

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TERSİNE TEDARİK ZİNCİRİ İNCELEMESİ VE
UYGULAMASI**

Endüstri Mühendisi Betül ÖZKAN

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hüseyin BAŞLIGİL (YTÜ)

İSTANBUL, 2010

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. TEDARİK ZİNCİRİ	2
2.1 Tedarik Zinciri Kavramı	2
2.2 Tedarik Zinciri Yönetimi	4
2.3 Tedarik Zinciri Tasarımı	9
2.4 Tedarik Zinciri Performans Ölçütleri	10
2.4.1 Nitel Performans Ölçütleri	10
2.4.2 Niceliksel Performans Ölçütleri	11
2.5 Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi	11
2.6 Lojistik Kavramı	12
3. TERSİNE TEDARİK ZİNCİRİ	13
3.1 Tersine Lojistik Kavramı	13
3.2 İleri Tedarik Zinciri ve Tersine Lojistik Arasındaki Farklar	19
3.3 Tersine Lojistikte Ürün Geri Kazanım Seçenekleri	22
3.4 Kapalı Çevrim Tedarik Zinciri Kavramı	22
4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	25
5. İLERİ ve TERSİNE (HİBRİT) LOJİSTİK SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI ve MODELİN KURULMASI	37
5.1 Modelin Genel Yapısı	37
5.2 Beyaz Eşya Sektöründe Bir Uygulama	43
5.2.1 Firma Hakkında Kısa Bilgi	43
5.2.2 Problemin Tanımı	43
5.2.3 Uygulamanın Amacı	43
5.2.4 Kabuller	46
5.3 Veriler	46
5.4 Modelin Çözümü	55
5.4.1 IO = 0.05 ve TO = 0.9 için Modelin Çözümü	56

5.4.2	IO = 0.03 ve TO = 0.9 için Modelin Çözümü	57
5.4.3	IO = 0.01 ve TO = 0.9 için Modelin Çözümü	58
5.4.4	IO = 0.05 ve TO = 0.5 için Modelin Çözümü	59
5.4.5	IO = 0.03 ve TO = 0.5 için Modelin Çözümü	60
5.4.6	IO = 0.06 ve TO = 0.95 için Modelin Çözümü	61
5.4.7	IO = 0.05 ve TO = 1 için Modelin Çözümü	62
5.4.8	IO = 0.05 ve TO = 0 için Modelin Çözümü	63
5.4.9	IO = 0 ve TO = 0 için Modelin Çözümü	64
6.	SONUÇLAR.....	68
	KAYNAKLAR.....	69
	EKLER.....	74
Ek 1	GAMS Modeli.....	75
	ÖZGEÇMİŞ.....	79

SİMGE LİSTESİ

ATM_{ft}	t döneminde f fabrikasındaki atık maliyeti
AU_{mpt}	t döneminde m ilçesinden gelen iade ürünler
BTM_{pt}	t döneminde p ürününün birim taşıma maliyeti
DEM_{pft}	t döneminde p ürününü f fabrikasında demontaj maliyeti
$EBMG_{pdt}$	t döneminde p geri kazanılmış ürününü d dağıtım merkezinde elde bulundurma maliyeti
$EBMY_{pdt}$	t döneminde p yeni ürününü d dağıtım merkezinde elde bulundurma maliyeti
IG_{pdt}	t döneminde p geri kazanılmış ürününün d dağıtım merkezindeki stok miktarı
IM_{pnt}	t döneminde p ürününü n toplama noktasında inceleme maliyeti
IY_{pdt}	t döneminde p yeni ürününün d dağıtım merkezindeki stok miktarı
K_{nt}	t döneminde n toplama noktasının kapasitesi
K^1_{ft}	t döneminde f fabrikasının kapasitesi
K^2_{dt}	t döneminde d dağıtım merkezinin kapasitesi
KM_n	n toplama merkezinin kurulum maliyeti
KM^1_f	f fabrikasının kurulum maliyeti
KM^2_d	d dağıtım merkezinin kurulum maliyeti
SFG_{pt}	t döneminde p geri kazanılmış ürününün satış fiyatı
SFY_{pt}	t döneminde p yeni ürününün satış fiyatı
SM_n	n toplama noktasının sabit maliyeti
SM^1_f	f fabrikasının sabit maliyeti
SM^2_d	d dağıtım merkezinin sabit maliyeti
TM_{pft}	t döneminde p ürününü f fabrikasında tamir maliyeti
TY_{mpt}	t döneminde m ilçesinin p ürün talebi
U_{nf}	n toplama noktası ile f fabrikası arası mesafe
U^1_{fd}	f fabrikası ile d dağıtım merkezi arası mesafe

U_{nd}^2	n toplama noktası ile d dağıtım merkezi arası mesafe
U_{dm}^3	d dağıtım merkezi m ilçesi arası mesafe
YNM_{pft}	t döneminde p yeni ürününü f fabrikasında üretme maliyeti
YUM_{pft}	t döneminde p ürününü f fabrikasında yeniden üretme maliyeti

KISALTMA LİSTESİ

CSCMP	Council of Supply Chain Management Professionals
GAMS	General Algebraic Modeling System
MILP	Karma tamsayılı doğrusal programlama
RoHS	Restriction of Hazardous Substances
SOLE	Society of Logistics Engineers
WEE	Waste Electrical and Electronic Equipment

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Tedarik zinciri.....3
Şekil 3.1	İleri ve tersine dağıtım.....17
Şekil 3.2	Kapalı çevrim sistem yapısı.....23
Şekil 5.1	Tasarlanan ileri ve tersine(hibrit) lojistik sistemi.....39
Şekil 5.2	Beyaz eşya sektörü için ileri ve tersine(hibrit) lojistik sistem yapısı.....46
Şekil 5.3	Modelin akış şeması.....47
Şekil 5.4	Potansiyel toplama merkezi, fabrika ve dağıtım merkezlerinin yapısı.....48
Şekil 5.5	Durum 1 için sonuçlar.....58
Şekil 5.6	Durum 2 için sonuçlar.....59
Şekil 5.7	Durum 3 için sonuçlar.....60
Şekil 5.8	Durum 4 için sonuçlar.....61
Şekil 5.9	Durum 5 için sonuçlar.....62
Şekil 5.10	Durum 6 için sonuçlar.....63
Şekil 5.11	Durum 7 için sonuçlar.....64
Şekil 5.12	Durum 8 için sonuçlar.....65
Şekil 5.13	Durum 9 için sonuçlar.....66
Şekil 5.14	İlk 8 durum için optimal toplama merkezi, fabrika ve dağıtım merkezi sayısı ve akışı.....68
Şekil 5.15	Son durum ($IO = 0$ ve $TO = 0$) için optimal toplama merkezi, fabrika ve dağıtım merkezi sayısı ve akışı.....69

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Geleneksel yönetim ve tedarik zinciri yönetimi arasındaki temel farklar.....	5
Çizelge 2.2	Tedarik zinciri yönetimindeki genel süreçlerin tanımı.....	8
Çizelge 3.1	Tersine lojistik unsurları.....	15
Çizelge 3.2	Bazı tersine lojistik terimleri ve tanımları.....	18
Çizelge 3.3	İleri lojistik ve tersine lojistik karşılaştırması.....	20
Çizelge 3.4	Tersine lojistik maliyetlerinin ileri lojistik maliyetleri ile karşılaştırılması.....	21
Çizelge 4.1	Tersine lojistik ile ilgili literatür araştırması.....	30
Çizelge 5.1	Sabit maliyetler.....	49
Çizelge 5.2	Kurulum maliyetleri.....	49
Çizelge 5.3	İnceleme maliyeti.....	50
Çizelge 5.4	Tamir maliyeti.....	50
Çizelge 5.5	Yeni ürün üretme maliyeti.....	50
Çizelge 5.6	Yeni ürün elde bulundurma maliyeti.....	51
Çizelge 5.7	Geri kazanılmış ürünlerin elde bulundurma maliyeti.....	51
Çizelge 5.8	Kapasite miktarları.....	52
Çizelge 5.9	Toplama merkezi ve fabrikalar arası mesafe.....	52
Çizelge 5.10	Fabrika ve dağıtım merkezi arası mesafeler.....	53
Çizelge 5.11	Toplama ve dağıtım merkezi arası mesafeler.....	53
Çizelge 5.12	İlçelerden geri dönen iade ürünler.....	54
Çizelge 5.13	Yeni ürün talep miktarları.....	55
Çizelge 5.14	Tamir olmuş ürün talebi.....	56
Çizelge 5.15	9 farklı durum için sonuçlar.....	67

ÖNSÖZ

Tersine lojistik faaliyetleri son yıllarda şirketler arasında giderek önem kazanmaktadır. Kaynakların tükenmeye başlaması, çevresel kaygılar ve devletin koyduğu yasalar tersine lojistik faaliyetlerinin uygulanmasını zorunlu hale getirmeye başlamıştır. Bu çerçevede akademik çevrede de tersine lojistik ağ tasarımı ile ilgili çalışmalar gittikçe artmaktadır.

Tersine lojistik ile ilgili çalışmam konusunda bana fikir veren, tez çalışmam boyunca değerli fikirleriyle bana yol gösteren tez danışmanım değerli hocam Prof. Dr. Hüseyin BAŞLIGİL'e, GAMS programını öğrenmemde ve modelimi oluşturmada bana yardımcı olan Arş. Gör. Dr. Selin SONER KARA'ya ve maddi desteğinden ötürü TÜBİTAK'a teşekkür etmek istiyorum.

ÖZET

Tersine lojistik uygulamaları günümüzde özel sektör ve akademik çevrelerde giderek artan bir ilgi görmektedir. Bir tersine lojistik ağ tasarımının en önemli amaçlarından biri toplam lojistik maliyetlerini minimize etmek veya toplam sistem kârını maksimize etmektir. Bunun sağlamak için açılması gereken toplama merkezlerinin, fabrikaların ve dağıtım merkezlerinin sayısına ve yerine karar vermek büyük önem taşımaktadır. Bu tez çalışmasında ileri ve tersine lojistiği ele alan genel bir karma tamsayılı doğrusal programlama modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan genel model beyaz eşya sektörü için uyarlanmıştır ve buzdolabı ürünü için bir uygulama yapılmıştır. Oluşturulan modelin amacı sistemin kârını maksimize etmektir. Model GAMS (General Algebraic Modeling System) optimizasyon programı kullanarak çözülmüştür. Farklı iade ve tamir oranları için program sonucunda açılması gereken toplama merkezi, fabrika ve dağıtım merkezlerinin sayısı ve hangilerinin açılacağı belirlenmiş ve sistemin maksimum kârı hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Tersine lojistik, beyaz eşya sektörü, karma tamsayılı doğrusal programlama, GAMS.

REVERSE LOGISTICS ANALYSIS AND AN APPLICATION

ABSTRACT

Reverse logistics activities get more and more attention in companies and academic environment. One of the most important objective designing a reverse logistics network is minimizing the total reverse logistics cost or maximizing the total profit of the system. Deciding on the number and location of the collection center, factories and distribution centers is a key factor to achieve these objectives. In this thesis a MILP(mixed integer linear programming) model is created for a forward and reverse logistics system. This general model is adapted for white goods sector and an example is given for refrigerator. The objective of this model is to maximize the profit. The model is solved using GAMS optimization software. After that, the number of the collection centers, factories and distribution centers are determined and maximum profit is calculated for different return and repair rates.

Keywords: Reverse logistics, white goods sector, MILP, GAMS.

1. GİRİŞ

Günümüzün gittikçe artan rekabetçi ortamında şirketlerin ayakta kalmaları için müşterilere istedikleri anda istedikleri miktarda ürünü yüksek kalitede sağlama zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu da etkili ve iyi işleyen bir tedarik zinciri yönetimini zorunlu kılmaktadır.

Son yıllarda ileri tedarik zinciri yönetiminin yanında tersine lojistik faaliyetleri de şirketler arasında giderek yaygınlaşmaktadır. Kaynakların azalmaya başlaması, çevresel bilincin artması, müşterilerin talepleri, üretim maliyetlerinin azaltılmaya çalışılması giderek daha çok firmanın tersine lojistik faaliyetlerini kullanmasına yol açmıştır.

Tersine lojistik, kullanıcılar tarafından artık istenmeyen kullanılmış ürünlerden, pazarda yeniden kullanılabilen ürünlere kadar olan bütün lojistik aktivitelerini içerir. Hammadde, süreç içindeki stok, tamamlanmış ürünler ve bununla ilgili bilgilerin, tüketim noktasından yeniden değer kazandırılması veya uygun bir şekilde imhasına kadar olan süreçteki akışlarının verimli ve maliyet açısından karlı bir şekilde planlama, uygulama ve kontrol etme sürecidir (Jayaraman vd., 2003).

Bu çalışmada ileri ve tersine lojistiği ele alan bir model geliştirilmiştir ve beyaz eşya sektörüne yönelik bir uygulama yapılmıştır.

İkinci bölümde tedarik zincirinden bahsedilmiş, tedarik zinciri yönetimi ve tedarik zincirinin gelişimine değinilmiştir. Üçüncü bölümde tersine lojistik ele alınmıştır. İleri ve tersine lojistik arasındaki farklar açıklanmış ve kapalı çevrim tedarik zincirine değinilmiştir. Dördüncü bölüm literatür araştırması kısmıdır. Literatürde tersine lojistik ağ tasarımı ele alan çalışmalar incelenmiştir. Beşinci bölüm modelin oluşturulması ve uygulama kısmıdır. Bu bölümde model farklı durumlar için çalıştırılmıştır. Altıncı bölüm ise sonuç ve değerlendirmenin yapıldığı kısımdır.

2. TEDARİK ZİNCİRİ

2.1 Tedarik Zinciri Kavramı

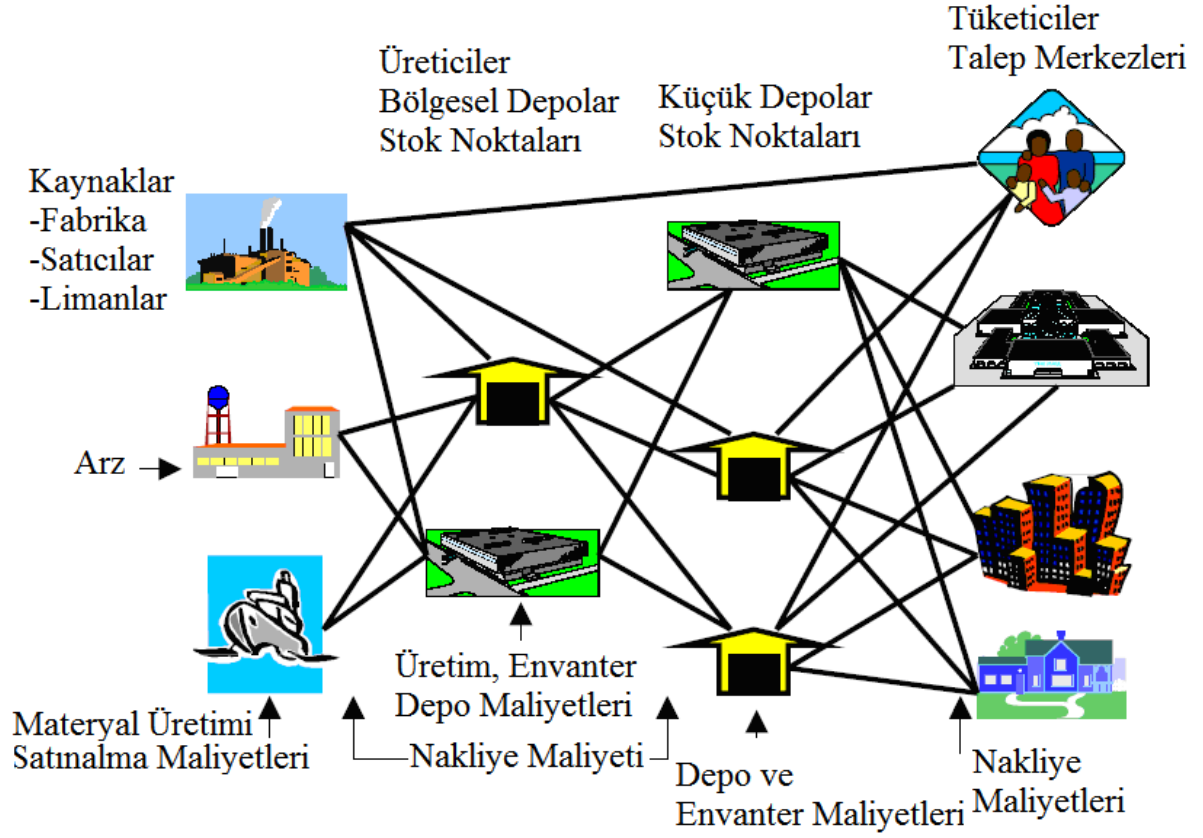
Günümüzün artan rekabetçi ortamında müşterilerin beklentilerinin artması, daha kaliteli ürünlerin daha düşük fiyatlarla müşterilere ulaştırma zorunluluğu tedarik zinciri kavramının son yıllarda giderek önem kazanmasına neden olmuştur.

Mentzer vd. (2001)'ne göre tedarik zinciri müşteriye fayda sağlamak üzere malzemenin tedarigi, tedarik edilen malzemenin yarı mamul ve mamullere dönüştürülmesi ve bu mamullerin müşterilere dağıtılması fonksiyonlarını zincire değer katarak gerçekleştiren şirket içi ve şirket dışı fonksiyonlardan fiziksel ve teknolojik araçlar, süreçler ve yöntemlerden oluşan bütünleşik bir ağıdır. Diğer bir deyişle bir tedarik zinciri, ürünler hizmetler, finans ve/veya bilginin bir kaynaktan müşteriye aşağı ve yukarı akışında doğrudan yer alan, üç veya daha fazla varlığın oluşturduğu kümedir (Özkır, 2009).

Bir tedarik zinciri, bir çok varlığın (tedarikçiler, üreticiler, dağıtıcılar ve satıcılar)

- hammaddeleri elde etmek
- bu hammaddeleri son ürünlere çevirmek
- bu son ürünleri de perakendecilere ulaştırmak için birlikte çalıştığı entegre bir süreçtir (Beamon, 1998).

Bir tedarik zinciri, malzemelerin temini fonksiyonunu yerine getiren, bu malzemeleri ara ve bitmiş ürünlere dönüştüren ve müşterilere bu bitmiş ürünlerin dağıtımını yapan tesislerin ve dağıtım seçeneklerinin bir şebekesidir (Cavlak, 2009).



Şekil 2.1 Tedarik zinciri (Yörük, 2008)

Klasik bir tedarik zinciri, üç unsurun gerçekleşmesiyle oluşturulabilir. Bu unsurlar aşağıda açıklanmıştır (Chow, 2008).

- Tedarik zinciri süreçleri

Bir tedarik zinciri çok çeşitli prosesleri içermektedir. Bunlar, müşteri ilişkileri yönetimi, müşteri servis yönetimi, talep yönetimi, siparişlerin yerine getirilmesi, üretim akış yönetimi, tedarikçi ilişkileri yönetimi, ürün geliştirme ve ticarileştirme.

- Tedarik zinciri ağ yapısı

Bir tedarik zinciri ağ yapısını planlama ve optimize etmek için Lambert ve Cooper tarafından 3 bakış açısının önemi vurgulanmıştır: *tedarik zinciri elemanları, ağın yapısal boyutları ve farklı tipteki süreç bağlantıları*.

