de gösterilmiştir.[25]

Tablo 8.2: Sistemlere göre ürün geri dönüşüm bedellerinin hesaplanma şekli

Hesaplama şekli	Belçika Recupel	Hollanda NVMP	Norveç El Retur	İsveç El Kretsen	İsviçre SWICO
Sabit bir bedel	x	x	x	x	x
Ağırlığa göre	-	-	-	x	-
Maliyete göre	-	-	-	-	x
Satış fiyatının oranına göre	-	-	-	x	-
Diğer	-	-	-	x	-

Tablo 8.3: Bazı ürün gruplarının sistemlere göre geri dönüşüm bedelleri (€)

Ürün tipi	Belçika Recupel	Hollanda NVMP	İsveç El Kretsen	İsviçre SWICO
Çamaşır makinesi	10	5	9,33	17,06
Kahve yapıcı	1	1	0,44	0,68
Televizyon	11	8	8,8	10,24
Buzdolabı	20	17	26,4	27,3

8.1.4 Toplama ve İşlemede Etkinlik

8.1.4.1 Kişi Başına Toplanan Elektrikli ve Elektronik Atıklar

Elektrikli ve elektronik atıklara ilişkin AB direktifinde kişi başına ortalama toplanması gereken miktar 4kg’ dır. Sistemlerin ve ülkelerin tablo 8.4 ve tablo 8.5’deki yıllara göre kişi başına toplama oranlarına bakılırsa geline nokta da direktifin gereklerinin ilgili ülkelerde rahatlıkla sağlandığı görülmektedir. [25]

Tablo 8.4: Sistemlerin yıllık kişi başına elektronik atık toplama miktarları (kg/kişi)

Yıl	Recupel	Danimarka	ICT Milieu	NVMP	El Retur	El Kretsen	SWICO	SENS
1999	-	n/a	0,17	2,3	3,2	-	1,65	5,15
2000	-	n/a	0,41	3,4	5,9	-	1,79	5,43
2001	0,6	n/a	0,51	4,1	7,2	4,5	1,84	5,3
2002	4	4,73	0,58	4,3	8	8,4	3,3	5,16

Tablo 8.5: Ülkelerde yıllık kişi başına toplanan elektronik atık miktarları (kg/kişi)

Yıl	Belçika	Danimarka	Hollanda	Norveç	İsveç	İsviçre
1999	n/a	n/a	2,5	3,2	n/a	6,8
2000	n/a	n/a	3,8	5,9	n/a	7,2
2001	0,6	n/a	4,6	7,2	4,5	7,1
2002	3,6	4,7	4,9	8	10,6	8,5

8.1.4.2 Ülkelerde Mevcut Durumda Geri Kazanım Oranları

Toplanan miktar kadar önemli olan bir diğer noktada toplanan elektrikli ve elektronik atıkların ne kadarının geri dönüştürüldüğüdür. Mevcut yapılar incelendiğinde çoğunun AB direktifinin gereklerini yerine getirecek düzeyde geri dönüşüm oranına sahip olduğu gözlenmektedir. Tablo 8.6’da ülkeler bazında geri dönüşüm oranları görülmektedir. [25]

Tablo 8.6: Ülkeler bazında geri dönüşüm oranları

Ülke	Sistem	Geri dönüşüm	Enerji geri kazanımı	Termal yok etme	Gömme
Belçika	Recupel	% 80			
Danimarka	Vergi sistemi	% 80	% 11	-	% 9
Hollanda	ICT Milieu	% 89	-	-	% 11
	NVMP	% 80			
Norveç	El Retur Elektronikkretur	% 74	% 14	% 3	% 9
	El Retur Hvitevareretur	% 79	% 2	% 1	% 18
İsveç	El Kretsen	% 70	% 20		% 10
İsviçre	SWICO	% 76	% 21	-	% 3

8.1.4.3 Geri Dönüşüm ve Taşıma Maliyetlerini Etkileyen Faktörler

Temel olarak geri dönüşüm maliyetlerini mesafe, işçilik maliyeti, ürünün tipi, ürünün miktarı ve operasyonel zaman etkilemektedir.

Kısa mesafeler önemli derecede taşıma ve lojistik maliyetlerini azaltmaktadır. Örneğin İsviçre’deki sistem olan SWICO’ da lojistik maliyetleri 30 km baz alınarak yapılmaktadır. Sonuç olarak SWICO toplam maliyetin %14’ünü taşıma ve lojistiğe ayırmaktadır. Norveç ve İsveç gibi daha uzak mesafelere sahip olan ülkelerde taşıma ve lojistik maliyetleri çok daha fazladır. [25]

Geri dönüşüm emek yoğun bir sanayidir. Özellikle sınıflandırma, demontaj ve zehirli atıkların imhası gibi durumlarda işçilik önemlidir. Geri dönüşüm ve lojistik maliyetlerinde büyük rol oynayan işçilik maliyeti İsviçre ve İskandinav ülkelerinde genel maliyetler içerisinde önemli bir rol almaktadır. [25]

Her elektrikli ve elektronik atık, ürünün geri kazanım ve geri dönüşümüyle ilişkili olarak farklı maliyete sahiptir. Birçok sistemler bazı ürün kategorilerine odaklanır. Yerel kanunlara ve diğer sistemlerin baskınlığına göre diğer kategorileri içermezler. [25]

Fazla hacimde ürünün olması ekonomik etkinlikte de önemlidir. Ekonomik skalalara ulaşmakta ölçek ekonomisi önemlidir. [25]

İlgili sistemin ne zamandır faaliyette olduğu da önemlidir. El Kretsen ve Recupel gibi fazla bir zamandır işlemeyen sistemlerle uzun bir süredir faaliyette olan SWICO' nun süreçlerinin işletilmesindeki durumları aynı değildir. Bunun da maliyet yansımaları farklı olacaktır.[25]

8.1.4.4 Ürün Kategorileri Bazında Taşıma ve İşleme Maliyetleri

Ürün kategorileri bazında Avrupa'daki sistemlerde taşıma ve işleme maliyetleri tablo 8.7' deki gibidir. [25]

Tablo 8.7: Ürün kategorileri bazında kg taşıma ve işleme maliyetleri

Elektrikli ve elektronik atık direktifi kategoriler	Min (€/kg)	Max (€/kg)	Ortalama (€/kg)	İlgili sistem sayısı
1a Büyük ev eşyaları	0,2	0,42	0,31	4
1b CFC içeren soğutucu ekipmanlar	0,61	1,28	0,86	5
2 Küçük ev eşyaları	0,42	0,55	0,52	4
3a IT ve telekomünikasyon ekipmanları	0,42	0,77	0,59	4
3b Kişisel bilgisayar ekranları	0,63	0,79	0,73	4
4a Tüketici ekipmanları (TV dahil değil)	0,42	0,77	0,63	5
4b Televizyon setleri (CRTs)	0,62	0,79	0,69	5
5 Işıklendirme ekipmanları (Florsan tüpleri dahil)	0,88	0,88	0,88	1
Elektrikli ve elektronik eşyalar	0,42	0,55	0,5	3
Oyuncaklar, Eğlence ve spor ekipmanları	0,42	0,74	0,63	3
Medikal aletler	0,36	0,72	0,54	2
Otomatik dağıtıcılar	0,42	0,42	0,42	1

8.1.4.5 AB Toplama Sistemlerinde Maliyet Kalemlerinin Dağılımı

Her sistem içerisinde maliyetlerin dağılımı aynı şekilde değildir. Ülkelerin fiziksel, ekonomik ve kendilerine özgü çeşitli yapılarından ötürü maliyet kalemlerinin dağılımları farklılık göstermektedir. Sistemlerin bütçelerindeki maliyet kalemlerinin dağılımı tablo 8.8'deki gibidir. [25]

Tablo 8.8: Avrupa'daki sistemlerde maliyet kalemlerinin dağılımı

	ICT Milieu	NVMP	El Retur	El kretsen	SWICO
Geri dönüşüm (donanım)	-	-	-	-	% 71
Geri dönüşüm (paketleme)	-	-	-	-	% 4
Geri dönüşüm (toplam)	% 44	% 75	% 67	% 75	% 75
Lojistik (toplama noktaları)	% 25		-	-	%2
Lojistik (taşıma)	% 23		-	-	% 12
Lojistik (toplam)	% 48	% 15	% 20	% 20	% 14
Yönetim/idare	% 7,5	% 4	% 6	% 3,5	% 4
Halkla ilişkiler	% 0,5	% 4	% 3	% 1,5	% 1
Denetim ve kontrol	-	% 2	% 3	-	% 1
Diğer	-			-	% 5
Toplam	%100	% 100	% 100	% 100	% 100

8.2 Amerika'da Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlara Ait Sistemler

Elektrikli ve elektronik ekipmanlara ilişkin yasama Amerika Birleşik Devletleri senatosuna sunulmuştur. Bu yasamayla tüketicilere ve sanayiye vergi kolaylaştırması sağlanarak ıskartaya çıkmış kişisel ve ev elektroniğinin güvenli bir şekilde imha edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla alt yapı çalışmaları hızlandırılmaktadır. Mevcut durumda Amerika'da çok sayıda geri dönüşüm firması bulunmaktadır. [29]

Amerika'da 2004 yılı sonunda ıskartaya çıkması beklenen bilgisayar sayısı 315 milyon dolayındadır.[20] 1999 itibariyle Amerika'da dönen ürünlerin değeri 60 milyar dolar civarındadır. Bunun 10-15 milyar doları perakendecilere kayıp olarak yansımış, elden geçirme maliyeti ise 40 milyar dolar civarında olmuştur. Dönen ürünlerin yönetimine ait artan maliyetlerle birlikte bazı şirketler tersine lojistik haritaları çıkarmaya başlayarak süreci kontrol altına almaya çalışmışlardır. [9]

Çeşitli eyaletlerde elektronik atıklara ilişkin bazı yasalar bulunsa da tam bir yasama söz konusu değildir. Bu yasal eksikliklere rağmen A.B.D. Çevre Koruma Kurumu 2001 yılında kurduğu Ulusal Elektronik Ürün yönetimiyle çeşitli faaliyetlerde bulunmaktadır. [30]

A.B.D.'de birçok bireysel üreticinin elektronik atık programları bulunmaktadır. Apple, Dell, Gateway, HP, IBM, Panasonic, Sharp, Sony ve Xerox gibi üreticiler ürünlerini daha kolay demonte edebilmek ve geri dönüştürebilmek için ya çevresel

prensip tasarımlarını uyguluyorlar ya da eski ürün tüketicisi tarafından eğer geri dönüştürülmüşse yeni üründe indirim sağlarlar. [30]

Çeşitli çevresel gruplar gönüllü endüstri girişimlerini arttırmak için bazı üreticilerle ortak çalışmaktadırlar. Bu amaçla bir çevresel kuruluş Apple, Dell, Gateway, Hewlett Packard ve IBM'le ortak çalışarak bilgisayar geri dönüşümünü arttırmaya çalışmaktadır. [30]

8.3 Japonya'da Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlara Ait Sistemler

Japonya'da 1 Nisan 2001'den itibaren ev aletlerine yönelik 4 ürün için geri dönüşüm yasası yürürlüğe girmiştir. Bunlar TV'ler, çamaşır makineleri, havalandırmalar ve buzdolaplarıdır. Sistem içindeki ana aktörler üreticiler, perakendeciler, yerel hükümetler, tüketiciler, elektrikli ev eşyaları birlikleri ve yasal organlardır.

Toplamada ana görev perakendeciler üzerindedir. Perakendeciler tüketicilerden aldıkları ürünleri ilgili toplama istasyonlarına göndermek durumundadırlar. Toplamada görev alan diğer organlar ise belediyeler ve elektrikli ürün birliktelikleridir. Toplanan miktarlar 2001–2002 arası 8 538 ton, 2002–2003 arası ise 10 147 tondur.

Ürünün geri dönüşümüyle ilgili maliyetler tüketiciden alınmaktadır. Bu da ortalama olarak 3,5-17,4 € arasında değişmektedir. Tüketiciler ürünleri alırken perakendecilerden ya da postanelerden geri dönüşüm etiketi almaktadırlar. Bu etiketlerden elde edilen para geri dönüşüm etiket merkezine aylık olarak aktarılır. Daha sonra buradan para bireysel üreticilere aktarılır. Havalandırmalar için geri dönüşüm bedelleri 24,3-31,2 € arası, TV'ler için 18,8-25,1 € arası, Buzdolapları için 32-38,9 € arası ve çamaşır makineleri için 16,7-22,8 € arasındadır.

Ürünler için geri dönüşüm oranları havalandırma ekipmanları için %60, TV'ler için %55, buzdolapları ve çamaşır makineleri için %50'dir. [31]

8.4 Tayvan'da Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlara Ait Sistemler

AB, Amerika ve Japonya'dan sonra elektrikli ve elektronik ekipmanlara ilişkin çalışmaların yoğun olduğu ülkelerden biri de Tayvan'dır.

Bilgisayarların ve elektrikli ev aletlerinin ömürleri sonunda içerdikleri tehlikeli malzemelerden ve gömmek için gerekli olan alan ktlığından ötürü bu atıklarla uygun bir şekilde ilgilenilmesi için genel bir istek söz konusudur. Bu durum karşısında Tayvan Çevre Koruma Yönetimi tarafından Mart 1998’de bir düzenleme yayınlanmıştır. Bu düzenlemeye birlikte üreticiler ve ithalatçılar ürünlerini geri almak durumundadırlar. Üreticiler ve ithalatçılar efektif bir geri dönüşüm ve yok etme sistemini işleten fona yaklaşık olarak TV’ler için 13,1\$, buzdolapları için 21,3\$, çamaşır makineleri için 11,3\$, havalandırma ekipmanları için 9,1\$, bilgisayarlar için 11,6\$ ve monitörler için 12,5\$ ödenmesi gerekmektedir. [32]

Sistemin ilk yıllarında alt yapı eksikliğinden ötürü yüksek bir toplama oranı beklenmemiştir. Fakat yakın gelecekte yüksek toplama oranları beklenmektedir. Endüstri ve teknoloji araştırma enstitüsünün raporuna göre Tayvan’da yılda ortalama olarak 700 000 televizyon, 500 000 buzdolabı, 700 000 havalandırma, 500 000 çamaşır makinesi ve 500 000 bilgisayar açığa çıkmaktadır. Bu ürünler geri kazanım işlemleri görmeden direkt olarak gömülmeye gittiği taktirde çok fazla alan işgal edecekler ve içerdikleri tehlikeli malzemelerden ötürü çevreye zararlı olacaklardır. Bu amaçla Tayvan’da mevcutta var olan geri dönüşüm tesislerine yenileri eklenerek geri dönüşüm kapasiteleri arttırılmaktadır. [32]

9. TERSİNE LOJİSTİKTE ÜRÜN ÖMRÜ

Ürün ömrünün belirlenmesi gerek elektronik atıklara ilişkin AB direktifinde belirtilen bireysel sorumluluğun sağlanmasında gerekse de yıllara göre ne kadar ürünün çıkacağına belirlenmesinde büyük önem arz etmektedir. Tersine lojistik sistemlerinin temel bilinmeyen olan arz miktarının tespit edilmesinde Weibull dağılımı kullanılarak ürün ömrü belirlenmeye çalışılacaktır.

Weibull modeli genellikle kalite kontrol prosedürlerinde verilen bir ürün kümesinin beklenen hata oranını değerlendirmek için kullanılır. Tüketicilerin ürünlerini iskartaya çıkarmalarında ürün hataları en önemli nedenlerdendir. Bu metodoloji verilen yığın içindeki ürünlerin olası yaşam sonu periyotlarını değerlendirmek için uygulanabilir. Bu özelliğinden ötürü metot elektronik atıkların ürün ömrünü değerlendirmek için en uygun metot gözükmektedir. Bununla beraber geçmişte bu tip uygulamaya ait herhangi bir bilimsel kanıt yoktur. Bu durumda elektrikli ve elektronik atık ürün ömür dağılımının Weibull dağılımıyla benzer ya da uyumlu olduğunun garanti edilmesi mümkün değildir. Iskarta kararında diğer faktörlerde rol oynamaktadır. Birçok durumda kullanımdan kaldırılan ürünler çöp sistemine hemen girmemektedir bunun yerine evlerde stoklanmaktadır. Satışlar, kullanım ve çöp oluşumuna ilişkin herhangi bağlantısal bir veri yoktur. [33]

Teorik varsayımın geçerli kılınması ve doğrulanması için bir pilot izleme çalışmasının yapılması gerekmektedir. Bu istatistiksel metodu geçerli kılmak için gereken örneklem hacmi aynı tip ve aynı markadaki her ürün kümesi için 30-40 civarındadır. Ürün kümeleri şeklinde izlenmesi gereken ürün sayısı çöp sisteminde her ürün tipi için kaç marka olduğuna göre değişmektedir. İdeal şartlarda modelin geçerli kılınması için bütün tipler ve markalar için test edilmesi gerekmektedir. [33]

Metodun uygulanabilirliği açısından derinlemesine inilmeden ilk n markanın incelenmesinin yapılması diğer markalar için ise Weibull dağılımından çıkan ortalama değerlerin kullanılması uygun gözükmektedir. Belirli markaların hakim olduğu pazarlarda çıkacak olan çöp miktarı geçmişteki pazar payları nispetinde

olacaktır. Varsayım olarak pazarı bozucu herhangi bir durumun söz konusu olmadığı kabul edilmektedir. [33]

9.1 Weibull Modeli

Weibull dağılımı bir aletin her zaman dilimi içinde zaman skalasında hata oranını verir. Bu metot genelde kalite kontrol prosedürlerinde belirli bir ürün kümesinin beklenen hata oranının değerlendirilmesi için yapılır. Weibull dağılımıyla atık aletlerin yaşam sürelerin taklit edilmesi (benzetilmesi) yapılacaktır. [34]

Weibull olasılık fonksiyonunun beklenen hata zamanı 2 parametreye dayanır. β , α .

β “shape of the function” fonksiyonun şekline, bu parametrenin değerine göre olasılık dağılım eğrisi değişik formlar alabilir.

$$\beta < 1 \text{ zamanla azalan bir hata oranını (early life)} \quad (9.1)$$

$$\beta = 1 \text{ sabit hata oranı (useful life)} \quad (9.2)$$

$$\beta > 1 \text{ zamanla artan hata oranı (wear out life)} \quad (9.3)$$

α “scale of the function” fonksiyonun skalasını gösterir.

α “karakteristik ömür”ü belirtir.

Weibull dağılımının önemli bir özelliği α = ürünlerin % 63’ünün bozulduğu süredir. (α gün olarak belirtilecekse 3650, %63 bozulma olasılığına 10 yıldan sonra ulaşıldığını gösterir.)

9.1.1. Weibull Olasılık Dağılım Fonksiyonu

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{x}{\alpha} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x}{\alpha} \right)^{\beta}} \quad (9.4)$$

X = zaman

β = Ürün ömrünün hangi aşamasında hata çıkacaktır.

α = Ürün karakteristik ömrü [34]

9.1.2 Kümülatif Dağılım Fonksiyonu

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta} \quad x > 0 \quad (9.5)$$

X = zaman

β = Ürün ömrünün hangi aşamasında hata çıkacaktır.

α = Ürün karakteristik ömrü

$$\text{Dayanıklılık oranı } 1 - F(x) = R(x) = e^{-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta} \quad (9.6)$$

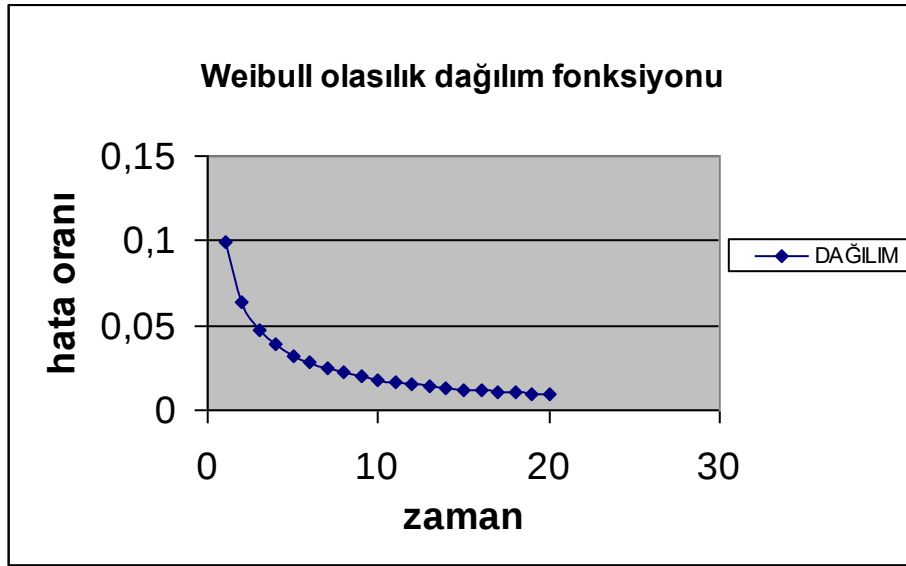
Ürünün birim zamandaki hata sayısının zamanla nasıl değiştiğini gösterir. Bu ürün hata değişimlerinin anlık olasılıkların ölçülmesini sağlar. [34]

Farklı β değerleri için weibull dağılımının olasılık dağılım fonksiyonu şu şekilde hareket eder. Örneğin bir çamaşır makinesinin karakteristik ömrünün α (%63'ünün bozulduğu değer) $\alpha = 15$ yıl olarak kabul edelim.

$\beta < 1$ için yani zamanla azalan bir hata oranı olduğu zaman, weibull olasılık dağılım fonksiyon değerleri tablo 9.1'de gösterilmiştir. Grafik şeklinde ise şekil 9.1'de gösterilmiştir.

Tablo 9.1: $\beta = 0,5$ için, $\alpha = 15$ için dağılım değerleri

X	ALFA	BETA	DAĞILIM	X	ALFA	BETA	DAĞILIM
1	15	0,5	0,000888626	11	15	0,5	0,072503667
2			0,003547138	12			0,076709861
3			0,007936255	13			0,078347395
4			0,013955068	14			0,077269135
5			0,021414232	15			0,073575888
6			0,03001616	16			0,0676106
7			0,039346524	17			0,059915782
8			0,04888137	18			0,051160128
9			0,058012942	19			0,042047445
10			0,066094851	20			0,033225284

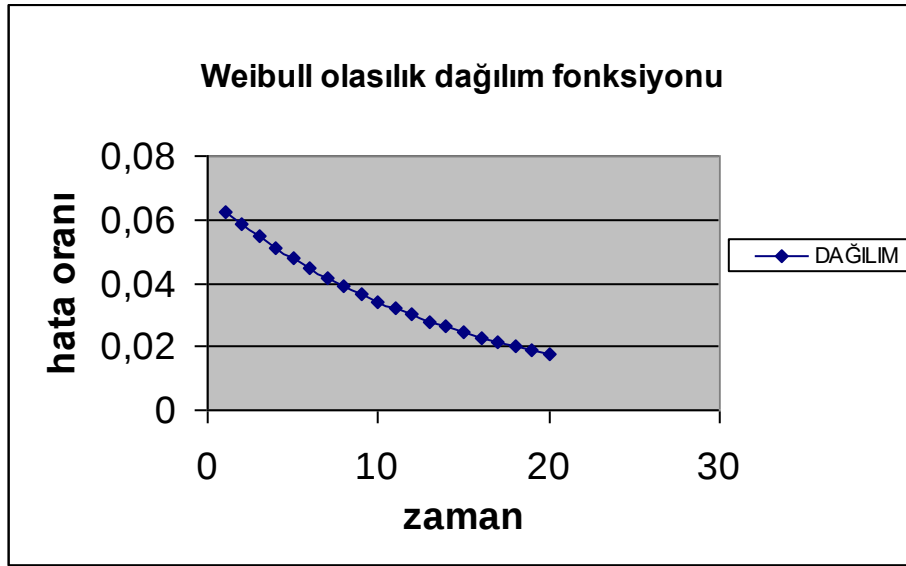


Şekil 9.1: $\beta=0,5$ alfa = 15 için olasılık dağılım fonksiyonu

$\beta=1$ için yani sabit hata oranı olduğu zaman, weibull olasılık olasılık dağılım fonksiyon değerleri tablo 9.2'de gösterilmiştir. Grafik şeklinde ise şekil 9.2'de gösterilmiştir.

Tablo 9.2: $\beta = 1$, alfa = 15 için dağılım değerleri.

X	ALFA	BETA	DAĞILIM	X	ALFA	BETA	DAĞILIM
1	15	1	0,062367132	11	15	1	0,032020353
2			0,058344888	12			0,029955264
3			0,05458205	13			0,028023359
4			0,051061889	14			0,026216048
5			0,047768754	15			0,024525296
6			0,044688003	16			0,022943586
7			0,041805939	17			0,021463885
8			0,039109748	18			0,020079614
9			0,036587442	19			0,018784619
10			0,034227808	20			0,017573143

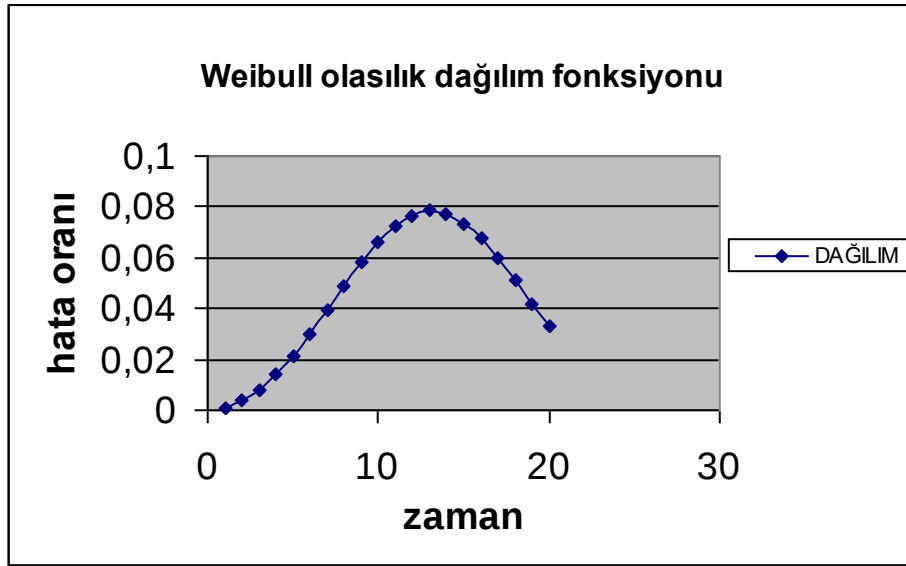


Şekil 9.2: $\beta=1$ alfa = 15 için olasılık dağılım fonksiyonu

$\beta > 1$ için yani zamanla azalan bir hata oranı olduğu zaman, weibull olasılık dağılım fonksiyon değerleri tablo 9.3’de gösterilmiştir. Grafik şeklinde ise şekil 9.3’de gösterilmiştir.

Tablo 9.3: $\beta = 3$, alfa = 15 için dağılım değerleri.

X	ALFA	BETA	DAĞILIM	X	ALFA	BETA	DAĞILIM
1	15	3	0,000888626	11	15	3	0,072503667
2			0,003547138	12			0,076709861
3			0,007936255	13			0,078347395
4			0,013955068	14			0,077269135
5			0,021414232	15			0,073575888
6			0,03001616	16			0,0676106
7			0,039346524	17			0,059915782
8			0,04888137	18			0,051160128
9			0,058012942	19			0,042047445
10			0,066094851	20			0,033225284



Şekil 9.3: $\beta=3$ $\alpha=15$ için olasılık dağılım fonksiyonu

9.2 EEEA' yı İzlemek İçin Uygun Örneklem Hacmi

Elektrikli ve elektronik atıkların ürün ömrünün weibull dağılımından tespit edilebilmesi için aynı tip ve modele ait yeterli düzeyde örneklem olmalıdır. Büyük eşyalarda ürün ömrü 12 ile 20 yıl arasında yoğunlukla 13-16 yıl arası, buna karşılık gelen $\beta = 3-4$ yıl arasında $\alpha = 14$ yıl civarındadır. Buna zıt olarak küçük eşyalarda ürün ömrü 3 ile 15 yıl arasında yoğunlukla 5-10 yıl, buna karşılık gelen $\beta = 1,3 - 2$ yıl ve $\alpha = 8$ yıl civarındadır.

Hurda ürün dağılımıyla beklenen teknik dağılım birbirine ne kadar yakınsa, x / α o kadar artar. Küçük ev eşyalarında durum biraz farklıdır. Çünkü onların teknik kullanım ömrü bitmeden değiştirilme ihtimali yüksektir. Bu durumda daha geniş bir ürün ömür değeri beklenebilir. ($\beta \cong 1.5$) ve beklenen ömür 6-7 yıl x / α 1'e yakındır.

Büyük ev eşyalarında ise ürün teknik olarak ömrünün sonunda genelde değiştirilmektedir. Beklenen ürün ömrü 12-15 yıl arasında ve x / α 1'e yakındır.

7-10 ürünlük bir örneklem güvenilir sonuçlar için yeterlidir. Fakat daha güvenli olması açısından $x/\alpha = 0,5$ ve %95 güvenilirlikte büyük ve küçük eşyalar için 30-40 parçayla başlamak ve ilk alan çalışmasından sonra bunu azaltmak uygun olur.

Örneklem hacminin seçimi temel olarak niceleyici varsayımlara dayandığı için (x/α ve β) geçerliliklerini kontrol etmek gereklidir. Bu durumda pilot bir izleme gerçekleştirilmesi gerekir.

- Her ürün tipi ve markası için 40 örnekle başlanmalı
- β ve α 'nın değerleri işlem prosedürü uygulanarak devam edilmelidir.
- Değerler tabloya girilerek örneklem hacmi kontrol edilmeli.
- Eğer gerekli örneklem sayısı mevcutta uygulanana eşit ya da azsa sonuçlar kabul edilebilir. Aksi takdirde sistem yeniden işletilmelidir. [33]

Farklı β ve x/α değerleri için % 90 güvenilirlik seviyesinde gereken örneklem hacimleri tablo 9.4'deki gibidir.

Tablo 9.4: β ve x/α değerleri için % 90 G. Seviyesinde gereken örneklem hacimleri

X / α	β				
	Erken periyot	Operasyon Periyodu	Tükenme periyodu		
	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
0,01	23	230	23026	2302585	230258509
0,09	8	26	284	3159	35095
0,2	5	12	58	288	1439
0,3	4	8	26	85	284
0,4	4	6	14	36	90
0,5	3	5	9	18	37
0,6	3	4	6	11	18
0,7	3	3	5	7	10
0,8	3	3	4	4	6

9.3 Modelin Çalıştırılması

Adım 1. Öncelikli olarak verilen yığından ürün karakteristik ömrünü belirten α ve fonksiyonun şeklini belirten β değerleri bulunmalıdır. Bu amaçla yığının weibull dağılımına uygun olup olmadığının anlaşılması için regresyon analizi yapılır. Bu doğrultuda:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta} \text{ olmak üzere} \quad (9.7)$$

$$\ln \left[\ln \left(\frac{1}{1 - F(x)} \right) \right] = \beta \ln(x) - \beta \ln(\alpha) \quad (9.8)$$

Üstteki ifadenin lineer olması gerekmektedir. Daha basit şekliyle

$\ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-p(x_i)}\right)\right)$ ile $\ln(x_i)$ 'nin lineer olması gerekmektedir. Buradan çıkacak $y = mx + a$ 'dan m β değerini verecektir. α ise $\exp(-a/m)$ ' dir.

Adım 2. Daha sonra lineer regresyonun uyumluluğunun kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla R^2 testi yapılacaktır.

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (9.9)$$

Adım 3. Örneklem hacmi

Ürün ömrü için gerekli olan minimum örneklem hacmi. Dayanıklılık (Güvenlik) fonksiyonu ve Güvenilirlik limiti ilişkisinin incelenmesi gerekmektedir.

$$R(x) = e^{-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta} \quad (9.10)$$

$$1 - C.L. = R(x)^n \quad C.L. = \text{Confidence Level} \quad (9.11)$$

%90 güvenilirlik seviyesinde test edilmesi gereken birim sayısı.

$$n = \frac{-\ln(1 - 0,9)}{\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta} \quad (9.12)$$

α . = Karakteristik ömür, ürünlerin %63'ünün bozulduğu süre.

X = süre (örn. gün sayısı) ürünün bozulduğu ana kadar geçen süre.

β = Eğim parametresi

C.L. = Güvenilirlik seviyesi

9.3.1 Örnek Bir Uygulama

Bir toplama denemesinde elde edilen 20 tane aynı marka ve model çamaşır makinesine ait ürün ömür değerleri (ıskartaya çıkartıldığı tarih – pazara sunulduğu tarih) tablo 9.5'deki gibi olduğu varsayılmıştır.

Tablo 9.5: Çamaşır makinesi ürün ömür değerleri

No	Gün	Yıl	No	Gün	Yıl
1	500	1,37	11	3000	8,22
2	1250	3,42	12	3330	9,12
3	1400	3,84	13	3450	9,45
4	1560	4,27	14	4000	10,96
5	2500	6,85	15	4150	11,37
6	5300	14,52	16	4250	11,64
7	7100	19,45	17	4300	11,78
8	7350	20,14	18	4950	13,56
9	8120	22,25	19	5000	13,70
10	8400	23,01	20	5250	14,38

Bu durumda izlenmesi gereken adımlar şu şekildedir:

1. adım

Öncelikli olarak α ve β değerlerinin bulunması gerekmektedir. Bu amaçla lineer regresyon yapılarak tahmini değerler tablo 9.6'daki gibi elde edilir.

Tablo 9.6: Lineer regresyon değerleri

	Gün	yıl	A	B		gün	yıl	A	B
1	500	1,37	-3,3548	6,21461	11	4250	11,64	-0,2965	8,35467
2	1250	3,42	-2,4417	7,1309	12	4300	11,78	-0,1599	8,36637
3	1400	3,84	-1,9521	7,24423	13	4950	13,56	-0,026	8,50714
4	1560	4,27	-1,6088	7,35244	14	5000	13,70	0,10744	8,51719
5	2500	6,85	-1,3399	7,82405	15	5250	14,38	0,243	8,56598
6	3000	8,22	-1,1157	8,00637	16	5300	14,52	0,38388	8,57546
7	3330	9,12	-0,921	8,11073	17	7100	19,45	0,53486	8,86785
8	3450	9,45	-0,7467	8,14613	18	7350	20,14	0,70423	8,90246
9	4000	10,96	-0,5871	8,29405	19	8120	22,25	0,91024	9,00209
10	4150	11,37	-0,4381	8,33086	20	8400	23,01	1,21557	9,03599

Ömür değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır ve $A = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-p(x_i)}\right)\right)$ ve $B =$

$\ln(x_i)$ olmak üzere buradan $y = mx + a$ 'dan m değeri 1.61, a değeri -13,71 bulunur.

Bunlar kullanılarak

$\alpha = \exp(-a/m)$ 'dan 4940,4 bulunur.

β ise m 'e eşit olduğu için 1,61 bulunur.

2. Adım

Lineer regresyonla bulunan bu değerlerin geçerli olabilmesi için weibull dağılımına uygunluğu R^2 güvenilirlik testiyle kontrol edilir. Buradan $R^2 = 0,97$ bulunur. Bu yeterli bir güven düzeyidir.

3. Adım

Bu adımda kullanılan yığının örneklem hacminin yeterli olup olmadığına bakılmaktadır. Eğer olması gerekenden daha az bir yığınla sonuca varılmışsa bu durumda elde edilen sonuçlar geçersizdir. Aksi takdirde geçerlidir.

Olması gereken örneklem hacmi % 90 güvenilirlik düzeyinde

$$n = \frac{-\ln(1-0,9)}{\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta}, \text{ dan } 0,98 \text{ çıkmaktadır. Kullanılan örneklem hacmi } 20 \text{ olduğu için}$$

uygunluk söz konusudur. Bu durumda elde edilen sonuçlar geçerlidir.

Bu dağılımdan elde edilen değerlerle birlikte bir üreticinin ürettiği bir ürüne ait markanın hata oranı tespit edilir. Geçmiş yıllardaki satışlara bakılarak bu markanın hangi yıllarda ne kadarının ıskartaya çıkacağı sonucuna varılabilir. Örneğin yapılan örnekteki çamaşır makinesinin 1980’de 10 000 adet pazara sunulduğunu varsayalım bu durumda 2020 yılına kadar çamaşır makinelerinin %99,3’ünün dönmesi beklenir. Yıllara göre açığa çıkması beklenen miktarlar. Tablo 9.7’de gösterilmiştir.

Tablo 9.7: 1980’de üretilen 10000 adet ürünün yıllara göre dönüş miktarları

YILLAR	X	ALFA	BETA	HATA ORANI	BEKLENEN ISKARTA MİKTARI	YÜZDE
1981	1	13,54	1,612	0,023812515	238	2,38
1982	2			0,035292547	353	3,53
1983	3			0,043362078	434	4,34
1984	4			0,049091519	491	4,91
1985	5			0,052964039	530	5,30
1986	6			0,055291028	553	5,53
1987	7			0,056315468	563	5,63
1988	8			0,056246456	562	5,62
1989	9			0,055272008	553	5,53
1990	10			0,053563718	536	5,36
1991	11			0,051278144	513	5,13
1992	12			0,048556943	486	4,86
1993	13			0,04552666	455	4,55
1994	14			0,042298558	423	4,23
1995	15			0,038968708	390	3,90
1996	16			0,035618352	356	3,56
1997	17			0,032314566	323	3,23
1998	18			0,029111162	291	2,91
1999	19			0,026049786	260	2,60
2000	20			0,023161145	232	2,32
2001	21			0,02046631	205	2,05
2002	22			0,017978043	180	1,80
2003	23			0,015702093	157	1,57
2004	24			0,013638448	136	1,36
2005	25			0,011782485	118	1,18
2006	26			0,010126027	101	1,01
2007	27			0,008658276	87	0,87
2008	28			0,007366633	74	0,74
2009	29			0,006237386	62	0,62
2010	30			0,005256286	53	0,53
2011	31			0,004409015	44	0,44
2012	32			0,003681553	37	0,37
2013	33			0,003060449	31	0,31
2014	34			0,002533023	25	0,25
2015	35			0,0020875	21	0,21
2016	36			0,001713082	17	0,17
2017	37			0,001399987	14	0,14
2018	38			0,00113944	11	0,11
2019	39			0,00092365	9	0,09
2020	40			0,000745755	7	0,07
TOPLAM						99,30

10. BİR BEYAZ EŞYA ÜRETİCİSİNİN AB DİREKTİFİ DOĞRULTUSUNDA TÜRKİYE’DE GERİ DÖNÜŞÜM SİSTEMİ AĞ TASARIMININ YAPILMASI

AB ülkelerinde 2005 Ağustos’tan itibaren başlayacak olan elektrikli ve elektronik atıkların toplanması ve belirtilen oranlarda geri dönüştürülmesine ilişkin uygulama Türkiye’de de şu an taslak aşamasındadır ve ileriki yıllarda başlayacaktır. Bu muhtemel uygulama karşısında elektrikli ve elektronik atıkların rasyonel bir şekilde toplanması ve geri dönüştürülmesi için uygun bir ağ tasarımının yapılması gerekmektedir. Bu amaçla Türkiye’de faaliyet gösteren bir beyaz eşya üreticisinin olası uygulama karşısındaki geri dönüşüm ağ tasarımı yapılmaya çalışılmıştır. Bu tasarımla birlikte belirtilen minimum geri dönüşüm oranlarını sağlayacak şekilde taşıma, elleçleme ve işleme gibi maliyetleri minimize edecek, ürünlerin geri dönüşümünden elde edilecek malzemelere ait gelirlerin de maksimize edilerek bütün sistemin optimum şekilde işletilmesini sağlayacak olası depo kümeleri ve olası tesislerden uygun olanlar seçilecektir.

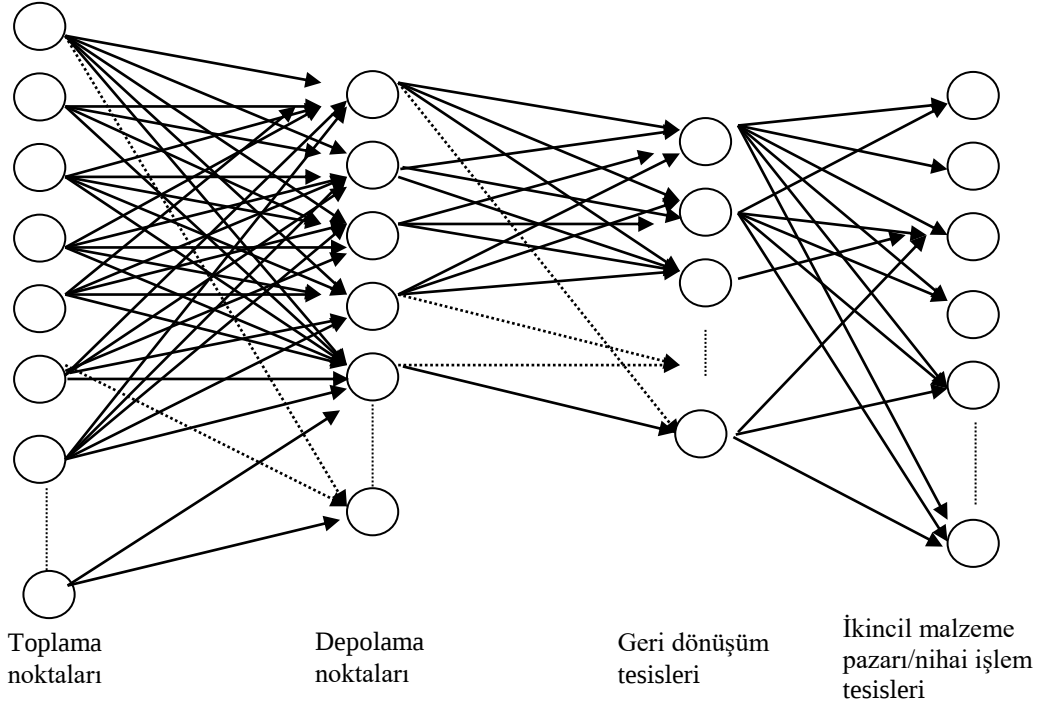
Bu amaçla literatürde yaygın olarak kullanılan karışık tamsayıli lineer programlama (MILP) kullanılmıştır. Model GAMS optimizasyon programı kullanılarak çözülmüştür.

10. 1 Sistemin İşleyişi

Tasarlanacak olan sistemin başlangıç noktası AB’deki uygulamalarda da olduğu gibi belediyelerin merkezi toplama noktalarıdır. Üreticiler her ilde bir tane olması öngörülen bu merkezi toplama noktalarından itibaren sorumludurlar. Bu merkezi toplama noktalarının öncesindeki evlerden ve perakendecilerden toplama işlemi belediyelere aittir ve tasarlanan sisteme dahil değildir. Belediyeler ürünleri toplama noktalarına belirli kategoriler halinde getirmektedirler. Her üretici pazar payı nispetinde ürün kategorilerinden sorumludur.

Sistemde üreticilerin dahil olduğu temel olarak 3 akış bulunmaktadır Bunlar belediye toplama noktalarından üreticilerin depolama noktalarına olan akış. Depolama

noktalarından geri dönüşüm tesislerine olan akış ve geri dönüşüm tesislerinden nihai işlem veya ikincil malzeme pazarlarına olan akıştır. Durum şekil 10.1’de gösterilmiştir.

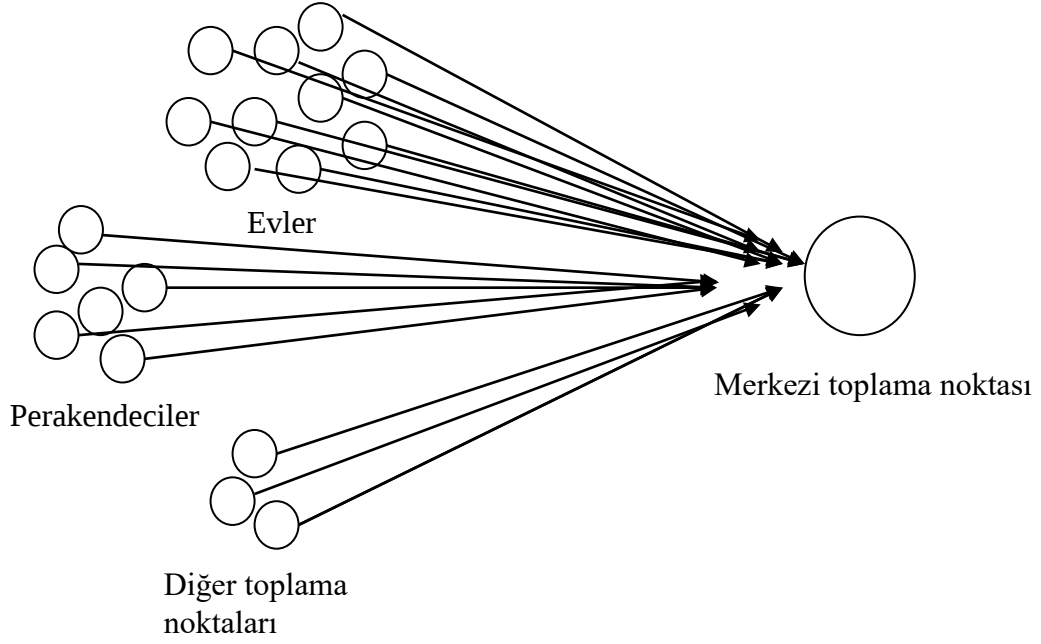


Şekil 10.1: Tersine lojistik ağ tasarımı modeli

10.1.1 Elektrikli ve Elektronik Atıkların Merkezi Toplama Noktalarına Kadar Toplanması

Elektrikli ve elektronik atıkların evlerden, perakendecilerden (bire bir değişimlerde ele geçen ürünler) ve diğer özel yada yerel yönetimlere ait noktalardan alınıp her ilde ana merkez bir tane olması planlanan toplama noktalarına kadar olan süreçten belediyeler sorumludur. Durum şekil 10.2’de gösterilmiştir.

Üreticiler bu merkez toplama noktalarından itibaren sorumludurlar. Yapılan çalışmada Türkiye modelinde her ilde merkezi bir toplama noktası olacağı varsayılmaktadır. Bu durumda toplam 81 merkezi toplama noktası olacağı düşünülmektedir.



Şekil 10.2: Belediyelerin sorumlu olduğu merkezi toplama noktasına kadar olan akışlar

10.1.2 Merkezi Toplama Noktalarından Üreticilere Ait Depolama Noktalarına Sevkıyat

Üreticiler belediyeler tarafından oluşturulmuş her ilde merkezi bir tane olması planlanan toplama noktalarından itibaren sorumludurlar. Bu noktalarda üreticiler pazar payları nispetinde ürün kategorilerinden sorumlu olacaklardır. Bu açıdan kendilerinin sorumlu oldukları miktarları bu merkezi toplama noktalarından alırlar ve kendilerine ait olan depolama noktalarına aktarırlar.

10.1.3 Depolama Noktalarından Geri Dönüşüm Tesislerine Sevkıyat

Depolama noktalarında üreticiler ürünleri 4 ana kategori halinde sınıflarlar. Bunlar büyük eşyalar, soğutucular, TV'ler ve küçük eşyalardır. Buradaki her ürün kategorisi için belirli bir elleçleme maliyeti olacaktır. Her ürün kategorisinin farklı oranlarda geri dönüşüm gerekleri ve değişik özellikleri bulunmaktadır. Bu açıdan kategori bazında sınıflandırmak önemlidir.

Yapılan çalışmada ilgili üreticiye ait servis yöneticilikleri birer depolama noktası olarak tanımlanmış bunlara ek olarak muhtemel depolama noktalar kümesi oluşturulmuştur.

Üreticiler kendilerine ait olan elektrikli ve elektronik atıkları depolama noktalarından her ürün kategorisinin gerektirdiği minimum geri dönüşüm oranını sağlayacak şekilde geri dönüşüm tesislerine aktaracaklardır.

Geri dönüşüm tesislerine ait muhtemel konum kümeleri oluşturulmuş ve kapasite varsayımında bulunulmuştur.

10.1.4 Geri Dönüşüm Tesisinden İkincil Malzeme Pazarı veya Özel İşlem Gerektiren Noktalara Sevkiyat

Geri dönüşüm tesislerinde tesislerin malzeme geri dönüştürme oranlarına göre işlem gören elektrikli ve elektronik atıklardan çıkan demir, alüminyum vb. gibi gelir getiren malzemeler ikincil malzeme pazarlarına gönderilecek. Bununla birlikte elektronik kart, CFC gibi ek işlem gerektiren malzemeler ise uygun imha noktalarına gönderilecektir. Geri dönüşüm tesislerinin geri dönüştürme oranları, kg başına işleme maliyetleri aynı olmadığı için ürün kategorilerinin kg başına işleme maliyetleri ve geri dönüşüm oranları aynı olmayacaktır. Bu durumda ürün kategorisini minimum geri dönüşüm oranında geri dönüştürülmesini sağlayacak ve işleme giderini minimize edecek atama önemlidir.

10.2 Modelin Oluşturulması

10.2.1 Modelin Amacı

Modeldeki amaç, belirli ürün kategorileri bazında toplanan elektrikli ve elektronik atıkların ilgili kategoriye ait minimum geri dönüşüm oranını sağlayacak şekilde, belediyelere ait toplama noktalarından ikincil malzeme pazarı veya nihai işlem tesislerine kadar olan süreçteki açığa çıkan maliyetleri minimize edecek ve ürünlerin geri dönüşümü sonucu açığa çıkacak malzemelere ait geliri de maksimize kılacak şekilde optimum akışları sağlamaktır. Bu amaçla belirlenen olası depo ve tesis yerleri kümesinden uygun olanlar seçilecektir. Burada söz konusu olan maliyetler taşıma maliyeti, elleçleme maliyeti, işleme maliyeti, yeni tesisler ve depolar için sabit maliyet, nihai işlem ve imha maliyetleridir.

10.2.2 Model Parametrelerinin Belirlenmesi

Kurulacak olan modelin sağlıklı sonuçlar verebilmesi için parametrelerin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Uygulamaya konu olan işletmenin bilgi

gizliliği açısından bazı bilgilerde değişiklikler yapılmıştır. Türkiye’de bu alanda herhangi bir çalışma yapılmadığı için bazı parametrelerin belirlenmesinde Avrupa’da mevcutta var olan sistemlerden faydalanılmıştır.

Temel olarak belirlenmesi gereken parametreler şu şekildedir.

- Açığa çıkacak olan elektrikli ve elektronik atık miktarı
- Elektrikli ve elektronik ürün kategorilerinin ve özelliklerinin belirlenmesi
 - Ürün kategorilerinin belirlenmesi
 - Ürün kategorilerinin minimum geri dönüşüm oranlarının belirlenmesi
 - Ürün kategori ağırlıklarının belirlenmesi
 - Ürün kategori hacimlerinin belirlenmesi
 - Ürün kategorilerinin birim*km taşıma maliyetinin belirlenmesi
 - Ürün kategori malzeme kompozisyonlarının belirlenmesi
 - Faydalı malzemelerin kg gelirlerinin belirlenmesi
 - Faydalı malzemelerin kg*km taşıma maliyetinin belirlenmesi
 - Zararlı malzemelerin kg imha giderlerinin belirlenmesi
 - Zararlı malzemelerin kg km taşıma maliyetlerinin belirlenmesi
- Depolama noktalarının özelliklerinin belirlenmesi
 - Depolama noktalarının konum kümelerinin oluşturulması
 - Depolama noktalarının kapasitelerinin belirlenmesi
 - Depolama noktalarının yıllık sabit maliyeti ve birim ürün kategori elleçleme maliyetinin belirlenmesi
- Geri dönüşüm tesislerinin özelliklerinin belirlenmesi
 - Geri dönüşüm tesislerinin konum kümelerinin oluşturulması
 - Geri dönüşüm tesislerinin kapasitelerinin belirlenmesi
 - Geri dönüşüm tesislerinin yıllık sabit maliyet ve işleme maliyetinin belirlenmesi

Geri dönüşüm tesislerinin malzeme geri dönüştürme oranlarının belirlenmesi

- İkincil malzeme pazarlarının konumlarının ve kapasitelerinin belirlenmesi
- Zararlı malzeme imha tesislerinin konumlarının ve kapasitelerinin belirlenmesi

10.2.2.1 Açığa Çıkacak Olan Elektrikli ve Elektronik Atık Miktarı

Geri dönüşüm ağ yapılarının en önemli özelliklerinden biri belirsizliktir. Lojistik alt yapısının stratejik tasarımı yapılırken sistem belirsiz bilgiler üzerine inşa edilir. En büyük belirsizliklerden bir tanesi de açığa çıkması beklenen elektrikli ve elektronik atık miktarıdır. [35] Ayrıca bu elektrikli ve elektronik atıkların ne zaman, ne miktarda ve hangi kalitede çıkacağı da önemli belirsizliklerdendir.[36]

Açığa çıkması beklenen elektrikli ve elektronik atık miktarı teorik olarak geçmiş yıllarda satılan ürünlerin miktarına ve ürün ömürlerine bağlıdır. [32] Fakat ürünün ıskartaya çıkmasında bölgesel özellikler, kullanma alışkanlıkları, kültürel özellikler gibi parametrelerin de önemli bir etkisi bulunmaktadır. Uygulamada incelenen üreticinin pazar payının bütün kategorilerde %50 olduğu varsayılmıştır. Bu durumda açığa çıkması beklenen bütün ürün kategorilerinin %50'si baz alınarak sistem tasarlanacaktır.