- Yönetim bileşenleri

Bir tedarik zincirindeki yönetim bileşenleri, fiziksel/tekniksel bileşenler ve yönetimsel/davranışsal bileşenleri içerir.

En yüksek seviyede bir tedarik zinciri iki temel sürecin birleşiminden meydana gelir. Bunlar, üretim planlama ve stok kontrol prosesi ve dağıtım ve lojistik prosedir (Beamon, 1998).

Üretim planlama ve stok kontrol prosesi, üretim ve depolama alt süreçlerini kapsar. Daha ayrıntılı olarak üretim planlama, tüm üretim sürecinin (hammaddelerin çizelgelenmesi ve elde edilmesi, üretim süreçleri tasarımı ve malzeme taşımanın tasarımı ve kontrolü dahil) tasarımı ve yönetimidir. Stok kontrolü ise, hammaddeler, yarı mamüller ve genellikle son ürünler için stok politikalarının belirlenmesidir.

Dağıtım ve lojistik süreci, ürünlerin depolardan satıcılara nasıl taşınacağını belirler. Ürünler satıcılara ya direk olarak ya da dağıtım merkezleri aracılığıyla ulaştırılabilir.

2.2 Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik zinciri yönetimi son dönemde yöneticiler ve araştırmacıların önemli ölçüde ilgisini çekmektedir ve müşteriler için değer yaratmanın etkili bir yolu olarak görülmektedir. Tedarik zinciri yönetimi, pazarlama, bilgi sistemleri, ekonomi, sistem dinamiği, lojistik, operasyon yönetimi ve yöneylem araştırması gibi bir çok farklı disiplinden beslenir (Fiala, 2005). Tedarik zinciri yönetimi, talep, işlemler, temin ve lojistik süreçlerinin yönetimine bütünsel ve stratejik bir bakış açısidir (Chow vd., 2008).

Literatürde tedarik zinciri yönetimi ile ilgili bir çok tanım yapılmıştır. Tan vd. (1998)'e göre tedarik zinciri yönetimi, temel ham maddeden son ürünün (olası geri dönüşüm ve yeniden kullanım) tedarik zincirine kadar olan malzeme/tedarik yönetimini kapsar. Tedarik zinciri yönetimi, firmaların rekabetçi avantajlarını yükseltmek için tedarikçilerinin süreçlerinden, teknoloji ve yeteneklerinden nasıl yararlanacağı üzerine yoğunlaşır. Tedarik zinciri yönetimi, şirket içi geleneksel aktiviteleri genişleterek ticaret ortaklarını optimizasyon ve verimlilik ortak hedefleri etrafında bir araya getiren bir yönetim felsefesidir (Croom vd., 2000).

Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP)'ın tanımına göre ise tedarik zinciri, kaynak, temin, değişim ve bütün lojistik yönetimi aktivitelerini de içeren tüm yönetim ve planlama aktivitelerini kapsar. Önemli olarak, ayrıca tedarikçiler, araçlar, üçüncü parti servis sağlayıcılar ve müşteriler gibi ortaklar arası koordinasyon ve işbirliğini de içerir. Esas itibarıyla tedarik zinciri yönetimi, şirket içi ve şirketler arası arz ve talep yönetimini birleştirir (<http://cscmp.org/aboutcscmp/definitions.asp>).

Tedarik zinciri yönetiminin dayandığı temel fikir, tedarik zinciri içindeki elemanların karşılıklı bağımlılığına dikkat çekmek ve bu sayede iş proseslerinin entegrasyonu gibi faktörlere dayanarak kontrolün gelişmesini sağlamaktır. Bazı yazarlara göre (Cooper ve Ellram, 1993), tedarik zincirinin geleneksel olarak yönetiminden tedarik zinciri yönetimi

kavramına geçişte bazı farklılıklar içermektedir(Vrijhoef ve Koskela, 2000). Bu farklılıklar çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Geleneksel yönetim ve tedarik zinciri yönetimi arasındaki temel farklar(Vrijhoef ve Koskela, 2000)

Element	Geleneksel Yönetim	Tedarik Zinciri Yönetimi
Stok yönetimi bakış açısı	Bağımsız çabalar	Stokların ortak azaltılması
Toplam maliyet bakış açısı	Firmaların maliyetlerini minimize eder.	Kanal genişliğinde maliyet verimliliği
Zaman ufku	Kısa dönem	Uzun dönem
Bilgi paylaşımı ve görüntüleme miktarı	İşlem için sınırlı ihtiyaçlar	Gerekli planlama ve izleme süreçleri
Çoklu seviyelerin koordinasyon miktarı	İşlem için tekli iletişim	Firmadaki seviyeler arasında çoklu iletişim
Ortak planlama	İşleme dayalı	Devam eden
Ortakların felsefelerinin uygunluğu	İlgili değil	Anahtar ilişkiler için uygunluk
Tedarikçi temelinin genişliği	Rekabetin artması ve risklerin yayılması için geniş	Koordinasyonun artması için küçük
Liderlik	Gerekli değil	Koordinasyona odaklanmak için gerekli
Risklerin ve ödüllerin paylaşımı	Her biri ayrı değerlendirilir	Riskler ve ödüller uzun dönemde paylaşılır
İşlem, bilgi ve envanter seviyelerinin hızı	Depo yönelimi(güvenli stok)	Dağıtım merkezi yönelimi, birbiriyle bağlantılı akışlar, kanallar arası hızlı cevap verme

Ganeshan, tedarik zinciri yönetiminde 4 basamaklı hiyerarşik bir süreç sunmuştur . Bu aşamalar (Chow vd., 2008):

- Tedarik zincirini tasarlamak
- Tedarik zinciri optimizasyonu
- Malzeme akışının planlanması
- İşlemlerin süreçlendirilmesi dir.

Tedarik zinciri yönetimini oluşturan 7 prensip vardır. Bu prensipler şöyle sıralanabilir (Cavlak, 2009) :

1. Hizmet gereksinimleri temel alınarak müşterilerin bölümlere ayrılması:

Geleneksel olarak müşteri sınıflandırması sanayi, ürün veya tüketim malı müşterisi şeklinde yapılmaktadır. İlk olarak bölümlere ayrılmış müşterilerin önceliklerinin tespit edilmesi gerekir. Bunun için günümüzde her bölümün marjinal kârlılığını belirlemek ve müşteri dengesini ölçmek için ileri analitik teknikler kullanılmaktadır. Bu teknikler, bölümlerin etkinliğini ve verimliliğini belirlemede önemli rol oynarlar.

2. Hizmet gereksinimlerine göre lojistik ağını ayarlamak:

Her firma kendine göre stok, depo ve taşıma faaliyetlerini yerine getirecek bir lojistik ağı sistemi geliştirmiştir. Bazı firmalar, bu ağı sistemlerini kurarken tüm müşterilerinin ihtiyaçları doğrultusunda hareket etmiş, bazıları ise bir müşteri grubunu mutlu etmeyi hedef edinmiştir.

3. Pazar sinyallerini dinlemek ve planlamak:

Bir firma için pazarın talep miktarı, çoğu zaman satıcılardan alınan bilgilerin değerlendirilmesiyle hesaplanmaktadır. Dağıtımıcılar müşteri talep bilgilerini üreticilere iletir, üreticiler de dağıtımıcılar için stokları yönetir. Böylece, artan talepler için doğru üretim tahminini yapma ve bu üründen gerçekten ne kadar istendiğini belirleme görevlerini birlikte yerine getirmektedirler.

4. Son ürünün montajını mümkün olduğunca pazaryerine yakın yapmak.

5. Toplam maliyeti stratejik olarak azaltmak için tedarik kaynaklarını

yönetmek:

Pazarda düşük fiyat için tedarik zinciri içinde maliyetleri paylaşmak bir hedef olabilir. Burada amaç maliyet paylaşımına giren herkesin kârlılık ve fayda paylaşımından pay almasını sağlamaktır. Aslında üreticiler satıcılarla maliyetin paylaşılması yönünde kısa veya uzun vadeli anlaşmalar yaparak stratejik ilişkiler çerçevesinde firmalarına avantaj sağlayabilirler.

6. Bir tedarik zincirini-geniş teknoloji stratejisiyle geliştirmek:

Tedarik zinciri yöneticisi, kısa, orta ve uzun dönemler için ürün, hizmet ve bilgi akışlarını dikkate alan tedarik zinciri stratejisini belirlemek durumundadır. Buna göre kısa dönemde

günlük raporlama sistemi ve elektronik ticaretin kullanıldığı karşılıklı tedarik zinciri sistemi oluşturulmalıdır. Orta dönemde kaynakların verimli kullanılması için ana üretim planlamasına dayalı talep ve nakliye planları hazırlanarak karar verme işlemleri kolaylaştırılmalıdır. Uzun dönemde ise, malzeme ve aletlerin tedariği, entegre ağ modellerinin kurulması, fabrika, dağıtım merkezi ve tedarikçi alternatiflerinin belirlenmesi gibi stratejik analizler yapılmalıdır.

7. Kolektif başarıyı ölçmek için tedarik zincir-geniş performans ölçülerini

benimsemek:

Firmaların zaman zaman değişik ölçüm yöntemleri kullanarak durum değerlendirmesi yapmaları söz konusudur. Buna göre iyi bir tedarik zinciri yönetiminde siparişlerin zamanında, eksiksiz olarak karşılanması, faturaların doğru fiyatlandırılmış şekilde hatasız kesilmesi ve ürünlerin zarar görmeden teslim edilmesi gibi konulara performans ölçümleri yapılmalıdır.

Tedarik zinciri yönetiminin temel amaçları şu şekilde ifade edilebilir (Özbay, 2008):

- Müşteri tatminini artırmak
- Çevrim zamanını azaltmak
- Stok ve stokla ilgili maliyetlerin azaltılmasını sağlamak
- Ürün hatalarını azaltmak
- Faaliyet maliyetini azaltmak

Bu amaçları gerçekleştirebilmek için firmaların, tedarikçileri ve onların tedarikçileri ile müşterileri ve onların müşterileri arasında tedarik zincirinin bütününde haberleşme ve bilgi paylaşımını artırması gerekmektedir. Bilgi ve planların tedarikçiler ve müşterilerle paylaşılması zincir etkinliğini ve rekabetçiliğini artırabilir (Özbay, 2008).

Dijital dünyada, geleneksel süreçten, üretim, yerine getirme, yenileme, talep yönetimi, ürün geliştirme, müşteri yükümlülüğü gibi bir çok ögeyi birleştiren tedarik zinciri ağına geçmek kurumlar için rekabet gücü sağlamada anahtar bir faktördür. Kurumların tedarik zinciri ağına geçişte yaşayacağı değişiklikler, tedarikçi seçimi, bilgi paylaşımı, ortaklık yönetimi, ürün yaşam döngüsü yönetimi, entegrasyon konuları ve envanter yönetimi gibi konuları içerir. Walker vd.(2000)'nin de vurguladığı gibi kurumlar, rekabette avantaj yakalamak için hız, uygunluk ve güvenilirlikte en üst seviyede olmak zorundadır. Örneğin İspanyol giyim firması Zara, yılda 11.000'den daha fazla ürünü piyasaya sunmayı başarmaktadır. Çizim aşamasından ürünün raflara gelme aşaması dahil, 2 hafta içinde piyasaya yeni modeller sunabilmektedir. Zara'nın tedarik zinciri sistemi, her bir kaç günde dünyanın çeşitli bölgelerindeki yaklaşık 600 dükkana teslimat yapabilmektedir. Tedarik zinciri yönetimi Zara'nın bu başarısındaki anahtar

faktördür. Firmanın daha verimli çalışmasını, ürekenliğinin artmasını ve müşteri ihtiyaçlarına hızlı bir şekilde cevap vermesini sağlamaktadır (Chow vd., 2008).

Tedarik zinciri yönetiminin bazı genel süreçleri vardır. Bunlar çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 Tedarik zinciri yönetimindeki genel süreçlerin tanımı (De la Fuente vd., 2008)

Genel Süreçler	Tanım
Talep Yönetimi	Satış tahmini Bütünleşik planlama: üretim, satın alma, kaynaklar Bütünleşik planlamanın düzenli revizyonu
Sipariş Yönetimi	Sipariş alma: Müşteriler için bitmiş ürün İadelerin alınması ve sınıflandırılması: Müşterilerden ürün ve materyallerin alınması
Üretim Yönetimi	Ürün üretimi: Bütünleşik Plandan onaylanmış siparişe Kapasite tahmini: İnsan ve malzeme kaynakları Geri dönen ürün ve malzemenin yeniden işlenmesi
Temin Yönetimi	Üretim ve siparişler için ham madde ve servis temini Stok ve depo yönetimi Seçilen geri kazanım işlemleri için malzemenin gönderimi yönetimi
Dağıtım Yönetimi	Doğru müşteriye bitmiş ürün ve hammaddelerin teslimi Nakil aracı seçimi: Malzemenin durumuna bağlı olarak
Müşteri Yönetimi	Müşteri seçimi kabulü, seçimi ve sınıflandırılması

Bir tedarik zincirinin karşılaştığı temel problemler 4 ana başlık altında sıralanabilir. Bu problemler aşağıdaki gibidir (Özbay, 2008) :

- Malzemelerin ve parçaların artan envanteri.
- Sınırlı malzemelerin ve kaynakların hızlı dağıtımının artan maliyetleri.
- Gereksiz malzemelerin ve parçaların geri dönüşünün veya stoklanmasının artan maliyeti.
- Envanterdeki kullanılmayan parçaların ve malzemelerin artan maliyeti.

2.3 Tedarik Zinciri Tasarımı

Literatürde tedarik zinciri tasarımı ile ilgili farklı metodolojiler bulunmaktadır. Aşağıda Chandra ve Grabis (2007)'in sundukları 11 aşamalı tedarik zinciri tasarımı ele alınmıştır (Özkır, 2009).

Aşama 1: Tasarım girişimini başlatma sürecini içerir. Bu aşamada, tasarım girişiminin gerekçesi ve amaçları tanımlanır. Tasarım girişiminin kabul edilmesi için karar ortamı, fizibilite ve beklenen geri dönüşler değerlendirilir.

Aşama 2: Bu aşama karar ortamının tanımlanması ve modelleme hedefinin belirlenmesi sürecini içerir. Problemin önemli boyutları olan değerlendirme ölçütleri, karar değişkenleri ve parametreler bu aşamada belirlenir.

Aşama 3: Bİlgi modellerinin geliştirilmesi sürecini içeren aşamadır. Karar vericilerin ve diğer ilgili tarafların işbirliğini gösteren iş akışı modeli ve tasarım probleminin diğer yönetsel problemlerle ilişkisini gösteren süreç modelinin oluşturulması bu aşamada gerçekleştirilir. Ayrıca tasarım probleminin çözümünde kullanılacak verilerin ve gerekli olabilecek veri kaynaklarının belirlenmesini içeren veri modeli de bu aşamada oluşturulmaktadır.

Aşama 4: Bu aşama, veri erişilebilirliğine bağlı olarak amaçların tekrar değerlendirilmesini içerir. Veri erişilebilirliğinin kısıtlı olması, çoğunlukla yeni tasarlanacak bir tedarik zinciri için önemli bir problem olmaktadır.

Aşama 5: Bu aşama bir karar verme planı oluşturulması sürecini içerir. Değerlendirilecek durumların belirlenmesi ve kabul ölçütlerinin tanımlanması bu adımda gerçekleşir. Kabul ölçütleri ve çok sayıda model kullanılması suretiyle yapılan değerlendirmeler bu karar verme planının oluşturulma aşamasında önem kazanır.

Aşama 6: Bu aşama, ön seçim aşamasıdır. Tedarik zinciri tasarımının seçimi, aday birimlerin bir kümesinden genellikle farklı şekillerde gerçekleştirilir. Bu aşama, aday birimlerin sayısını azaltarak, hesaplama karmaşıklığını azaltır.

Aşama 7: Bu aşama, seçim modellerinin geliştirilmesi ve çalıştırılması süreçlerini içerir. Aday birimler arasından yapılacak son seçim için nitel ve nicel modeller geliştirilebilir. Ardından bu birimler arasında var olan bağlantıların kurulması ve gerçekleştirilir. Modelin doğrulanması ve değerlendirilmesi bu aşamanın en önemli parçasıdır.

Aşama 8: Çıktıların analizinin gerçekleştirildiği aşamadır. Tasarımların mutlak ve göreceli performansları özetlenir. Sonuçlar için güvenlik sınırları belirlenir. En önemli parametreleri belirlemek için duyarlılık analizleri yapılır.

Aşama 9: Bu aşama, sonuçların kabul edilmesi aşamasıdır. Kabul aşaması genellikle iki seviyeden oluşur. İlk seviyede, tasarım karar verme grubu modelleme sonuçları hakkında bir karara varır ve gerekli ayarlamaları yapar. İkinci seviyede ise, üst yönetim önerilen tasarım kararlarının adaptasyonuna karar verir.

Aşama 10: Tasarım kararının uygulanması aşamasıdır. Tedarik zinciri birimlerinin fiziksel yerleşimi ve birimler arasındaki akışların kurulması uygulamaların ana kısmını oluşturur.

Aşama 11: Tasarım kararının uygulanmaya konduktan sonra, gerçekleşen performans ölçütü değerlerinin beklenen performans ölçütü değerlerine uygun olup olmadığı izlenir. Gerçekte izlenen durum için, ek performans ölçütleri de tanımlanabilir.

2.4 Tedarik Zinciri Performans Ölçütleri

Tedarik zinciri tasarımı ve analizinde önemli unsurlardan biri de uygun performans ölçütlerinin seçimidir. Performans ölçütleri var olan bir sistemin etkinliğini belirlemek için veya diğer alternatif sistemleri karşılaştırmak için kullanılır. Bu performans ölçütleri niteliksel ve niceliksel performans ölçütleri olarak 2 ana başlıkta toplanabilir (Beamon, 1998).

2.4.1 Nitel Performans Ölçütleri

Müşteri Memnuniyeti: Müşteri memnuniyeti ölçütü 3 ögeden oluşmaktadır:

Ön işlem memnuniyeti: Ürün satın alınmadan önceki memnuniyettir.

İşlem memnuniyeti: Ürünün direk olarak fiziksel dağıtımından ortaya çıkan memnuniyettir.

İşlem sonrası memnuniyet: Ürünü kullanım sırasında sağlanan destekle ilgili memnuniyettir.

Esneklik: Tedarik zincirinin talep dalgalanmalarına cevap verebilme derecesidir.

Bilgi ve Malzeme Akışı Entegrasyonu: Tedarik zincirinin iletişimde olduğu bilgi ve nakliye malzemelerinin tüm fonksiyonlarını içerir.

Etkili Risk Yönetimi: Tedarik zinciri ile ilgili olan tüm ilişkiler doğası gereği risk içerir. Etkili risk yönetimi bu risklerin etkilerini minimize etme derecesini gösterir.

Tedarikçi Performansı: Tedarikçilerin hammaddeleri fabrikalara zamanında ve iyi koşullarda teslim etme derecesidir.

2.4.2 Niceliksel Performans Ölçütleri

Niceliksel performans ölçütleri, direk olarak maliyet veya kara dayanan ve müşterilere cevap verme yeteneğine dayanan ölçütler olarak 2 kategoriye ayrılabilir.

Maliyete dayanan ölçütler

Maliyet minimizasyonu: Maliyet genel olarak bütün tedarik zinciri ya da özel bir bölüm için minimize edilir.

Satışların maksimizasyonu: Satışların miktarını ve gelirleri maksimize etmeyi amaçlar.

Kar maksimizasyonu: Gelirleri maksimize edip maliyetleri azaltmak.

Stok yatırım minimizasyonu: Stok maliyetlerini (ürün maliyetleri ve tutma maliyetleri dahil) minimize eder.

Yatırım maksimizasyonu dönüşleri: Net karın oranını maksimize eder.

Müşterilere Cevap Verme Yeteneğine Dayanan Ölçütler

İş oranı maksimizasyonu: Zamanında yerine getirilen müşteri siparişleri oranını maksimize etmek

Ürün gecikmelerinin minimizasyonu: Söz verilen ürün teslim tarihi ile, gerçek teslim zamanı arasındaki sürenin kısaltılması.

Müşterilere cevap verme süresinin minimizasyonu: Siparişin verilmesinden müşteriler tarafından alınmasına kadar geçen sürenin minimize edilmesi.

Teslimat süresi minimizasyonu: Bir ürünün üretilmeye başlanmasından tamamen hazır hale gelmesine kadar geçen sürenin minimizasyonu.

Fonksiyon tekrarlarının minimizasyonu: Birden fazla işletme tarafından gerçekleştirilen iş fonksiyonlarının minimize edilmesi.

2.5 Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi

1950 ve 1960 larda, birçok üretici, birim üretim maliyetlerini azaltmak için birincil strateji olarak az ürün ve süreç esnekliğiyle birlikte seri üretimin üzerinde durmuşlardır. Yeni ürün gelişimi yavaştı ve kurum içi teknolojiye dayanmaktaydı. Darboğazlar, dengeli hat akışlarını sürdürmek için stoklarla hafifletiliyordu ve bu da büyük yarı mamül stoklarına neden oluyordu. Müşteri ve tedarikçilerle bilgi ve tecrübe paylaşımı çok riskli ve kabul edilemez görülüyordu (Tan, 2001).

1970lerde Malzeme Kaynak Planlama ortaya çıktı ve yöneticiler fazla yarı mamülün üretim maliyetleri, kalite, yeni ürün geliştirme ve tesli süreleri üzerindeki etkisinin farkına vardı.

1980 lerde yoğun rekabet ortamı, dünya çapındaki şirketleri tasarım esnekliği olan, düşük maliyetli, yüksek kaliteli ürünler sunmaya itmiştir. Üreticiler, üretim verimliliği ve çevrim zamanlarında iyileştirme sağlamak için tam zamanında üretim ve diğer yönetim tekniklerinden yararlanmaya başlamışlardır ve bununla birlikte alıcı – tedarikçi arasındaki ilişki ve işbirliğinin önemini farkına varmışlardır. Tedarik zinciri yönetimi fikri de üreticilerin tedarikçileriyle stratejik işbirlikleri sonucunda ortaya çıkmıştır (Tan, 2001).

Tedarik zincirinin gelişimi 1990 larda da devam etmiştir. Bir çok üretici ve perakendeci tedarik zinciri yönetiminin değer zinciri arasında verimliliği artırdığı görüşünü benimsemiştir. Tedarik zinciri gelişiminde kolaylaştırıcı mekanizma bir firmayı iç ve dış değişime götüren müşteri odaklı vizyondur (Tan, 2001).

2.6 Lojistik Kavramı

Lojistik çok genel olarak eşyaların fiziksel olarak bir yerden başka bir yere taşınmasını içerir. Lojistiğin kullanılmasıyla ilgili ilk dökümanlar askeriye dayanamaktadır. Simpson ve Weiner'ın ulaştığı 1898'te yazılmış bir makalede lojistik, savaş sırasında askeri birliklerin taşınmasında kullanılan bir strateji olarak tanımlanmıştır (Krumwiede ve Sheu, 2002).

CSCMP'nin tanımına göre lojistik, eşyaların, servislerin ve bunlarla ilişkili bilgilerin tüketici ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla orjin noktasından tüketim noktasına kadar etkili ve verimli bir şekilde taşınması ve depolanması için planlama, uygulama ve kontrol süreçlerinin toplamıdır. Bu tanımlama gelen, giden, iç ve dış hareketleri içermektedir (<http://cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp>).

Lojistikle ilgili diğer bir kurum olan Society of Logistics Engineers'in (SOLE) tanımı ise şu şekildedir: Lojistik, elemanlarının uygun şekilde göz önünde bulundurulması suretiyle, kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamak, ürün yaşam çevriminin tüm safhaları boyunca kaynak girdilerinin etkin bir yaklaşımla sisteme etkisini zamanında teminat altına almak için oluşturulan ürün veya sistemin tüm hayatı boyunca kullanılan yönetim destek alanıdır (Küçüksoğak, 2006).

3. TERSİNE TEDARİK ZİNCİRİ

Son yıllarda giderek artan ekonomik kaygılar, devletin koyduğu yasalar ve sosyal faktörler özel sektör ve devletin tersine tedarik zinciri faaliyetlerinde daha aktif rol almalarına sebep olmuştur (Cruz –Rivera ve Ertel, 2009). Müşterilerin daha düşük maliyetli ve daha kaliteli ürün talepleri, kaynakların daha verimli kullanılması gerekliliği, çevreyi koruma bilincinin artması tersine lojistiğin tedarik zinciri yönetimi içindeki önemini giderek artırmıştır.

Ekonomik faktörler tersine lojistik faaliyetlerini artırmıştır, çünkü tersine lojistik uygulamaları azalan hammadde tüketiminden, geri kazanılmış malzemelere eklenen değerden ve atık maliyetlerinin azalmasından dolayı firmalara direkt gelir sağlamaktadır. Yasal kurallar gereği, firmalar ürün geri alımlarından, belirli miktarda ürünün geri dönüşüm işleminden geçirmekten ve ürün paketlemelerini belirli kurallara göre gerçekleştirmekten sorumludurlar (Cruz-Rivera ve Ertel, 2009).

3.1 Tersine Lojistik Kavramı

Literatürde bir çok farklı tersine lojistik tanımı yapılmıştır. Tersine lojistik ile ilgili yapılan ilk tanımlamalardan biri Stock (1992) tarafından yapılan tanımdır. Buna göre, tersine lojistik terimi genellikle lojistiğin geri dönüşüm, atıkların imhası ve zararlı maddelerin yönetimi konuları ile ilgili olan görevlerini belirtmede kullanılır, daha geniş bir bakış açısı kaynak kısıtlaması, geri dönüşüm, değiştirme, malzemenin yeniden kullanılması ve imha edilmesi sırasında gerçekleşen lojistik işlemleri ile ilgili konuları kapsar (Salema vd., 2007).

Fleischmann'ın 2001'de ortaya koyduğu yeni tanıma göre ise, tersine lojistik geleneksel tedarik zincirinin ters istikametinde yeniden değer elde etmek ve uygun bir imha gerçekleştirmek için, ikincil ürünlerin depolanması ve bunlarla ilgili bilginin akışını etkin ve verimli bir şekilde gerçekleştirmek için planlama, uygulama ve kontrol etme sürecidir (Salema vd., 2007).

Bir tersine tedarik zinciri, müşterilerden gelen iade ürünlerin bir toplama noktasına iadesi ile başlayan, bu iadelerin merkezi bir iade merkezinde toplandığı, toplanan ürünlerin incelenmesi ve sınıflandırılması işlemlerinin gerçekleştirildiği ve bir geri kazanım merkezinde yeniden üretim için değer oluşturabilecek bileşen ve malzemelerin dönüştürüldüğü ve ileri tedarik zincirinin çalışmasıyla müşteriye kadar tekrar uzanan bir ağ olarak tanımlanabilir (Özkır, 2009).

CSCMP'nin tanımına göre tersine lojistik, ürün veya kaynakların müşteriye satışı ve tesliminden sonraki hareketi ve yönetimi üzerine odaklanan lojistiğin özel bir bölümüdür (<http://cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp>).

Yapılan tersine lojistik tanımları, endüstrinin farklı alanlarına göre değişim göstermektedir. Örneğin, perakendeciler tersine lojistiği, tüketicilerden satıcılara veya bayilere dönen ürünleri elde etmenin bir yolu olarak görmektedir. Bunun yanında üreticiler de tersine lojistiği, hatalı ürünleri veya tekrar kullanılabilir parçaları kullanıcılardan geri alama süreci olarak görmektedirler (Krumwiede ve Sheu, 2002).

Tersine lojistik, kullanıcılar tarafından artık istenmeyen kullanılmış ürünlerden, pazarda yeniden kullanılabilen ürünlere kadar olan bütün lojistik aktivitelerini içerir. Hammadde, süreç içindeki stok, tamamlanmış ürünler ve bununla ilgili bilgilerin, tüketim noktasından yeniden değer kazandırılması veya uygun bir şekilde imhasına kadar olan süreçteki akışlarının verimli ve maliyet açısından karlı bir şekilde planlama, uygulama ve kontrol etme sürecidir (Jayaraman vd., 2003).

Yöneylem bakış açısından bakıldığında, tersine lojistik 3 büyük alana ayrılabilir (Zhou ve Wang, 2008):

- dağıtım
- üretim planlama
- envanter

Tedarik zinciri yönetimi üzerindeki yoğun ilgiye rağmen, geleneksel tedarik zincirini tersine lojistik ile genişletmek yakın zamanda ilgi görmeye başlamıştır. Tersine lojistiğin özellikle ürün geri dönüşlerinde uygulanması, sadece geri dönen ürünlerin stok maliyeti, taşıma maliyeti ve atık maliyetlerinde bir tasarrufa neden olmaz, aynı zamanda müşteri sadakatinin gelişmesi ve ileri dönem satışların artmasında da etkili olur (Ko ve Evans, 2007).

Tersine lojistikteki unsurlar toplu halde çizelge 3.1'de gösterilmiştir(Karaçay, 2005).

Çizelge 3.1 Tersine lojistik unsurları (Karaçay, 2005)

Nedir?	Girdiler	Aktiviteler	Çıktı	Nereden?	Nereye?
- Süreçler - Görevler - Yetenek ve aktiviteler	-Atılmış ürünler - Kullanılmış ürünler - Daha önce gönderilmiş ürün ve parçalar -Zararlı ve zararlı olmayan atıktan ürün ve paketler - Hammadde - Bilgi - Süreç içi stoklar - Nihai ürün	- Etkili ve maliyet etkin akışın planlaması uygulaması ve kontrolü - Toplama - Nakliye - Depolama - İşleme - Kabul - Geri kazanım - Paketleme - Gönderme - Azaltma - Yönetme -Yok etme	-Yeniden kullanılabilen ürünler -Geri dönüşüm -Yeniden üretim -Yok etme -Azaltma -Yönetme -Geri alım değeri	-Tüketim noktası	-Üretici merkezi -Toplama noktası -Orjin noktası

Tam bir tedarik zinciri, hem ileri hem de tersine lojistiği içerir (Krumwiede ve Sheu, 2002). Şekil 3.1, ileri ve tersine lojistiği birlikte göstermektedir.

Tedarik zinciri yönetimi üzerindeki yoğun ilgiye rağmen, geleneksel tedarik zincirini tersine lojistik ile genişletmek yakın zamanda ilgi görmeye başlamıştır. Tersine lojistiğin özellikle ürün geri dönüşlerinde uygulanması, sadece geri dönen ürünlerin stok maliyeti, taşıma maliyeti ve atık maliyetlerinde bir tasarrufa neden olmaz, aynı zamanda müşteri sadakatinin gelişmesi ve ileri dönem satışların artmasında da etkili olur (Ko ve Evans, 2007).

Klasik olarak bir ürün geri dönüşü, bölgesel bir dağıtım merkezi ya da outlet merkezinden geri dönen ürünlerin toplanması, bu ürünlerin merkezi bir geri dönüş merkezine transferi, geri dönen ürünün tamir, yenileme, yeniden üretim ve atıklar aracılığıyla ticari bir değer olmadan geri kazanımını içerir. Ürün geri dönüş süreci, tamir tesislerinin yerlerinin belirlenmesini

gerektirir. Bu yerler belirlenirken tersine lojistik maliyetlerini minimize edilmesi, tamir tesislerinin kapasitelerinden tam olarak yararlanmayı ve müşterinin konforunun maksimize edilmesi sağlanır (Min ve Ko, 2008).

Geri dönüş aktivitelerinin bazı problemleri vardır. Bu problemler şöyle sıralanabilir (Yang ve Wang, 2007):

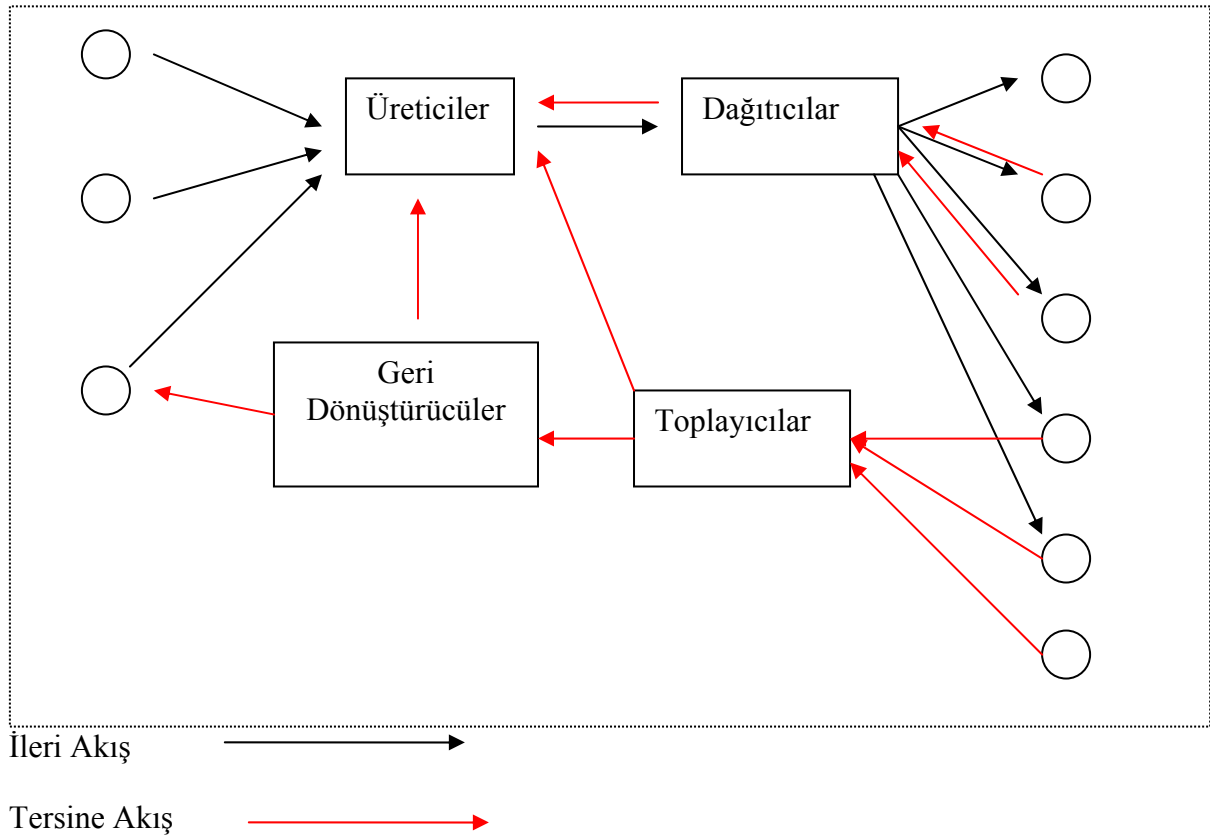
1. Eğer bir müşteriden bir dağıtımçıya bir ürün geri dönerse, dağıtıcı belli bir seviyeye kadar bu ürünleri stoklayabilir ve daha sonra bunu üreticiye gönderir. Bu durum üreticiyi etkiler, çünkü bu durumda üreticinin bu ürünleri işlemek için daha az zamanı olacaktır.
2. Geri dönüşüm ile ilgili kurallar (Avrupa Birliği'ndeki WEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) ve RoHS (Restriction of Hazardous Substances), geri dönüşüm aktivitelerinin önemini artırmıştır. İşletmeler geri dönüşüm oranlarını izlemek zorundadır ve yasalar çerçevesinde bunu yükseltmek zorundadırlar.
3. İşletmenin var olan imajını sürdürebilmesi için tamir süresi kısaltılmalıdır.

Tersine lojistik aktivitelerinin uygulanmasındaki en önemli zorluklardan biri ürünlerin zaman ve miktarlarındaki belirsizliktir. Geri dönüş sistemini yönetmek özel bir altyapı ve yüksek maliyet ve zaman gerektirmektedir (Ko ve Evans, 2007). Belirsizliklerin, ürün geri kazanımı, işlenmesi ve yeniden dağıtımının gerçekleştirilmesi ve bu sayede verimli ve etkili tedarik çevrimleri yaratılması için gerekli olan kaynaklar üzerinde etkisi vardır (Chouinard vd., 2008).

Yönetim genelde, bir firmanın rekabet edebilirlik gücünü artırmak için ileri tedarik zinciri işlemlerini geliştirmek üzerinde yoğunlaşır. İleri tedarik zinciri operasyonları daha sonra tersine lojistik aktivitelerini de artırır ve bu bir organizasyonun başarısı için de önemlidir. Amerikan firmaları geri dönen ürünlerin taşınması, nakliyesi ve işlenmesi için yılda 35milyar dolardan daha fazla para harcamaktadır. Ortalama olarak bakıldığında zaman bir firmanın tersine lojistik harcamaları, toplam lojistik maliyetlerinin yaklaşık %4'ü kadardır (Krumwiede ve Sheu, 2002).

Tedarikçiler

Tüketiciler



Şekil 3.1 İleri ve tersine dağıtım (Fleischmann vd., 1997)

Modern dünyada, dayanıklı tüketim mallarının üretilmesine büyük yatırımlar yapılmaktadır. Bunun için de, sermaye, işçilik, enerji ve hammadde kaynaklarına önemli yatırımlar yapılması gerekmektedir. Ama ne yazık ki, her ürünün sonlu bir yaşam süresi vardır. Orijinal ürünler kullanım ömürlerini sonuna geldiklerinde atılırlar ya da sahipleri tarafından imha edilirler. Giderek daha fazla firmanın çevresel bilince ulaşması ve daha sıkı çevresel yasaların yürürlüğe girmesiyle, bozulan ya da yaşam ömrünün sonuna gelen ürünler üretici tarafından geri çağırılmakta veya geri alınmaktadır (Jayaraman vd., 2003).

Örneğin Almanya’da 1991 yılında yürürlüğe giren yönetmeliğe göre firmalar sattıkları ürünlere ait paketlerin en az % 60-% 75’ini geri dönüştürmek zorundadırlar. Hollanda’da ise trafik kazalarında zarar görmüş otomobillerin % 90’ının geri kazanımını sağlayacak ulusal bir sistem başarıyla uygulanmaktadır. ABD’de camın % 20’si, kâğıt ürünlerinin % 30’u ve alüminyum kutuların % 61’i geri dönüştürülürken, 10 milyon araba ve kamyonun her yıl % 95’i geri dönüşüme girmekte ve bu araçların % 75’i yeniden kullanım için geri kazandırılabilir (Demirel ve Gökçen, 2008).