Türkiye’de geçmiş yıllarda pazara sunulan ürün miktarları ve türleri ve bunlara ait ürün ömürleri bilgileri tam olarak belirlenemediği için bu durumda çeşitli senaryolar baz alınarak işlemler yapılmıştır. Toplam 4 senaryo üzerinden model çalıştırılmıştır. Bunlar kişi başına yıllık 0,5kg, 1kg, 2kg ve 4kg elektrikli ve elektronik atık toplanacağı varsayılarak oluşturulan durumlardır. Bu senaryolar Türkiye’nin yasalaşma sürecinde uygulayacağı geçiş dönemine ait olması gereken minimum değerlerdir.[37]

Her il bir toplama merkezi olarak kullanılacağı için illerde toplanacak olan elektrikli ve elektronik ürün miktarlarının hesap edilmesinde kullanılan nüfus değeri 2000 yılı sayım verileri üzerinden şehirlerin yıllık artışları baz alınarak 2005 yılında olması gereken değeri üzerinden yapılmıştır. Tablo A.1’de değerler gösterilmiştir. [38]. İller bazında açığa çıkması beklenen elektronik atık miktarı illerin sadece nüfusuna göre değil ekonomik gelişmişlik düzeylerini gösteren bir belirteç olan Gayri safi milli

hasıladan (GSMH) aldıkları payla da ilişkilendirilmiştir. Her ilin nüfusu o ilde kişi başına düşen GSMH ile çarpılmış ve ilin toplam GSMH’ den aldığı pay hesaplanarak bu nispette bir elektrikli ve elektronik atık paylaşımı yapılmıştır. Uygulamaya konu olan üreticinin bütün ürün kategorilerinde pazar payının %50 olduğu kabul edilmiştir. Bu durumda ilgili üretici açığa çıkan bütün ürün kategorilerinden %50 nispetinde sorumlu olacaktır.

Ürün kategorilerinin ağırlıkça bulunma oranları ise tablo 10.1’de gösterilen geçmiş yıllardaki satış verileri [39] ve ortalama ürün kategori ağırlıkları çarpılarak elde edilmeye çalışılmıştır. Bu durumda kabul edilen ağırlıkça bulunma oranı tablo 10.2’deki gibidir. Fakat geçmiş yıllardaki satışlardan sadece ürün kategori 1 ve ürün kategori 2’ye ait veriler elde edilebilmiştir. Kategori 3 ve kategori 4’ün bulunma oranlarında ise tablo 10.3’de gösterilen Hollanda NVMP sisteminin topladığı elektrikli ve elektronik atıklar içerisindeki ürün kategori 3 ve ürün kategori 4 bulunma oranlarına yakın değerler baz alınmıştır. Bu durumda senaryo değerleri şu şekildedir:

Tablo 10.1: Türkiye’de yıllara göre ürün satışları

(x1000)	İÇ SATIŞ												
ÜRÜN CİNSİ	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	TOPLAM
BUZDOLABI	927	767	834	963	1230	1410	1258	1468	1018	1088	1362	2003	14328
OTO. ÇAM. MAK.	914	762	786	1070	1464	1498	1222	1417	795	824	1075	1917	13744
BULAŞIK MAK.	322	267	241	316	427	478	405	502	265	282	261	526	4292
FİRİN	594	403	446	495	608	587	474	526	339	339	378	599	5788
TOPLAM	2757	2199	2307	2845	3729	3973	3359	3913	2417	2533	3076	5045	38153

Tablo 10.2: Modelde kabul edilen Türkiye’de ürün kategorilerinin ağırlıkça ve adetçe bulunma oranları

ÜRÜN KATEGORİLERİ				
Bulunma oranları	Ürün kategori 1	Ürün kategori 2	Ürün kategori 3	ürün kategori 4
Ağırlıkça bulunma oranı (%)	50	25	15	10
Adetçe bulunma oranı (%)	20	14	12	54

Tablo 10.3: Hollanda NVMP sisteminin topladığı ürün kategorilerinin ağırlıkça oranları

	Soğutucular		Büyük eşyalar		TV'ler		Küçük eşyalar	
	ağırlık (ton)	dağılım	Ağırlık (ton)	dağılım	Ağırlık (ton)	dağılım	Ağırlık (ton)	dağılım
1999	19780	0,55	8168	0,23	5472	0,15	2500	0,07
2000	23693	0,44	16320	0,30	8550	0,16	5400	0,10
2001	26144	0,40	20760	0,32	8550	0,13	9450	0,15
2002	25671	0,39	20880	0,32	8009	0,12	11296	0,17
ort. Dağılım	0,45		0,29		0,14		0,12	

Tablo 10.4: Hollanda NVMP sisteminin topladığı ürün kategorilerinin adetçe oranları

	Soğutucular		Büyük eşyalar		TV'ler		Küçük eşyalar	
	adet	dağılım	Adet	dağılım	adet	dağılım	Adet	dağılım
1999	460	0,34	136	0,10	192	0,14	581	0,42
2000	551	0,23	272	0,11	300	0,13	1255	0,53
2001	608	0,18	346	0,10	300	0,09	2197	0,64
2002	597	0,15	348	0,09	281	0,07	2627	0,68
ort. Dağılım	0,22		0,10		0,11		0,57	

Bu durumda satış oranları da baz alınarak Türkiye’de sırasıyla ürün kategorilerinin toplam elektrikli ve elektronik atıklar içerisinde ağırlıkça bulunma yüzdeleri şu şekilde varsayılmıştır. Ürün kategori 1 için %50, ürün kategori 2 için %25, ürün kategori 3 için %15, ürün kategori 4 için %10.

Senaryo 1: Kişi başına yıllık 0,5 kg elektrikli ve elektronik atık açığa çıkacağı düşünülmüştür. Bu durumda, Türkiye’de açığa çıkması beklenen toplam elektrikli ve elektronik atık miktarı 36 935,25 ton olacaktır. Ürün kategorileri bazında toplam açığa çıkması beklenen adetler tablo 10.5’deki gibidir. İller bazında toplam açığa çıkması beklenen değerler tablo B.1’de gösterilmiştir.

Tablo 10.5: Kişi başı yıllık 0,5 kg toplanması durumunda atık ürün kategori adetleri

Büyük eşyalar (adet)	Soğutucular (adet)	TV (adet)	Küçük eşyalar (adet)
307 794	214 740	194 396	858 959

Senaryo 2: Kişi başına yıllık 1 kg elektrikli ve elektronik atık açığa çıkacağı düşünülmüştür. Bu durumda, Türkiye’de açığa çıkması beklenen toplam elektrikli ve elektronik atık miktarı 73 870,50 ton olacaktır. Ürün kategorileri bazında toplam açığa çıkması beklenen adetler tablo 10.6’daki gibidir. İller bazında toplam açığa çıkması beklenen değerler tablo B.2’de gösterilmiştir.

Tablo 10.6: Kişi başı yıllık 1 kg toplanması durumunda atık ürün kategori adetleri

Büyük eşyalar (adet)	Soğutucular (adet)	TV (adet)	Küçük eşyalar (adet)
615 588	429 480	388 792	1 717 919

Senaryo 3: Kişi başına yıllık 2 kg elektrikli ve elektronik atık açığa çıkacağı düşünülmüştür. Bu durumda, Türkiye’de açığa çıkması beklenen toplam elektrikli ve elektronik atık miktarı 147 741 ton olacaktır. Ürün kategorileri bazında toplam açığa çıkması beklenen adetler tablo 10.7’deki gibidir. İller bazında toplam açığa çıkması beklenen değerler tablo B.3’de gösterilmiştir.

Tablo 10.7: Kişi başı yıllık 2 kg toplanması durumunda atık ürün kategori adetleri

Büyük eşyalar (adet)	Soğutucular (adet)	TV (adet)	Küçük eşyalar (adet)
1 231 175	858 959	777 584	3 435 837

Senaryo 4: AB direktifinde de minimum hedef olarak belirtilen kişi başına yıllık 4 kg elektrikli ve elektronik atık açığa çıkacağı düşünülmüştür. Bu durumda, Türkiye’de açığa çıkması beklenen toplam elektrikli ve elektronik atık miktarı 295 482 ton olacaktır. Ürün kategorileri bazında toplam açığa çıkması beklenen adetler tablo 10.8’deki gibidir. İller bazında toplam açığa çıkması beklenen değerler tablo B.4’de gösterilmiştir.

Tablo 10.8: Kişi başı yıllık 4 kg toplanması durumunda atık ürün kategori adetleri

Büyük eşyalar (adet)	Soğutucular (adet)	TV (adet)	Küçük eşyalar (adet)
2 462 350	1 717 919	1 555 168	6 871 675

10.2.2.2 Ürün Kategorilerinin Belirlenmesi

Model içerisindeki ürünler 4 temel kategori dahilinde toplanacaktır. Bu kategoriler ürünlerin özellikleri ve olması gereken minimum geri dönüşüm oranları baz alınarak oluşturulmuştur ve Avrupa’da mevcutta var olan sistemlerde bu şekilde uygulanmaktadır. Ürün kategorileri şu şekildedir

- Büyük eşyalar : Çamaşır makineleri, bulaşık makineleri, fırınlar, kurutucular bu kategoriye oluşturmaktadır.
- Soğutucular : İçerdiği zararlı gazlar (CFC, HCFC, HF..gibi) nedenlerden ötürü soğutucular ayrı bir kategori olarak ele alınmıştır. Soğutucular, büyük soğutucular, buzdolapları, dondurucular, klima’dan oluşmaktadır.
- TV (Monitörler) : CRT içeren bütün tür TV’ler ve monitörlerden oluşmaktadır.

d. Küçük eşyalar : Elektrikli süpürgeler, halı yıkama makineleri, diğer yıkayıcı makineler, ütü, tost makineleri, sac kurutma makinesi, kızartma makineleri, tıraş makineleri, cep telefonları bu kategoriyi oluşturmaktadır.

10.2.2.3 Ürün Kategorilerinin Minimum Geri Dönüşüm Oranının Belirlenmesi

Ürün kategorileri direktifte belirtilen minimum geri dönüşüm oranına uyacak şekilde geri dönüştürülecektir. Bu geri dönüşüm oranları tablo 10.9'daki gibidir.

Tablo 10.9: Ürün kategorisi minimum geri dönüşüm oranı

Ürün Kategorisi	Minimum geri dönüşüm oranı
Büyük eşyalar	80%
Soğutucular	80%
TV	75%
Küçük eşyalar	70%

10.2.2.4 Ürün Kategorilerinin Ağırlıklarının Belirlenmesi

a. Büyük eşyalar: Büyük eşyalar temel olarak çamaşır makinesi, fırın, bulaşık makinesi ve kurutuculardan oluşmaktadır. Buzdolabı içerdiği gazdan ötürü kategoriye dahil edilmemiştir. Bu kategoriye giren ürünlerin geçmiş yıllarda yapılan satışlarına göre ağırlıklı ortalamaları alınarak büyük eşya kategorisi için bir ortalama değer elde edilmiştir. Tablo 10.11'de 1992-2004 arası satışlar görülmektedir. 1992'den öncesine ait veriler olmadığı için 1992'den sonrasına ait satış değerleri baz alınarak ağırlık hesaplanmıştır. Bu durumda ortalama büyük eşya ağırlığı $60,48 \approx 60$ kg olarak alınmıştır. Kurutucu satışları mevcutta olmadığı için hesaplama dahil edilmemiştir. Avrupa'daki elektrikli ve elektronik atık toplama sistemlerinden NVMP' nin topladığı elektronik atık ürünlere ait ortalama ağırlıklar tablo 10.10'daki gibidir. Burada büyük eşyalara ait ortalama ağırlık 60 kg' dır. Bu açıdan bir paralellik görülmektedir.

Tablo 10.10: Hollanda sistemi (NVMP) ürün kategorileri ağırlıkları

Ürün kategorileri	Ağırlık(kg)
Soğutucu	43
Büyük eşyalar	60
TV	28,5
Küçük eşyalar	4,3

Tablo 10.11: 1992-2004 arası mevcut satışlardaki büyük eşya toplam satışları

Ürün	Birim ürün ağırlık(kg)	Geçmiş yıllarda yapılan satışlar
Çamaşır makinesi	68	13744
Fırın	50	5788
Bulaşık makinesi	50	4292
Kurutucu	-	-

b. Soğutucular: Soğutucuların türleri ve modelleri çok farklıdır. Hollanda NVMP değerlerinden faydalanılarak ortalama olarak soğutucu ağırlığı 43 kg olarak alınmıştır.

c. TV: TV'ler ve monitörler içerdikleri CRT' den dolayı ayrı toplanmak durumundadır. Ortalama TV ağırlığı olarak NVMP değeri olan 28,5 kg alınmıştır.

d. Küçük eşyalar: Adetçe ve türce toplanması beklenen en fazla miktar küçük eşyalardır. Modelde ortalama küçük eşya ağırlığı olarak NVMP değeri olan 4,3 kg alınmıştır.

10.2.2.5 Ürün Kategorilerinin Hacimlerinin Belirlenmesi

Ürün kategorileri aynı ebatlarda olmadığı için depolama noktalarında ürünlerin hacimleri baz alınacaktır. Bu açıdan ürün kategorilerinin hacimleri önemlidir. Hacimler ürün grubuna ait ortalama değerler baz alınarak oluşturulmuştur.

a. Büyük eşyalar: Büyük eşyaların ortalama hacmi olarak $0,6 \times 0,6 \times 0,9 = 0,324\text{m}^3$ alınmıştır.

b. Soğutucular: Soğutucular ürün kategorileri içerisinde hacimce en büyük olanıdır. Türce çeşitlilik çoktur. Ortalama soğutucu hacmi olarak $0,6 \times 0,6 \times 1,5 = 0,54\text{m}^3$ alınmıştır.

c. TV'ler: TV ve monitörler ortalama olarak $0,4 \times 0,4 \times 0,5 = 0,08\text{m}^3$ alınmıştır.

d. Küçük eşyalar: Adetçe ve türce çok fazladır. Ortalama hacim olarak $0,3 \times 0,3 \times 0,3 = 0,027\text{m}^3$ alınmıştır.

10.2.2.6 Ürün Kategorilerinin Birim Km Taşıma Maliyetlerinin Belirlenmesi

Ürün kategorilerinin birim km başına taşıma maliyetleri hesaplanırken ürünlerin ortalama hacimleri baz alınarak hareket edilmiştir. Ortalama olarak (14 500 kg ve 40m^3) bir kamyonun kilometre taşıma maliyeti 1,2 ytl = 0,67 € olarak baz alınmıştır.

Bu durumda birim ürün kategorilerinin kilometre taşıma maliyetleri tablo 10.12'deki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 10.12: Ürün kategorilerine ait ağırlık, hacim ve taşıma maliyetleri.

ÖZELLİKLER	ÜRÜN KATEGORİLERİ			
	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3	Kategori 4
	Büyük beyaz eşyalar	Soğutucular	TV	Küçük eşyalar
Ort. Ağırlık (kg)	60	43	28,5	4,3
Ort. Hacim (m3)	0,324	0,54	0,08	0,027
Taşıma maliyeti (euro* ürün/km)	0,005427	0,009045	0,00134	0,00045

10.2.2.7 Ürün Kategorilerinin Malzeme Kompozisyonlarının Belirlenmesi

İskartaya çıkmış ürünlerden geri dönüşüm tesislerinde işlem gördükten sonra malzeme kompozisyonlarına göre malzeme çıkmaktadır. Her malzemenin geliri veya gideri farklıdır. Bu açıdan ağ tasarımı malzeme kompozisyonu önemlidir. Malzeme kompozisyonları kategori bazında verilmiştir. Kategoriler kendi içerisinde de çok farklı ürünlerden oluşmaktadır. Bu açıdan ortalama değerlerden ve varsayımlardan faydalanılacaktır.

a. Büyük eşyalar: Büyük eşyalar kategorisini oluşturan temel ürünler olan çamaşır makinesi, bulaşık makinesi ve fırının malzeme kompozisyonlarının satışlara göre ağırlıklı ortalaması baz alınarak ortalama değerler elde edilmeye çalışılmıştır. Fakat 1992 öncesine ait veriler olmadığı için sadece 1992'den sonraki veriler kullanılmıştır. Kurutucuya ait veri olmadığı için ortalamaya alınmamıştır.

Büyük eşyalar grubuna ait her ürününde kendi içinde birçok modeli bulunmakta ve malzeme kompozisyonları değişmektedir. Örneğin çamaşır makinesinin çelik ve plastik kazanlı olmak üzere modelleri bulunmaktadır. Bunlar içerisinde malzeme kompozisyonu değişmektedir. Bu açıdan her bir ürünü ait referans ürünler alınmaya çalışılmıştır. Bu durumda ürün bazında malzeme kompozisyonları ve ortalama kategori malzeme kompozisyonu tablo 10.13'deki gibidir.

Tablo 10.13: Büyük eşya malzeme kompozisyonu

BÜYÜK EŞYALAR MALZEME KOMPOZİSYONU				
Malzemeler	Çamaşır makinesi	Fırın	Bulaşık makinesi	Ağırlıklı ortalama
Ferros metaller	%44	%74	%57	%53,5
Alüminyum	%3	%2	%1	%2,4
Bakır	%1	%0,5	%1	%0,9
ABS	%1,5	%0	%1,5	%1,1
PP	%9,5	%0	%6	%6,56
HIPS	%0,2	%0	%0	%0,1
PS	%0	%0	%0	%0
PVC	%0	%0	%0	%0
Karışık plastik	%0,6	%1	%3	%1,1
Cam	%2	%13	%0	%4,3
Beton	%29	%7	%13	%21
Tahta	%3	%0	%5	%2,6
Kauçuk	%3,5	%0	%0,5	%2,1
Bitüm	%0	%0	%9	%1,6
Kompresör	%0	%0	%0	%0
PU	%0	%0	%0	%0
Diğer karışık	%2	%2,5	%2,5	%2,2
Soğutucu gaz	%0	%0	%0	%0
Kompresör yağı	%0	%0	%0	%0
Elektronik kart	%0,7	%0	%0,5	%0,5
Diğer zararlı karışık	%0	%0	%0	%0

b. Soğutucular: Soğutucular için referans ürün olarak buzdolabı malzeme kompozisyonu baz alınmıştır. Bu durumda malzeme kompozisyonları tablo 10.14'deki gibidir.

Tablo 10.14: Soğutucu malzeme kompozisyonları

BUZDOLABI MALZEME KOMPOZİSYONU			
Ferros metaller	%42	Tahta	%0
Alüminyum	%6	Kauçuk	%0
Bakır	%0,6	Bitüm	%0
ABS	%0,9	Kompresör	%20
PP	%1,8	PU	%8
HIPS	%0	Diğer karışık	%0
PS	%11	Soğutucu gaz	%0,8
PVC	%0,45	Kompresör yağı	%0,6
Karışık plastik	%0	Elektronik kart	%0
Cam	%0	Diğer zararlı karışık	%7
Beton	%0		

c. TV : TV modellerinde genelde malzeme kompozisyonları birbirine yakındır. Çalışma kapsamında kullanılacak ortalama bir TV malzeme kompozisyonu tablo 10.15'deki gibidir.

Tablo 10.15: TV malzeme kompozisyonları

TELEVİZYON MALZEME KOMPOZİSYONLARI			
Ferros metaller	%1	Tahta	%0
Alüminyum	%0	Kauçuk	%0
Bakır	%2,5	Bitüm	%0
ABS	%5	Kompresör	%0
PP	%10	PU	%0
HIPS	%5	Diğer karışık	%1,5
PS	%0	Soğutucu gaz	%0
PVC	%0	Kompresör yağı	%0
Karışık plastik	%0	Elektronik kart	%0
Cam	%75	Diğer zararlı karışık	%0
Beton	%0		

d. Küçük eşyalar: Küçük eşyalar çok çeşitli olduğu için referans ürün olarak elektrikli süpürge alınmıştır. Çalışma kapsamında kullanılacak ortalama bir küçük eşya malzeme kompozisyonu tablo 10.16'daki gibidir

Tablo 10.16: Küçük eşya malzeme kompozisyonları

KÜÇÜK EŞYA MALZEME KOMPOZİSYONLARI			
Ferros metaller	%24	Tahta	%0
Alüminyum	%0	Kauçuk	%0
Bakır	%1	Bitüm	%0
ABS	%20	Kompresör	%0
PP	%40	PU	%0
HIPS	%0	Diğer karışık	%10
PS	%0	Soğutucu gaz	%0
PVC	%0	Kompresör yağı	%0
Karışık plastik	%5	Elektronik kart	%0
Cam	%0	Diğer zararlı karışık	%0
Beton	%0		

10.2.2.8 Faydalı Malzeme Kg Gelirlerinin Belirlenmesi

Ürünler geri dönüşüm tesislerinde işlem gördükten sonra çeşitli malzemelere ayrılırlar. Bu malzemelerden bir kısmı alüminyum, bakır gibi gelir getiren faydalı malzemelerdir Bunlara ait kg gelirleri modelde tablo 10.17'deki gibidir.

Tablo 10.17: Faydalı malzemelerin kg gelirleri

Malzemeler	€ / kg	Malzemeler	€ / kg
Ferros metaller	0,16	Cam	0,02
Alüminyum	0,9	Beton	0,1
Bakır	1,72	Tahta	0,03
ABS	1	Kauçuk	0,04
PP	0,7	Bitüm	0,12
HIPS	0,7	Kompresör	0,21
PS	0,7	PU	0,12
PVC	0,7	Diğer karışık	0,12
Karışık plastik	0,12		

10.2.2.9 Faydalı Malzeme Kg Km Taşıma Maliyetlerinin Belirlenmesi,

Açığa çıkan faydalı malzemelerin ikincil malzeme pazarlarına aktarılmaları gerekmektedir. Bu amaçla kg başına taşıma maliyetlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Malzemelerin yoğunlukları farklı oldukları için kg*km taşıma maliyetleri farklıdır.

Ortalama olarak bir kamyonun 14500 kg ve 40m³ olduğu ve km başına 1,2 ytl maliyeti olduğu kabul edilmiştir. Bu durumda kamyonun tam dolu olduğu zaman aldığı malzeme miktarlarının tablo 10.18'deki gibi olduğu varsayılarak malzeme bazında km taşıma maliyetleri tablo 10.19'daki gibi hesap edilmiştir.

Tablo 10.18: Kamyon tam dolu olduğu zaman alacağı malzeme miktarları

Malzeme türü	Ton
Ferros metaller	14
Alüminyum	8
Bakır	8
Cam	14
Kauçuk	6
Beton	10
Plastik	4
Tahta	5

Bu durumda demir içeren (ferros metaller) için taşıma maliyeti 0,09 ytl/km*ton, alüminyum için 0,15 ytl/km*ton, bakır için 0,15 ytl/km*ton, cam için 0,09 ytl/km*ton, kauçuk için 0,2 ytl/km*ton, beton için 0,12 ytl/km*ton, plastik için 0,3 ytl/km*ton, tahta için 0,24 ytl/ton. Diğer malzemeler için ortalama değer olarak 0,17 ytl/km*ton kullanılacaktır.

Bu durumda malzemelerin € / km*ton maliyeti şu şekilde alınmıştır. (1€ = 1,8 ytl)

Tablo 10.19: Gelir getiren malzemelerin kg*km taşıma maliyetleri

Malzemeler	€/ ton*km	Malzemeler	€/ ton*km
Ferros metaller	0,048	Cam	0,048
Alüminyum	0,083	Beton	0,067
Bakır	0,083	Tahta	0,133
ABS	0,167	Kauçuk	0,111
PP	0,167	Bitüm	0,094
HIPS	0,167	Kompresör	0,094
PS	0,167	PU	0,094
PVC	0,167	Diğer karışık	0,094
Karışık plastik	0,167		

10.2.2.10 Zararlı Malzeme Kg İmha Giderlerinin Belirlenmesi

Elektrikli ve elektronik ürünler geri dönüşüm tesislerinde işlem gördükten sonra gelir getiren faydalı malzemelerin yanı sıra ek işlem gerektiren elektronik kart, soğutucu gaz gibi zararlı malzemeler de açığa çıkmaktadır. Bu zararlı malzemeler geri dönüşüm tesisinin verimliliğinden bağımsız olarak tamamıyla üründen uzaklaştırılmakta ve belirli bir bedel karşılığında özel tesislerde çevreye uygun şekilde imha edilmektedir. Bu malzemelere ait kg gider değerleri tablo 10.20'deki gibidir.

Tablo 10.20: Zararlı malzemelerin kg işleme maliyetleri

Malzemeler	Birim kg gider (€/kg)
Soğutucu gaz	3,1
Kompresör yağı	0,17
Elektronik kart	0,06
Diğer zararlı karışık	0,12

10.2.2.11 Zararlı Malzeme Kg Km Taşıma Maliyetlerinin Belirlenmesi

Açıığa çıkan zararlı malzemelerin özel tesislere aktarılımları gerekmektedir. Bu amaçla kg başına taşıma maliyetlerinin belirlenmesi önemlidir. Ton başına km zararlı malzeme taşıma maliyetleri gelir getiren malzemelerin hesaplanmasında kullanılan yöntemle aynı şekildedir. Buradaki bütün malzemeler için ortalama değer kullanılacaktır. Bu durumda bütün zararlı malzemeler için taşıma bedeli 0,17 ytl / ton*km şeklindedir. Değerler tablo 10.21'de gösterilmiştir.

Tablo 10.21: Zararlı malzemelerin kg*km taşıma maliyetleri

Malzemeler	ton*km taşıma maliyeti(€)
Soğutucu gaz	0,094
Kompresör yağı	0,094
Elektronik kart	0,094
Diğer zararlı karışık	0,094

10.2.2.12 Depolama Noktalarının Özelliklerinin Belirlenmesi

Üretici toplama noktalarından pazar payı nispetinde kendi payına düşen miktarı alır ve bunu depolama alanlarına aktarır. Üreticinin mevcutta sadece bu amaç için kullanılan herhangi bir özel alanı yoktur. Fakat çeşitli bölgelerde servis yöneticilikleri bulunmaktadır. Bu alanlarda da depolama için yeterince alan yoktur. Fakat bu alanlarda yönetim maliyeti gibi çeşitli maliyetlerinin daha düşük olacağı düşünülmektedir. Bu amaçla depolama noktaları kümesi oluşturulurken bu noktalar başlangıç olarak alınmış bunlara ek olarak üreticinin uygun gördüğü yerlerde yeni depolama noktaları tanımlanmıştır.