Çizelge 3.2 Bazı tersine lojistik terimleri ve tanımları (Krumwiede ve Sheu, 2002)

Terim	Tanımı
Ürün geri çağırımı	Üreticinin geri çağırdığı ve geri dönüş için toplanması gereken ürünler
Stok dönüşleri	Stoğun azaltılması için geri dönen ürünler
Güvence dönüşleri	Bir dükkan/dağıtımçı ya da toptancının güvence ihtiyacında dönen ürünler
Ana dönüşler	Yeniden kullanılabilir ürünler, böyle ürünler yeniden üretilebilirler
Tekrar kullanılabilir konteynırlar	İçinde ürünlerin nakledildiği ve yeniden üreticiye dönmesi gereken konteynırlar
Hasarlı ürünler	Tesis içinde ya da taşıma sırasında hasar gören ürünler
Sezonel ürünler	Bir dahaki sezonlar için hiçbir değeri kalmayan ürünlerin, sezon sonunda dönmesi
Zararlı malzemeler	Tehlikeli olarak değerlendirilen ve geri dönmek zorunda olan ürünler
Stok ayarlamaları	Bir bölgede fazla miktarda olan ürünün eksik olan başka bir bölgeye aktarılması

Tersine dağıtım kanallarının oluşturulmasında, en önemli konu ileri ve geri dağıtım kanallarının nasıl birleştirilmesi gerektiğidir. Etkili ve verimli bir tersine dağıtım oluşturmak için aşağıdaki soruların cevaplanması gerekmektedir (Fleischmann vd., 1997):

- **Tersine dağıtım kanalında yer alan elemanlar nelerdir?**

Elemanlar ileri dağıtım kanalındaki elemanlar (üreticiler, perakendeciler ve lojistik servis sağlayıcıları) veya özel partiler (ikincil malzeme satıcıları ve malzeme geri kazanım tesisleri) olabilir. Bu farklılıklar, ileri ve tersine dağıtım kanallarının entegrasyonunda önemli kısıtlar ortaya koymaktadır.

- **Tersine dağıtım kanallarının hangi fonksiyonları nerede gerçekleştirilmesi gerekmektedir?**

Tersine dağıtım kanalındaki olası fonksiyonlar, toplama, test etme, sınıflandırma, nakliye ve işlemedir. Bu işlemlerin nerede yapılacağının belirlenmesi için iyi bir dağıtım ağının tasarlanması gerekmektedir. Sınıflandırma ve test etme işlemlerinin nerede yapılacağının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Erken test aşaması sayesinde kullanılmayan parçaların

taşınması önlenabilir. Özel test aşamasında ise sadece bazı bölgelerde bulunabilen pahalı donanımlar gerekebilir. Dağınık test ise kaba taslak bir kontrol içerir. Geri dönüşleri kullanılabilir farklı kısımlara sınıflandırma, toplama işlemine yakın başlangıç aşamasında daha az pahalıdır. Bununla birlikte daha sonraki taşıma maliyetleri artabilir ve farklı yönlerde sınıflandırmada nakliye kapasitesinden faydalanma oranı düşebilir.

- İleri ve geri dağıtım kanalı arasındaki ilişki nedir?

Geri dönüşüm genellikle açık çevrim bir sistem olarak tanımlanır (ürünler orijinal üreticisine dönmez ama başka endüstriler tarafından kullanılır). İki taraftaki elemanlar birbirinden farklılık gösterdiği için, iki sistemin entegrasyonundaki olasılıklar sınırlıdır. Yeniden üretim ve yeniden kullanım genellikle kapalı çevrim sistemlerdir. Ürün orijinal üreticisine döner ve tersine dağıtım, özel lojistik sağlayıcılar aracılığıyla direk olarak orijinal ağ üzerinden gerçekleştirilebilir. İleri ve tersine dağıtımın entegrasyonunda aynı elemanlar yer alsa bile toplama ve teslimat farklı taşıma sistemleri gerektirebileceğinden rotalamada zorluklar olabilir.

Ürünler, bileşenler, ekipmanlar ve malzemeler bazı sebeplerle tersine lojistiğe dahil olabilirler. Bu sebepler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Karaçay, 2005):

- Üretim dönüşleri: Yeterli olmayan kalite, üretim sonucu artan ürünler gibi sebeplerle geri dönüşler olabilir.
- Ürün geri çağırma: Bazen hatalı ürünler ancak, ürün tedarik zincirine girdikten sonra fark edilebilir ve zincirden geri çağırılır.
- Ticari dönüşler: Bazı ticari anlaşmalara dayalı geri gönderimler veya zamanlama ve ürün kalitesi açısından talep ve tedarik eşleşmemesi durumunda oluşan dönüşler.
- Garanti ve servis dönüşleri: Garanti kapsamında ürünler tamir veya eşdeğeri ile değiştirilmek üzere geri dönebilir.
- Kullanım sonu (end-of-use) ve ömür sonu (end-of-life) dönüşleri: Ürünün kullanım veya ömrü sonunda yeniden üretim, geri dönüşüm veya uygun şekilde yok etme amacı ile oluşan dönüşlerdir.

3.2 İleri Tedarik Zinciri ve Tersine Lojistik Arasındaki Farklar

Fleischmann vd. (1997), tersine lojistiğin ileri tedarik zincirinin simetrik olarak tersi olmadığını vurgulamıştır (Jayaraman vd., 2003). Sisteme yeni elemanlar veya yeni fonksiyonlar eklenebilir (yeniden kullanılabilir malzemelerin geri nakliyesi, toplama, sınıflandırma ve geri kazanım tesislerinin yerleşimi vb). Tersine lojistik doğası gereği bir çok

farklı kaynaktan az sayıdaki talep noktasına yönelen bir yapıya sahiptir (Lu ve Bostel, 2007). İleri lojistik ve tersine lojistik arasındaki farklar Çizelge 3.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 İleri lojistik ve tersine lojistik karşılaştırması (Min vd., 2006)

	Tersine Lojistik	İleri Lojistik
Miktar	Küçük miktarlarda	Standartlaştırılmış ürünlerden büyük miktarlarda
Bilgiyi izleme	Parçaları izlemek için Otomatik ve manuel bilginin sistemlerinin kullanılması	Parçaları izlemek için otomatik bilgi sistemlerini kullanılması
Sipariş çevrim zamanı	Orta ve uzun sipariş çevrim zamanı	Kısa sipariş çevrim zamanı
Ürün değeri	Ortalama ve düşük ürün değeri	Yüksek ürün değeri
Stok kontrolü	Üzerinde yoğunlaşılmamış	Üzerinde yoğunlaşılmış
Öncelik	Düşük	Yüksek
Maliyet elementleri	Saklanmış	Daha şeffaf
Ürün akışı	İki çeşit(itme ve çekme)	Bir çeşit(çekme)
Kanal	Daha kompleks ve çeşitli(çok basamaklı)	Daha az kompleks(tek ya da çok basamaklı)

Sarkis vd.(1995), tersine lojistiği klasik ileri tedarik zincirinden ayıran 3 önemli özellik ortaya koymuşlardır (Jayaraman vd., 2003):

1. Bir çok lojistik sistemi, ürünlerin tersine kanalda hareketine uygun olarak donatılmamıştır.
2. Tersine dağıtım maliyeti, orijinal ürünü üreticiden tüketiciye ulaştırma maliyetinden daha yüksek olabilir.
3. Geri dönen ürünler genellikle ileri kanaldaki ürünlerle aynı şekilde taşınıp, depolanamazlar.

Çizelge 3.4 maliyet unsurları açısından ileri lojistik ve tersine lojistiği karşılaştırmaktadır.

Çizelge 3.4 Tersine lojistik maliyetlerinin ileri lojistik maliyetleri ile karşılaştırılması
(Köse, 2009)

Maliyet Kalemleri	İleri Lojistik Maliyetleri ile Karşılaştırılması
Taşıma	Daha yüksek
Stok bulundurma maliyeti	Daha az
Fire/Kayıp	Çok az
Eskime	Daha yüksek olabilir
Toplama	Çok yüksek/Daha az standartlaştırılmış
Sınıflama/Kalite tanımlama	Çok daha yüksek
Yenileme/Yeniden paketleme	İleri lojistikte yok, tersine lojistikte önemli

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

İleri lojistikte maliyetler tanımlanmıştır ve belirlidir. Muhasebe sistemleri, ileri akış kanalı boyunca olacak maliyetleri izleyecek şekilde tanımlanmıştır. Ancak, tersine lojistikte farklı maliyetler, ileri lojistikten farklı şekilde ortaya çıkacaktır. Tersine lojistikteki en önemli maliyetlerden biri, nakliye aktivitelerine ilişkin maliyettir. Nakliye miktarının az olması, paketlemenin düzgün olmaması nakliye maliyetlerinin artmasına sebep olur. Stok bulundurma maliyeti ise değişkendir, daha düşük miktarlarda olduğundan stok maliyetinin daha düşük olması beklenebilir. Ancak, paketlemenin düzgün olmaması, bozulmalar ve mevsimsel dalgalanmaların olması ürünün ikinci el pazarlarındaki değerini düşürebilir (Karaçay, 2005).

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

3.3 Tersine Lojistikte Ürün Geri Kazanım Seçenekleri

Bir tersine lojistik sisteminin oluşturulmasında en önemli konulardan biri de ürün geri kazanım seçeneğinin belirlenmesidir. Bir çok farklı ürün geri kazanım seçeneği mevcuttur. En yaygın geri kazanım seçenekleri aşağıda sıralanmıştır (Kim vd., 2006).

- Yeniden kullanım (Reuse)
- Tamir (Repair)
- Yenilemek/Parlatmak (Refurbishing)
- Yeniden üretim (Remanufacturing)
- Parça alma (Cannibalization)
- Geri dönüşüm (Recycling)

Yeniden kullanım: Yeniden kullanımda ürünler temizlendikten sonra defalarca kullanılabilirler. Konteynırlar ve şişeler, yeniden kullanıma örnek olarak verilebilir (Kim vd., 2006).

Tamir: Ürünün bozuk olan parçalarının tamir edilmesidir.

Yenilemek/Parlatmak: Kullanılmış ürünü, belirli kalite standardına getirme işlemidir. Ürün yenileştirme ürünün kalitesini artırır ve ömrünü uzatır (Şengül, http://www.gelisim.edu.tr/upload/notlar/lojistige_giris_tersine_lojistik_makale_pdf.pdf).

Yeniden üretim: Yeniden üretim seçeneğinde ürün tamamen demonte edilir, kullanılabilir durumda olan parçalar temizlenir ve yenilenir. Daha sonra yeni ürün eski parçalardan ve gerekli olduğunda yeni parçalardan yeniden monte edilir. (Kim vd., 2006).

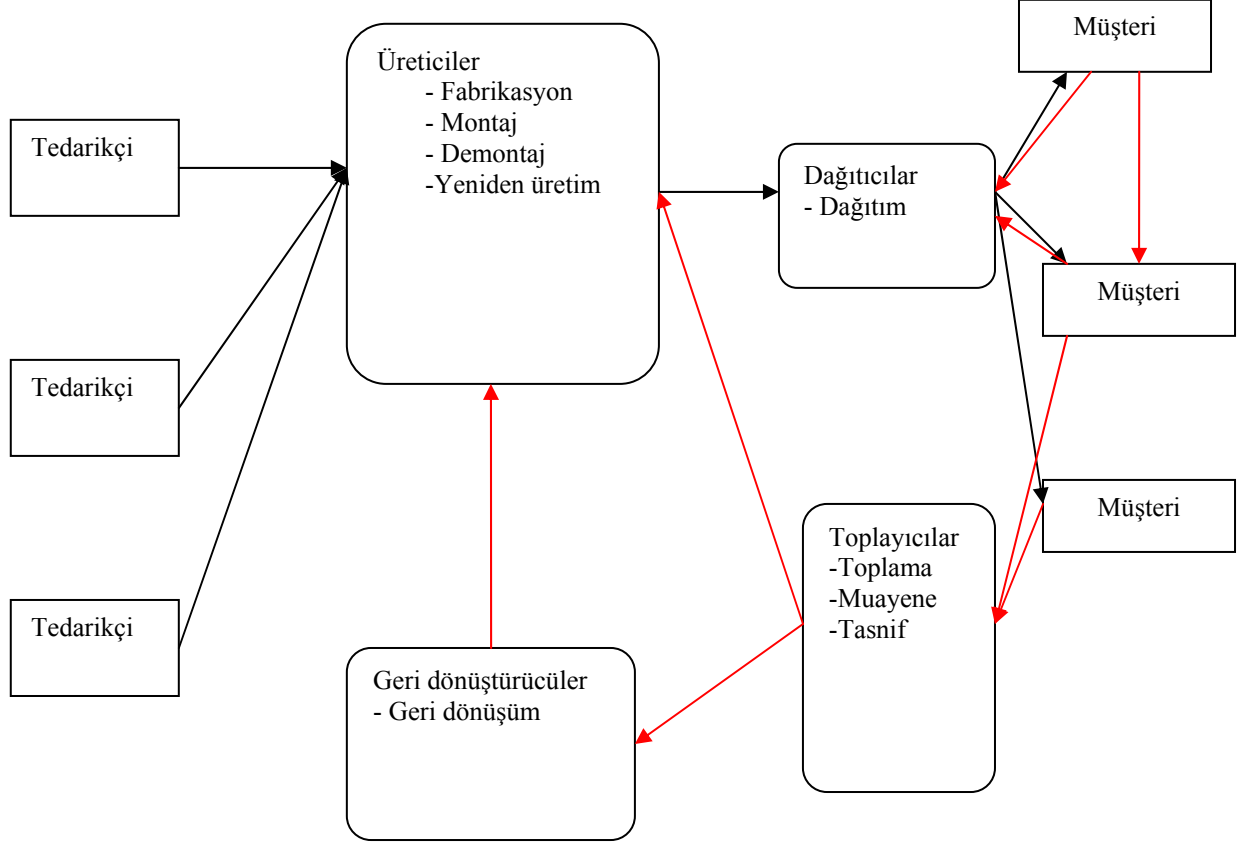
Parça alma: Kullanılmış üründen kullanılabilir bazı parçaların tamir, yenileme ve yeniden üretim seçenekleri için alınmasıdır (Özkır, 2009).

Geri dönüşüm: Ürünün yapısını korumadan malzemenin geri kazanılmasıdır. Geri dönüşüme örnek olarak cam, kağıt, plastik gösterilebilir (Fleischmann vd., 1997).

3.4 Kapalı Çevrim Tedarik Zinciri Kavramı

Kapalı çevrim tedarik zinciri, ileri tedarik zincirinden farklı olarak geri dönüş ve iade süreçlerini içermekte ve tüm tedarik zincirinin bütünleştirilmesi sayesinde tedarik zincirine fazladan değer kazandırmayı amaçlamaktadır (Özkır, 2009).

Tersine lojistik, piyasaya kullanılmış ürün sunan pazarla, yeni ürün sunan pazar arasında bir ilişki kurar. Eğer bu iki pazar çakışırsa, kapalı çevrim ağı adını alır, aksi takdirde açık çevrim olur (El – Sayed vd., 2008).



(Siyah oklar ileri akışı, kırmızı oklar tersine akışı göstermektedir.)

Şekil 3.2 Kapalı çevrim sistem yapısı (Lee ve Chan, 2009)

Kapalı çevrim tedarik zinciri, ileri tedarik zinciri faaliyetlerini içermekle kalmayıp, ek olarak tersine tedarik zinciri faaliyetlerini de içermektedir. Bu faaliyetler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Özkır, 2009).

- Son kullanıcılardan ürünlerin elde edilmesi: Son tüketiciden kullanılmış ürünlerin elde edilmesi ile ilgili tüm faaliyetleri içerir.
- Ürünlerin kullanım noktasından bozunma noktasına iletilmesi: Son tüketicilerden toplanan ürünlerin merkezi veya merkezi olmayan bozunma noktalarına iletilmeleriyle ilgili tüm taşıma ve bilgi faaliyetlerini içerir.
- Ürünün durumunu tanımlamak ve en cazip yeniden kullanım seçeneğini belirlemek üzere test etme, sınıflama ve bozunma: Gelen iade ürünün kalitesine göre geri kazanım veya geri dönüşüm seçeneğinin belirlenmesi ile ilgili tüm faaliyetleri kapsar.

- Ekonomik olarak en cazip yeniden kullanım seçeneğinin belirlenmesi: Ekonomik anlamda bir ürünün herhangi bir yolla geri kazanımına karar vermek için o ürünün o geri kazanım seçeneğiyle geri kazanılmasının en azından tamamen bozunma seçeneğinden daha karlı olması gerekmektedir.
- Geri kazanılan ürünlerin tekrar pazara sunulması ve tekrar dağıtılması: Geri kazanılan ürünler için Pazar oluşturma, bunların satışı ve müşterilere dağıtımı ile ilgili faaliyetlerin tümünü içerir.

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, literatürde tersine lojistik ağ tasarımı ile ilgili modelleri içeren çalışmalar incelenmiştir. İncelenen çalışmalar, Çizelge 4.1’de çevrim durumları, oluşturulan modelin yapısı, çözüm şekli, kapasite kısıtı, zaman periyodu durumu, basamak sayısı, amacı ve geri kazanım seçeneklerine göre kronolojik olarak sınıflandırılmıştır.

Spengler vd. (1997), endüstriyel yan ürünlerin geri dönüşümü ve yaşam kullanım sürelerini tamamlamış ürünlerin parçalanması ve geri dönüşümü ile ilgili iki özel planlama problemi için çok yönlü yöneylem araştırması modellerinin geliştirilmesini ele almıştır. Modeller karma tamsayılı programlama olarak kurulmuştur. Modeller, uygulama olarak Almanya – Fransa bölgesindeki yıkım atıklarının geri dönüştürülmesi ve çelik endüstrisindeki yan ürün yönetimine uygulanmıştır.

Barros vd. (1998), Hollanda’daki kum geri dönüşümü ile ilgili bir problemi ele almışlardır. İki seviyeli özel yerleşim problemi öne sürmüşlerdir ve bunun optimizasyonunu sezgisel yöntem kullanarak gerçekleştirmişlerdir.

Shih (2001), Tayvan’daki bilgisayarlar ve ev aletlerinin toplanması ve geri dönüştürülmesini sağlayan tersine akışı optimize eden karma tamsayılı programlama modeli geliştirmiştir. Sunulan model taşıma maliyeti, işleme maliyeti, yeni tesisler için sabit maliyetler, atık maliyetleri ve çöp alanları için maliyetleri de içeren toplam maliyeti minimize etmeyi amaçlamaktadır.

Hu vd.(2002), çok zaman adımlı, çok çeşitli tehlikeli atıklar için tersine lojistik sistemi kurmuşlardır. Toplam tersine lojistik maliyetini minimize etmek için kesik zamanlı, doğrusal analitik bir model geliştirmişlerdir. Sundukları modelin kullanılmasıyla uyguladıkları vakalarda toplam tersine lojistik maliyetinin % 49 oranında azaltılabileceğini göstermişlerdir.

Jayaraman vd. (2003), tersine dağıtımı ele almışlardır ve bununla ilgili matematiksel model geliştirmişlerdir. Önerilen modelin karmaşıklığından dolayı problem için sezgisel çözüm metodolojisi sunmuşlardır. Çözüm metodolojisi, alt problemlerin optimale doğru çözüldüğü sezgisel yoğunluk prosedürü kullanılmıştır. Probleme sezgisel genişleme çözümü sunmuşlardır.

Krikke vd. (2003), buzdolapları için kapalı çevrim tedarik zinciri yapısında karma tamsayılı doğrusal bir model oluşturmuşlardır. Amaç toplam maliyeti, toplam enerji kullanımını ve atık miktarını optimize etmektir. Model farklı parametreler kullanılarak farklı senaryolar için çalıştırılmıştır.

Listeş ve Dekker (2005), Baros vd. (1998) ‘nin ele aldığı Hollanda’daki yıkım artıklarından kum geri dönüşümü yapımıyla ilgili deterministik yerleşim modelini geliştirerek stokastik programlama kullanılarak modelin nasıl genişletilebileceğini göstermişlerdir.

Schultmann vd. (2006), kapalı çevrim tedarik zinciri özelliklerini, Almanya’da ömürlerini tamamlamış araçlarla örnekleyerek sunmuşlardır. Tersine lojistik bakış açısı araç rotalama ile modellenmiştir.

Min vd. (2006), ürün geri dönüşlerini içeren tersine lojistik problemini çözmek için lineer olmayan, karma tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir ve örnek olarak online satışlardan dönen ürünleri incelemişlerdir.

Kim vd. (2006), tersine lojistikte kullanılabilir parçaların yeniden üretimini ele almışlardır. Bunun için genel bir çerçeve sunmuşlardır ve maliyet tasarrufunu maksimize edecek matematiksel model geliştirmişlerdir. Kurdukları model, yeniden üretim merkezinde üretilecek ürün miktarını dış tedarikçilerden alınacak kısımların miktarını belirler.

Salema vd.(2007), tersine dağıtım ağıyla ilgili genel bir model sunmuşlardır. Kurdukları model, Fleischmann ve ark. (2001)’nin geliştirdikleri ‘‘iyileştirme ağ modeli’’ne dayanmaktadır. Bu modeli kapasite kısıtlı, çok ürünlü, talep ve geri akışta belirsizlik içeren şekilde geliştirmişlerdir. Karma tamsayılı programlama geliştirilmiştir ve standart B&B teknikleri kullanılarak çözülmüştür.

Lu ve Bostel (2007), aynı anda ileri ve tersine akışı içeren yeniden üretim işlemlerini kapsayan Yeniden Üretim Ağı olarak adlandırdıkları spesifik tersine lojistik sistemi için iki seviyeli tesis yerleşimi problemini ele almışlardır. Problem için 0 – 1 karma tamsayılı programlama modeli kurmuşlardır ve çözüm için gevşetilmiş Lagrangian metoduna dayalı yöntem geliştirmişlerdir.

Ko ve Evans (2007), 3. parti lojistikler için ileri ve tersine dağıtım ağ optimizasyonunu eşzamanlı olarak bütünleşik bir açıdan ele alan karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama modeli geliştirmişlerdir. Model çok zamanlı, 2 kademeli, çok eşyalı, yetkilendirilmiş yer modelidir. Bu tür ağ tasarımı problemleri NP-zor problemler sınıfına girerler, dolayısıyla gerçek büyüklükte bir problemle uğraşmak için genetik algoritma tabanlı bir sezgisel kullanmışlardır ve C++ yazılım dilinde kodlanmıştır.

Listeş (2007), kapalı çevrim sistem ağ tasarımında ileri ve tersine akışı içeren iki aşamalı stokastik bir model sunmuştur. Modelin çözümünde ise tamsayılı L – şekilli metodu esas alan ayrışma yönteminden faydalanmıştır.

Chen vd. (2007), tersine lojistik geri dönüşüm akış dengesi problemi üzerinde çalışmışlardır. Problemin çözümü için üç çevrimli iç içe geçmiş köşegenleştirme algoritmasını önermişlerdir.

El – Sayed vd. (2008), risk altında çok dönemli, çok basamaklı, ileri – tersine lojistik ağ tasarımı geliştirmişlerdir. Sunulan ağ yapısı, ileri yönde 3 basamak (tedarikçiler, tesisler ve dağıtım merkezleri) ve tersine yönde 2 basamaktan (demontaj ve geri dağıtım merkezleri) oluşur. Problem, çok kademeli stokastik program olarak stokastik, karma tamsayılı doğrusal programlama formunda formüle edilmiştir. Amaç, beklenen toplam karı maksimize etmektir.

Chouinard, D'Amours ve Aït – Kadi (2008), lojistik ağ tasarımı için tedarik zincirine tersine lojistiği entegre eden stokastik programlama modeli sunmuşlardır. Modelin amacı, geri kazanım(iyileştirme), proses ve talep hacimlerinin tedarik çevrimi tasarımına etkilerini araştırmaktır. Problemin çözümü için Monte Carlo örnekleme metodunu da içeren örnek ortalama yaklaşma yöntemi kullanılmıştır.

Min ve Ko (2008), karar verme aracı olarak çok basamaklı tersine lojistik ağında maliyet tasarrufunu maksimize eden tek amaçlı, karma tamsayılı bir programlama modeli geliştirmişlerdir. Bu model kapasite sınırlamaları ve servis gereklilikleri altında, tersine lojistik ağında tamir alanları/depoların optimal yerlerini sayısını ve büyüklüğünü bulan bir modeldir.

Zhou ve Wang (2008), Fleischmann vd.'nin sunmuş olduğu genel tersine lojistik modelini geliştirerek yeni bir karma tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Kurdukları modelde geri kazanım seçeneklerinden tamir ve yeniden üretimi bir arada kullanmışlardır.

Lee ve Dong (2008), kira sonu gelen bilgisayarların yeniden kazanım lojistik ağ tasarımı için ileri ve tersine akışı içeren deterministik bir model geliştirmişlerdir. Modelin amacı, lojistik ağındaki toplam maliyeti minimize ederek optimal çözümü aramaktır. Problemin tasarımının karmaşıklığından dolayı 2 aşamalı sezgisel bir yaklaşım geliştirmişlerdir.

Srivastava (2008), tersine lojistikte metodolojik seviyede tanımlayıcı modellemeyi optimizasyon teknikleriyle birleştiren bütünlük holistik bir çerçeve sunmuştur. Çok ürünlü, çok basamaklı, karı maksimize eden bir tersine lojistik modeli kurmuştur.

Du ve Evans (2008), tamir gerektiren geri dönüşlerle ilgili tersine lojistik ağı ile ilgilenmiştir. Bir üreticinin satış sonrası servisler için 3. Parti lojistik sağlayıcılardan yardım alması problemini ele almışlardır. Bunun için iki amaçlı optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Amaçları, toplam maliyeti ve çevrim zamanındaki toplam gecikmeyi minimize etmektir. Bu

modeli çözmek için 3 algoritmanın birleşiminden oluşan bir çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu algoritmalar, dağılım araştırması, dual simpleks metodu ve kısıtlama metodudur. Dağılım araştırması, potansiyel tesisi yerlerinin kapasite düzenlemeleri ile ilgili olan kesikli değişkenlerle ilgilenir. Dual simpleks metodu, taşıma ayarları ile ilgili olan sürekli değişkenlerle ilgilenir. Kısıtlama metodu ise, tersine lojistik ağında domine olmayan çözümlere ulaşmak için kullanılmıştır.

Cruz-Rivera ve Ertel (2009), kapalı çevrim tedarik zinciri için Meksika'daki kullanım ömrü sona ermiş araçların toplanması için bir model ortaya koymuşlardır. Problem tersine lojistik aracılığıyla ve kapasite sınırsız tesis yerleşim problemi aracılığıyla modellenmiştir.

Lee ve Dong (2009), tersine lojistikteki belirsizliklerle başa çıkmak için dinamik yer ve atama modeli sunmuşlardır. 2 aşamalı stokastik programlama modeli geliştirmişlerdir. Çözüm için örnek ortalama yaklaştırma metodu ve benzetimli tavlama metodunu birleştiren bir çözüm yaklaşımı geliştirmişlerdir.

Mutha ve Pokharel (2009) tersine lojistik ağının tasarımı için matematiksel bir model sunmuşlardır. Model üçüncü parti toplayıcılar aracılığıyla geri dönen ürünlerin miktarını değerlendirir. Ayrıca ağ içindeki depolama, yeniden işleme, yeniden üretim ve yeni ürün modülleri ile de ilgilenir. Kurulan model, modüler ürün yapısına uygundur ve her ürünün her modülünün farklı yok etme ve yeniden işleme bölümleri ile ilgilenir.

Pishvae vd.(2010), ileri ve tersine lojistik ağlarının ayrı tasarlanmasından doğan verimsizlikleri gidermek için entegre bir lojistik ağ tasarım modeli sunmuşlardır. Toplam maliyeti minimize etmek ve lojistik ağının esnekliğini maksimize etmek için iki amaçlı karma tamsayılı programlama modeli geliştirmişlerdir. Ayrıca kurulan model her tesis için çoklu kapasite seviyelerini de desteklemektedir. Domine olmayan çözüm kümelerini bulmak için yeni bir dinamik arama stratejisinin kullanıldığı çok amaçlı memetik bir algoritma geliştirilmiştir.

Kannan vd.(2010), batarya geri dönüşümleri için çok basamaklı, çok periyotlu, çok ürünlü kapalı çevrim tedarik zinciri ağı modeli geliştirmişlerdir. Geliştirilen karma tamsayılı doğrusal programlama modelinin çözümü için genetik algoritma tabanlı bir sezgisel uygulamışlardır. Sonuç olarak genetik algoritma ile elde edilen sonuçlar ile GAMS optimizasyon programından elde edilen sonuçları karşılaştırmışlardır. Sonuçlara göre büyük boyutlu problemler için genetik algoritmanın iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır.

Qin ve Ji (2010), ürün geri kazanım ağının tasarlanmasında belirsizliklerle baş edebilmek için bulanık bir programlama aracı geliştirmişlerdir. Üç optimizasyon modeli sunmuşlardır ve bu

modelleri çözmek için bulanık simülasyon ve genetik algoritmayı birleştiren hibrit bir yöntem geliştirmişlerdir. Kurdukları modeli ve algoritmayı daha iyi açıklayabilmek için tek zaman periyodlu ve tek ürünlü ağ üzerinde durmuşlardır.

Kara ve Önüt (2010), kağıt geri dönüşümü için iki basamaklı stokastik ve dayanıklı programlama modeli oluşturmuşlardır. Problem, optimal geri dönüşüm merkezi yerlerini ve optimal akışın belirlenmesini içerir. Modeller GAMS 21.6 /CPLEX 9.0 kullanılarak çözülmüştür.

Çizelge 4.1 Tersine lojistik ile ilgili literatür araştırması

MODEL								TERSİNE LOJİSTİK PROBLEMİ UYGULAMALARI							
Yazar ve yılı	Çevrim	Modelin Yapısı	Çözüm Şekli	Kapasite Durumu	Zaman periyodu (t)	Basamak sayısı (multi – echelon)	Amaç	Yeniden kullanım	Tamir	Demontaj	Yeniden üretim	Geri dönüşüm	Yenilemek	Parçalara ayırmak	İmha etmek
Spengler vd. (1997)	Açık	Karma tamsayılı doğrusal programlama	Benders Analizi	Kapasite kısıtı var	Yok	Çok basamaklı	Toplam marjinal gelirin maksimizasyonu					+		+	
Barros vd. (1998)	Açık	Karma tamsayılı doğrusal programlama	Sezgisel	Kapasite kısıtı var	Yok	Çok basamaklı	Sistemin toplam maliyetinin minimizasyonu					+			
Shih (2001)	Açık	Karma tamsayılı programlama	Optimal	Kapasite kısıtı var	Yok	Çok basamaklı	Toplam maliyetin minimizasyonu			+		+			
Hu vd. (2002)	Açık	Kesikli zamanlı doğrusal analitik model	LINDO 6.0	Kapasite kısıtı var	Var	Çok basamaklı	Toplam tersine lojistik maliyeti min.	+							+
Jayaraman vd. (2003)	Açık	Karma tamsayılı doğrusal programlama	Sezgisel	Kapasite kısıtı var	Yok	Çok basamaklı	Tersine dağıtım maliyetlerinin minimizasyonu					+	+		

MODEL								TERSİNE LOJİSTİK PROBLEMİ UYGULAMALARI							
Yazar ve yılı	Çevrim	Modelin Yapısı	Çözüm Şekli	Kapasite Durumu	Zaman periyodu (t)	Basamak sayısı (multi – echelon)	Amaç	Yeniden kullanım	Tamir	Demontaj	Yeniden üretim	Geri dönüşüm	Yenilemek	Parçaları ayırmak	İmha etmek
Krikke vd. (2003)	Kapalı	Karma tamsayılı doğrusal programlama	CPLEX	Kapasite kısıtı yok	Yok	Çok basamaklı	Toplam maliyet, enerji kullanımı ve atıkların optimizasyonu		+	+		+			+
Listeş ve Dekker (2005)	Açık	Stokastik programlama	Sezgisel	Kapasite kısıtı var	Yok	Çok basamaklı	Net gelirin maksimasyonu					+			
Schultmann vd. (2006)	Kapalı	Araç rotalama	Meta sezgisel	Kapasite kısıtı var	Yok	Çok basamaklı	Gerekli turların toplam uzunluğunun minimizasyonu			+		+			
Min vd. (2006)	Açık	Karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama	Genetik algoritma	Kapasite kısıtı var	Var	Çok basamaklı	Toplam tersine lojistik maliyeti min.		+				+		
Kim vd. (2006)	Kapalı	Karma tamsayılı programlama	Optimal	Kapasite kısıtı var	Vat	Çok basamaklı	Toplam maliyet tasarrufu maksimasyonu			+	+		+		+
Salema vd. (2007)	Kapalı	Karma tamsayılı doğrusal programlama	GAMS/CPLEX 8.1	Kapasite kısıtı var	Yok	Çok basamaklı	Maliyetin minimizasyonu			+					

MODEL								TERSİNE LOJİSTİK PROBLEMİ UYGULAMALARI							
Yazar ve yılı	Çevrim	Modelin Yapısı	Çözüm Şekli	Kapasite Durumu	Zaman periyodu (t)	Basamak sayısı (multi – echelon)	Amaç	Yeniden kullanım	Tamir	Demontaj	Yeniden üretim	Geri dönüşüm	Yenileme k	Parçaları ayırmak	İmha etmek
Lu ve Bostel (2007)	Kapalı	Karma tamsayı programlama	Sezgisel	Kapasite kısıtı yok	Yok	Çok basamaklı	Toplam maliyetin minimizasyonu				+				+
Ko ve Evans (2007)	Kapalı	Karma tamsayı doğrusal olmayan programlama	Genetik algoritma tabanlı sezgisel	Kapasite kısıtı var	Var	Çok basamaklı	Toplam maliyetin minimizasyonu		+						
Listeş (2007)	Kapalı	Stokastik tamsayı programlama	Tamsayı L şekilli metod	Kapasite kısıtı var	Yok	Çok basamaklı	Maliyetlerin minimizasyonu				+				+
Chen vd. (2007)	Açık	-	İç içe geçmiş köşegenleştirme algoritması	Kapasite kısıtı yok	Yok	Çok basamaklı	Kaynak ve Pazar taleplerini yerine getiren optimal sistem politikasını bulmak					+			
El Sayed vd. (2008)	Kapalı	Stokastik karma tamsayı doğrusal programlama	Optimal	Kapasite kısıtı var	Var	Çok basamaklı	Toplam beklenen kârın maksimizasyonu		+	+	+	+			+
Chouinard vd. (2008)	Kapalı	Stokastik programlama	Sezgisel	Kapasite kısıtı var	Yok	Çok basamaklı	Maliyet minimizasyonu		+	+			+		+

MODEL								TERSİNE LOJİSTİK PROBLEMİ UYGULAMALARI							
Yazar ve Yılı	Çevrim	Modelin Yapısı	Çözüm Şekli	Kapasite Durumu	Zaman Periyodu (t)	Basamak sayısı (multi – echelon)	Amaç	Yeniden kullanım	Tamir	Demontaj	Yeniden üretim	Geri dönüşüm	Yenilemek	Parçalara ayırmak	İmha etmek
Min ve Ko (2008)	Açık	Karma tamsayılı programlama	Genetik algoritma	Kapasite kısıtı var	Var	Çok basamaklı	Toplam lojistik maliyetlerinin minimizasyonu		+						
Zhou ve Wang (2008)	Kapalı	Karma tamsayılı doğrusal programlama	B&B teknikleri	Kapasite kısıtı yok	Yok	Çok basamaklı	Sistemin toplam maliyet minimizasyonu		+		+				+
Lee ve Dong (2008)	Kapalı	Deterministik programlama	Meta sezgisel	Kapasite kısıtı var	Yok	Çok basamaklı	Lojistik ağındaki maliyet min.			+	+			+	
Srivastava (2008)	Açık	Karma tamsayılı doğrusal programlama	GAMS/CPLEX 7.5	Kapasite kısıtı var	Var	Çok basamaklı	Maliyetlerin minimizasyonu		+		+				
Du ve Evans (2008)	Kapalı	Karma tamsayılı doğrusal programlama	Sezgisel	Kapasite kısıtı var	Yok	Çok basamaklı	Maliyet ve çevrim zamanındaki toplam gecikme minimizasyonu		+						

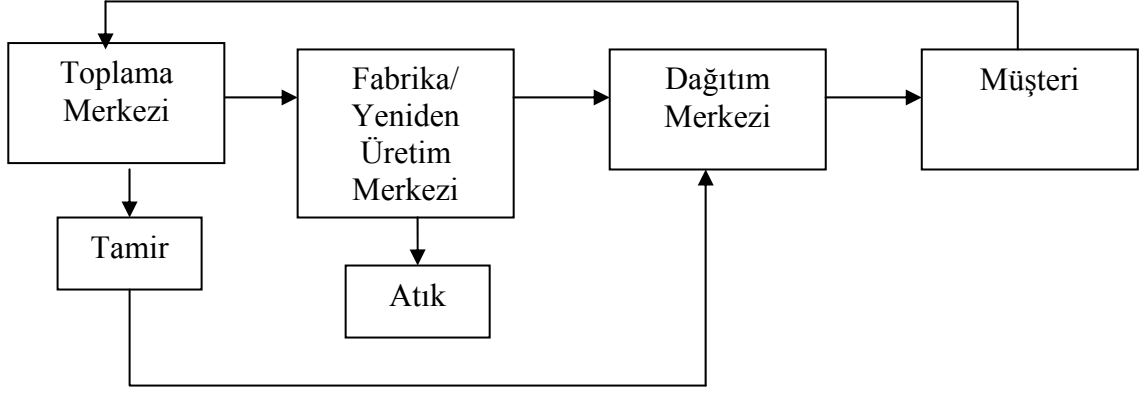
MODEL								TERSİNE LOJİSTİK PROBLEMİ UYGULAMALARI							
Yazar ve Yılı	Çevrim	Modelin Yapısı	Çözüm Şekli	Kapasite Durumu	Zaman Periyodu (t)	Basamak sayısı (multi – echelon)	Amaç	Yeniden kullanım	Tamir	Demontaj	Yeniden üretim	Geri dönüşüm	Yenilemek	Parçalara ayırmak	İmha etmek
Cruz – Rivera ve Ertel (2009)	Kapalı	Kapasite kısıtsız tesis yeri problemleri	SITATION	Kapasite kısıtı yok	Yok	Çok basamaklı	Toplam maliyetin min.							+	
Lee ve Dong (2009)	Kapalı	Stokastik karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama	Sezgisel	Kapasite kısıtı var	Var	Çok basamaklı	Toplam maliyetin minimizasyonu								
Mutha ve Pokharel (2009)	Açık	-	GAMS	Kapasite kısıtı var	Yok	Çok basamaklı	Taşıma, depo, imha ve montaj maliyetlerinin minimizasyonu				+	+			+
Pishvaei vd. (2010)	Kapalı	Karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama	Memetik algoritma	Kapasite kısıtı var	Yok	Çok basamaklı	Maliyetlerin minimizasyonu ve esnekliğin maksimizasyonu				+	+			+
Kannan vd. (2010)	Kapalı	Karma tamsayılı doğrusal programlama	Genetik algoritma tabanlı sezgisel	Kapasite kısıtı var	Var	Çok basamaklı	Toplam tedarik zinciri maliyeti minimizasyonu			+		+			+

MODEL								TERSİNE LOJİSTİK PROBLEMİ UYGULAMALARI							
Yazar ve Yılı	Çevrim	Modelin Yapısı	Çözüm Şekli	Kapasite Durumu	Zaman Periyodu (t)	Basamak sayısı (multi – echelon)	Amaç	Yeniden kullanım	Tamir	Demontaj	Yeniden üretim	Geri dönüşüm	Yenilemek	Parçaları ayırmak	İmha etmek
Qin ve Ji (2010)	Açık	Bulanık programlama	Hibrit algoritma	Kapasite kısıtı var	Yok	Çok basamaklı	Maliyet minimizasyonu								
Kara ve Önüt (2010)	Kapalı	İki basamaklı stokastik karma tamsayılı programlama modeli	GAMS / CPLEX 9.0	Kapasite kısıtı var	Yok	Çok basamaklı	Gelir maksimizasyonu					+			

Tersine lojistik ađ tasarımı ile ilgili literatür incelendiğinde son yıllarda giderek artan sayıda çalışma yapıldığı dikkati çekmektedir. Yapılan çalışmaların açık çevrim ve kapalı çevrimi içeren çalışmalar olarak gruplanabileceği görölmektedir. Sadece tersine akışı ele alan çalışmalar açık çevrim, hem ileri hem de geri akışı ele alan çalışmalar ise kapalı çevrim olarak adlandırılmaktadır. Kurulan modellerin büyük bir çoğunluğu karma tamsayılı programlama modeli olarak kurulmuştur. Modellenen sistemlerin tamamı çok basamaklı bir yapıya sahiptir. Kurulan modellerin amacı ya toplam maliyeti minimize etmek ya da sistem karını maksimize etmektir.