10.2.2.13 Depolama Noktalarının Konum Kümelerinin Oluşturulması

İlgili servis yöneticilikleri depolama kümesine dahil edilmiştir. Bunlara ek olarak üreticinin istekleri doğrultusunda yeni konumlar tespit edilmiştir. Bu durumda depolama noktalarına ait konum kümeleri şu şekildedir:

İlgili servis yöneticilikleri: Adana, Ankara, Antalya, Bursa, Denizli, Elazığ, Eskişehir, İstanbul, İzmir, Kayseri, Samsun, Trabzon

Yeni tanımlanan noktalar: Çanakkale, Kocaeli, Zonguldak, Konya, Mersin, Hatay, Erzurum, Diyarbakır, Van

10.2.2.14 Depolama Noktalarının Kapasitelerinin Belirlenmesi

Ürün kategorileri standart olmadıkları için depoların kapasiteleri ürün adeti şeklinde verilmeyecektir. Kapasiteler hacimsel olarak tanımlanacaktır. 6 tip depo olacağı düşünülmektedir. Bunların ürün depolama için kullanılabilir alanları sırasıyla 1000m², 2000m², 3000m², 4000m², 5000m², 6000m² şeklindedir. Depolama noktalarında kapasiteler tanımlanırken depodaki kullanılabilir alanın yüksekliğinin pratik işlevsellik açısından 4m kadar olacağı düşünülmüştür. Ayrıca bir ürünün ise ortalama olarak 1 ay kadar depoda kalacağı varsayılmıştır. Bu durumda depoların yıllık kapasiteleri hacimsel (m³) olarak hesap edilmiştir. Değerler tablo 10.22’de

gösterilmiştir. Depolar minimum %80 kapasiteyle kullanılacaktır. Bu depo tiplerinden depo1, depo 2 ve depo 3'ün İstanbul haricindeki her ilde İstanbul'da ise bütün depo tiplerinin tanımlamaları yapılarak kümeler tablo 10.23'deki gibi oluşturulmuştur. Bu durumda 21 ilde toplam 66 depo kümesi oluşturulmuştur. İşletme veri gizliliği açısından bazı veriler değiştirilmiştir.

Tablo 10.22: Depo türlerinin kullanılabilir alanları

Türü	Kullanılabilir alan	Maks. Kapasite(m3)	Min. Kapasite
Depo 1	1000	48000	38400
Depo 2	2000	96000	76800
Depo 3	3000	144000	115200
Depo 4	4000	192000	153600
Depo 5	5000	240000	192000
Depo 6	6000	288000	230400

Tablo 10.23: Depoların olduğu illerde tanımlı olası depo tipleri

Depo Yerleri	Depo tipleri					
	depo 1	depo2	depo 3	depo 4	depo 5	depo 6
Adana	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Ankara	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Antalya	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Bursa	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Çanakkale	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Denizli	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Diyarbakır	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Elazığ	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Erzurum	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Eskişehir	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Hatay	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
İstanbul	tanımlı	tanımlı	tanımlı	tanımlı	tanımlı	tanımlı
İzmir	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Kayseri	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Kocaeli	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Konya	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Mersin	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Samsun	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Trabzon	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Van	tanımlı	tanımlı	tanımlı			
Zonguldak	tanımlı	tanımlı	tanımlı			

10.2.2.15 Depolama Noktalarının Yıllık Sabit Maliyeti ve Elleçleme Maliyetinin Belirlenmesi

Sistemin önemli maliyet noktalarından biri de depolama noktalarıdır. Depolardaki temel maliyet unsuru sabit maliyetlerdir. Depoların Türkiye'nin değişik bölgelerindeki oluşturulma maliyetleri farklı olacaktır. Bu açıdan batı, orta ve doğu olmak üzere 3 tip depo tanımlaması yapılmıştır. Bu değişikliğe göre bazı maliyet kalemlerinde farklılıklar olacaktır. Değişken maliyetler fazla değildir. Değişken maliyet olarak elleçleme maliyeti her depoda ürün kategorileri için belirlenmiştir. İşletme veri gizliliği açısından bazı veriler değiştirilmiştir Maliyetlerin hesaplanmasında tablo 10.24'deki birim maliyet kalemi giderleri kullanılmıştır.

Tablo 10.24: Depo hesaplanmasında kullanılan birim maliyetler

MALİYETLER (€)			
Maliyet kalemleri	Batı	Orta	Doğu
Arsa satın alma (m2)	50	25	15
Ofis metrekaresi	250	250	250
Stok alanı sundurma maliyeti (m2)	100	100	100
Yönetici (aylık)	2000	1500	1000
Güvenlikçi (aylık)	400	400	400
İşçi (aylık)	400	400	400
Forklift (adet)	20000	20000	20000
Transpalet (adet)	2000	2000	2000
Konteynır (adet)	200	200	200
Palet (adet)	30	30	30
IT donanım yazılım (adet)	2000	2000	2000
Kantar (adet)	5000	5000	5000
Yıllık sabit enerji gideri (m2)	0,7	0,7	0,7
Yıllık sabit ofis gideri (m2)	20	20	20

Yıllık sabit maliyet: Amortisman giderleri + Yıllık sabit enerji giderleri + Yıllık sabit ofis giderleri + yönetim giderleri olarak hesap edilmiştir. Bu durumda yıllık sabit maliyet kalemlerinin açılımları şu şekildedir.

Amortisman giderlerinin hesaplanmasında arsa satın alma maliyeti ve alt yapı maliyeti / 25 + ofis yapım maliyeti / 25 + stok alanı sundurma maliyeti / 25 + ekipman (forklift + transpalet + kantar + IT donanım ve yazılım + konteynır + palet) / 10 şeklinde hesap edilmiştir.

Arsa satın alma maliyeti batı, orta ve doğu'da yapılması düşünülen depolara göre farklılık göstermektedir. Arsanın amortismanı 25 yıl olarak alınmıştır. Buna göre 6

tip depo için batı, orta ve doğu'da yapılmasına göre açığa çıkması beklenen yıllık maliyetler tablo 10.25'deki gibidir.

Tablo 10.25: Arsa satın alma maliyetleri

ARSA SATINALMA MALİYETİ				
	Toplam alan(m2)	Batı	Orta	Doğu
depo 1	1500	75000	37500	22500
depo 2	2500	125000	62500	37500
depo 3	3500	175000	87500	52500
depo 4	4500	225000	112500	67500
depo 5	5500	275000	137500	82500
depo 6	6500	325000	162500	97500

Her depoda bir ofis olması gerekmektedir. Depo 1, depo 2 ve depo 3 için 60m² ofis, depo 4, depo 5 ve depo 6 için ise 80m² ofis yapılması planlanmaktadır. Bu durumda depo türlerine ve depoların bulunduğu konumlara göre ofis maliyetleri tablo 10.26'da gösterilmiştir. Ofisin amortismanı olarak 25 yıl alınmıştır.

Tablo 10.26: Ofis yapım maliyeti

OFİS YAPIM MALİYETİ (€)				
	Toplam alan(m2)	Batı	Orta	Doğu
depo 1	60	15000	15000	15000
depo 2	60	15000	15000	15000
depo 3	60	15000	15000	15000
depo 4	80	20000	20000	20000
depo 5	80	20000	20000	20000
depo 6	80	20000	20000	20000

Ürünlerin bulunacağı stok alanlarının üzerine sundurma çekilecektir. Burada ürünler kategoriler halinde tasniflenecek ve stoklanacaktır. Sundurmalı stok alanının amortismanı 25 yıl olarak alınmıştır. Depo türlerine ve depoların bulunduğu bölgeye göre maliyetler tablo 10.27'deki gibidir.

Tablo 10.27: Stok alanı sundurma maliyeti

STOK ALANI SUNDURMA MALİYETİ				
	Toplam alan(m2)	Batı	Orta	Doğu
depo 1	1000	100000	100000	100000
depo 2	2000	200000	200000	200000
depo 3	3000	300000	300000	300000
depo 4	4000	400000	400000	400000
depo 5	5000	500000	500000	500000
depo 6	6000	600000	600000	600000

Yıllık sabit enerji gideri depoya ürün gelmesine bağlı olmaksızın ortaya çıkan stok alanı ışıklandırma, çevre ışıklandırma gibi çeşitli maliyet kalemlerinin toplamı olarak düşünülmüştür. Bunun için m² başına bir gider tanımlanmıştır. Bu durumda yıllık sabit enerji giderleri depo türleri ve konumları bazında tablo 10.28'deki gibidir.

Tablo 10.28: Yıllık sabit enerji giderleri

YILLIK SABİT ENERJİ GİDERLERİ				
	alan (m ²)	Batı	Orta	Doğu
depo 1	1000	700	700	700
depo 2	2000	1400	1400	1400
depo 3	3000	2100	2100	2100
depo 4	4000	2800	2800	2800
depo 5	5000	3500	3500	3500
depo 6	6000	4200	4200	4200

Yıllık sabit ofis giderlerinin hesaplanmasında, ofisin elektrik, su, telefon, dokümantasyon, temizlik gibi çeşitli sabit maliyetleri baz alınarak bir maliyet verilmiştir. M² bazında birim maliyet verilerek depolar için maliyet hesaplanmıştır. Bu durumda yıllık sabit ofis giderleri tablo 10.29'daki gibidir.

Tablo 10.29: Yıllık sabit ofis giderleri

YILLIK SABİT OFİS GİDERLERİ(€)				
	ofis alan	Batı	Orta	Doğu
depo 1	60	1200	1200	1200
depo 2	60	1200	1200	1200
depo 3	60	1200	1200	1200
depo 4	80	1500	1500	1500
depo 5	80	1500	1500	1500
depo 6	80	1500	1500	1500

Yönetim giderleri olarak ise her depoda en az bir tane olması beklenen yönetici ve güvenlikçi giderleri baz alınmıştır. Bu durumda depolara ait yıllık yönetim giderleri tablo 10.30' da gösterilmiştir.

Tablo 10.30: Depo yönetim giderleri

YÖNETİM GİDERLERİ					
	Yönetici	Güvenlikçi	Batı	Orta	Doğu
depo 1	1	1	28800	22800	16800
depo 2	1	1	28800	22800	16800
depo 3	1	1	28800	22800	16800
depo 4	1	2	33600	27600	21600
depo 5	1	2	33600	27600	21600
depo 6	1	2	33600	27600	21600

Her depoda en az bir tane forklift, en az bir tane transpalet, bir tane kantar, yönetici için IT donanım ve yazılım ve belirli miktarlarda konteynır ve palet kullanılacaktır.

Konteynırlar 2*2*2m boyutlarında olacak ve özellikle televizyon ile küçük eşyaların stoklanmasında kullanılacaktır. Belediyelerden gelen ürünler konteynırlara konulacak ve bu şekilde üreticilere gönderilecektir. Giden konteynırların en fazla bir ay sonra geri gelmesi planlanmaktadır. Bu durumda bulundurulması beklenen konteynır miktarı ürünlerin de depoda en fazla bir ay kalacağı varsayımı altında kapasitenin altıda biri kadardır. Örneğin 48 000 m³'lük bir depoda televizyon ve küçük eşyalara ayrılan kapasitede hacimce bu ürünlerin bulunma oranları olan sırasıyla %6 ve %9 toplam % 15'e yakınsayacağı varsayılmıştır bu durumda gereken konteynır sayısı 1000 m^2 'lik bir depoda $48\,000 \text{ m}^3 * 0,15 / 8 \text{ m}^3 / 6 = 150$ adet olarak alınmıştır.

Belediye merkezi toplama noktalarından gelecek olan ürünlerin özellikle büyük eşyalar ve soğutucularında paletsiz olarak geleceği ve bunların 2m * 2m alanındaki paletlere 9'arlı gruplar halinde konulacağı düşünülmektedir. Bu durumda konteynırlardakine benzer mantıkla giden paletlerin üreticiden en fazla bir ay sonra döneceği ve depodaki ürünlerin en fazla bir ay kalacağı düşünülerek gereken palet sayısı gelmesi beklenen ürün miktarı da göz önünde bulundurularak hesap edilmiştir. 48 000 m³ 'lük bir depoda büyük eşya ve soğutucuların toplam hacimce bulunma oranları sırasıyla %40 ve %45 olarak varsayılmıştır. Bu durumda 48 000 m³ 'lük bir depoda kullanılması planlanan palet sayısı $(48\,000 \text{ m}^3 * 0,4 / 0,324 / 9 / 6) + (48\,000 \text{ m}^3 * 0,45 / 0,54 / 9 / 6) = 1838$ bu değer 1000m² bir depo için 1850 olarak alınmıştır.

Depolarda bulundurulması planlanan palet ve konteynır sayısı ürün kategorilerinin Türkiye dağılımının depolara da yansıyacağı düşünülerek hesap edilmiştir.

Bütün ekipmanların amortismanları 10 yıl olarak alınmıştır. Bu durumda depo türlerine göre kullanılması beklenen ekipmanlar tablo 10.31'deki gibidir.

Tablo 10.31: Depolarda kullanılan ekipmanlar ve maliyetler

EKİPMANLAR ADET VE MALİYET (€)									
	Forklift (adet)	Transpalet (adet)	Kantar	IT donanım yazılım	Konteynır	Palet	Batı	Orta	Doğu
depo 1	1	1	1	1	150	1850	114500	114500	114500
depo 2	1	1	1	1	300	3700	200000	200000	200000
depo 3	1	1	1	1	450	5550	285500	285500	285500
depo 4	2	2	1	1	600	7400	393000	393000	393000
depo 5	2	2	1	1	750	9250	478500	478500	478500
depo 6	2	2	1	1	900	11100	564000	564000	564000

Bu durumda depoların türlerine ve konumlarına göre açığa çıkması beklenen yıllık sabit maliyetler hesaplanmıştır. Değerler tablo 10.32’deki gibidir.

Tablo 10.32: Depo yıllık sabit maliyetleri

YILLIK SABİT MALİYETLER (€)			
	Batı	Orta	Doğu
depo 1	49750	42250	35650
depo 2	65000	56500	49500
depo 3	80250	70750	63350
depo 4	103000	92500	84700
depo 5	118250	106750	98550
depo 6	133500	121000	112400

Değişken maliyetin hesaplanmasında tablo 10.33 ‘de gösterilen işçilik maliyetleri kullanılmıştır burada toplam işçilik maliyeti ürün standardizasyonu olmadığı için toplam kapasiteye(m^3) bölünmüş. Buradan m^3 başına elleçleme maliyeti tablo 10.34’deki gibi bulunmuştur. Bu değer birim ürün kategori hacmiyle çarpılarak farklı konumlardaki depo türlerine ait birim ürün kategorisi elleçleme maliyeti tablo 10.35’deki gibi bulunmuştur.

Tablo 10.33: Depolarda kullanılması planlanan işçi sayıları ve maliyetleri (€)

İŞÇİLİK				
	İşçi	Batı	Orta	Doğu
depo 1	3	14400	14400	14400
depo 2	3	14400	14400	14400
depo 3	4	19200	19200	19200
depo 4	5	24000	24000	24000
depo 5	5	24000	24000	24000
depo 6	6	28800	28800	28800

Tablo 10.34: Depolarda birim hacim değışken maliyetler (€/m³)

DEĞİŞKEN MALİYETLER(€/m ³)			
	Batı	Orta	Doğu
depo 1	0,300	0,300	0,300
depo 2	0,150	0,150	0,150
depo 3	0,133	0,133	0,133
depo 4	0,125	0,125	0,125
depo 5	0,100	0,100	0,100
depo 6	0,100	0,100	0,100

Tablo 10.35: Depo türlerine ve konumlarına göre birim ürün kategori elleçleme maliyeti

Birim Ürün Kategorileri Elleçleme Maliyeti (€)												
	BATI				ORTA				DOĞU			
	Ük1	ük2	ük3	ük4	ük1	ük2	ük3	ük4	ük1	ük2	ük3	ük4
depo 1	0,0972	0,1620	0,0240	0,0081	0,0972	0,1620	0,0240	0,0081	0,0972	0,1620	0,0240	0,0081
depo 2	0,0486	0,0810	0,0120	0,0041	0,0486	0,0810	0,0120	0,0041	0,0486	0,0810	0,0120	0,0041
depo 3	0,0432	0,0720	0,0107	0,0036	0,0432	0,0720	0,0107	0,0036	0,0432	0,0720	0,0107	0,0036
depo 4	0,0405	0,0675	0,0100	0,0034	0,0405	0,0675	0,0100	0,0034	0,0405	0,0675	0,0100	0,0034
depo 5	0,0324	0,0540	0,0080	0,0027	0,0324	0,0540	0,0080	0,0027	0,0324	0,0540	0,0080	0,0027
depo 6	0,0324	0,0540	0,0080	0,0027	0,0324	0,0540	0,0080	0,0027	0,0324	0,0540	0,0080	0,0027

10.2.2.16 Geri Dönüşüm Tesislerinin Özelliklerinin Belirlenmesi

Depolardaki atık ürünler temel olarak 2 tip tesise gidebilirler. Bunlardan birincisi manüel olarak demontaj yapılan tesisler diğeri ise geri dönüşümün ezici ve öğütücüler(shredder)'le yapıldığı tesislerdir. Her iki tip tesisin birbirine göre üstünlükleri ve zaafları vardır. Tesislerin yıllık kapasitesi kg olarak tanımlanmaktadır.

Manüel olarak demontaj yapılan tesislerde ürünlerin geri dönüşüm oranları fazlayken kapasiteleri genelde düşüktür. Bu nedenden birim kg maliyetleri daha yüksektir

Ezici ve öğütücülerin kullanıldığı tesislerde ise geri dönüşüm oranları düşüktür. Bununla birlikte kapasiteleri fazladır. Bu nedenden birim kg maliyetleri daha düşüktür.

Tesislere ait özellikler belirlenirken Avrupa'da mevcutta var olan sistemlerden faydalanılmış bunlara dayanarak çeşitli varsayımlarda bulunulmuştur.

10.2.2.17 Geri Dönüşüm Tesislerinin Konum Kümelerinin Oluşturulması

Her iki tip tesis için konum kümeleri belirlenmiştir. Buna göre manüel demontaj tesislerinin bulunacağı konum kümeleri ile ezici öğütücülü tesislerin bulunacağı konum kümeleri tablo 10.36'daki gibidir.

10.2.2.18 Geri Dönüşüm Tesislerinin Kapasitelerinin Belirlenmesi

Her iki tip tesis için de kapasiteler belirlenmiştir. Buna göre manüel demontaj tesislerinin ve ezici öğütücülü tesislerin maksimum ve minimum kapasiteleri tablo 10.36'daki gibidir.

Manüel demontaj tesislerinin 3 vardiya çalıştığı zamanki yıllık kapasitesi 6000 kg'dır, manüel demontaj tesisi tek vardiya da çalışabilir bu durumda istenen minimum yıllık kapasite %80 verimle 1600 tona kadar düşebilir.

Ezici öğütücülü sistemlerde ise iki tip tesis tanımlanmıştır. Bunlardan birincisi yıllık 3 vardiyalı kapasitesi 16 000 ton, diğeri de yıllık 3 vardiyalı kapasitesi 32 000 ton olan tesistir. Bunlar için de minimum kapasiteler sırasıyla 5 000 ton ile 10 000 ton olarak belirlenmiştir.

Tablo 10.36: Tesis kümelerinin konumları ve kapasiteleri

Konum	Tür	Maks. Kapasite (kg/yıl)	Min. Kapasite (kg/yıl)
Ankara	Manüel demontaj	6 000 000	1 600 000
Bursa	Ezici/öğütücülü sistem	16 000 000	5 000 000
Bursa	Ezici/öğütücülü sistem	32 000 000	10 000 000
Çanakkale	Ezici/öğütücülü sistem	16 000 000	5 000 000
Çanakkale	Ezici/öğütücülü sistem	32 000 000	10 000 000
Diyarbakır	Manüel demontaj	6 000 000	1 600 000
Eskişehir	Manüel demontaj	6 000 000	1 600 000
Eskişehir	Ezici/öğütücülü sistem	16 000 000	5 000 000
Hatay	Manüel demontaj	6 000 000	1 600 000
İçel	Manüel demontaj	6 000 000	1 600 000
İstanbul	Manüel demontaj	6 000 000	1 600 000
İstanbul	Ezici/öğütücülü sistem	16 000 000	5 000 000
İstanbul	Ezici/öğütücülü sistem	32 000 000	10 000 000
İzmir	Manüel demontaj	6 000 000	1 600 000
İzmir	Ezici/öğütücülü sistem	16 000 000	5 000 000
İzmir	Ezici/öğütücülü sistem	32 000 000	10 000 000
Kayseri	Manüel demontaj	6 000 000	1 600 000
Kocaeli	Manüel demontaj	6 000 000	1 600 000
Kocaeli	Ezici/öğütücülü sistem	16 000 000	5 000 000
Kocaeli	Ezici/öğütücülü sistem	32 000 000	10 000 000
Trabzon	Manüel demontaj	6 000 000	1 600 000

10.2.2.19 Geri Dönüşüm Tesislerinin Yıllık Sabit Maliyeti ve İşleme Maliyetinin Belirlenmesi

Manüel demontaj tesislerinin genel olarak yıllık sabit maliyetleri düşük, birim kg işleme maliyetleri ise yüksektir. Prosesler işgücü yoğun olarak gerçekleştirildiği için kg işleme kapasitesi düşüktür. Bu açıdan kg işleme maliyetleri yüksektir.

Ezici öğütücü sistemlerde ise genel olarak yıllık sabit maliyetler yüksek birim kg işleme maliyetleri ise düşüktür.

Avrupa’da mevcutta elektrikli ve elektronik ürünlerin geri dönüşümüne ilişkin işleme, lojistik ve diğer bütün maliyetlerin toplamı göz önünde bulundurulduğunda ton başına 400€-600€ arasında bir maliyet gözlenmektedir. Bunun %60’a yakını işleme maliyetidir. Bu da kg başına 0,2€-0,3€ arasında yapmaktadır.

Avrupa’da mevcuttaki sistemlerde genelde ezici-öğütücü sistemler bulunmaktadır. Bunlara ilişkin ortalama değerlere dayanarak yıllık sabit maliyet ve kg başına işleme maliyetleri belirlenmiştir. Manüel sistemler de bu değerlerle orantılı olarak işleme maliyeti iki katı olarak alınmış, yıllık sabit maliyet için de ortalama varsayımlarda bulunulmuştur.

Maksimum 16 000 ton yıllık kapasitesi olan ezici öğütücü tesislerin yıllık toplam sabit maliyeti olarak 350 000 € alınmıştır. Bunun iki katı kapasitesi olan yıllık maksimum 32 000 ton kapasiteli tesisin ise yıllık sabit maliyeti 16 000 tonluk kapasiteli tesisin 1,8 katı olduğu varsayılarak 630 000 € alınmıştır. Kg işleme maliyeti olarak ise 0,1€ alınmıştır.

Manüel sistemlerde ise 3 vardiyalı kapasitesi 6 000 ton olan tesisin yıllık sabit maliyeti 90 000 €, kg işleme maliyeti ise 0,2 € olarak alınmıştır fakat soğutucular kategorisi için ise bu maliyet özel ekipmanlar gerektirdiği için 0,4 €/kg olarak belirlenmiştir. Bu durumda tesislere ilişkin yıllık sabit maliyetler ve birim ürün kg işleme maliyetleri tablo 10.37’deki gibi kabul edilmiştir.

Tablo 10.37: Geri dönüşüm tesislerinin yıllık sabit maliyetleri ve kg işleme maliyetleri

Tesis türü	Maksimum kapasite(ton/yıl)	Yıllık sabit maliyet (€)	İşleme maliyeti (€/kg)
Manüel demontaj	6000	90000	0,2
Ezici-Öğütücülü sistem	16000	350000	0,1
Ezici-Öğütücülü sistem	32000	630000	0,1

10.2.2.20 Geri Dönüşüm Tesislerinin Malzeme İşleme Verimliliklerinin Belirlenmesi

Malzeme geri dönüştürme oranları ürün kategorilerinin minimum geri dönüştürme oranlarını sağlamaları için büyük önem arz etmektedir.

Manüel demontaj tesislerinin malzeme işleme verimliliği yüksekken, ezici/öğütücülü sistemlerinin ise nispeten daha düşüktür.

Manüel demontaj tesisleri için bütün malzemelere ait geri dönüştürme verimliliği olarak %95 alınmıştır. Ezici/öğütücülü sistemler için ise plastik haricindeki bütün malzemeler için %85, plastik türleri için ise %75 alınmıştır.

10.2.2.21 İkincil Malzeme Pazarlarının Konumlarının Belirlenmesi

Geri dönüşüm tesislerinden çıkan malzemelerden gelir getirenler ikincil malzeme pazarlarına gönderilecektir. Bu durumda açığa çıkan demir içerikli metaller Zonguldak, Karabük veya Hatay(İskenderun)’a gönderilecek, bakırlar Samsun, Artvin(Murgul) veya Diyarbakır (Ergani)’a, alüminyum ise Konya (Seydişehir) ’ya gönderilecektir. Bunların dışındaki bütün gelir getiren malzemelerin (ABS, PP, HIPS, PS, PVC, karışık plastik, cam, beton, tahta, kauçuk, bitüm, kompresör, PU, diğer karışık) pazarının ise sanayileşmiş İstanbul, Bursa, Kocaeli ve İzmir’de olacağı varsayılmıştır. Bu pazarlara kapasite sınırlaması getirilmemiştir. Bütün gönderilenleri alacak kapasitede olduğu varsayılmıştır. İkincil malzeme pazarları ve alabilecekleri malzemeler tablo 10.38’de gösterilmiştir.

Tablo 10.38: İkincil malzemelerin gidebileceği pazar yerleri

Malzemeler	Pazar yerleri
ferros metaller	Hatay, Zonguldak, Karabük
Alüminyum	Konya
Bakır	Artvin, Diyarbakır, Samsun
ABS	Bursa, İstanbul, İzmir, Kocaeli
PP	
HIPS	
PS	
PVC	
Karışık plastik	
Cam	
Beton	
Tahta	
Kauçuk	
Bitüm	
Kompresör	
PU	
diğer karışık	

10.2.2.22 Zararlı Malzeme İmha Tesislerinin Konumlarının Belirlenmesi

Geri dönüşüm tesisinden çıkan bazı malzemeler ise ek işlem gerektirmektedir. Bu malzemeler özel tesislere gönderilip çevreye uygun bir şekilde imha edilmesi gerekmektedir. Zararlı malzemeleri imha eden tesislerin bulunduğu konumlar İstanbul, İzmir, Bursa, Kocaeli olarak belirlenmiş tablo 10.39’da gösterilmiştir.