Geri kazanım seçenekleri incelendiğinde ise, yeniden üretim ve geri dönüşüm seçeneklerinin oluşturulan modellerde en fazla kullanılan seçenekler olduğu ortaya çıkmaktadır.

5. İLERİ ve TERSİNE (HİBRİT) LOJİSTİK SİSTEMİNİN OLUŞTURULMASI ve MODELİN KURULMASI



Şekil 5.1 Tasarlanan ileri ve tersine (hibrit) lojistik sistemi

Tasarlanan sistemde müşterilerden gelen iade ürünler bir toplama merkezinde toplanmaktadır. Toplama merkezinde incelenen ürünlerden tamirle düzelebilecek durumda olan hafif hasarlı ürünler toplama merkezi bünyesinde tamir edilmekte ve buradan da dağıtım merkezine gönderilmektedir. Toplama merkezinde incelenen diğer ürünler ise fabrika ve yeniden üretim merkezine gönderilmektedir. Burada ürünler demonte edilir. Yeniden üretilebilir durumda olan ürünler yeniden üretilmektedir. Bir kısım ürün de atık olmaktadır. Aynı zamanda burada yeni ürünler de üretilmektedir. Üretilen geri kazanılmış ürünler ve yeni ürünler dağıtım merkezine iletilmektedir. Dağıtım merkezinden de müşterilere ulaştırılmaktadır.

5.1 Genel Model Yapısı

İndisler

N = Toplama merkezi ($i = 1, 2, \dots, 4$)

F = Fabrika ($f = 1, 2$)

D = Dağıtım merkezi ($d = 1, 2, \dots, 5$)

M = İlçeler ($m = 1, 2, \dots, 39$)

P = Ürün ($p = 1$)

T = Aylar ($t = 1, 2, \dots, 12$)

Parametreler

$SFY_{pt} = t$ döneminde p yeni ürününün satış fiyatı (TL)

$SFG_{pt} = t$ döneminde p geri kazanılmış ürününün satış fiyatı (TL)

$ATM_{ft} = t$ döneminde f fabrikasındaki atık maliyeti (TL)

$BTM_{pt} = t$ döneminde p ürününün birim taşıma maliyeti (TL)

$IM_{pnt} = t$ döneminde p ürününü n toplama noktasında inceleme maliyeti (TL)

$TM_{pft} = t$ döneminde p ürününü f fabrikasında tamir maliyeti (TL)

$DEM_{pft} = t$ döneminde p ürününü f fabrikasında demontaj maliyeti (TL)

$YUM_{pft} = t$ döneminde p ürününü f fabrikasında yeniden üretme maliyeti (TL)

$YNM_{pft} = t$ döneminde p yeni ürününü f fabrikasında üretme maliyeti (TL)

$IY_{pdt} = t$ döneminde p yeni ürününün d dağıtım merkezindeki stok miktarı

$IG_{pdt} = t$ döneminde p geri kazanılmış ürününün d dağıtım merkezindeki stok miktarı

$EBMY_{pdt} = t$ döneminde p yeni ürününü d dağıtım merkezinde elde bulundurma maliyeti (TL)

$EBMG_{pdt} = t$ döneminde p geri kazanılmış ürününü d dağıtım merkezinde elde bulundurma maliyeti (TL)

$TY_{mpt} = t$ döneminde m ilçesinin p ürün talebi

$AU_{mpt} = t$ döneminde m ilçesinden gelen iade ürünler

$K_{nt} = t$ döneminde n toplama noktasının kapasitesi

$K_{ft}^1 = t$ döneminde f fabrikasının kapasitesi

$K_{dt}^2 = t$ döneminde d dağıtım merkezinin kapasitesi

$U_{nf} = n$ toplama noktası ile f fabrikası arası mesafe (km)

$U_{fd}^1 = f$ fabrikası ile d dağıtım merkezi arası mesafe (km)

$U_{nd}^2 = n$ toplama noktası ile d dağıtım merkezi arası mesafe (km)

$U_{dm}^3 = d$ dağıtım merkezi m ilçesi arası mesafe (km)

$SM_n = n$ toplama noktasının sabit maliyeti (TL)

$SM_f^1 = f$ fabrikasının sabit maliyeti (TL)

$SM_d^2 = d$ dağıtım merkezinin sabit maliyeti (TL)

KM_n = n toplama merkezinin kurulum maliyeti (TL)

KM_f^1 = f fabrikasının kurulum maliyeti (TL)

KM_d^2 = d dağıtım merkezinin kurulum maliyeti (TL)

TO = Tamir oranı

YUO = Yeniden üretim oranı

IO = İade oranı

A = Çok büyük bir sayı

Değişkenler

xy_{dmpt} = t döneminde d dağıtım merkezinden m ilçesine giden p yeni ürün miktarı

xg_{dmpt} = t döneminde d dağıtım merkezinden m ilçesine giden geri kazanılmış ürün miktarı

x_{mnpt} = t döneminde m ilçesinden n toplama merkezine bırakılan ürün miktarı

x_{npt}^1 = t döneminde n toplama merkezinde incelenen ürün miktarı

xy_{fpt}^1 = t döneminde f fabrikasında üretilen p yeni ürün miktarı

xy_{fdpt}^2 = t döneminde f fabrikasından d dağıtım merkezine giden p yeni ürün miktarı

xg_{fpt}^2 = t döneminde f fabrikasında üretilen p geri kazanılmış ürün miktarı

xg_{fdpt}^1 = t döneminde f fabrikasından d dağıtım merkezine giden p geri kazanılmış ürün miktarı

Y_n^1 = n toplama noktasının açık olup olmaması

Y_f^2 = f fabrikasının açık olup olmaması

Y_d^3 = d dağıtım merkezinin açık olup olmaması

Amaç Fonksiyonu

Max Z =

$$\begin{aligned}
 & \left(\sum_{D=1}^D \sum_{M=1}^M \sum_{P=1}^P \sum_{T=1}^T \text{SFY}_{pt} * \text{xy}_{dmp\text{pt}} + \sum_{D=1}^D \sum_{M=1}^M \sum_{P=1}^P \sum_{T=1}^T \text{SFG}_{pt} * \text{xg}_{dmp\text{pt}} \right) \\
 & - \left(\sum_{N=1}^N \sum_{P=1}^P \sum_{T=1}^T \text{IM}_{pnt} * \text{x}_{npt}^1 + \sum_{N=1}^N \sum_{F=1}^F \sum_{P=1}^P \sum_{T=1}^T \text{TM}_{pft} * \text{x}_{npt}^1 * \text{TO} + \sum_{N=1}^N \sum_{F=1}^F \sum_{P=1}^P \sum_{T=1}^T \text{DEM}_{pft} \right. \\
 & * (1 - \text{TO}) * \text{x}_{npt}^1 + \sum_{N=1}^N \sum_{F=1}^F \sum_{P=1}^P \sum_{T=1}^T \text{YUM}_{pft} * (1 - \text{TO}) * \text{x}_{npt}^1 * \text{YUO} + \sum_{N=1}^N \sum_{F=1}^F \sum_{P=1}^P \sum_{T=1}^T \text{ATM}_{ft} \\
 & * (1 - \text{TO}) * \text{x}_{npt}^1 * (1 - \text{YUO}) + \sum_{F=1}^F \sum_{P=1}^P \sum_{T=1}^T \text{YNM}_{pft} * \text{xy}_{fpt}^1 + \sum_{N=1}^N \sum_{F=1}^F \sum_{P=1}^P \sum_{T=1}^T \text{BTM}_{pt} * \text{U}_{nf} \\
 & * \text{x}_{npt}^1 + \sum_{F=1}^F \sum_{D=1}^D \sum_{P=1}^P \sum_{T=1}^T \text{BTM}_{pt} * \text{U}_{fd}^1 * \text{xy}_{fdpt}^2 + \sum_{F=1}^F \sum_{N=1}^N \sum_{D=1}^D \sum_{P=1}^P \sum_{T=1}^T \text{BTM}_{pt} * \text{U}_{fd}^1 * \text{x}_{npt}^1 * \text{TO} \\
 & + \sum_{F=1}^F \sum_{D=1}^D \sum_{P=1}^P \sum_{T=1}^T \text{BTM}_{pt} * \text{U}_{fd}^1 * \text{xg}_{fdpt}^1 + \sum_{F=1}^F \sum_{D=1}^D \sum_{M=1}^M \sum_{P=1}^P \sum_{T=1}^T \text{BTM}_{pt} * \text{U}_{dm}^3 * (\text{xy}_{fdpt}^2 - \text{IY}_{pdt}) \\
 & + \sum_{F=1}^F \sum_{D=1}^D \sum_{M=1}^M \sum_{P=1}^P \sum_{T=1}^T \text{BTM}_{pt} * \text{U}_{dm}^3 * (\text{xg}_{fdpt}^1 - \text{IG}_{pdt}) + \sum_{N=1}^N \text{SM}_n * \text{Y}_n^1 + \sum_{F=1}^F \text{SM}_f^1 * \text{Y}_f^2 \\
 & + \sum_{D=1}^D \text{SM}_d^2 * \text{Y}_d^3 + \sum_{N=1}^N \text{KM}_n * \text{Y}_n^1 + \sum_{F=1}^F \text{KM}_f^1 * \text{Y}_f^2 + \sum_{D=1}^D \text{KM}_d^2 * \text{Y}_d^3 \\
 & + \sum_{F=1}^F \sum_{D=1}^D \sum_{M=1}^M \sum_{P=1}^P \sum_{T=1}^T \text{EBMY}_{pdt} * (\text{xy}_{fdpt}^2 - \text{xy}_{dmp\text{pt}}) + \sum_{F=1}^F \sum_{D=1}^D \sum_{M=1}^M \sum_{P=1}^P \sum_{T=1}^T \text{EBMG}_{pdt} * (\text{xg}_{fdpt}^1 \\
 & - \text{xy}_{dmp\text{pt}}) \left. \right) \quad (5.1)
 \end{aligned}$$

(5.1) denklemi, yeni ve geri kazanılmış ürünlerden elde edilen gelirlerden, toplam maliyetleri çıkararak sistemin kârını maksimize etmektedir.

Kısıtlar

$$1 \leq Y_n^1 \leq 4 \quad (5.2)$$

$$1 \leq Y_f^2 \leq 2 \quad (5.3)$$

$$1 \leq Y_d^3 \leq 5 \quad (5.4)$$

$$\sum_{M=1}^M \sum_{P=1}^P x_{mnpt} \leq K_{nt} * Y_n^1 \quad \forall n, t \quad (5.5)$$

$$\sum_{P=1}^P \text{xy}_{fpt}^1 + \sum_{P=1}^P \text{xg}_{fpt}^2 \leq K_{ft}^1 * Y_f^2 \quad \forall f, t \quad (5.6)$$

$$\sum_{F=1}^F \sum_{P=1}^P \text{xy}_{fdpt}^2 + \sum_{F=1}^F \sum_{P=1}^P \text{xg}_{fdpt}^1 \leq K_{dt}^2 * Y_d^3 \quad \forall d, t \quad (5.7)$$

$$x_{mnpt} \leq A * Y_n^1 \quad \forall m, n, p, t \quad (5.8)$$

$$\text{xy}_{fpt}^1 + \text{xg}_{fpt}^2 \leq A * Y_f^2 \quad \forall f, p, t \quad (5.9)$$

$$xy_{fdpt}^2 + xg_{fdpt}^1 \leq A * Y_d^3 \quad \forall f, d, p, t \quad (5.10)$$

$$\sum_{F=1}^F xg_{fdpt}^1 - IG_{pdt} = xg_{dmpt} \quad \forall d, m, p, t \quad (5.11)$$

$$\sum_{F=1}^F xy_{fdpt}^2 - IY_{pdt} = xy_{dmpt} \quad \forall d, m, p, t \quad (5.12)$$

$$\sum_{D=1}^D xy_{dmpt} + xg_{dmpt} = TY_{mpt} \quad \forall m, p, t \quad (5.13)$$

$$\sum_{M=1}^M \sum_{N=1}^N x_{mnpt} = \sum_{M=1}^M AU_{mpt} \quad \forall p, t \quad (5.14)$$

$$\sum_{M=1}^M AU_{mpt} + IO * \sum_{M=1}^M xy_{dmpt-1} = x_{npt}^1 \quad \forall d, n, p, t \quad (5.15)$$

$$\sum_{N=1}^N (1 - TO) * YUO * x_{npt}^1 = xg_{fpt}^2 \quad \forall p, t \quad (5.16)$$

$$\sum_{D=1}^D xy_{fdpt}^2 = xy_{fpt}^1 \quad \forall f, p, t \quad (5.17)$$

$$\sum_{D=1}^D xg_{fdpt}^1 = xg_{fpt}^2 \quad \forall f, p, t \quad (5.18)$$

$$xg_{fpt}^2 \leq \sum_{N=1}^N x_{npt}^1 \quad \forall f, p, t \quad (5.19)$$

$$xy_{dmpt}, xg_{dmpt}, x_{mnpt}, x_{npt}^1, xy_{fpt}^1, xy_{fpt}^2, xg_{fpt}^2, xg_{fdpt}^1 \geq 0 \quad (5.20)$$

$$Y_n^1, Y_f^2, Y_d^3 \in \{0, 1\} \quad (5.21)$$

Kısıt (5.2) toplama merkezlerinin sayısının 1 ile 4 arasında olabileceğini belirtmektedir.

Kısıt (5.3) fabrikaların sayısının 1 ya da 2 olabileceğini belirten kısıttır.

Kısıt (5.4) dağıtım merkezlerinin sayısının 1 ile 5 arasında olabileceğini gösteren kısıttır.

Kısıt (5.5) t döneminde tüm m ilçelerinden her bir n toplama merkezine gelen ürünlerin toplamı, açık olan toplama merkezlerinin kapasitesine eşit ya da küçük olmalıdır.

Kısıt (5.6) t döneminde f fabrikasında üretilen yeni ve geri kazanılmış ürün miktarı, açık olan f fabrikalarının kapasitesine eşit ya da küçük olmalıdır.

Kısıt (5.7) t döneminde tüm fabrikalardan d dağıtım merkezlerine giden ürünlerin açık olan dağıtım merkezlerinin kapasitesine eşit ya da daha küçük olması gerektiğini gösteren kısıttır.

Kısıt (5.8) t döneminde her ilçeden gelen ürünlerin sadece açık olan toplama merkezlerine gelebileceğini gösteren kısıttır.

Kısıt (5.9) t döneminde yeni ve geri kazanılmış ürünlerin sadece açık olan fabrikalarda üretilebileceğini gösterir.

Kısıt (5.10) t döneminde her fabrikadan dağıtım merkezlerine gidecek olan yeni ve geri kazanılmış ürünlerin sadece açık olan dağıtım merkezlerine gönderileceğini gösteren kısıttır.

Kısıt (5.11) t döneminde tüm f fabrikalarından her d dağıtım merkezine gelen geri kazanılmış ürünlerden, dağıtım merkezinde bulunması gereken stok miktarı çıkarılınca, bu miktarın dağıtım merkezlerinden m ilçelerine giden geri kazanılmış ürün miktarına eşit olması gerektiğini gösteren kısıttır.

Kısıt (5.12) t döneminde tüm f fabrikalarından her d dağıtım merkezine gelen yeni ürünlerden, dağıtım merkezinde bulunması gereken stok miktarı çıkarılınca, bu miktarın dağıtım merkezlerinden m ilçelerine giden yeni ürün miktarına eşit olması gerektiğini gösteren kısıttır.

Kısıt (5.13) t döneminde tüm d dağıtım merkezlerinden her ilçeye giden yeni ve geri kazanılmış ürün miktarının her ilçeden gelen ürün talebine eşit olacağını gösteren kısıttır.

Kısıt (5.14) t döneminde m ilçesinden n toplama noktasına gelen ürünlerin toplamının, m ilçelerinden gelen iade ürünlerin toplamına eşit olduğunu gösteren kısıttır.

Kısıt (5.15) t döneminde m ilçelerinden gelen iade ürünler ve t-1 döneminde d dağıtım merkezlerinden m ilçelerine giden ürünlerden iade oranı doğrultusunda geri dönen ürünlerin toplamının, n toplama merkezlerinde incelenen ürünlere eşit olduğunu gösteren kısıttır.

Kısıt (5.16) t döneminde tüm f fabrikalarında üretilen geri kazanılmış ürünlerin toplamının, tüm n toplama merkezlerinde incelenen ürünlerden yeniden üretime giren ürünlerin toplamına eşit olduğunu gösterir.

Kısıt (5.17) t döneminde f fabrikasında üretilen yeni ürünlerin f fabrikasından d dağıtım merkezlerine giden ürünlerin toplamına eşit olduğunu gösteren kısıttır.

Kısıt (5.18) t döneminde f fabrikasında üretilen geri kazanılmış ürünlerin f fabrikasından d dağıtım merkezlerine giden ürünlerin toplamına eşit olduğunu gösteren kısıttır.

Kısıt (5.19) t döneminde f fabrikalarında üretilen geri kazanılmış ürün miktarı, n toplama merkezlerinde incelenen toplam ürün miktarına eşit ya da daha küçük olmalıdır.

Kısıt (5.20) değişkenlerin negatif olmama şartını gösterir.

Kısıt (5.21) toplama merkezi, fabrika ve dağıtım merkezlerinin açık olup olmadığını gösteren 0-1 değişkenleri gösterir.

5.2 Beyaz Eşya Sektöründe Bir Uygulama

5.2.1 Firma Hakkında Kısa Bilgi

Uygulamanın yapıldığı X firması Türkiye'nin önde gelen dayanıklı tüketim malları firmalarından biridir. Firmanın toplam 17000 çalışanı ve 11 üretim tesisi bulunmaktadır. Beyaz eşya, LCD TV ve klima pazarında lider konumdadır. Tüm Türkiye'de 3600 yetkili satıcısı ve 600 satış sonrası servis noktası ile geniş bir hizmet ağına sahiptir. Firmanın İstanbul'da 39 ilçede 270 yetkili bayisi bulunmaktadır.

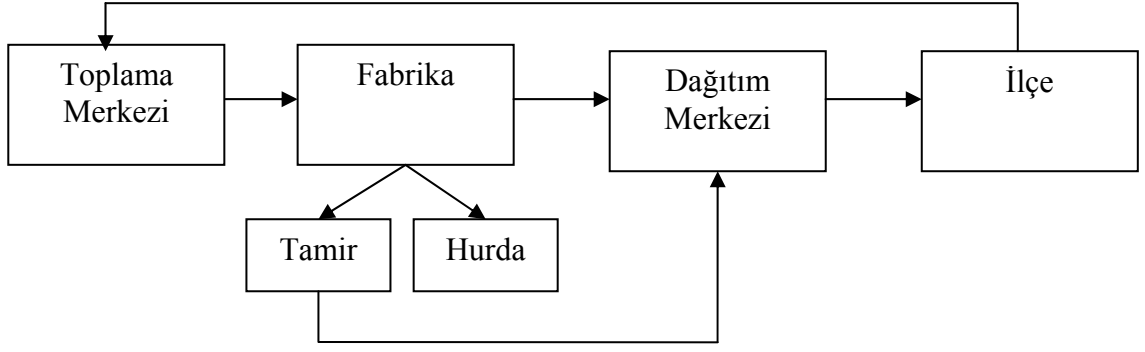
5.2.2 Problemin Tanımı

Bu tez çalışmasında, tasarlanan ileri ve tersine lojistik modelinin uygulaması için buzdolabı ile ilgili bir uygulama ele alınmıştır. Firma tüm Türkiye'deki buzdolabı üretimiyle pazar payının %50'sine hakimdir. Uygulama İstanbul ili için ele alınmıştır. İstanbul'da 39 ilçede toplam 270 adet satış noktası bulunmaktadır. Ancak problemde ürünlerin geri dönüşleri, yeni ve tamir olan ürünlerin satış noktalarına ulaştırılması ilçeler bazında ele alınmıştır. Her bir ilçeden gelen ürünler ve her bir ilçeye gönderilmesi gereken toplam ürün miktarı belirtilmiştir.

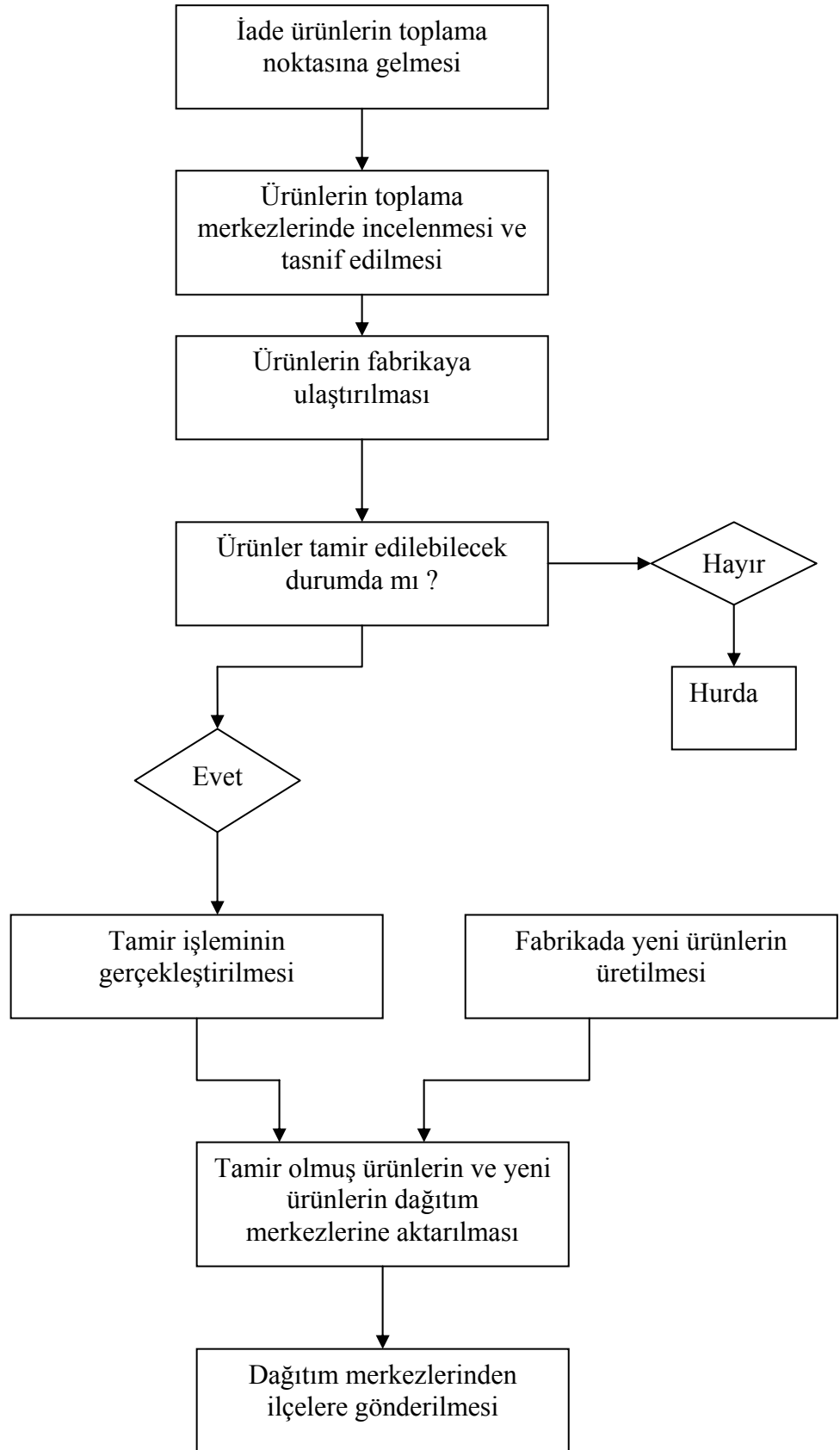
Müşterilere ulaşan buzdolaplarının bir kısmı nakliye sırasında hasar görmesinden bir kısmı da teknik nedenlerden ötürü bozuk çıkabilmektedir. Bozuk veya hasarlı ürünler müşteriler tarafından aldıkları ilçedeki satış noktasına iade edilmektedir. İade olan ürünler ilçelerden toplama merkezine gelmektedir. Toplama merkezinde ürünler incelenmektedir ve tamir olabilecek durumda olan ürünler belirlenmektedir. Toplama merkezinden fabrikaya gelen ürünlerden hafif hasarlı durumda olan ürünler (kapısında çizik vb.), tamir edilmektedir. Tamir edilen ürünler revizyonlu ürünler sınıfına dahil olurlar ve %40 indirimli olarak satılırlar. Daha büyük oranda hasarlı olan ürünler firmanın kalite politikası gereği hiçbir şekilde yeniden üretim hattına girmez ve direk hurdaya atılır. Fabrikada üretilen yeni buzdolapları ve tamir olan buzdolapları fabrikadan dağıtım merkezlerine gönderilmektedir. Dağıtım merkezlerinden de ilçelerdeki talepler doğrultusunda ilçelere ulaştırılmaktadır.

5.2.3 Uygulamanın Amacı

Oluşturulan modelin çözümü ile müşterilerin talepleri karşılanmak koşuluyla potansiyel toplama merkezi, fabrika ve dağıtım merkezlerinden hangilerinin açılması gerektiği sistemin karı maksimize edilerek hesaplanacaktır. Bu hesaplamaları yapabilmek için model, karma tamsayılı doğrusal programlama modeli (MILP) olarak oluşturulmuştur ve bu model GAMS optimizasyon programı kullanılarak çözülmüştür.



Şekil 5.2 Beyaz eşya sektörü için ileri ve tersine (hibrit) lojistik sistem yapısı



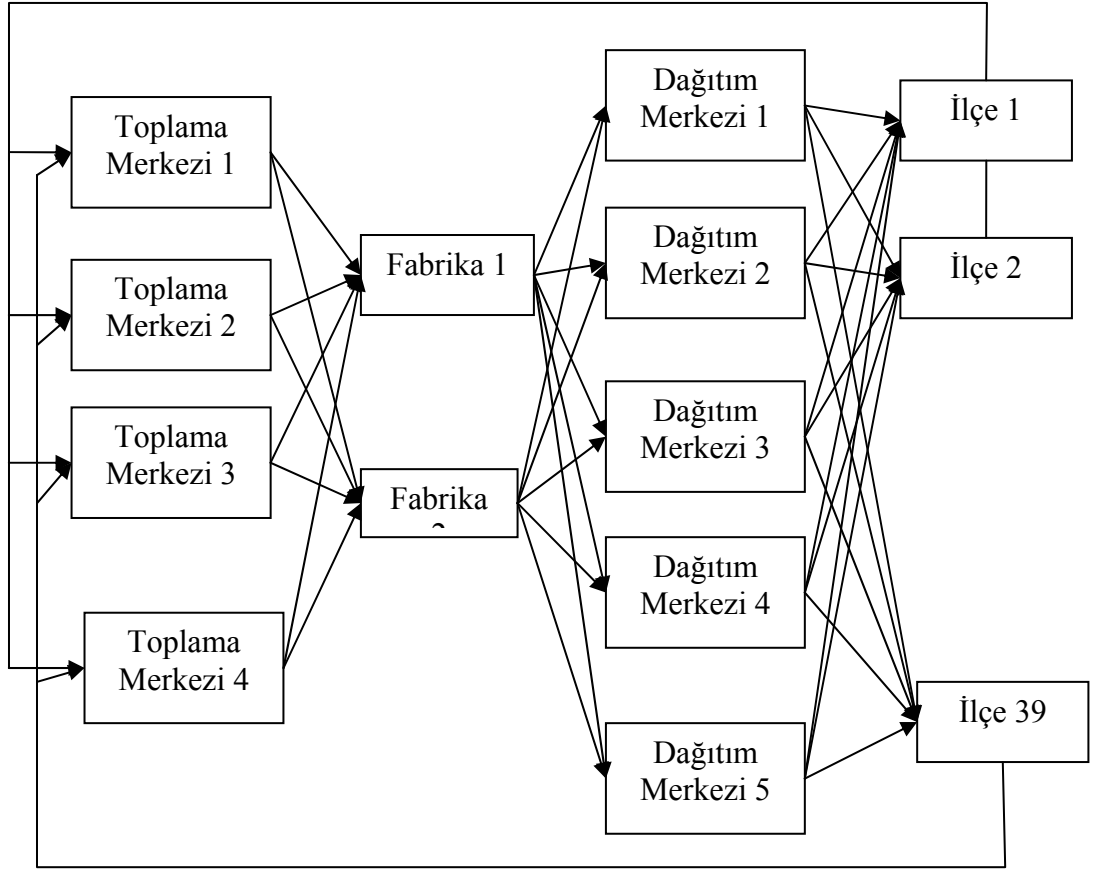
Şekil 5.3 Modelin akış şeması

5.2.4 Kabuller

- Uygulama yaptığımız firmada yeniden üretim yapılmadığı için yeniden üretim oranı $YUO = 0$ alınmıştır.
- Geri dönüştürülen ürün miktarı sadece tamir olan ürün miktarına eşittir.

5.3 Veriler

Başlangıçta potansiyel olarak açılabilcek 4 toplama merkezi, 2 fabrika ve 5 dağıtım merkezi bulunmaktadır. Buzdolaplarının gönderileceği ilçe sayısı ise 39'dur.



Şekil 5.4 Potansiyel toplama merkezi, fabrika ve dağıtım merkezlerinin yapısı

Toplama merkezine gelen ürünler, bir önceki dönemde müşterilere giden ürünlerden iade oranı kadar geri dönen ürün miktarı ve daha önceden alınıp belli bir kullanım sonunda bozulan ve iade edilen ürün miktarlarının toplamıdır. Fabrikada kalite standartları gereği yeniden imalat yapılmamaktadır. Dolayısıyla tamir olan ürünler fabrikada geri kazanılmış ürün miktarına eşittir.

Çizelge 5.1 potansiyel toplama merkezi, fabrika ve dağıtım merkezlerinin sabit maliyetlerini göstermektedir.

Çizelge 5.2’de ise kurulum maliyetleri yer almaktadır.

Çizelge 5.1 Sabit maliyetler

Sabit maliyet (TL)	
Toplama merkezi 1	20000
Toplama merkezi 2	15000
Toplama merkezi 3	25000
Toplama merkezi 4	12000
Fabrika 1	4000000
Fabrika 2	5000000
Dağıtım merkezi 1	500000
Dağıtım merkezi 2	600000
Dağıtım merkezi 3	500000
Dağıtım merkezi 4	600000
Dağıtım merkezi 5	100000

Çizelge 5.2 Kurulum maliyetleri

Kurulum maliyeti (TL)	
Toplama merkezi 1	500000
Toplama merkezi 2	600000
Toplama merkezi 3	550000
Toplama merkezi 4	450000
Fabrika 1	15000000
Fabrika 2	10000000
Dağıtım merkezi 1	1500000
Dağıtım merkezi 2	1200000
Dağıtım merkezi 3	1250000
Dağıtım merkezi 4	1400000
Dağıtım merkezi 5	1000000

Çizelge 5.3, toplama merkezlerinde buzdolaplarının inceleme maliyetlerini göstermektedir.

Çizelge 5.3 İnceleme maliyeti

İnceleme maliyeti (Ocak – Aralık) (TL)	
Toplama merkezi 1	15
Toplama merkezi 2	12
Toplama merkezi 3	18
Toplama merkezi 4	15

Çizelge 5.4, buzdolabının fabrikalardaki tamir maliyetini göstermektedir.

Çizelge 5.4 Tamir maliyeti

Tamir maliyeti (Ocak – Aralık) TL	
Fabrika 1	100
Fabrika 2	90

Çizelge 5.5, fabrikalarda bir adet yeni buzdolabının üretim maliyetini göstermektedir.

Çizelge 5.5 Yeni ürün üretme maliyeti

Yeni ürün üretme maliyeti (Ocak – Aralık) TL	
Fabrika 1	700
Fabrika 2	600

Çizelge 5.6 yeni bir buzdolabını elde bulundurma maliyetini göstermektedir.

Çizelge 5.6 Yeni ürün elde bulundurma maliyeti

Yeni ürün elde bulundurma maliyeti (Ocak – Aralık) (YTL)	
Dağıtım merkezi 1	10
Dağıtım merkezi 2	10
Dağıtım merkezi 3	10
Dağıtım merkezi 4	10
Dağıtım merkezi 5	10

Çizelge 5.7 Geri kazanılmış ürünlerin elde bulundurma maliyeti

Geri kazanılmış ürün elde bulundurma maliyeti (Ocak – Aralık) (YTL)	
Dağıtım merkezi 1	10
Dağıtım merkezi 2	10
Dağıtım merkezi 3	10
Dağıtım merkezi 4	10
Dağıtım merkezi 5	10

Çizelge 5.8, toplama merkezi, fabrika ve dağıtım merkezlerinin kapasitelerini göstermektedir.

Çizelge 5.8 Kapasite miktarları

Kapasite miktarları (Ocak – Aralık) (adet)	
Toplama merkezi 1	300
Toplama merkezi 2	200
Toplama merkezi 3	30
Toplama merkezi 4	30
Fabrika 1	80000
Fabrika 2	100000
Dağıtım merkezi 1	4000
Dağıtım merkezi 2	1000
Dağıtım merkezi 3	2000
Dağıtım merkezi 4	2000
Dağıtım merkezi 5	2000

Çizelge 5.9’da toplama merkezi ve fabrika arası mesafe gösterilmiştir.