Tablo 10.39: Zararlı malzemelerin imha edildiği tesislerin bulunduğu iller

Malzemeler	İmha tesisleri
Soğutucu gaz	Bursa, İstanbul, İzmir, Kocaeli
Kompresör yağı	
Elektronik kart	
Diğer zararlı karışık	

10.3 Modelin Kurulması

10.3.1 İndisler

u = ürün kategorisi

i = toplama noktaları

j = depolama noktaları

k = geri dönüşüm tesisleri

l = faydalı malzemelerin gittiği ikincil malzeme pazar yerleri

m = zararlı malzemeleri imha eden tesisler

f = gelir getiren faydalı malzemeler

z = gidere neden olan zararlı malzemeler

10.3.2 Karar Değişkenleri

$m1_{iju}$ = “ i ” toplama noktasından “ j ” deposuna giden “ u ” ürün miktarı. (adet)

$m2_{jku}$ = “ j ” deposundan “ k ” tesisine giden “ u ” ürün miktarı (adet)

$m3_{klf}$ = “ k ” geri dönüşüm tesisinden “ l ” ikincil malzeme pazarına giden “ f ” faydalı malzeme miktarı (kg)

$m4_{kmz}$ = “ k ” geri dönüşüm tesisinden “ m ” zararlı malzeme imha tesisine giden “ z ” zararlı malzeme miktarı (kg)

b_{ju} = “ j ” depolama noktasındaki “ u ” kategori ürün miktarı (adet)

c_{ku} = “ k ” tesisindeki “ u ” kategori ürün miktarı (adet)

dv_j = “ j ” deposu var yada yok (1/0)

tv_k = “ k ” tesisi var yada yok (1/0)

$ham1_{kf}$ = “ k ” geri dönüşüm tesisindeki “ f ” faydalı malzeme miktarı (kg)

$ham2_{kz}$ = “k” geri dönüşüm tesisindeki “z” zararlı malzeme miktarı (kg)

$nham1_{lf}$ = “l” faydalı malzeme pazarındaki “f” faydalı malzeme miktarı (kg)

$nham2_{mz}$ = “m” zararlı malzeme imha eden ikincil işleme tesisindeki “z” zararlı malzeme miktarı (kg)

10.3.3 Parametreler

a_{iu} = “i” toplama noktasındaki “u” kategori ürün miktarı (adet)

$d1_{ij}$ = “i” toplama noktası ile “j” deposu arası uzaklık (km)

$d2_{jk}$ = “j” depolama noktası ile “k” tesisi arasındaki uzaklık (km)

tm_u = “u” kategori ürünü adet*km başına taşıma maliyeti

$tm2_f$ = “f” faydalı malzeme kg*km başına taşıma maliyeti

$tm3_z$ = “z” zararlı malzeme kg*km başına taşıma maliyeti

em_{ju} = “j” deposunda “u” kategori ürünü elleçleme maliyeti

im_{ku} = “k” tesisinde “u” kategori ürünü kg işleme maliyeti

au_u = “u” kategori ürünü ağırlığı (kg)

hu_u = “u” kategori ürünü hacmi (m^3)

$malz1_{uf}$ = “u” kategori ürünündeki “f” faydalı malzeme oranı (ağırlıkça oran)

$malz2_{uz}$ = “u” kategori ürünündeki “z” zararlı malzeme oranı (ağırlıkça oran)

get_f = “f” malzemesi kg getirisi

gid_z = “z” malzemesi kg imha gideri

$desm_j$ = “j” deposu yıllık sabit maliyeti

$tesm_k$ = “k” geri dönüşüm tesisi yıllık sabit maliyeti

$mindeka_j$ = “j” deposu minimum kapasitesi

$maksdeka_j$ = “j” deposu maksimum kapasitesi

$minteka_k$ = “k” geri dönüşüm tesisi minimum kapasitesi

$maksteka_k$ = “k” geri dönüşüm tesisi maksimum kapasitesi

v_{kf} = “k” geri dönüşüm tesisi “f” malzemesi verimlilik oranı.

$makspaka_{lf}$ = “l” ikincil malzeme pazar yeri “f” malzeme kapasitesi

$makszateka_{mz}$ = “m” zararlı malzemeleri işleyen nihai işlem tesisinin “z” zararlı malzeme işleme kapasitesi

ged_u = “u” ürün kategorisi için olması gereken minimum geri dönüşüm oranı

x = olması istenen maksimum depo sayısı

y = olması istenen maksimum tesis sayısı

10.3.4. Model

Amaç

$\min z =$

$$\begin{aligned} & \sum_i \sum_j \sum_u (m1_{iju} * d1_{ij} * tm_u) + \sum_j \sum_k \sum_u (m2_{jku} * d2_{jk} * tm_u) + \\ & \sum_k \sum_l \sum_f (m3_{klf} * d3_{kl} * tm2_f) + \sum_k \sum_m \sum_z (m4_{kmz} * d4_{km} * tm3_z) \\ & (\text{taşıma maliyeti}) + \sum_i \sum_j \sum_u (m1_{iju} * em_{ju}) (\text{depoda elleçleme maliyeti}) + \\ & \sum_j \sum_k \sum_u (m2_{jku} * im_{ku} * au_u) (\text{tesiste işleme maliyeti}) + \\ & \sum_j (desm_j * dv_j) + \sum_k (tesm_k * tv_k) (\text{depo ve tesis yıllık sabit maliyetleri}) + \\ & \sum_k \sum_z (ham2_{kz} * gid_z) (\text{zararlı malzeme gideri}) - \sum_k \sum_f (ham1_{kf} * get_f) (\text{faydalı} \\ & \text{malzeme getirisi}) \end{aligned} \quad (10.1)$$

Kısıtlar

Akış kısıtları

$$\sum_j m1_{iju} = a_{iu} \quad \text{bütün } u \text{ ve } i\text{'ler için} \quad (10.2)$$

$$\sum_i m1_{iju} = b_{ju} \quad \text{bütün } u \text{ ve } j\text{'ler için} \quad (10.3)$$

$$\sum_k m2_{jku} = b_{ju} \quad \text{bütün } u \text{ ve } j\text{'ler için} \quad (10.4)$$

$$\sum_j m2_{jku} = c_{ku} \text{ bütün } u \text{ ve } k\text{'ler için} \quad (10.5)$$

$$\sum_u (c_{ku} * au_u * malz1_{uf} * v_{kf}) = ham1_{kf} \text{ bütün } k \text{ ve } f\text{'ler için} \quad (10.6)$$

$$\sum_l m3_{klf} = ham1_{kf} \text{ bütün } k \text{ ve } f\text{'ler için} \quad (10.7)$$

$$\sum_u (c_{ku} * au_u * malz1_{uz}) = ham2_{kz} \text{ bütün } k \text{ ve } z\text{'ler için} \quad (10.8)$$

$$\sum_m m4_{kmz} = ham2_{kz} \text{ bütün } k \text{ ve } z\text{'ler için} \quad (10.9)$$

$$\sum_k m3_{klf} = nham1_{lf} \text{ bütün } l \text{ ve } f\text{'ler için} \quad (10.10)$$

$$\sum_k m4_{kmz} = nham2_{mz} \text{ bütün } m \text{ ve } z\text{'ler için} \quad (10.11)$$

Kapasite kısıtları

$$\sum_u (b_{ju} * hu_u) \geq \min deka_j * dv_j \text{ bütün } j\text{'ler için} \quad (10.12)$$

$$\sum_u (b_{ju} * hu_u) \leq maksdeka_j * dv_j \text{ bütün } j\text{'ler için} \quad (10.13)$$

$$\sum_u (c_{ku} * au_u) \geq \min teka_k * tv_k \text{ bütün } k\text{'ler için} \quad (10.14)$$

$$\sum_u (c_{ku} * au_u) \leq makstekq_k * tv_k \text{ bütün } k\text{'ler için} \quad (10.15)$$

$$nham1_{lf} \leq makspaka_f \text{ bütün } l \text{ ve } f\text{'ler için} \quad (10.16)$$

$$nham2_{mz} \leq makszateka_{mz} \text{ bütün } m \text{ ve } z\text{'ler için} \quad (10.17)$$

Maksimum depo ve tesis sayısı kısıdı

$$\sum_j dv_j \leq x \quad (10.18)$$

$$\sum_k tv_k \leq y \quad (10.19)$$

Geri dönüşüm oranı kısıdı

$$\left(\sum_k \sum_f (c_{ku} * au_u * malz1_{uf} * v_{kf}) \right) / \left(\sum_i (a_{iu} * au_u) \right) \geq ged_u \text{ bütün } u\text{'lar için} \quad (10.20)$$

Tamsayı kısıdı

$$dv, tv \in \{0,1\} \quad (10.21)$$

Negatif olmama kısıdı

$$digerleri \geq 0 \quad (10.22)$$

10.3.5 Kısıt Açıklamaları

(10.1) Bütün maliyetleri ve geliri içeren amaç denklemi.

(10.2) Toplama noktalarındaki akış kısıdı.

(10.3), (10.4) Depolama noktalarındaki giriş kısıdı ve çıkış kısıtlarının dengesinin sağlanması

(10.5) Tesis akış kısıdı.

(10.6) (10.7) Tesisteki faydalı malzeme dengesi

(10.8) (10.9) Tesisteki zararlı malzeme dengesi

(10.10) İkincil malzeme pazarındaki akış kısıdı

(10.11) Zararlı malzeme tesisindeki akış kısıdı

(10.12), (10.13) Minimum ve maksimum depo kapasite kısıdı

(10.14), (10.15) Minimum ve maksimum tesis kapasite kısıdı

(10.16) İkincil malzeme pazar yerlerindeki malzeme kapasitesi kısıdı

(10.17) Zararlı malzemeleri imha eden tesisteki zararlı malzeme kapasite kısıdı

(10.18) Olması istenen maksimum depo sayısı

(10.19) Olması istenen maksimum tesis sayısı

(10.20) Ürünlerin geri dönüşüm kısıdı

(10.21) Tam sayı olma kısıdı

(10.22) Negatif olmama kısıdı

10.3.6 Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Model 4 senaryo için çalıştırılmıştır. Bunun sonucunda açığa çıkan durum ve sistemin toplam maliyeti şu şekildedir.

Senaryo 1 için depolama noktaları olarak Ankara’da 1000m² lik ve Kocaeli’ de 2000m²’lik bir depo sonucuna ulaşılmıştır. Tesisler için ise yine Ankara’da yıllık maksimum 6000 ton kapasiteli manüel demontaj tesisi ve Kocaeli ’de yıllık 16000 ton kapasiteli ezici öğütücülü sistem optimum sonuç olarak bulunmuştur. Sistemin toplam Türkiye maliyeti 148 466,7 € çıkmıştır. Depolardaki ürün kategori miktarları ve depo kapasite kullanım oranları tablo 10.40’daki gibidir. Depolara olan akışlar ek C’ de gösterilmiştir. Tesislerde işlenmesi gereken miktarlar ve tesis kapasite kullanım oranları ise tablo 10.41’de gösterilmiştir. Tesislere depolardan olan akışlar ek C’ de gösterilmiştir. İkincil malzeme pazarındaki malzeme miktarları tablo 10.42 ve tablo 10.43’de gösterilmiştir. Tesislerden pazarlara olan akışlar ek C’ de gösterilmiştir. Nihai işleme tesislerinde bulunan zararlı malzeme miktarları tablo 10.44’te gösterilmiştir. Geri dönüşüm tesislerinden nihai işleme tesislerine olan akışlar ek C’ de gösterilmiştir.

Tablo 10.40: Senaryo 1 durumunda depolardaki ürün miktarları ve depo kapasite kullanım oranları

	Büyük Eşyalar	Soğutucular	TV'ler	Küçük Eşyalar	Depo kapasite (m ³)	Depo kapasite kullanım (%)
Ankara	30180	43356	17771	140296	48000	80,00
Kocaeli	123717	64011	79430	289179	96000	92,51

Tablo 10.41: Senaryo 1 durumunda tesislerdeki ürün miktarları ve tesis kapasite kullanım oranları

	Büyük Eşyalar	Soğutucular	TV'ler	Küçük Eşyalar	Tesis kapasite (kg)	Tesis kapasite kullanım (%)
Ankara		43356		140296	6000000	61,69
Kocaeli	153897	64011	97201	289179	16000000	100,00

Tablo 10.42: Senaryo 1 durumunda ikincil malzeme pazarlarında bulunan ferros metal, alüminyum, bakır, ABS, PP, HIPS, PS, PVC ve karışık plastik miktarları (kg)

PAZARLAR	Ferros metaller	Alüminyum	Bakır	ABS	PP	HIPS	PS	PVC	Karışık plastik
Artvin									
Bursa									
Diyarbakır									
Hatay									
İstanbul									
İzmir									
Kocaeli				508800	1329200	110810	421900	19177	144540
Konya		435010							
Samsun			170470						
Zonguldak	5419700								
Karabük	881400								

Tablo 10.43: Senaryo 1 durumunda ikincil malzeme pazarlarında bulunan cam, beton, tahta, kauçuk, bitüm, kompresör, PU ve diğer karışık malzeme miktarları (kg)

PAZARLAR	Cam	Beton	Tahta	Kauçuk	Bitüm	Kompresör	PU	Diğer karışık
Artvin								
Bursa								
Diyarbakır								
Hatay								
İstanbul								
İzmir								
Kocaeli	2103500	1648200	204070	164820	125580	822140	328860	355300
Konya								
Samsun								
Zonguldak								
Karabük								

Tablo 10.44: Senaryo 1 durumunda zararlı malzeme tesislerindeki malzeme miktarları (kg)

Zararlı malzeme Tesisleri	Soğutucu gaz	Kompresör yağı	Elektronik kart	Diğer zararlı karışık
Bursa				
İstanbul				
İzmir				
Kocaeli	36934	27700	46169	323170

Senaryo 2 için depolama noktaları olarak Ankara’da 2000m²’lik, İzmir’de 2000m²’lik, Kocaeli’nde 2000m²’lik bir depo optimum sonuç olarak çıkmıştır. Tesisler için ise Ankara’da 6000 ton kapasiteli bir manüel demontaj tesisi, İzmir’de 16000 ton kapasiteli bir ezici öğütücülü sistem ve Kocaeli’nde 16000 ton kapasiteli bir ezici öğütücülü sistem çıkmıştır. Sistemin toplam Türkiye maliyeti ise 81 757,4 € çıkmıştır. Depolardaki ürün kategori miktarları ve depo kapasite kullanım oranları

tablo 10.45'deki gibidir. Depolara olan akışlar ek C' de gösterilmiştir. Tesislerde işlenmesi gereken miktarlar ve tesis kapasite kullanım oranları ise tablo 10.46'da gösterilmiştir. Tesislere depolardan olan akışlar ek C' de gösterilmiştir. İkincil malzeme pazarındaki malzeme miktarları tablo 10.47 ve tablo 10.48'de gösterilmiştir. Tesislerden pazarlara olan akışlar ek C' de gösterilmiştir. Nihai işleme tesislerinde bulunan zararlı malzeme miktarları tablo 10.49'da gösterilmiştir. Geri dönüşüm tesislerinden nihai işleme tesislerine olan akışlar ek C' de gösterilmiştir.

Tablo 10.45: Senaryo 2 durumunda depolardaki ürün miktarları ve depo kapasite kullanım oranları

	Büyük Eşyalar	Soğutucular	TV'ler	Küçük Eşyalar	Depo kapasite (m ³)	Depo kapasite kullanım (%)
Ankara	53287	86713	44247	339634	96000	80,00
İzmir	120911	45526	150148	230957	96000	85,42
Kocaeli	133589	82499		288370	96000	99,60

Tablo 10.46: Senaryo 2 durumunda tesislerdeki ürün miktarları ve tesis kapasite kullanım oranları

	Büyük Eşyalar	Soğutucular	TV'ler	Küçük Eşyalar	Tesis kapasite (kg)	Tesis kapasite kullanım (%)
Ankara		86713		339634	6000000	86,48
İzmir	120911	45526	194395	230957	16000000	98,41
Kocaeli	186876	82499		288370	16000000	100,00

Tablo 10.47: Senaryo 2 durumunda ikincil malzeme pazarlarında bulunan ferros metal, alüminyum, bakır, ABS, PP, HIPS, PS, PVC ve karışık plastik miktarları (kg)

PAZARLAR	Ferros metaller	Alüminyum	Bakır	ABS	PP	HIPS	PS	PVC	Karışık plastik
Artvin									
Bursa									
Diyarbakır									
Hatay									
İstanbul									
İzmir				424350	1093500	213200	161500	7341	91651
Kocaeli				603400	1585200	8409	682310	31014	199960
Konya		870020							
Samsun			341190						
Zonguldak	10787000								
Karabük	1820700								

Tablo 10.48: Senaryo 2 durumunda ikincil malzeme pazarlarında bulunan cam, beton, tahta, kauçuk, bitüm, kompresör, PU ve diğer karışık malzeme miktarları (kg)

PAZARLAR	Cam	Beton	Tahta	Kauçuk	Bitüm	Kompresör	PU	Diğer karışık
Artvin								
Bursa								
Diyarbakır								
Hatay								
İstanbul								
İzmir	3797100	1295000	160330	129500	98663	332800	133120	278380
Kocaeli	409820	2001400	247800	200140	152490	1311500	524610	434750
Konya								
Samsun								
Zonguldak								
Karabük								

Tablo 10.49: Senaryo 2 durumunda zararlı malzeme tesislerindeki malzeme miktarları (kg)

Zararlı malzeme tesisleri	Soğutucu gaz	Kompresör yağı	Elektronik kart	Diğer zararlı karışık
Bursa				
İstanbul				
İzmir	15660	11745	36273	137030
Kocaeli	58208	43656	56062	509330

Senaryo 3 için depolama noktaları olarak Eskişehir’de 2000m²’lik, İzmir’de 3000m²’lik, Kocaeli’nde 2000m²’lik ve 3000m²’lik ve Trabzon’ da 1000m²’lik depolar optimum sonuç olarak açığa çıkmıştır. Tesisler için ise Bursa’da 16000 ton kapasiteli bir ezici öğütücülü sistem, İzmir’de 16000 ton kapasiteli bir ezici öğütücülü sistem, Kocaeli’nde 6000 ton kapasiteli bir manüel demontaj tesisi ve 32000 ton kapasiteli bir ezici öğütücülü sistem ve Trabzon’da 6000 ton kapasiteli bir manüel demontaj tesisi optimum sonuç olarak çıkmıştır. Sistemin toplam Türkiye maliyeti ise 86 501,2 € olarak çıkmıştır. . Depolardaki ürün kategori miktarları ve depo kapasite kullanım oranları tablo 10.50’deki gibidir. Depolara olan akışlar ek C’ de gösterilmiştir. Tesislerde işlenmesi gereken miktarlar ve tesis kapasite kullanım oranları ise tablo 10.51’ de gösterilmiştir. Tesislere depolardan olan akışlar ek C’ de gösterilmiştir. İkincil malzeme pazarındaki malzeme miktarları tablo 10.52 ve tablo 10.53’de gösterilmiştir. Tesislerden pazarlara olan akışlar ek C’ de gösterilmiştir. Nihai işleme tesislerinde bulunan zararlı malzeme miktarları tablo 10.54’te gösterilmiştir. Geri dönüşüm tesislerinden nihai işleme tesislerine olan akışlar ek C’ de gösterilmiştir.

Tablo 10.50: Senaryo 3 durumunda depolardaki ürün miktarları ve depo kapasite kullanım oranları

	Büyük Eşyalar	Soğutucular	TV'ler	Küçük Eşyalar	Depo kapasite (m ³)	Depo kapasite kullanım (%)
Eskişehir	132692	54691	123623	503138	96000	100,00
İzmir	118612	134503	57299	341075	144000	86,70
Kocaeli	3542	146049	199822		96000	100,00
Kocaeli	348003	21609		725116	144000	100,00
Trabzon	12741	72623	8046	148592	48000	100,00

Tablo 10.51: Senaryo 3 durumunda tesislerdeki ürün miktarları ve tesis kapasite kullanım oranları

	Büyük Eşyalar	Soğutucular	TV'ler	Küçük Eşyalar	Tesis kapasite (kg)	Tesis kapasite kullanım (%)
Bursa	132692	54691	123623	503138	16000000	100,00
İzmir	118612	134503	57299	341075	16000000	100,00
Kocaeli		100803		387314	6000000	100,00
Kocaeli	362473	66855	207868	337801	32000000	100,00
Trabzon	1812	72623		148592	6000000	64,51

Tablo 10.52: Senaryo 3 durumunda ikincil malzeme pazarlarında bulunan ferros metal, alüminyum, bakır, ABS, PP, HIPS, PS, PVC ve karışık plastik miktarları (kg)

PAZARLAR	Ferros metaller	Alüminyum	Bakır	ABS	PP	HIPS	PS	PVC	Karışık plastik
Artvin			24799						
Bursa				532230	1333200	138090	194020	8818	140840
Diyarbakır									
Hatay									
İstanbul									
İzmir				373650	987480	66575	477150	21688	108370
Kocaeli				1125200	2989000	238570	1016500	46202	328080
Konya		1740300							
Samsun			657070						
Zonguldak	23761000								
Karabük	1446400								

Tablo 10.53: Senaryo 3 durumunda ikincil malzeme pazarlarında bulunan cam, beton, tahta, kauçuk, bitüm, kompresör, PU ve diğer karışık malzeme miktarları (kg)

PAZARLAR	Cam	Beton	Tahta	Kauçuk	Bitüm	Kompresör	PU	Diğer karışık
Artvin								
Bursa	2537100	1421100	175950	142110	108280	399790	159920	364160
Diyarbakır								
Hatay								
İstanbul								
İzmir	1301200	1270300	157280	127030	96787	983220	393290	266470
Kocaeli	4576100	3903800	483330	390380	297430	1905600	762240	789710
Konya								
Samsun								
Zonguldak								
Karabük								

Tablo 10.54: Senaryo 3 durumunda zararlı malzeme tesislerindeki malzeme miktarları

Zararlı malzeme tesisleri	Soğutucu gaz	Kompresör yağı	Elektronik kart	Diğer zararlı karışık
Bursa	18813	14110	39807	164620
İstanbul				
İzmir	46269	34701	35583	404860
Kocaeli	82656	61992	109290	723240

Senaryo 4’de ise depolama noktaları olarak Ankara’da 3000m²’lik, Diyarbakır’da 1000m²’lik, Eskişehir’de 2000m²’lik, İstanbul’da 6000m²’lik, İzmir’de 2000m²’lik ve 3000m²’lik, Kayseri’de 2000m²’lik, ve Kocaeli’nde 3000m²’lik depolar optimum sonuç olarak açığa çıkmıştır. Tesisler için ise Ankara’da 6000 ton kapasiteli bir demontaj tesisi, Diyarbakır’da 6000 ton kapasiteli bir demontaj tesisi, Eskişehir’de 16000 ton kapasiteli bir ezici öğütücülü sistem, İstanbul’da 6000 ton kapasiteli bir manüel demontaj tesisi ve 32000 ton kapasiteli bir ezici öğütücülü sistem, İzmir’de 6000 ton kapasiteli bir demontaj tesisi ve 32000 ton kapasiteli bir ezici öğütücülü sistem, Kayseri’de 6000 ton kapasiteli bir demontaj tesisi, Kocaeli’de 6000 ton kapasiteli manüel demontaj tesisi ile 32000 ton kapasiteli bir ezici öğütücülü tesis optimum sonuç olarak çıkmıştır. Sistem diğer ilk üç senaryodan farklı olarak bu senaryoda kâr getirmektedir. Sistemin toplam Türkiye kârı 1 425 333,9 € ‘dur. . Depolardaki ürün kategori miktarları ve depo kapasite kullanım oranları tablo 10.55’deki gibidir. Depolara olan akışlar ek C’ de gösterilmiştir. Tesislerde işlenmesi gereken miktarlar ve tesis kapasite kullanım oranları ise tablo 10.56’da gösterilmiştir. Tesislere depolardan olan akışlar ek C’ de gösterilmiştir. İkincil malzeme pazarındaki malzeme miktarları tablo 10.57 ve tablo 10.58’de gösterilmiştir.

Tesislerden pazarlara olan akışlar ek C' de gösterilmiştir. Nihai işleme tesislerinde bulunan zararlı malzeme miktarları tablo 10.59'da gösterilmiştir. Geri dönüşüm tesislerinden nihai işleme tesislerine olan akışlar ek C' de gösterilmiştir.

Tablo 10.55: Senaryo 4 durumunda depolardaki ürün miktarları ve depo kapasite kullanım oranları

	Büyük Eşyalar	Soğutucular	TV'ler	Küçük Eşyalar	Depo kapasite (m ³)	Depo kapasite kullanım (%)
Ankara	135703	139535	75515	690442	144000	100,00
Diyarbakır	63678	50682			48000	100,00
Eskişehir	178835	68306		38739	96000	99,87
İstanbul	324540	226424	199868	917567	288000	93,12
İzmir		105733	383401		96000	91,42
İzmir	244436	63859		1122918	144000	100,00
Kayseri	49321	129320	946		96000	89,47
Kocaeli	234661	75101	117857	666168	144000	99,99

Tablo 10.56: Senaryo 4 durumunda tesislerdeki ürün miktarları ve tesis kapasite kullanım oranları

	Büyük Eşyalar	Soğutucular	TV'ler	Küçük Eşyalar	Tesis kapasite (kg)	Tesis kapasite kullanım (%)
Ankara		139535			6000000	100,00
Diyarbakır	63678	50682			6000000	100,00
Eskişehir	217714	68306			16000000	100,00
İstanbul		27320	30867	917567	6000000	100,00
İstanbul	324540	199104	139162		32000000	100,00
İzmir			32019	1122918	6000000	95,68
İzmir	244436	169592	352328		32000000	100,00
Kayseri	7321	129320			6000000	100,00
Kocaeli				1395349	6000000	100,00
Kocaeli	373486	75101	223211		32000000	100,00

Tablo 10.57: Senaryo 4 durumunda ikincil malzeme pazarlarında bulunan ferros metal, alüminyum, bakır, ABS, PP, HIPS, PS, PVC ve karışık plastik miktarları (kg)

PAZARLAR	Ferros metaller	Alüminyum	Bakır	ABS	PP	HIPS	PS	PVC	Karışık plastik
Artvin									
Bursa				117800	676460	9797	242320	11014	97971
Diyarbakır			45088						
Hatay	5233200								
İstanbul				1154000	2965300	205120	829080	37685	333460
İzmir				1496500	3488100	430900	601630	27346	339350
Kocaeli				1726400	4391200	259410	1702300	77375	493540
Konya		3490400							
Samsun			1336900						
Zonguldak	43248000								
Karabük	2394000								

Tablo 10.58: Senaryo 4 durumunda ikincil malzeme pazarlarında bulunan cam, beton, tahta, kauçuk, bitüm, kompresör, PU ve diğer karışık malzeme miktarları (kg)

PAZARLAR	Cam	Beton	Tahta	Kauçuk	Bitüm	Kompresör	PU	Diğer karışık
Artvin								
Bursa	477450	2331700	288690	233170	177650	499320	199730	222070
Diyarbakır								
Hatay								
İstanbul	3866900	3475800	430340	347580	264820	1678700	671460	768960
İzmir	7587600	2617900	324120	261790	199460	1239700	495890	849070
Kocaeli	5048500	4849900	600460	484990	369510	3159600	1263800	1113000
Konya								
Samsun								
Zonguldak								
Karabük								

Tablo 10.59: Senaryo 4 durumunda zararlı malzeme tesislerindeki malzeme miktarları (kg)

Zararlı malzeme tesisleri	Soğutucu gaz	Kompresör yağı	Elektronik kart	Diğer zararlı karışık
Bursa	23497	17622	65314	205600
İstanbul	77889	58417	97362	681540
İzmir	58339	43754	73330	510470
Kocaeli	135760	101820	133350	1187900

11. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmayla birlikte dünyada giderek önemi artan kimi durumlarda çevresel nedenlerden dolayı zorunlu hale gelen kimi durumlarda ise işletmeler tarafından rekabetçi üstünlük sağlanabilmesi için uygulanan geri kazanım ve bunun sonucunda açığa çıkan tersine lojistik kavramı elektrikli ve elektronik ekipman atıklar kapsamında incelenmiş ve bir beyaz eşya üreticisinin geri dönüşüm sistemi ağ tasarımı yapılmıştır.

Çalışma da öncelikli olarak tersine lojistik kavramının ne olduğu, hangi durumlarda açığa çıktığı, kimleri etkilediği, neler kazandırdığı mevcuttaki tedarik zinciri yönetimi anlayışını nasıl etkilediği gibi çeşitli konulara açıklık getirilmeye çalışılmıştır. Tersine lojistik ağ yapısı türlerinden bahsedilmiş, ağ tasarımında kullanılan modeller aktarılmıştır.

Çalışma da odaklanılan temel nokta elektrikli ve elektronik ekipmanlar olduğu için elektrikli ve elektronik ekipmanların geri dönüştürülmesine ait sistemler incelenmiş, geri dönüşüm yöntemleri aktarılmıştır. AB başta olmak üzere dünyadaki elektrikli ve elektronik ekipmanlara ilişkin toplama sistemlerinden, yasal uygulamalardan bahsedilmiştir.

Tersine lojistikte ağ tasarımının yapılmasında önemli konulardan biri açığa çıkacak olan elektrikli ve elektronik ürün miktarıdır. Bu da ürün ömrüyle ilgilidir. Bu noktaya açıklık getirilmesi açısından ürün ömrü konusu incelenmiş ve bir yöntem aktarılmıştır.

Konunun teorik olarak incelenmesinden sonra çalışmanın ana amacı Türkiye’de yasal olarak şu an taslak aşamasında olan ve ileriki yıllarda yürürlüğe girecek olan bir uygulama karşısında, Türkiye’de faaliyet gösteren bir beyaz eşya üreticisinin nasıl bir yol izlemesi gerektiğidir. Bu amaçla karışık tamsayıli lineer programlama kullanılarak bir geri dönüşüm sistemi ağ tasarımı modellenmesi yapılmıştır.

Modelde Türkiye’deki her il bir toplama noktası olarak düşünülmüş, her ilde açığa çıkacak olan elektrikli ve elektronik ürün miktarı o ilin nüfusu ve gelir düzeyine

bağlı olarak 4 senaryo kapsamında incelenmiştir. Bu senaryolar kişi başı 0,5kg, 1kg, 2kg ve 4kg'dır. Modeldeki amaç, belirli ürün kategorileri bazında toplanan elektrikli ve elektronik atıkların ilgili kategoriye ait minimum geri dönüşüm oranını sağlayacak şekilde, belediyelere ait toplama noktalarından ikincil malzeme pazarı veya nihai işlem tesislerine kadar olan süreçteki açığa çıkan maliyetleri minimize edecek ve ürünlerin geri dönüşümü sonucu açığa çıkacak malzemelere ait geliri de maksimize kılacak şekilde optimum akışları sağlamaktır. Bu amaçla belirlenen olası depo ve tesis yerleri kümesinden uygun olanlar seçilmiştir. Burada söz konusu olan maliyetler taşıma maliyeti, elleçleme maliyeti, işleme maliyeti, yeni tesisler ve depolar için sabit maliyet, nihai işlem ve imha maliyetleridir.

Model GAMS optimizasyon programıyla çözülmüştür ve her senaryo için minimum maliyeti sağlayacak depo yerleri ve tesis yerleri belirlenmiştir. Senaryo1 durumunda sistemin toplam maliyeti 148 466,7 €, Senaryo 2 durumunda 81 757,4 €, Senaryo 3 durumunda 86 501,2 € çıkmış senaryo 4 durumunda ise sistem kâr durumuna geçmiş 1 425 333,9 € kâr etmiştir. Kg maliyetlerine bakıldığında birinci durumda kg maliyeti yaklaşık olarak 0.008 €, ikinci durumda 0,002 € ve üçüncü durumda ise 0.001 €'dur. Dördüncü durumda ise kg başına yaklaşık olarak 0,0096 € kâr gözükmektedir. Toplanacak ürün miktarı arttıkça kg maliyetleri düşmektedir. Bu durumda üretici birliktelikleri oluşturularak sistemin toplam maliyeti minimize edilebilir.

Çalışma Türkiye'de bu konuda yapılan ilk çalışmalardan biri olduğu için özellikle bazı parametrelerin belirlenmesinde eksiklikler olabilir. İşletme veri gizliliği açısından bazı parametreler de değiştirilmiştir. İleride parametrelerin daha da netleşmesiyle birlikte daha net sonuçlar veren ağ tasarımlarının yapılması mümkün olabilecektir. Ayrıca oluşturulan modele ıskartaya çıkan ürünün yeniden değerlendirilebileceği alternatif geri kazanım yolları da eklenerek model zenginleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Richey, R.G., Chen, H., Genchev, S.E. and Daugherty, P.J.**, 2005. Developing effective reverse logistics programs, *Industrial Marketing Management*.
- [2] **Schultmann, F., Zumkeller, M. and Rentz, O.**, 2005. Modeling reverse logistic tasks within closed loop supply chains: An example from the automotive industry, *European Journal of Operational Research*.
- [3] **Fleischmann, M.**, 2001. Quantitative Models for Reverse Logistics, Springer-Verlag, Heidelberg.
- [4] <http://www.cecce.org>, Directive 2002/96/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on Waste Electrical and Electronic Equipment. Official Journal of the European Communities L37/24; February 13, 2003.
- [5] **Vollrath, K.**, 2005. Electronics Recycling – Bonanza attracts big boys, *International Recycling Magazine*, 2, 20-24.
- [6] **Dekker, R., Fleischmann, M., Inderfurth, K. and Wassenhove, L.N.V.**, 2004. Reverse logistics, Springer –Verlag, Heidelberg.
- [7] **Dyckhoff, H. and Lackes, R.**, 2004. Supply Chain Management and Reverse Logistics, Springer-Verlag, Heidelberg.
- [8] **Butler, S.**, 2004. Reverse logistics moves forward, *Logistics Europe*, 14-15.
- [9] **Min, H., Ko, H.J. and Ko, C.S.**, 2004. A genetic algorithm approach to developing the multi-echelon reverse logistics network for product returns, *The International Journal of Management Science*
- [10] **Ravi, V. and Ravi, S.**, 2004. Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics, *Technological Forecasting and Social Change*.
- [11] **Krumwiede, D.W. and Sheu, C.**, 2002. A model for reverse logistics entry by third party providers, *The International Journal of Management Science*, 30, 325-333.

- [12] **Mahadevan, B., Pyke, D.F. and Fleishmann, M.**, 2003. Periodic review, push inventory policies for remanufacturing, *European Journal of Operational Research*, **151**, 536-551.
- [13] **Chouinard, M., D'Amours, S. and Ait-Kadi, D.**, 2004. Integration of reverse logistics within a supply chain information system, *Computers in Industry*, **56**, 105-124.
- [14] **Wright, E., Azapagic, A., Stevens, G., Waren, M. and Clift, R.**, 2004. Improving recyclability by design: a case study of fibre optic cable, *Resources Conversation & Recycling*.
- [15] **Daugherty, P.J., Richey, R.G., Genchev, S.E. and Chen, H.**, 2005. Reverse Logistics: Superior performance through focused resource commitments to information technology, *Logistics and Transportation Review*, **41**, 77-92.
- [16] **Fleischmann, M.**, 2001. Reverse Logistics Network Structures and Design, *Reasearch Paper*, Rotterdam School of Management, Rotterdam
- [17] **Nagurney, A. and Toyasaki, F.**, 2005. Reverse supply chain management and electronic waste recycling: a multitiered network equilibrium framework for e-cycling, *Logistics and Transportation Review*, **41**, 1-28.
- [18] **Prahinski, C. and Kocabasoglu, C.**, 2005. Empirical research opportunities in reverse supply chains, *Omega*.
- [19] **Masui, K.**, 1999. How product characteristics determine end of life strategies , *Research Paper* ,Stanford University, Stanford.
- [20] **Cui, J. and Forssberg, E.**, 2003. Mechanical Recycling of waste electric and electronic equipment: a review , *Journal of Hazardous Materials*, **99**, 243-263.
- [21] **Gonzalez, B. and Adenso-Diaz, B.**, 2004. A scatter search approach to the optimum disassembly sequence problem, *Computers & Operations Research*.
- [22] <http://www.apparec.be/>
- [23] <http://www.emrltd.com/operations.asp#>
- [24] **Nagel, C. and Meyer P.**, 1999. Caught between ecology and economy: end of life aspects of environmentally conscious manufacturing, *Computers and Industrial Engineering*, **36**, 781-792.

- [25] <http://www.dti.gov.uk> “Study into European WEEE Schemes, (2003) Future Energy Solutions.”
- [26] <http://www.icer.org.uk/> “90 percent of the UK’s domestic WEEE comes from three equipment categories.”
- [27] <http://www.perchards.com/index.htm> “National Policy on End of Life Products, United Kingdom.”
- [28] <http://www.dti.gov.uk/sustainability/weee/> “Partial Regulatory Impact Assessment of the draft statutory instrument to implement the waste from electrical and electronic equipment directive. “
- [29] <http://www.recyclightoday.com> “Legislation on E-scrap Introduced to U.S. Senate. (04-03-2005)”
- [30] **Pennock, M.**, 2003. Waste electrical and electronic equipment (WEEE): Creating an electronics equipment takeback program in light of current European Union directives and possible U.S. legislation, *A Research Paper*, University of Wisconsin, Stout.
- [31] **Tojo, N.**, 2003. EPR programmes : Individual versus collective responsibility. Exploring various forms of implementation and their implication to design change, *The International Institute For Industrial Environmental Economics*.
- [32] **Shih, L.**, 2000. Reverse logistics system planning for recycling electrical appliances and computers in Taiwan, *Resources, Conservation and Recycling*, **32**, 55-72.
- [33] **Faberi, S. and Mallone, S.**, 2004. Feasability Study to identify the tools, actions and procedures for a cost sharing mechanism associated to the implementation of Directive 2002/96/EC on WEEE.
- [34] [http:// www.weibull.com](http://www.weibull.com)
- [35] **Listes, O. and Dekker, R.**, 2005. A stochastic approach to a case study for product recovery network design, *European Journal of Operational Research*, **160**, 268-287.
- [36] **Fleishmann, M., Bloemhof,–Ruwaard, J.M., Dekker, R., Laan E.V.D., Van N.J.A.E.E. and Wassenhove, L.N.V.**, 1997. Quantitative models for reverse logistics: A review, *European Journal of Operational Research*, **103**, 1-17.

[37] <http://www.cevreorman.gov.tr> “Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlara İlişkin Türkiye Taslağı”

[38] <http://www.die.gov.tr> “Nüfus ve Kalkınma Göstergeleri”

[39] www.beysad.org.tr “Türkiye İç Pazar Beyaz Eşya Satışları”

EKLER

EK-A 2005 Beklenen Nüfus

Tablo A.1 2005’de olması beklenen nüfus

İLLER	2000 NÜFUS	10 yıllık artış hızı 1990-2000 (%)	5 yıllık beklenen artış hızı (2000-2005 arası)	2005 beklenen nüfus
ADANA	1849478	17,71	0,08	2006573
ADIYAMAN	623811	19,98	0,10	683283
AFYON	812416	9,47	0,05	850021
AĞRI	528744	19,03	0,09	576866
AMASYA	365231	1,65	0,01	368226
ANKARA	4007860	21,37	0,10	4415462
ANTALYA	1719751	41,79	0,19	2047799
ARTVİN	191934	-10,33	-0,05	181748
AYDIN	950757	14,21	0,07	1016047
BALIKESİR	1076347	9,96	0,05	1128681
BİLECİK	194326	10,02	0,05	203827
BİNGÖL	253739	1,86	0,01	256082
BİTLİS	388678	16,33	0,08	419208
BOLU	270654	2,90	0,01	274549
BURDUR	256803	0,74	0,00	257757
BURSA	2125140	28,62	0,13	2410098
ÇANAKKALE	464975	7,29	0,04	481632
ÇANKIRI	270355	8,09	0,04	281076
ÇORUM	597065	-1,92	-0,01	591297
DENİZLİ	850029	12,40	0,06	901186
DİYARBAKIR	1362708	21,73	0,10	1503518
EDİRNE	402606	-0,49	0,00	401611
ELAZIĞ	569616	13,39	0,06	606547
ERZİNCAN	316841	5,71	0,03	325762
ERZURUM	937389	10,00	0,05	983121
ESKİŞEHİR	706009	9,61	0,05	739156
GAZİANTEP	1285249	24,05	0,11	1431507
GİRESUN	523819	4,73	0,02	536062
GÜMÜŞHANE	186953	10,18	0,05	196243
HAKKARİ	236581	31,59	0,15	271391

HATAY	1253726	12,19	0,06	1327972
ISPARTA	513681	16,67	0,08	554856
İÇEL	1651400	26,47	0,12	1857145
İSTANBUL	10018735	33,09	0,15	11557958
İZMİR	3370866	22,38	0,11	3729030
KARS	325016	-9,05	-0,05	309954
KASTAMONU	375476	-11,96	-0,06	352301
KAYSERİ	1060432	11,62	0,06	1120339
KIRKLARELİ	328461	5,94	0,03	338076
KİRŞEHİR	253239	-1,35	-0,01	251523
KOCAELİ	1206085	27,04	0,13	1359408
KONYA	2192166	22,37	0,11	2424991
KÜTAHYA	656903	12,81	0,06	697708
MALATYA	853658	19,22	0,09	932087
MANİSA	1260169	8,76	0,04	1314221
K.MARAŞ	1002384	11,41	0,06	1058028
MARDİN	705098	23,34	0,11	783078
MUĞLA	715328	23,97	0,11	796470
MUŞ	453654	18,63	0,09	494098
NEVŞEHİR	309914	6,81	0,03	320291
NİĞDE	348081	14,30	0,07	372136
ORDU	887765	7,10	0,03	918749
RİZE	365938	4,80	0,02	374621
SAKARYA	756168	10,13	0,05	793555
SAMSUN	1209137	4,04	0,02	1233341
SİİRT	263676	7,98	0,04	274001
SİNOP	225574	-16,16	-0,08	206543
SİVAS	755091	-1,54	-0,01	749250
TEKİRDAĞ	623591	28,52	0,13	706931
TOKAT	828027	14,15	0,07	884676
TRABZON	975137	20,31	0,10	1069594
TUNCELİ	93584	-35,58	-0,20	75114
ŞANLIURFA	1443422	36,55	0,17	1686682
UŞAK	322313	10,42	0,05	338696
VAN	877524	31,96	0,15	1008033
YOZGAT	682919	16,55	0,08	737272
ZONGULDAK	615599	-6,01	-0,03	596815
AKSARAY	396084	18,08	0,09	430396
BAYBURT	97358	-9,75	-0,05	92491
KARAMAN	243210	12,24	0,06	257666
KIRIKKALE	383508	9,04	0,04	400463

BATMAN	456734	28,30	0,13	517347
ŞIRNAK	353197	29,86	0,14	402486
BARTIN	184178	-11,11	-0,06	173642
ARDAHAN	133756	-20,22	-0,11	119474
İĞDIR	168634	16,76	0,08	182221
YALOVA	168593	22,13	0,11	186313
KARABÜK	225102	-8,13	-0,04	215756
KİLİS	114724	-12,65	-0,07	107223
OSMANİYE	458782	17,76	0,09	497861
DÜZCE	314266	13,82	0,07	335286
TÜRKİYE	67803927	18,28	0,09	73870502

EK-B 2005'te açığa Çıkması Beklenen Ürün Miktarları

Tablo B.1: Kişi başı 0,5 kg elektrikli ve elektronik atık toplandığı zaman illerde çıkması beklenen ürün kategorileri miktarları

İl	ton/şehir	Büyük eşyalar	Soğutucular	TV	Küçük Eşyalar
ADANA	1148,62	9572	6678	6045	26712
ADİYAMAN	127,61	1063	742	672	2968
AFYON	244,81	2040	1423	1288	5693
AĞRI	74,08	617	431	390	1723
AMASYA	138,49	1154	805	729	3221
ANKARA	2711,98	22600	15767	14274	63069
ANTALYA	1231,02	10258	7157	6479	28628
ARTVİN	75,84	632	441	399	1764
AYDIN	516,18	4301	3001	2717	12004
BALIKESİR	531,64	4430	3091	2798	12364
BİLECİK	121,50	1013	706	639	2826
BİNGÖL	44,91	374	261	236	1045
BİTLİS	69,18	576	402	364	1609
BOLU	148,96	1241	866	784	3464
BURDUR	116,10	968	675	611	2700
BURSA	1441,72	12014	8382	7588	33528
ÇANAKKALE	276,36	2303	1607	1455	6427
ÇANKIRI	78,98	658	459	416	1837
ÇORUM	214,12	1784	1245	1127	4979
DENİZLİ	420,06	3500	2442	2211	9769
DİYARBAKIR	442,70	3689	2574	2330	10295
EDİRNE	242,50	2021	1410	1276	5640
ELAZIĞ	240,94	2008	1401	1268	5603
ERZİNCAN	107,12	893	623	564	2491
ERZURUM	212,50	1771	1235	1118	4942
ESKİŞEHİR	416,45	3470	2421	2192	9685
GAZİANTEP	517,40	4312	3008	2723	12033
GİRESUN	218,55	1821	1271	1150	5082
GÜMÜŞHANE	47,56	396	276	250	1106
HAKKARİ	52,33	436	304	275	1217
HATAY	527,93	4399	3069	2779	12278
ISPARTA	216,41	1803	1258	1139	5033
İÇEL	1063,89	8866	6185	5599	24742
İSTANBUL	8839,81	73665	51394	46525	205577
İZMİR	2568,75	21406	14935	13520	59738
KARS	54,27	452	316	286	1262
KASTAMONU	134,93	1124	784	710	3138
KAYSERİ	418,80	3490	2435	2204	9740
KIRKLARELİ	227,08	1892	1320	1195	5281
KIRŞEHİR	79,90	666	465	421	1858
KOCAELİ	1635,82	13632	9511	8610	38042
KONYA	989,64	8247	5754	5209	23015
KÜTAHYA	252,61	2105	1469	1330	5875

MALATYA	285,65	2380	1661	1503	6643
MANİSA	742,07	6184	4314	3906	17257
K.MARAŞ	297,07	2476	1727	1564	6909
MARDİN	188,52	1571	1096	992	4384
MUĞLA	597,78	4981	3475	3146	13902
MUŞ	63,42	528	369	334	1475
NEVŞEHİR	166,26	1386	967	875	3867
NİĞDE	181,37	1511	1054	955	4218
ORDU	224,10	1868	1303	1179	5212
RİZE	135,21	1127	786	712	3144
SAKARYA	379,18	3160	2205	1996	8818
SAMSUN	453,19	3777	2635	2385	10539
SIİRT	56,78	473	330	299	1320
SİNOP	59,49	496	346	313	1383
SİVAS	205,81	1715	1197	1083	4786
TEKİRDAĞ	426,83	3557	2482	2246	9926
TOKAT	313,86	2615	1825	1652	7299
TRABZON	379,38	3161	2206	1997	8823
TUNCELİ	20,57	171	120	108	478
ŞANLIURFA	408,16	3401	2373	2148	9492
UŞAK	116,71	973	679	614	2714
VAN	199,75	1665	1161	1051	4645
YOZGAT	171,18	1426	995	901	3981
ZONGULDAK	289,63	2414	1684	1524	6736
AKSARAY	120,81	1007	702	636	2810
BAYBURT	15,95	133	93	84	371
KARAMAN	143,45	1195	834	755	3336
KIRIKKALE	184,09	1534	1070	969	4281
BATMAN	141,62	1180	823	745	3294
ŞIRNAK	73,18	610	425	385	1702
BARTIN	32,69	272	190	172	760
ARDAHAN	18,65	155	108	98	434
IĞDIR	37,58	313	218	198	874
YALOVA	139,76	1165	813	736	3250
KARABÜK	80,18	668	466	422	1865
KİLİS	35,00	292	203	184	814
OSMANİYE	118,96	991	692	626	2766
DÜZCE	191,33	1594	1112	1007	4450
TÜRKİYE	36935,25	307.794	214.740	194.396	858.959

Tablo B.2: Kişi başı 1 kg elektrikli ve elektronik atık toplandığı zaman illerde çıkması beklenen ürün kategorileri miktarları

İL	ton/şehir	Büyük eşyalar	Soğutucular	TV	Küçük Eşyalar
ADANA	2297,24488	19144	13356	12091	53424
ADİYAMAN	255,2283373	2127	1484	1343	5936
AFYON	489,6219383	4080	2847	2577	11387
AĞRI	148,1609381	1235	861	780	3446
AMASYA	276,9817956	2308	1610	1458	6441
ANKARA	5423,969965	45200	31535	28547	126139
ANTALYA	2462,034619	20517	14314	12958	57257
ARTVİN	151,6737905	1264	882	798	3527
AYDIN	1032,354079	8603	6002	5433	24008
BALIKESİR	1063,28908	8861	6182	5596	24728
BİLECİK	243,0065204	2025	1413	1279	5651
BİNGÖL	89,8275867	749	522	473	2089
BİTLİS	138,3570475	1153	804	728	3218
BOLU	297,9238596	2483	1732	1568	6928
BURDUR	232,202676	1935	1350	1222	5400
BURSA	2883,442499	24029	16764	15176	67057
ÇANAKKALE	552,7104119	4606	3213	2909	12854
ÇANKIRI	157,9650487	1316	918	831	3674
ÇORUM	428,230471	3569	2490	2254	9959
DENİZLİ	840,1123309	7001	4884	4422	19537
DİYARBAKIR	885,4005687	7378	5148	4660	20591
EDİRNE	485,0096526	4042	2820	2553	11279
ELAZIĞ	481,8790377	4016	2802	2536	11206
ERZİNCAN	214,2324608	1785	1246	1128	4982
ERZURUM	424,9978319	3542	2471	2237	9884
ESKİŞEHİR	832,8987591	6941	4842	4384	19370
GAZİANTEP	1034,804761	8623	6016	5446	24065
GİRESUN	437,0949024	3642	2541	2300	10165
GÜMÜŞHANE	95,11063909	793	553	501	2212
HAKKARİ	104,6613005	872	608	551	2434
HATAY	1055,867896	8799	6139	5557	24555
ISPARTA	432,823764	3607	2516	2278	10066
İÇEL	2127,773065	17731	12371	11199	49483
İSTANBUL	17679,61647	147330	102788	93051	411154
İZMİR	5137,507198	42813	29869	27040	119477
KARS	108,5437607	905	631	571	2524
KASTAMONU	269,8669824	2249	1569	1420	6276
KAYSERİ	837,608664	6980	4870	4408	19479
KIRKLARELİ	454,160331	3785	2640	2390	10562

KIRŞEHİR	159,7905595	1332	929	841	3716
KOCAELİ	3271,63627	27264	19021	17219	76085
KONYA	1979,273334	16494	11507	10417	46030
KÜTAHYA	505,2138381	4210	2937	2659	11749
MALATYA	571,2948059	4761	3321	3007	13286
MANİSA	1484,132675	12368	8629	7811	34515
K.MARAŞ	594,1461109	4951	3454	3127	13817
MARDİN	377,0377434	3142	2192	1984	8768
MUĞLA	1195,555895	9963	6951	6292	27804
MUŞ	126,8399032	1057	737	668	2950
NEVŞEHİR	332,5252758	2771	1933	1750	7733
NİĞDE	362,7477788	3023	2109	1909	8436
ORDU	448,2087044	3735	2606	2359	10423
RİZE	270,4129546	2253	1572	1423	6289
SAKARYA	758,3573389	6320	4409	3991	17636
SAMSUN	906,3730702	7553	5270	4770	21078
SİİRT	113,5522914	946	660	598	2641
SİNOP	118,9731955	991	692	626	2767
SİVAS	411,6214161	3430	2393	2166	9573
TEKİRDAĞ	853,653723	7114	4963	4493	19852
TOKAT	627,7157634	5231	3650	3304	14598
TRABZON	758,7599009	6323	4411	3993	17646
TUNCELİ	41,1369607	343	239	217	957
ŞANLIURFA	816,3194949	6803	4746	4296	18984
UŞAK	233,4256977	1945	1357	1229	5429
VAN	399,5004754	3329	2323	2103	9291
YOZGAT	342,3537959	2853	1990	1802	7962
ZONGULDAK	579,2657316	4827	3368	3049	13471
AKSARAY	241,6295845	2014	1405	1272	5619
BAYBURT	31,8903683	266	185	168	742
KARAMAN	286,8927264	2391	1668	1510	6672
KIRIKKALE	368,174821	3068	2141	1938	8562
BATMAN	283,2448198	2360	1647	1491	6587
ŞIRNAK	146,3572662	1220	851	770	3404
BARTIN	65,38141979	545	380	344	1520
ARDAHAN	37,30402791	311	217	196	868
IĞDIR	75,16311692	626	437	396	1748
YALOVA	279,5102225	2329	1625	1471	6500
KARABÜK	160,3525829	1336	932	844	3729
KİLİS	70,00346441	583	407	368	1628
OSMANİYE	237,9158459	1983	1383	1252	5533
DÜZCE	382,6611274	3189	2225	2014	8899
TÜRKİYE	73870,50202	615588	429480	388792	1717919

Tablo B.3: Kişi başı 2 kg elektrikli ve elektronik atık toplandığı zaman illerde çıkması beklenen ürün kategorileri miktarları

İL	ton/şehir	Büyük eşyalar	Soğutucular	TV	Küçük Eşyalar
ADANA	4594,49	38287	26712	24182	106849
ADİYAMAN	510,4567	4254	2968	2687	11871
AFYON	979,2439	8160	5693	5154	22773
AĞRI	296,3219	2469	1723	1560	6891
AMASYA	553,9636	4616	3221	2916	12883
ANKARA	10847,94	90399	63069	57094	252278
ANTALYA	4924,069	41034	28628	25916	114513
ARTVİN	303,3476	2528	1764	1597	7055
AYDIN	2064,708	17206	12004	10867	48016
BALIKESİR	2126,578	17721	12364	11193	49455
BİLECİK	486,013	4050	2826	2558	11303
BİNGÖL	179,6552	1497	1045	946	4178
BİTLİS	276,7141	2306	1609	1456	6435
BOLU	595,8477	4965	3464	3136	13857
BURDUR	464,4054	3870	2700	2444	10800
BURSA	5766,885	48057	33528	30352	134114
ÇANAKKALE	1105,421	9212	6427	5818	25707
ÇANKIRI	315,9301	2633	1837	1663	7347
ÇORUM	856,4609	7137	4979	4508	19918
DENİZLİ	1680,225	14002	9769	8843	39075
DİYARBAKIR	1770,801	14757	10295	9320	41181
EDİRNE	970,0193	8083	5640	5105	22559
ELAZIĞ	963,7581	8031	5603	5072	22413
ERZİNCAN	428,4649	3571	2491	2255	9964
ERZURUM	849,9957	7083	4942	4474	19767
ESKİŞEHİR	1665,798	13882	9685	8767	38739
GAZİANTEP	2069,61	17247	12033	10893	48130
GİRESUN	874,1898	7285	5082	4601	20330
GÜMÜŞHANE	190,2213	1585	1106	1001	4424
HAKKARİ	209,3226	1744	1217	1102	4868
HATAY	2111,736	17598	12278	11114	49110
ISPARTA	865,6475	7214	5033	4556	20131
İÇEL	4255,546	35463	24742	22398	98966
İSTANBUL	35359,23	294660	205577	186101	822308
İZMİR	10275,01	85625	59738	54079	238954
KARS	217,0875	1809	1262	1143	5049
KASTAMONU	539,734	4498	3138	2841	12552
KAYSERİ	1675,217	13960	9740	8817	38959
KIRKLARELİ	908,3207	7569	5281	4781	21124

KIRŞEHİR	319,5811	2663	1858	1682	7432
KOCAELİ	6543,273	54527	38042	34438	152169
KONYA	3958,547	32988	23015	20834	92059
KÜTAHYA	1010,428	8420	5875	5318	23498
MALATYA	1142,59	9522	6643	6014	26572
MANİSA	2968,265	24736	17257	15622	69029
K.MARAŞ	1188,292	9902	6909	6254	27635
MARDİN	754,0755	6284	4384	3969	17537
MUĞLA	2391,112	19926	13902	12585	55607
MUŞ	253,6798	2114	1475	1335	5900
NEVŞEHİR	665,0506	5542	3867	3500	15466
NİĞDE	725,4956	6046	4218	3818	16872
ORDU	896,4174	7470	5212	4718	20847
RİZE	540,8259	4507	3144	2846	12577
SAKARYA	1516,715	12639	8818	7983	35272
SAMSUN	1812,746	15106	10539	9541	42157
SİİRT	227,1046	1893	1320	1195	5282
SİNOP	237,9464	1983	1383	1252	5534
SİVAS	823,2428	6860	4786	4333	19145
TEKİRDAĞ	1707,307	14228	9926	8986	39705
TOKAT	1255,432	10462	7299	6608	29196
TRABZON	1517,52	12646	8823	7987	35291
TUNCELİ	82,27392	686	478	433	1913
ŞANLIURFA	1632,639	13605	9492	8593	37968
UŞAK	466,8514	3890	2714	2457	10857
VAN	799,001	6658	4645	4205	18581
YOZGAT	684,7076	5706	3981	3604	15923
ZONGULDAK	1158,531	9654	6736	6098	26943
AKSARAY	483,2592	4027	2810	2543	11239
BAYBURT	63,78074	532	371	336	1483
KARAMAN	573,7855	4782	3336	3020	13344
KIRIKKALE	736,3496	6136	4281	3876	17124
BATMAN	566,4896	4721	3294	2982	13174
ŞIRNAK	292,7145	2439	1702	1541	6807
BARTIN	130,7628	1090	760	688	3041
ARDAHAN	74,60806	622	434	393	1735
IĞDIR	150,3262	1253	874	791	3496
YALOVA	559,0204	4659	3250	2942	13000
KARABÜK	320,7052	2673	1865	1688	7458
KİLİS	140,0069	1167	814	737	3256
OSMANİYE	475,8317	3965	2766	2504	11066
DÜZCE	765,3223	6378	4450	4028	17798
TÜRKİYE	147741	1231175	858959	777584	3435837

Tablo B.4: Kişi başı 4 kg elektrikli ve elektronik atık toplandığı zaman illerde çıkması beklenen ürün kategorileri miktarları

İl	ton/şehir	Büyük eşyalar	Soğutucular	TV	Küçük Eşyalar
ADANA	9188,97952	76575	53424	48363	213697
ADİYAMAN	1020,913349	8508	5936	5373	23742
AFYON	1958,487753	16321	11387	10308	45546
AĞRI	592,6437523	4939	3446	3119	13782
AMASYA	1107,927182	9233	6441	5831	25766
ANKARA	21695,87986	180799	126139	114189	504555
ANTALYA	9848,138476	82068	57257	51832	229026
ARTVİN	606,695162	5056	3527	3193	14109
AYDIN	4129,416314	34412	24008	21734	96033
BALIKESİR	4253,156321	35443	24728	22385	98911
BİLECİK	972,0260814	8100	5651	5116	22605
BİNGÖL	359,3103468	2994	2089	1891	8356
BİTLİS	553,42819	4612	3218	2913	12870
BOLU	1191,695438	9931	6928	6272	27714
BURDUR	928,8107039	7740	5400	4888	21600
BURSA	11533,77	96115	67057	60704	268227
ÇANAKKALE	2210,841648	18424	12854	11636	51415
ÇANKIRI	631,8601948	5266	3674	3326	14694
ÇORUM	1712,921884	14274	9959	9015	39835
DENİZLİ	3360,449323	28004	19537	17687	78150
DİYARBAKIR	3541,602275	29513	20591	18640	82363
EDİRNE	1940,038611	16167	11279	10211	45117
ELAZIĞ	1927,516151	16063	11206	10145	44826
ERZİNCAN	856,9298431	7141	4982	4510	19929
ERZURUM	1699,991327	14167	9884	8947	39535
ESKİŞEHİR	3331,595036	27763	19370	17535	77479
GAZİANTEP	4139,219046	34493	24065	21785	96261
GİRESUN	1748,37961	14570	10165	9202	40660
GÜMÜŞHANE	380,4425563	3170	2212	2002	8848
HAKKARİ	418,645202	3489	2434	2203	9736
HATAY	4223,471583	35196	24555	22229	98220
ISPARTA	1731,295056	14427	10066	9112	40263
İÇEL	8511,092258	70926	49483	44795	197932
İSTANBUL	70718,4659	589321	411154	372202	1644615
İZMİR	20550,02879	171250	119477	108158	477908
KARS	434,1750426	3618	2524	2285	10097
KASTAMONU	1079,467929	8996	6276	5681	25104
KAYSERİ	3350,434656	27920	19479	17634	77917
KIRKLARELİ	1816,641324	15139	10562	9561	42247

KIRŞEHİR	639,1622378	5326	3716	3364	14864
KOCAELİ	13086,54508	109055	76085	68877	304338
KONYA	7917,093337	65976	46030	41669	184118
KÜTAHYA	2020,855352	16840	11749	10636	46997
MALATYA	2285,179223	19043	13286	12027	53144
MANİSA	5936,530699	49471	34515	31245	138059
K.MARAŞ	2376,584444	19805	13817	12508	55269
MARDİN	1508,150974	12568	8768	7938	35073
MUĞLA	4782,22358	39852	27804	25170	111215
MUŞ	507,3596129	4228	2950	2670	11799
NEVŞEHİR	1330,101103	11084	7733	7001	30933
NİĞDE	1450,991115	12092	8436	7637	33744
ORDU	1792,834817	14940	10423	9436	41694
RİZE	1081,651818	9014	6289	5693	25155
SAKARYA	3033,429356	25279	17636	15965	70545
SAMSUN	3625,492281	30212	21078	19082	84314
SİİRT	454,2091655	3785	2641	2391	10563
SİNOP	475,8927822	3966	2767	2505	11067
SİVAS	1646,485664	13721	9573	8666	38290
TEKİRDAĞ	3414,614892	28455	19852	17972	79410
TOKAT	2510,863054	20924	14598	13215	58392
TRABZON	3035,039604	25292	17646	15974	70582
TUNCELİ	164,5478428	1371	957	866	3827
ŞANLIURFA	3265,27798	27211	18984	17186	75937
UŞAK	933,7027907	7781	5429	4914	21714
VAN	1598,001901	13317	9291	8411	37163
YOZGAT	1369,415184	11412	7962	7207	31847
ZONGULDAK	2317,062926	19309	13471	12195	53885
AKSARAY	966,5183382	8054	5619	5087	22477
BAYBURT	127,5614732	1063	742	671	2967
KARAMAN	1147,570906	9563	6672	6040	26688
KIRIKKALE	1472,699284	12272	8562	7751	34249
BATMAN	1132,979279	9441	6587	5963	26348
ŞIRNAK	585,4290647	4879	3404	3081	13615
BARTIN	261,5256791	2179	1520	1376	6082
ARDAHAN	149,2161117	1243	868	785	3470
IĞDIR	300,6524677	2505	1748	1582	6992
YALOVA	1118,04089	9317	6500	5884	26001
KARABÜK	641,4103318	5345	3729	3376	14917
KİLİS	280,0138576	2333	1628	1474	6512
OSMANİYE	951,6633834	7931	5533	5009	22132
DÜZCE	1530,64451	12755	8899	8056	35596
TÜRKİYE	295482,0081	2462350	1717919	1555168	6871675

EK-C Ürün ve Malzeme Akışları Program Çıktıları

Diskettedir.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Sivas'ta doğan Hüseyin Selçuk Kılıç, 1999 yılında Bursa Özel Nilüfer Fen Lisesini, 2003 yılında da İTÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Halen 2003 yılında girdiği İTÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisansa devam etmekte ve Arçelik'te üniversite-sanayi işbirliği kapsamında çalışmaktadır.

TOPLAMA NOKTALARI

to1	ADANA
to2	ADİYAMAN
to3	AFYON
to4	AĞRI
to5	AMASYA
to6	ANKARA
to7	ANTALYA
to8	ARTVİN
to9	AYDIN
to10	BALIKESİR
to11	BİLECİK
to12	BİNGÖL
to13	BİTLİS
to14	BOLU
to15	BURDUR
to16	BURSA
to17	ÇANAKKALE
to18	ÇANKIRI
to19	ÇORUM
to20	DENİZLİ
to21	DİYARBAKIR
to22	EDİRNE
to23	ELAZIĞ
to24	ERZİNCAN
to25	ERZURUM
to26	ESKİŞEHİR
to27	GAZİANTEP
to28	GİRESUN
to29	GÜMÜŞHANE

to30 HAKKARİ
to31 HATAY
to32 ISPARTA
to33 İÇEL
to34 İSTANBUL
to35 İZMİR
to36 KARS
to37 KASTAMONU
to38 KAYSERİ
to39 KIRKLARELİ
to40 KIRŞEHİR
to41 KOCAELİ
to42 KONYA
to43 KÜTAHYA
to44 MALATYA
to45 MANİSA
to46 K.MARAŞ
to47 MARDİN
to48 MUĞLA
to49 MUŞ
to50 NEVŞEHİR
to51 NİĞDE
to52 ORDU
to53 RİZE
to54 SAKARYA
to55 SAMSUN
to56 SİİRT
to57 SİNOP
to58 SİVAS
to59 TEKİRDAĞ
to60 TOKAT

to61	TRABZON
to62	TUNCELİ
to63	ŞANLIURFA
to64	UŞAK
to65	VAN
to66	YOZGAT
to67	ZONGULDAK
to68	AKSARAY
to69	BAYBURT
to70	KARAMAN
to71	KIRIKKALE
to72	BATMAN
to73	ŞIRNAK
to74	BARTIN
to75	ARDAHAN
to76	IĞDIR
to77	YALOVA
to78	KARABÜK
to79	KİLİS
to80	OSMANİYE
to81	DÜZCE

DEPOLAMA NOKTALARI

de1	Adana
de2	Adana
de3	Adana
de4	Ankara
de5	Ankara
de6	Ankara

de7 Antalya
de8 Antalya
de9 Antalya
de10 Bursa
de11 Bursa
de12 Bursa
de13 Çanakkale
de14 Çanakkale
de15 Çanakkale
de16 Denizli
de17 Denizli
de18 Denizli
de19 Diyarbakır
de20 Diyarbakır
de21 Diyarbakır
de22 Elazığ
de23 Elazığ
de24 Elazığ
de25 Erzurum
de26 Erzurum
de27 Erzurum
de28 Eskişehir
de29 Eskişehir
de30 Eskişehir
de31 Hatay
de32 Hatay
de33 Hatay
de34 İçel
de35 İçel
de36 İçel
de37 İstanbul

de38 İstanbul
de39 İstanbul
de40 İstanbul
de41 İstanbul
de42 İstanbul
de43 İzmir
de44 İzmir
de45 İzmir
de46 Kayseri
de47 Kayseri
de48 Kayseri
de49 Kocaeli
de50 Kocaeli
de51 Kocaeli
de52 Konya
de53 Konya
de54 Konya
de55 Samsun
de56 Samsun
de57 Samsun
de58 Trabzon
de59 Trabzon
de60 Trabzon
de61 Van
de62 Van
de63 Van
de64 Zonguldak
de65 Zonguldak
de66 Zonguldak

TESİS NOKTALARI

te1	Ankara
te2	Bursa
te3	Bursa
te4	Çanakkale
te5	Çanakkale
te6	Diyarbakır
te7	Eskişehir
te8	Eskişehir
te9	Hatay
te10	İçel
te11	İstanbul
te12	İstanbul
te13	İstanbul
te14	İzmir
te15	İzmir
te16	İzmir
te17	Kayseri
te18	Kocaeli
te19	Kocaeli
te20	Kocaeli
te21	Trabzon

İKİNCİL MALZEME PAZARLARI

pa1	Artvin
pa2	Bursa
pa3	Diyarbakır
pa4	Hatay

pa5 İstanbul
pa6 İzmir
pa7 Kocaeli
pa8 Konya
pa9 Samsun
pa10 Zonguldak
pa11 Karabük

NIHAI İŞLEM TESİSLERİ(ZARARLI MALZEME İŞLEME TESİSLERİ)

zmte1 Bursa
zmte2 İstanbul
zmte3 İzmir
zmte4 Kocaeli

SENARYO 1 DURUMUNDA MALZEME AKISLARI

m1.L i toplama noktasından j deposuna giden u urun
miktarı (adet)

	uk1	uk2	uk3	uk4
to1 .de4	2041.607	3339.000		13356.000
to1 .de50	2744.393		3023.000	
to2 .de4	532.000	371.000	336.000	1484.000
to3 .de4		712.000		
to3 .de50	1020.000		644.000	2847.000
to4 .de4		215.000		

to4 .de50	309.000	195.000	861.000	
to5 .de4	403.000			
to5 .de50	577.000	364.000	1610.000	
to6 .de4	11300.000	7884.000	7137.000	31535.000
to7 .de50	5129.000	3579.000	3240.000	14314.000
to8 .de4	220.000			
to8 .de50	316.000	200.000	882.000	
to9 .de50	2151.000	1501.000	1358.000	6002.000
to10.de50	2215.000	1545.000	1399.000	6182.000
to11.de50	506.000	353.000	320.000	1413.000
to12.de4	131.000	522.000		
to12.de50	187.000	118.000		
to13.de4	201.000	804.000		
to13.de50	288.000	182.000		
to14.de50	621.000	433.000	392.000	1732.000
to15.de50	484.000	338.000	306.000	1350.000
to16.de50	6007.000	4191.000	3794.000	16764.000
to17.de50	1151.000	803.000	727.000	3213.000
to18.de4	230.000			
to18.de50	329.000	208.000	918.000	
to19.de4	622.000	2490.000		
to19.de50	892.000	563.000		
to20.de50	1750.000	1221.000	1105.000	4884.000
to21.de4	1845.000	1287.000	1165.000	5148.000
to22.de50	1010.000	705.000	638.000	2820.000
to23.de4	1004.000	700.000	634.000	2802.000
to24.de4	311.000	465.782		
to24.de50	446.000	282.000	780.218	
to25.de4	618.000			
to25.de50	885.000	559.000	2471.000	
to26.de50	1735.000	1211.000	1096.000	4842.000

to27.de4	2156.000	1504.000	1362.000	6016.000
to28.de4	635.000			
to28.de50	911.000	575.000	2541.000	
to29.de4	138.000			
to29.de50	198.000	125.000	553.000	
to30.de4	152.000	608.000		
to30.de50	218.000	138.000		
to31.de4	1535.000	6139.000		
to31.de50	2200.000	1389.000		
to32.de4	286.817			
to32.de50	902.000	342.183	570.000	2516.000
to33.de4	3093.000	12371.000		
to33.de50	4433.000	2800.000		
to34.de50	36833.000	25697.000	23263.000	102788.000
to35.de50	10703.000	7467.000	6760.000	29869.000
to36.de4	158.000			
to36.de50	226.000	143.000	631.000	
to37.de4	392.000			
to37.de50	562.000	355.000	1569.000	
to38.de4	1745.000	1217.000	1102.000	4870.000
to39.de50	946.000	660.000	598.000	2640.000
to40.de4	333.000	232.000	210.000	929.000
to41.de50	6816.000	4755.000	4305.000	19021.000
to42.de4	2877.000	11507.000		
to42.de50	4123.000	2604.000		
to43.de50	1053.000	734.000	665.000	2937.000
to44.de4	1190.000	830.000	752.000	3321.000
to45.de50	3092.000	2157.000	1953.000	8629.000
to46.de4	1238.000	864.000	782.000	3454.000
to47.de4	785.000	548.000	496.000	2192.000
to48.de50	2491.000	1738.000	1573.000	6951.000

to49.de4	184.000	737.000		
to49.de50	264.000	167.000		
to50.de4	693.000	483.000	438.000	1933.000
to51.de4	527.000	2109.000		
to51.de50	756.000	477.000		
to52.de4	651.000			
to52.de50	934.000	590.000	2606.000	
to53.de4	393.000			
to53.de50	563.000	356.000	1572.000	
to54.de50	1580.000	1102.000	998.000	4409.000
to55.de4	1317.000			
to55.de50	1888.000	1193.000	5270.000	
to56.de4	237.000	165.000	149.000	660.000
to57.de4	173.000			
to57.de50	248.000	157.000	692.000	
to58.de4	858.000	598.000	542.000	2393.000
to59.de50	1778.000	1241.000	1123.000	4963.000
to60.de4	912.000	3650.000		
to60.de50	1308.000	826.000		
to61.de4	1103.000			
to61.de50	1581.000	998.000	4411.000	
to62.de4	60.000	239.000		
to62.de50	86.000	54.000		
to63.de4	1701.000	1187.000	1074.000	4746.000
to64.de50	486.000	339.000	307.000	1357.000
to65.de4	581.000	2323.000		
to65.de50	832.000	526.000		
to66.de4	713.000	498.000	450.000	1990.000
to67.de50	1207.000	842.000	762.000	3368.000
to68.de4	351.000	1405.000		
to68.de50	503.000	318.000		

to69.de4	46.000			
to69.de50	66.000	42.000	185.000	
to70.de4	417.000	1668.000		
to70.de50	598.000	377.000		
to71.de4	767.000	535.000	484.000	2141.000
to72.de4	590.000	412.000	373.000	1647.000
to73.de4	305.000	213.000	193.000	851.000
to74.de50	136.000	95.000	86.000	380.000
to75.de4	54.000			
to75.de50	78.000	49.000	217.000	
to76.de4	109.000			
to76.de50	157.000	99.000	437.000	
to77.de50	582.000	406.000	368.000	1625.000
to78.de4	233.000			
to78.de50	334.000	211.000	932.000	
to79.de4	146.000	102.000	92.000	407.000
to80.de4	346.000	1383.000		
to80.de50	496.000	313.000		
to81.de50	797.000	556.000	504.000	2225.000

m2.L j deposundan k tesisine giden u urun miktari (adet)

	uk1	uk2	uk3	uk4
de4 .te1	43355.817		140295.782	
de4 .te19	30179.607		17771.000	
de50.te19	123717.393	64011.183	79430.000	289179.218

m3.L k tesisinden I pazarina giden malzeme miktari (kg)

	f1	f2	f3	f4	f5
te1 .pa7			130561.420	261122.840	
te1 .pa8		106265.108			
te1 .pa9			16357.593		
te1 .pa11	881401.739				
te19.pa7			378237.060	1068115.545	
te19.pa8		328746.452			
te19.pa9			154113.231		
te19.pa10	5419686.530				

	+	f6	f7	f8	f9	f10
te1 .pa7		194819.364	8855.426	28655.413		
te19.pa7	110808.934	227079.671	10321.803	115883.799	2103516.790	

m3.L k tesisinden I pazarina giden malzeme miktari (kg)

	+	f11	f12	f13	f14	f15
te1 .pa7				354217.026		
te19.pa7	1648236.870	204067.422	164823.687	125579.952	467921.747	

	+	f16	f17
te1 .pa7	141686.810	57310.827	
te19.pa7	187168.699	297990.358	

m4.L k tesisinden m zararli malzeme isleme tesisine giden malzeme
miktarı (kg)

	z1	z2	z3	z4
--	----	----	----	----

te1 .zmte4	14914.401	11185.801		130501.010
------------	-----------	-----------	--	------------

te19.zmte4	22019.847	16514.885	46169.100	192673.660
------------	-----------	-----------	-----------	------------

SENARYO 2 DURUMUNDA MALZEME AKISLARI

m1.L i toplama noktasından j deposuna giden u urun
miktarı (adet)

	uk1	uk2	uk3	uk4
--	-----	-----	-----	-----

to1 .de5		6678.000		26712.000
----------	--	----------	--	-----------

to1 .de44	9572.000		6045.000	
-----------	----------	--	----------	--

to2 .de5	1063.000	742.000		2968.000
----------	----------	---------	--	----------

to2 .de44		672.000		
-----------	--	---------	--	--

to3 .de44	2040.000	1423.000	1288.000	5693.000
-----------	----------	----------	----------	----------

to4 .de5		431.000	390.000	1723.000
----------	--	---------	---------	----------

to4 .de50	617.000			
-----------	---------	--	--	--

to5 .de5		805.000	729.000	3221.000
----------	--	---------	---------	----------

to5 .de50	1154.000			
-----------	----------	--	--	--

to6 .de5	22600.000	15767.000	14274.000	63069.000
----------	-----------	-----------	-----------	-----------

to7 .de44	10258.000	7157.000	6479.000	28628.000
-----------	-----------	----------	----------	-----------

to8 .de5		441.000	399.000	1764.000
----------	--	---------	---------	----------

to8 .de50	632.000			
-----------	---------	--	--	--

to9.de44	4301.000	3001.000	2717.000	12004.000
to10.de44	4430.000	3091.000	2798.000	12364.000
to11.de44		639.000		
to11.de50	1013.000	706.000		2826.000
to12.de5	374.000	261.000	236.000	1045.000
to13.de5	576.000	402.000	364.000	1609.000
to14.de44		784.000		
to14.de50	1241.000	866.000		3464.000
to15.de44	968.000	675.000	611.000	2700.000
to16.de44	10691.955		7588.000	33528.000
to16.de50	1322.045	8382.000		
to17.de44	2303.000	1607.000	1455.000	6427.000
to18.de5		459.000	416.000	1837.000
to18.de50	658.000			
to19.de5		1245.000	1127.000	4979.000
to19.de50	1784.000			
to20.de44	3500.000	2442.000	2211.000	9769.000
to21.de5	3689.000	2574.000	2330.000	10295.000
to22.de44		1276.000	5640.000	
to22.de50	2021.000	1410.000		
to23.de5	2008.000	1401.000	1268.000	5603.000
to24.de5		623.000	564.000	2491.000
to24.de50	893.000			
to25.de5		1235.000	1118.000	4942.000
to25.de50	1771.000			
to26.de5		1807.250		
to26.de44		2192.000	9685.000	
to26.de50	3470.000	613.750		
to27.de5		3008.000		12033.000
to27.de44	4312.000		2723.000	
to28.de5		1271.000	1150.000	5082.000

to28.de50	1821.000			
to29.de5	276.000	250.000	1106.000	
to29.de50	396.000			
to30.de5	436.000	304.000	275.000	1217.000
to31.de5	3069.000		12278.000	
to31.de44	4399.000		2779.000	
to32.de44	1803.000	1258.000	1139.000	5033.000
to33.de5	6185.000		24742.000	
to33.de44	8866.000		5599.000	
to34.de44		46525.000		
to34.de50	73665.000	51394.000		205577.000
to35.de44	21406.000	14935.000	13520.000	59738.000
to36.de5	316.000	286.000	1262.000	
to36.de50	452.000			
to37.de5	784.000	710.000	3138.000	
to37.de50	1124.000			
to38.de5	3490.000	2435.000	2204.000	9740.000
to39.de44		1195.000		
to39.de50	1892.000	1320.000		5281.000
to40.de5	666.000	465.000	421.000	1858.000
to41.de44		8610.000		
to41.de50	13632.000	9511.000		38042.000
to42.de5	5754.000		23015.000	
to42.de44	8247.000		5209.000	
to43.de44	2105.000	1469.000	1330.000	5875.000
to44.de5	2380.000	1661.000	1503.000	6643.000
to45.de44	6184.000	4314.000	3906.000	17257.000
to46.de5	2476.000	1727.000		6909.000
to46.de44		1564.000		
to47.de5	1096.000		4384.000	
to47.de44	1571.000		992.000	

to48.de44	4981.000	3475.000	3146.000	13902.000
to49.de5	528.000	369.000	334.000	1475.000
to50.de5	1386.000	967.000		3867.000
to50.de44		875.000		
to51.de5	1054.000		4218.000	
to51.de44	1511.000	955.000		
to52.de5	1303.000	1179.000	5212.000	
to52.de50	1868.000			
to53.de5	786.000	712.000	3144.000	
to53.de50	1127.000			
to54.de44		1996.000		
to54.de50	3160.000	2205.000	8818.000	
to55.de5	2635.000	2385.000	10539.000	
to55.de50	3777.000			
to56.de5	473.000	330.000	299.000	1320.000
to57.de5	346.000	313.000	1383.000	
to57.de50	496.000			
to58.de5	1715.000	1197.000	1083.000	4786.000
to59.de44		2246.000		
to59.de50	3557.000	2482.000	9926.000	
to60.de5	2615.000	1825.000	1652.000	7299.000
to61.de5	2206.000	1997.000	8823.000	
to61.de50	3161.000			
to62.de5	120.000	108.000	478.000	
to62.de50	171.000			
to63.de5	2373.000	9492.000		
to63.de44	3401.000	2148.000		
to64.de44	973.000	679.000	614.000	2714.000
to65.de5	1665.000	1161.000	1051.000	4645.000
to66.de5	1426.000	995.000	901.000	3981.000
to67.de44		1524.000		

to67.de50	2414.000	1684.000	6736.000
to68.de5	1007.000	702.000	2810.000
to68.de44	636.000		
to69.de5	93.000	84.000	371.000
to69.de50	133.000		
to70.de5	834.000	3336.000	
to70.de44	1195.000	755.000	
to71.de5	1534.000	1070.000	969.000 4281.000
to72.de5	1180.000	823.000	447.741 3294.000
to72.de44	297.259		
to73.de5	425.000	1702.000	
to73.de44	610.000	385.000	
to74.de5	190.000	760.000	
to74.de44	172.000		
to74.de50	272.000		
to75.de5	108.000	98.000	434.000
to75.de50	155.000		
to76.de5	218.000	198.000	874.000
to76.de50	313.000		
to77.de44	736.000		
to77.de50	1165.000	813.000	3250.000
to78.de5	466.000	422.000	1865.000
to78.de50	668.000		
to79.de5	203.000	814.000	
to79.de44	292.000	184.000	
to80.de5	692.000	2766.000	
to80.de44	991.000	626.000	
to81.de44	1007.000		
to81.de50	1594.000	1112.000	4450.000

m2.L j deposundan k tesisine giden u urun miktari (adet)

	uk1	uk2	uk3	uk4
de5 .te1		86713.250		339634.000
de5 .te15			44246.741	
de5 .te19	53287.000			
de44.te15	120910.955	45526.000	150148.259	230957.000
de50.te19	133589.045	82498.750		288370.000

m3.L k tesisinden l pazarina giden malzeme miktari (kg)

	f1	f2	f3	f4	f5
te1 .pa7			309361.104	618722.208	
te1 .pa8		212534.175			
te1 .pa9			35127.466		
te1 .pa11	1820716.396				
te15.pa6			424350.772	1093546.227	
te15.pa8		247833.526			
te15.pa9			191653.930		
te15.pa10	4216780.395				
te19.pa7			294038.133	966500.258	
te19.pa8		409656.039			
te19.pa9			114408.004		
te19.pa10	6570655.992				
+	f6	f7	f8	f9	f10

te1 .pa7	389645.987	17711.181	69370.244		
te15.pa6	213200.649	161503.485	7341.067	91651.746	3797071.879
te19.pa7	8409.422	292664.317	13302.924	130593.883	409819.168

+	f11	f12	f13	f14	f15
---	-----	-----	-----	-----	-----

te1 .pa7				708447.249	
te15.pa6	1294956.323	160327.926	129495.632	98663.339	332795.060
te19.pa7	2001442.447	247797.636	200144.245	152490.853	603065.866

+	f16	f17
---	-----	-----

te1 .pa7	283378.899	138740.489
te15.pa6	133118.024	278382.240
te19.pa7	241226.346	296012.801

m4.L k tesisinden m zararlı malzeme işleme tesisine giden malzeme miktarı (kg)

z1	z2	z3	z4
----	----	----	----

te1 .zmte4	29829.358	22372.018	261006.881
te15.zmte3	15660.944	11745.708	36273.286
te19.zmte4	28379.570	21284.678	56062.814

SENARYO 3 DURUMUNDA MALZEME AKISLARI

m1.L i toplama noktasından j deposuna giden u ürün miktarı (adet)

	uk1	uk2	uk3	uk4
to1 .de29	19144.000		12091.000	53424.000
to1 .de45		13356.000		
to2 .de29			1343.000	5936.000
to2 .de51	2127.000			
to2 .de58		1484.000		
to3 .de29	4080.000		2577.000	11387.000
to3 .de45		2847.000		
to4 .de50			780.000	
to4 .de51	1235.000			
to4 .de58		861.000		3446.000
to5 .de50		1458.000		
to5 .de51	2308.000		6441.000	
to5 .de58		1610.000		
to6 .de29		31535.000	15713.159	126139.000
to6 .de50		12833.841		
to6 .de51	45200.000			
to7 .de29		12958.000		
to7 .de45	20517.000	14314.000		57257.000
to8 .de58	1264.000	882.000	798.000	3527.000
to9 .de45	8603.000	6002.000	5433.000	24008.000
to10.de45	8861.000	6182.000	5071.604	24728.000
to10.de50		524.396		
to11.de50		1413.000	1279.000	
to11.de51	2025.000		5651.000	
to12.de50		473.000		
to12.de51	749.000			
to12.de58		522.000	2089.000	
to13.de50		728.000		

to13.de51	1153.000			
to13.de58	804.000		3218.000	
to14.de50	1732.000	1568.000		
to14.de51	2483.000		6928.000	
to15.de29		1222.000		
to15.de45	1935.000	1350.000		5400.000
to16.de50	16764.000	15176.000		
to16.de51	24029.000		67057.000	
to17.de45	4606.000	3213.000		12854.000
to17.de50		2909.000		
to18.de50	918.000	831.000		
to18.de51	1316.000		3674.000	
to19.de50	90.886	2254.000		
to19.de51	3569.000		9959.000	
to19.de58	2399.114			
to20.de45	7001.000	4884.000	4422.000	19537.000
to21.de29		4660.000		
to21.de51	7378.000			
to21.de58	5148.000		20591.000	
to22.de50	2820.000	2553.000		
to22.de51	4042.000		11279.000	
to23.de29		2536.000		
to23.de51	4016.000			
to23.de58	2802.000		11206.000	
to24.de50		1128.000		
to24.de51	1785.000			
to24.de58	1246.000		4982.000	
to25.de50	3542.000		2237.000	
to25.de58	2471.000		9884.000	
to26.de29	6941.000	4842.000	4384.000	19370.000
to27.de29	6426.226		5446.000	24065.000

to27.de51	2196.774			
to27.de58	6016.000			
to28.de50	2300.000			
to28.de51	3642.000			
to28.de58	2541.000	10165.000		
to29.de58	793.000	553.000	501.000	2212.000
to30.de50	551.000			
to30.de51	872.000			
to30.de58	608.000	2434.000		
to31.de29	8799.000	5557.000	24555.000	
to31.de45	6104.425			
to31.de58	34.575			
to32.de29	3607.000	2278.000		
to32.de45	2516.000	10066.000		
to33.de29	17731.000	11199.000	49483.000	
to33.de45	12371.000			
to34.de50	102788.000	93051.000		
to34.de51	147330.000	411154.000		
to35.de45	42813.000	29869.000	27040.000	119477.000
to36.de58	905.000	631.000	571.000	2524.000
to37.de50	1569.000	1420.000		
to37.de51	2249.000	6276.000		
to38.de29	6980.000	4870.000	4408.000	19479.000
to39.de50	2640.000	2390.000		
to39.de51	3785.000	10562.000		
to40.de29	1332.000	929.000	841.000	3716.000
to41.de50	11946.398	17219.000		
to41.de51	27264.000	7074.602	76085.000	
to42.de29	16494.000	10417.000	46030.000	
to42.de45	11507.000			
to43.de29	4210.000	2937.000	2659.000	11749.000

to44.de29	4761.000	3007.000	13286.000	
to44.de58	3321.000			
to45.de45	12368.000	8629.000	7811.000	34515.000
to46.de29	4951.000	3127.000	13817.000	
to46.de58	3454.000			
to47.de29	3142.000	1984.000		
to47.de58	2192.000	8768.000		
to48.de45	9963.000	6951.000	6292.000	27804.000
to49.de50	668.000			
to49.de51	1057.000			
to49.de58	737.000	2950.000		
to50.de29	2771.000	1933.000	1750.000	7733.000
to51.de29	3023.000	2109.000	1909.000	8436.000
to52.de50	2359.000			
to52.de51	3735.000			
to52.de58	2606.000	10423.000		
to53.de58	2253.000	1572.000	1423.000	6289.000
to54.de50	3991.000			
to54.de51	6320.000	4409.000	17636.000	
to55.de50	4770.000			
to55.de51	7553.000	21078.000		
to55.de58	5270.000			
to56.de29	946.000	598.000		
to56.de58	660.000	2641.000		
to57.de50	626.000			
to57.de51	991.000	2767.000		
to57.de58	692.000			
to58.de29	9573.000			
to58.de50	2166.000			
to58.de51	3430.000			
to58.de58	2393.000			

to59.de50		4493.000		
to59.de51	7114.000	4963.000		19852.000
to60.de50		3304.000		
to60.de51	5231.000		14598.000	
to60.de58		3650.000		
to61.de58	6323.000	4411.000	3993.000	17646.000
to62.de50		217.000		
to62.de51	343.000			
to62.de58		239.000	957.000	
to63.de29	6803.000		4296.000	18984.000
to63.de58		4746.000		
to64.de45	1945.000	1357.000	1229.000	5429.000
to65.de50		2103.000		
to65.de51	3329.000			
to65.de58		2323.000	9291.000	
to66.de29		1990.000	7962.000	
to66.de50		1802.000		
to66.de51	2853.000			
to67.de50		3368.000	3049.000	
to67.de51	4827.000		13471.000	
to68.de29	2014.000	1405.000	1272.000	5619.000
to69.de58	266.000	185.000	168.000	742.000
to70.de29	2391.000		1510.000	6672.000
to70.de45		1668.000		
to71.de29		2141.000	8562.000	
to71.de50		1938.000		
to71.de51	3068.000			
to72.de29	2360.000		1491.000	
to72.de58		1647.000	6587.000	
to73.de29	1220.000		770.000	
to73.de58		851.000	3404.000	

to74.de50		344.000		
to74.de51	545.000	380.000		1520.000
to75.de58	311.000	217.000	196.000	868.000
to76.de58	626.000	437.000	396.000	1748.000
to77.de50		1471.000		
to77.de51	2329.000	1625.000		6500.000
to78.de50		844.000		
to78.de51	1336.000	932.000		3729.000
to79.de29	583.000		368.000	1628.000
to79.de58		407.000		
to80.de29	1983.000		1252.000	5533.000
to80.de45		1383.000		
to81.de50		2014.000		
to81.de51	3189.000	2225.000		8899.000

m2.L j deposundan k tesisine giden u urun miktari (adet)

	uk1	uk2	uk3	uk4
de29.te2	132692.226	54691.000	123623.159	503138.000
de45.te15	118612.000	134503.425	57298.604	341075.000
de50.te18		100803.406		
de50.te20	3542.000	45245.877	199822.237	
de51.te18			387314.774	
de51.te20	348003.774	21608.602		337801.226
de58.te20	10928.682		8046.000	
de58.te21	1812.318	72622.689		148592.000

m3.L k tesisinden l pazarina giden malzeme miktari (kg)

	f1	f2	f3	f4	f5
te2 .pa2			532231.826	1333165.409	
te2 .pa8		282352.648			
te2 .pa9		166158.438			
te2 .pa10	4897532.779				
te15.pa6			373646.277	987481.854	
te15.pa8		440147.100			
te15.pa9		131107.267			
te15.pa10	5583916.019				
te18.pa7			353496.542	706993.085	
te18.pa8		247069.149			
te18.pa9		40528.723			
te18.pa10	2109207.447				
te20.pa7			622558.987	1979128.748	
te20.pa8		590280.607			

m3.L k tesisinden l pazarina giden malzeme miktari (kg)

	f1	f2	f3	f4	f5
te20.pa9			319273.799		
te20.pa10	1.117064E+7				
te21.pa1			24799.523		
te21.pa7			149132.417	302913.429	
te21.pa8		180477.461			
te21.pa11	1446417.196				

+	f6	f7	f8	f9	f10
---	----	----	----	----	-----

te2 .pa2	138093.401	194016.322	8818.924	140842.504	2537072.320
te15.pa6	66575.423	477150.901	21688.677	108373.744	1301160.125
te18.pa7	452960.106	20589.096	79109.043		
te20.pa7	238470.529	237166.266	10780.285	217583.953	4571612.518
te21.pa7	103.302	326330.053	14833.184	31382.937	4441.991

+ f11 f12 f13 f14 f15

te2 .pa2	1421133.743	175949.892	142113.374	108276.857	399791.210
te15.pa6	1270334.520	157279.512	127033.452	96787.392	983220.039
te18.pa7			823563.830		
te20.pa7	3882101.422	480641.128	388210.142	295779.156	488706.244
te21.pa7	21693.446	2685.855	2169.345	1652.834	593327.368

+ f16 f17

te2 .pa2	159916.484	364164.575
te15.pa6	393288.016	266468.033
te18.pa7	329425.532	158218.085
te20.pa7	195482.498	568724.414
te21.pa7	237330.947	62765.874

m4.L k tesisinden m zararlı malzeme işleme tesisine giden malzeme miktarı (kg)

z1 z2 z3 z4

te2 .zmte1	18813.704	14110.278	39807.668	164619.910
te15.zmte3	46269.178	34701.884	35583.600	404855.310
te18.zmte4	34676.372	26007.279	303418.253	

te20.zmte4 22997.941 17248.456 108742.337 201231.983

te21.zmte4 24982.205 18736.654 543.695 218594.294

SENARYO 4 DURUMUNDA MALZEME AKISLARI

m1.L i toplama noktasından j deposuna giden u urun
miktarı (adet)

uk1 uk2 uk3 uk4

to1 .de29 38287.000

to1 .de44 24182.000

to1 .de45 106849.000

to1 .de47 26712.000

to2 .de6 4254.000

to2 .de42 11871.000

to2 .de44 2687.000

to2 .de47 2968.000

to3 .de29 8160.000 5693.000

to3 .de44 5154.000

to3 .de45 22773.000

to4 .de19 1723.000

to4 .de51 2469.000 1560.000 6891.000

to5 .de6 3221.000

to5 .de51 4616.000 2916.000 12883.000

to6 .de6 90399.000 63069.000 57094.000 252278.000

to7 .de44 1341.841 25916.000

to7 .de45 41034.000 27286.159 114513.000

to8 .de19 969.261

to8 .de47 794.739

to8 .de51 2528.000 1597.000 7055.000

to9 .de44	12004.000	10867.000		
to9 .de45	17206.000		48016.000	
to10.de44	12364.000	11193.000		
to10.de45	17721.000		49455.000	
to11.de29	4050.000	2826.000		
to11.de44		2558.000		
to11.de51		11303.000		
to12.de6		4178.000		
to12.de19	1497.000	1045.000		
to12.de47		946.000		
to13.de6		6435.000		
to13.de19	2306.000	1609.000		
to13.de44		1456.000		
to14.de51	4965.000	3464.000	3136.000	13857.000
to15.de44		2444.000		
to15.de45	3870.000	2700.000		10800.000
to16.de29		23946.630		
to16.de44		30352.000		
to16.de51	48057.000	9581.370		134114.000
to17.de44		6427.000	5818.000	
to17.de45	9212.000		25707.000	
to18.de6		1837.000		
to18.de51	2633.000		1663.000	7347.000
to19.de6		4979.000		
to19.de51	7137.000		4508.000	19918.000
to20.de44		9769.000	8843.000	
to20.de45	14002.000		39075.000	
to21.de6			41181.000	
to21.de19	14757.000	10295.000		
to21.de44		9320.000		
to22.de42	8083.000	5640.000		22559.000

to22.de44	5105.000		
to23.de6	2371.287	22413.000	
to23.de19	5659.713		
to23.de44	5072.000		
to23.de47	5603.000		
to24.de47	2491.000		
to24.de51	3571.000	2255.000	9964.000
to25.de19	4942.000		
to25.de51	7083.000	4474.000	19767.000
to26.de29	13882.000	9685.000	38739.000
to26.de44	8767.000		
to27.de6	1310.519	35083.837	
to27.de44	10893.000		
to27.de45	13046.163		
to27.de47	15936.481	12033.000	
to28.de6	5082.000		
to28.de51	7285.000	4601.000	20330.000
to29.de47	1106.000		
to29.de51	1585.000	1001.000	4424.000
to30.de6	4868.000		
to30.de19	1744.000	1217.000	
to30.de44	1102.000		
to31.de29	17598.000		
to31.de44	11114.000		
to31.de45	49110.000		
to31.de47	12278.000		
to32.de29	943.416		
to32.de44	4089.584	4556.000	
to32.de45	7214.000	20131.000	
to33.de29	35463.000		
to33.de44	22398.000		

to33.de45		98966.000		
to33.de47	24742.000			
to34.de42	294660.000	205577.000	186101.000	822308.000
to35.de44	59738.000	54079.000		
to35.de45	85625.000		238954.000	
to36.de19	1262.000			
to36.de51	1809.000	1143.000	5049.000	
to37.de6	3138.000			
to37.de51	4498.000	2841.000	12552.000	
to38.de6		38959.000		
to38.de44	8817.000			
to38.de47	13960.000	9740.000		
to39.de42	7569.000	5281.000	4781.000	21124.000
to40.de6	2663.000	1858.000	7432.000	
to40.de44	1682.000			
to41.de51	54527.000	38042.000	34438.000	152169.000
to42.de6	3677.884			
to42.de29	32988.000	19337.116		
to42.de44	20834.000			
to42.de45		92059.000		
to43.de29	8420.000	5875.000		
to43.de44	5318.000			
to43.de45		23498.000		
to44.de6		26572.000		
to44.de44	6014.000			
to44.de47	9522.000	6643.000		
to45.de44	15622.000			
to45.de45	24736.000	17257.000	69029.000	
to46.de6		27635.000		
to46.de44	6254.000			
to46.de47	9902.000	6909.000		

to47.de6		17537.000		
to47.de19	6284.000	4384.000		
to47.de44		3969.000		
to48.de44		12585.000		
to48.de45	19926.000	13902.000	55607.000	
to49.de6		5900.000		
to49.de19	2114.000	1475.000		
to49.de44		1335.000		
to50.de6	5542.000	15466.000		
to50.de44		3500.000		
to50.de47	3867.000			
to51.de6		16872.000		
to51.de29	6046.000			
to51.de44		3818.000		
to51.de47	4218.000			
to52.de6	5212.000			
to52.de51	7470.000	4718.000	20847.000	
to53.de6	3144.000			
to53.de51	4507.000	2846.000	12577.000	
to54.de51	12639.000	8818.000	7983.000	35272.000
to55.de6	10539.000			
to55.de51	15106.000	9541.000	42157.000	
to56.de6		5282.000		
to56.de19	1893.000	1320.000		
to56.de44		1195.000		
to57.de6	1383.000			
to57.de51	1983.000	1252.000	5534.000	
to58.de6	6860.000	4333.000	19145.000	
to58.de47	4786.000			
to59.de42	14228.000	9926.000	8986.000	39705.000
to60.de6	10462.000	7299.000	6608.000	29196.000

to61.de6	8823.000			
to61.de51	12646.000	7987.000	35291.000	
to62.de47	478.000			
to62.de51	686.000	433.000	1913.000	
to63.de6	37968.000			
to63.de19	13605.000	9492.000		
to63.de44	8593.000			
to64.de44	2457.000			
to64.de45	3890.000	2714.000	10857.000	
to65.de6	18581.000			
to65.de19	6658.000	4645.000		
to65.de44	4205.000			
to66.de6	5706.000	3981.000	3604.000	15923.000
to67.de51	9654.000	6736.000	6098.000	26943.000
to68.de6	2810.000	11239.000		
to68.de29	4027.000			
to68.de44	2543.000			
to69.de47	371.000			
to69.de51	532.000	336.000	1483.000	
to70.de6	3336.000			
to70.de29	4782.000			
to70.de44	3020.000			
to70.de45	13344.000			
to71.de6	6136.000	4281.000	3876.000	17124.000
to72.de6	13174.000			
to72.de19	4721.000	3294.000		
to72.de44	2982.000			
to73.de19	2439.000	1702.000		
to73.de44	1541.000			
to73.de45	6807.000			
to74.de51	1090.000	760.000	688.000	3041.000

to75.de19	434.000			
to75.de51	622.000	393.000	1735.000	
to76.de19	874.000			
to76.de51	1253.000	791.000	3496.000	
to77.de51	4659.000	3250.000	2942.000	13000.000
to78.de6	1865.000			
to78.de51	2673.000	1688.000	7458.000	
to79.de29	1167.000			
to79.de44	737.000			
to79.de45	3256.000			
to79.de47	814.000			
to80.de29	3965.000			
to80.de44	2504.000			
to80.de45	11066.000			
to80.de47	2766.000			
to81.de51	6378.000	4450.000	4028.000	17798.000

m2.L j deposundan k tesisine giden u urun miktari (adet)

	uk1	uk2	uk3	uk4
de6 .te1	139534.884			
de6 .te18	690441.837			
de6 .te20	135703.806	75515.000		
de19.te6	63677.713	50682.261		
de29.te8	178835.000	68306.162		
de29.te18	38739.000			
de42.te11	27319.749	30867.113	917567.000	
de42.te13	324540.000	199104.251	139162.007	
de42.te20	29838.881			

de44.te14	32018.618		
de44.te16	105733.425	351382.382	
de45.te14	1122918.163		
de45.te16	244436.000	63859.159	
de47.te8	38878.917		
de47.te16	946.000		
de47.te17	7320.854	129319.739	
de47.te20	3120.710		
de51.te18	666168.000		
de51.te20	234661.000	75101.370	117857.000

m3.L k tesisinden l pazarina giden malzeme miktari (kg)

	f1	f2	f3	f4	f5
te1 .pa7			51300.000	102600.000	
te1 .pa8		342000.000			
te1 .pa9		34200.000			
te1 .pa11	2394000.000				
te6 .pa3		45088.889			
te6 .pa4	2793259.259				
te6 .pa7			54929.630	273192.593	
te6 .pa8		211333.333			
te8 .pa2			117797.126	676464.935	
te8 .pa8		416277.248			
te8 .pa9		114910.229			
te8 .pa10	6933375.075				
te11.pa5			801482.698	1602965.396	
te11.pa8		66960.704			
te11.pa9		65071.859			

te11.pa10 1376664.885
 te13.pa5 352562.404 1362318.307
 te13.pa8 833872.583
 te13.pa9 276907.413
 te13.pa10 1.186248E+7
 te14.pa6 960769.342 1921538.685
 te14.pa9 67543.809
 te14.pa10 1109578.007
 te16.pa6 535771.406 1566525.712
 te16.pa8 671106.200
 te16.pa9 362766.654
 te16.pa10 9295872.383
 te17.pa4 2439901.754
 te17.pa7 51717.289 122212.568
 te17.pa8 326977.608
 te17.pa9 35451.866
 te18.pa7 1140000.000 2280000.000
 te18.pa9 57000.000
 te18.pa10 1368000.000
 te20.pa7 428423.284 1613154.738
 te20.pa8 621843.577
 te20.pa9 323081.672
 te20.pa10 1.130227E+7

+ f6 f7 f8 f9 f10

te1 .pa7 627000.000 28500.000
 te6 .pa7 3629.630 227740.741 10351.852 36296.296 156074.074
 te8 .pa2 9797.126 242316.110 11014.369 97971.263 477446.620
 te11.pa5 41786.354 122761.291 5580.059 187413.060 626795.304
 te13.pa5 163333.695 706322.332 32105.561 146043.000 3240115.930

te14.pa6 43345.203 229356.035 650178.052
te16.pa6 387550.579 601629.691 27346.804 109996.200 6937414.447
te17.pa7 417.289 581098.246 26413.557 4172.887 17943.413
te18.pa7 285000.000
te20.pa7 255363.477 266422.111 12110.096 168068.482 4874516.426

+ f11 f12 f13 f14 f15

te1.pa7 1140000.000
te6.pa7 762222.222 94370.370 76222.222 58074.074 414074.074
te8.pa2 2331716.052 288688.654 233171.605 177654.556 499318.046
te11.pa5 223202.347
te13.pa5 3475823.400 430340.040 347582.340 264824.640 1455452.077
te16.pa6 2617909.560 324122.136 261790.956 199459.776 1239721.787
te17.pa7 87630.621 10849.505 8763.062 6676.619 1056542.266
te20.pa7 4000029.879 495241.795 400002.988 304764.181 548991.017

+ f16 f17

te1.pa7 456000.000
te6.pa7 165629.630 72592.593
te8.pa2 199727.218 222068.195
te11.pa5 89280.939 387362.026
te13.pa5 582180.831 381598.794
te14.pa6 471715.631
te16.pa6 495888.715 377352.046
te17.pa7 422616.906 8345.773
te18.pa7 570000.000
te20.pa7 219596.407 462064.480

m4.L k tesisinden m zararlı malzeme işleme tesisine giden
malzeme miktarı (kg)

	z1	z2	z3	z4
te1 .zmte4	48000.000	36000.000		420000.000
te6 .zmte4	17434.698	13076.023	19103.314	152553.606
te8 .zmte1	23497.320	17622.990	65314.175	205601.548
te11.zmte2	9397.994	7048.495		82232.443
te13.zmte2	68491.862	51368.897	97362.000	599303.797
te16.zmte3	58339.849	43754.887	73330.800	510473.677
te17.zmte4	44485.990	33364.493	2196.256	389252.414
te20.zmte4	25834.871	19376.154	112045.655	226055.125