Çizelge 5.9 Toplama merkezi ve fabrikalar arası mesafe

Toplama merkezi ve fabrikalar arası mesafe (km)		
	Fabrika 1	Fabrika 2
Toplama merkezi 1	30	10
Toplama merkezi 2	25	45
Toplama merkezi 3	35	60
Toplama merkezi 4	50	20

Çizelge 5.10 Fabrika ve dağıtım merkezi arası mesafeler

Fabrika ve dağıtım merkezi arası mesafeler (km)					
	Dağıtım merkezi 1	Dağıtım merkezi 2	Dağıtım merkezi 3	Dağıtım merkezi 4	Dağıtım merkezi 5
Fabrika 1	50	15	30	25	10
Fabrika 2	53	25	40	35	12

Çizelge 5.11 Toplama ve dağıtım merkezi arası mesafeler

Toplama ve dağıtım merkezi arası mesafeler (km)					
	Dağıtım merkezi 1	Dağıtım merkezi 2	Dağıtım merkezi 3	Dağıtım merkezi 4	Dağıtım merkezi 5
Toplama merkezi 1	15	18	30	25	10
Toplama merkezi 2	19	15	25	22	14
Toplama merkezi 3	20	17	27	24	26
Toplama merkezi 4	22	20	30	26	35

Çizelge 5.12 İlçelerden geri dönen iade ürünler

İlçe No	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	2	4	2	1	1	1	5	3	3	2	2	5
2	4	5	1	4	5	1	10	3	1	1	1	8
3	6	2	2	1	3	0	0	1	1	11	4	7
4	8	10	12	5	8	3	6	3	3	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	2	3	2	2	2	5	4	3	3	2
7	2	3	1	1	1	2	2	0	1	0	2	2
8	1	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0
9	2	2	1	1	2	0	2	1	1	0	0	0
10	3	4	2	3	4	2	3	2	3	2	2	1
11	1	0	0	0	2	2	3	2	2	2	2	0
12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
13	2	0	0	0	2	2	2	2	3	1	0	0
14	2	2	4	2	4	2	1	0	3	0	1	1
15	1	1	2	2	2	1	0	0	0	1	0	0
16	0	0	1	0	2	1	1	0	0	1	1	1
17	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
19	1	2	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1
20	2	2	4	2	4	5	6	2	3	1	3	2
21	0	2	3	1	3	3	4	2	2	4	0	1
22	2	2	0	0	2	3	2	2	1	3	2	1
23	4	2	2	4	8	10	7	6	7	4	6	3
24	1	0	0	1	2	2	1	0	0	1	0	0
25	2	2	3	2	1	1	2	3	1	0	2	2
26	1	2	3	3	6	6	3	4	4	3	3	4
27	4	2	2	1	0	2	3	1	0	3	2	0
28	4	2	4	2	2	0	6	2	6	4	4	2
29	2	1	1	3	2	4	2	1	0	3	2	2
30	3	3	2	3	2	6	2	4	2	1	6	4
31	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
32	2	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0
33	4	4	3	4	2	3	2	2	2	2	2	2
34	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
35	2	2	3	3	4	2	2	4	3	1	0	1
36	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
37	3	3	4	2	1	3	4	1	2	4	4	2
38	2	2	2	4	4	2	3	4	4	2	3	3
39	2	2	3	2	1	3	3	2	2	1	1	2

Çizelge 5.13 Yeni ürün talep miktarları

İlçe No	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	20	20	20	10	20	10	20	20	20	20	20	20
2	40	40	40	40	30	40	40	40	40	40	30	30
3	200	200	160	190	170	190	200	150	150	160	170	150
4	90	100	90	100	100	100	80	80	80	80	80	90
5	200	250	220	210	230	260	270	250	210	200	210	200
6	220	230	240	250	260	270	260	230	200	210	200	210
7	130	130	130	120	120	150	160	160	120	120	120	100
8	60	50	50	60	60	60	70	60	50	50	40	50
9	150	150	160	160	170	180	180	190	170	150	130	120
10	200	200	210	220	220	230	240	220	200	180	190	180
11	70	80	70	70	80	80	90	90	80	70	60	70
12	20	20	20	20	30	30	30	40	30	20	20	20
13	90	100	90	90	90	100	110	100	100	90	90	80
14	80	80	80	90	90	100	110	110	80	90	80	80
15	50	40	50	50	50	70	70	70	70	60	70	60
16	30	30	20	30	30	30	40	40	40	40	20	30
17	90	90	100	80	90	100	110	100	100	90	80	80
18	20	30	30	30	40	50	60	50	40	30	30	20
19	150	160	160	160	170	180	210	190	160	160	160	140
20	210	210	220	190	230	230	230	220	180	190	170	170
21	190	200	200	200	210	240	230	220	210	180	190	170
22	160	170	150	160	170	200	200	200	190	160	140	150
23	350	340	350	320	330	410	400	400	330	360	330	320
24	160	160	160	150	160	180	180	170	160	130	140	140
25	170	180	180	170	190	210	200	180	180	170	170	140
26	290	270	250	290	310	340	300	260	270	220	240	280
27	130	130	120	120	140	150	110	140	150	130	130	160
28	210	200	200	200	210	240	270	210	220	200	180	210
29	70	70	80	80	90	110	130	100	80	80	90	70
30	150	150	110	140	120	160	170	150	130	130	110	120
31	30	40	30	30	20	40	40	40	20	20	20	30
32	50	50	50	50	60	70	80	80	80	50	60	60
33	220	230	230	240	240	300	290	260	220	220	230	230
34	70	70	80	70	90	110	80	90	90	70	70	60
35	130	120	110	100	120	140	110	110	120	130	90	90
36	50	40	60	60	60	70	70	80	60	50	50	60
37	170	170	180	190	200	210	210	210	200	200	170	160
38	250	250	250	250	260	260	220	220	240	240	240	230
39	100	100	120	130	140	160	160	120	110	100	120	130

Çizelge 5.14 Tamir olmuş ürün talebi

İlçe No	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	2	4	2	1	1	1	5	3	3	2	2	5
2	4	5	1	4	5	1	8	3	1	1	1	6
3	6	2	2	1	3	0	0	1	1	4	4	7
4	8	10	12	5	6	3	6	3	3	2	0	0
5	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
6	0	0	2	3	2	2	2	5	4	3	3	4
7	4	3	1	1	1	2	2	0	1	0	2	2
8	1	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0
9	2	2	1	1	2	0	2	1	1	0	0	0
10	3	4	2	3	4	2	3	2	3	2	2	1
11	1	0	0	0	2	2	3	2	2	2	2	0
12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
13	2	0	0	0	2	2	2	2	3	1	0	0
14	2	2	4	2	4	2	1	0	3	0	1	1
15	1	1	2	2	2	1	0	0	0	1	0	0
16	0	0	1	0	2	1	1	0	0	1	1	1
17	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
19	1	2	2	1	0	0	1	1	0	0	0	1
20	2	2	4	2	4	5	6	2	3	1	3	2
21	0	2	3	1	3	3	4	2	2	4	0	1
22	2	2	0	0	2	3	2	2	1	3	2	1
23	4	2	2	4	8	10	7	6	7	4	6	3
24	1	0	0	1	2	2	1	0	0	1	0	0
25	2	2	3	2	1	1	2	3	1	0	2	2
26	1	2	3	3	6	6	3	4	4	3	3	4
27	4	2	2	1	0	2	3	1	0	3	2	0
28	4	2	4	2	2	0	6	2	6	4	4	2
29	2	1	1	3	2	4	2	1	0	3	2	2
30	3	3	2	3	2	6	2	4	2	1	6	4
31	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
32	2	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0
33	4	4	3	4	2	3	2	2	2	2	2	2
34	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
35	2	2	3	3	4	2	2	4	3	1	0	1
36	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
37	3	3	4	2	1	3	4	1	2	4	4	2
38	2	2	2	4	4	2	3	4	4	2	3	3
39	2	2	3	2	1	3	3	2	2	1	1	2

5.4 Modelin Çözümü

Modelin çözümünde bir adet yeni buzdolabının satış fiyatı 2058 TL, tamir olmuş bir adet buzdolabının fiyatı %40 indirimli olarak 1200 TL olarak alınmıştır. Ayrıca bir ürünü bir km taşımanın birim maliyeti de 10 TL olarak hesaplanmıştır.

Problemin uygulamasında yeniden imalat olmadığı için eşitlik (5.1)'de oluşturulan ve içinde yeniden imalat adımlarını da içeren genel model yapısı içinde bulunan demontaj maliyeti, yeniden üretim maliyeti gibi değerler "0" alınmıştır. Modelin çözümü için de bazı kısıtlarda değişiklik yapılmıştır.

$$\sum_{D=1}^D xy_{dmpt} = TY_{mpt} \quad \forall m, t, p \quad (5.22)$$

$$\sum_{D=1}^D xg_{dmpt} = TG_{mpt} \quad \forall m, t, p \quad (5.23)$$

$$\sum_{F=1}^F xg_{fpt}^2 = \sum_{N=1}^N X_{npt}^1 * TO \quad \forall p, t \quad (5.24)$$

Kısıt (5.22), her t döneminde tüm dağıtım merkezlerinden her ilçeye giden yeni ürün miktarının, her ilçedeki yeni ürün talebine eşit olduğunu gösterir.

Kısıt (5.23), her t döneminde tüm dağıtım merkezlerinden her ilçeye giden tamir olmuş ürün miktarının, her ilçedeki tamir olmuş ürün talebine eşit olduğunu gösterir.

Bu iki kısıt sayesinde yeni ve tamir olmuş ürün talepleri birbirinden ayrılmıştır.

Kısıt (5.24), her t döneminde tamir olmuş ürün miktarının tüm fabrikalarda üretilen geri kazanılmış ürün miktarına eşit olduğunu gösterir.

Oluşturulan karma tamsayılı doğrusal programlama modeli GAMS/CPLEX 9.0 optimizasyon programı kullanılarak çözülmüştür.

5.4.1 IO = 0.05 ve TO = 0.9 için Modelin Çözümü

İlk durumda iade oranının 0.05 ve tamir oranının 0.9 olduğu durum için program çalıştırılmıştır. Programın çalışması sonucunda 1 adet toplama merkezi, 1 adet fabrika ve 5 adet dağıtım merkezinin açılması gerektiği belirlenmiştir. Sistemin kârı 365.863,514 TL olarak hesaplanmıştır.

```

---- VAR Y1 toplama noktasinin acik olmasi

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

toplama1      .      1.000      1.000 -5.200E+5
toplama2      .      .      1.000 -6.150E+5
toplama3      .      .      1.000 -5.750E+5
toplama4      .      .      1.000 -4.620E+5

---- VAR Y2 fabrikanin acik olmasi

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

fabrika1      .      .      1.000 -1.900E+7
fabrika2      .      1.000      1.000 -1.500E+7

---- VAR Y3 dagitim merkezinin acik olmasi

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

dagitim1      .      1.000      1.000 -2.000E+6
dagitim2      .      1.000      1.000 -1.800E+6
dagitim3      .      1.000      1.000 -1.750E+6
dagitim4      .      1.000      1.000 -2.000E+6
dagitim5      .      1.000      1.000 -1.100E+6

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

---- VAR Z

      -INF      3.6586E+5      +INF      .

Z toplam kar

```

Şekil 5.5 Durum 1 için sonuçlar

5.4.2 IO = 0.03 ve TO = 0.9 için Modelin Çözümü

İkinci durumda iade oranı 0.03 ve tamir oranı 0.9 alınarak program çalıştırılmıştır. Sonuçta 1 adet toplama merkezi, 1 adet fabrika ve 5 adet dağıtım merkezinin açılması gerektiği belirlenmiştir. Bu durumda sistemin kârı 2.524.016,314 TL'dir.

gamside: C:\WINDOWS\gamsdir\project.gpr - [C:\WINDOWS\gamsdir\Untitled_22.lst]

File Edit Search Windows Utilities Help

100

Untitled_22.log Untitled_22.lst Untitled_22.gms

```

---- V&R Y1  toplama noktasinin acik olmasi

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

toplama1      .      1.000      1.000 -5.200E+5
toplama2      .      .      1.000 -6.150E+5
toplama3      .      .      1.000 -5.750E+5
toplama4      .      .      1.000 -4.620E+5

---- V&R Y2  fabrikanin acik olmasi

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

fabrika1      .      .      1.000 -1.900E+7
fabrika2      .      1.000      1.000 -1.500E+7

---- V&R Y3  dagitim merkezinin acik olmasi

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

dagitim1      .      1.000      1.000 -2.000E+6
dagitim2      .      1.000      1.000 -1.800E+6
dagitim3      .      1.000      1.000 -1.750E+6
dagitim4      .      1.000      1.000 -2.000E+6
dagitim5      .      1.000      1.000 -1.100E+6

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

---- V&R Z

      -INF      2.5240E+6      +INF      .

Z  toplam kar

```

1: 1 Read Only Insert

Şekil 5.6 Durum 2 için sonuçlar

5.4.3 IO = 0.01 ve TO = 0.9 için Modelin Çözümü

3.durumda ise iade oranı 0.01 ve tamir oranı yine 0.9 alınmıştır. Programın çalıştırılması sonucunda yine 1 adet toplama merkezi, 1 adet fabrika ve 5 adet dağıtım merkezi açılması gerektiği sonucu elde edilmiştir. Bu durumda sistemin kârı 4.682.169,114 TL olarak bulunmuştur.

---- VAR Y1 toplama noktasinin acik olmasi				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
toplama1	.	1.000	1.000	-5.200E+5
toplama2	.	.	1.000	-6.150E+5
toplama3	.	.	1.000	-5.750E+5
toplama4	.	.	1.000	-4.620E+5

---- VAR Y2 fabrikanin acik olmasi				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
fabrika1	.	.	1.000	-1.900E+7
fabrika2	.	1.000	1.000	-1.500E+7

---- VAR Y3 dagitim merkezinin acik olmasi				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
dagitim1	.	1.000	1.000	-2.000E+6
dagitim2	.	1.000	1.000	-1.800E+6
dagitim3	.	1.000	1.000	-1.750E+6
dagitim4	.	1.000	1.000	-2.000E+6
dagitim5	.	1.000	1.000	-1.100E+6

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR Z	-INF	4.6822E+6	+INF	.
Z toplam kar				

Şekil 5.7 Durum 3 için sonuçlar

5.4.4 IO = 0.05 ve TO = 0.5 için Modelin Çözümü

Bu durumda da iade oranı 0.05 alınmış, fakat tamir oranı 0.5'e gerilemiştir. Bu durumda program çalıştırıldığında yine 1 adet toplama noktası, 1 adet fabrika ve 5 adet dağıtım merkezi açılması gerektiği belirlenmiştir. Sistemin toplam kârı 5.901.607,514 TL'dir.

```

---- VAR Y1  toplama noktasinin acik olmasi

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

toplama1      .      1.000      1.000 -5.200E+5
toplama2      .      .      1.000 -6.150E+5
toplama3      .      .      1.000 -5.750E+5
toplama4      .      .      1.000 -4.620E+5

---- VAR Y2  fabrikanin acik olmasi

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

fabrika1      .      .      1.000 -1.900E+7
fabrika2      .      1.000      1.000 -1.500E+7

---- VAR Y3  dagitim merkezinin acik olmasi

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

dagitim1      .      1.000      1.000 -2.000E+6
dagitim2      .      1.000      1.000 -1.800E+6
dagitim3      .      1.000      1.000 -1.750E+6
dagitim4      .      1.000      1.000 -2.000E+6
dagitim5      .      1.000      1.000 -1.100E+6

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

---- VAR Z

      -INF  5.9016E+6  +INF      .

Z  toplam kar

```

Şekil 5.8 Durum 4 için sonuçlar

5.4.5 IO = 0.06 ve TO = 0.95 için Modelin Çözümü

Bu durumda ilk duruma göre hem iade oranı hem de tamir oranı azaltılmıştır. İade oranı 0.03 ve tamir oranı 0.5 alınmıştır. Sonuçta toplama merkezi 1, fabrika 2 ve tüm dağıtım merkezleri açılmalıdır. Sistemin kârı 7.163.350,714 TL'dir.

gamside: C:\WINDOWS\gamsdir\project.gpr - [C:\WINDOWS\gamsdir\iki parametre artarsa.lst]					
File Edit Search Windows Utilities Help					
100 {a}					
iki parametre artarsa.gms iki parametre artarsa.log iki parametre artarsa.lst					
<pre> ---- VAR Y1 toplama noktasinin acik olmasi LOWER LEVEL UPPER MARGINAL toplama1 . 1.000 1.000 -5.200E+5 toplama2 . . 1.000 -6.150E+5 toplama3 . . 1.000 -5.750E+5 toplama4 . . 1.000 -4.620E+5 ---- VAR Y2 fabrikanin acik olmasi LOWER LEVEL UPPER MARGINAL fabrika1 . . 1.000 -1.900E+7 fabrika2 . 1.000 1.000 -1.500E+7 ---- VAR Y3 dagitim merkezinin acik olmasi LOWER LEVEL UPPER MARGINAL dagitim1 . 1.000 1.000 -2.000E+6 dagitim2 . 1.000 1.000 -1.800E+6 dagitim3 . 1.000 1.000 -1.750E+6 dagitim4 . 1.000 1.000 -2.000E+6 dagitim5 . 1.000 1.000 -1.100E+6 LOWER LEVEL UPPER MARGINAL ---- VAR Z -INF 7.1634E+6 +INF . Z toplam kar </pre>					

Şekil 5.9 Durum 5 için sonuçlar

5.4.6 IO = 0.06 ve TO = 0.95 için Modelin Çözümü

Bu durumda hem iade oranı, hem de tamir oranı değerleri artırılarak sonuçlar incelenmiştir. Sonuçta toplama merkezi 1, fabrika 2 ve tüm dağıtım merkezlerinin açılması gerektiği bulunmuştur. Fakat bu durumda sistem zarar etmektedir. Sistemin zararı -1.461.206,485 TL'dir.

gamside: C:\WINDOWS\gamsdir\project.gpr - [C:\WINDOWS\gamsdir\iki parametre artarsa.lst]

File Edit Search Windows Utilities Help

100 {a}

iki parametre artarsa.gms iki parametre artarsa.log iki parametre artarsa.lst

```

---- VAR Y1 toplama noktasinin acik olmasi

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

toplama1      .      1.000      1.000 -5.200E+5
toplama2      .      .      1.000 -6.150E+5
toplama3      .      .      1.000 -5.750E+5
toplama4      .      .      1.000 -4.620E+5

---- VAR Y2 fabrikanin acik olmasi

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

fabrika1      .      .      1.000 -1.900E+7
fabrika2      .      1.000      1.000 -1.500E+7

---- VAR Y3 dagitim merkezinin acik olmasi

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

dagitim1      .      1.000      1.000 -2.000E+6
dagitim2      .      1.000      1.000 -1.800E+6
dagitim3      .      1.000      1.000 -1.750E+6
dagitim4      .      1.000      1.000 -2.000E+6
dagitim5      .      1.000      1.000 -1.100E+6

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

---- VAR Z      -INF -1.461E+6      +INF      .

Z toplam kar

```

Şekil 5.10 Durum 6 için sonuçlar

5.4.7 IO = 0.05 ve TO = 1 için Modelin Çözümü

Bu durumda iade oranı 0.05 alınmış, buna karşılık tamir oranı 1 alınmıştır. Bu da iade olarak gelen ürünlerin tamamının tamir olduğu ve hiç hurdaya gitmediği anlamına gelmektedir. Bu durumda yine toplam merkezi 1, fabrika 2 ve tüm dağıtım merkezleri açık olmalıdır. Bu durumda da sitem zarar etmektedir. Sistemin zararı -1.018.072,485 TL'dir.

```

---- VAR Y1  toplama noktasinin acik olmasi

          LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

toplama1    .          1.000      1.000 -5.200E+5
toplama2    .          .          1.000 -6.150E+5
toplama3    .          .          1.000 -5.750E+5
toplama4    .          .          1.000 -4.620E+5

---- VAR Y2  fabrikanin acik olmasi

          LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

fabrika1    .          .          1.000 -1.900E+7
fabrika2    .          1.000      1.000 -1.500E+7

---- VAR Y3  dagitim merkezinin acik olmasi

          LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

dagitim1    .          1.000      1.000 -2.000E+6
dagitim2    .          1.000      1.000 -1.800E+6
dagitim3    .          1.000      1.000 -1.750E+6
dagitim4    .          1.000      1.000 -2.000E+6
dagitim5    .          1.000      1.000 -1.100E+6

          LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

---- VAR Z

          -INF  -1.018E+6      +INF      .

Z  toplam kar

```

Şekil 5.11 Durum 7 için sonuçlar

5.4.8 IO = 0.05 ve TO = 0 için Modelin Çözümü

Bu durum, iade oranının 0.05 buna karşılık tamir oranının 0 olduğu durumdur. Gelen iade ürünlerin hiç biri tamir edilmemekte ve tamamı hurdaya atılmaktadır. Bu durumda da toplama merkezi 1, fabrika 2 ve tüm dağıtım merkezleri açılmalıdır. Sistemin toplam kârı 11.797.183,514 TL'dir.

gamside: C:\WINDOWS\gamsdir\project.gpr - [C:\WINDOWS\gamsdir\iki parametre artarsa.lst]

File Edit Search Windows Utilities Help

100 {a}

iki parametre artarsa Find (Ctrl+F) parametre artarsa.log iki parametre artarsa.lst

```

---- VAR Y1 toplama noktasinin acik olmasi

          LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

toplama1      .          1.000      1.000 -5.200E+5
toplama2      .          .          1.000 -6.150E+5
toplama3      .          .          1.000 -5.750E+5
toplama4      .          .          1.000 -4.620E+5

---- VAR Y2 fabrikanin acik olmasi

          LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

fabrika1      .          .          1.000 -1.900E+7
fabrika2      .          1.000      1.000 -1.500E+7

---- VAR Y3 dagitim merkezinin acik olmasi

          LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

dagitim1      .          1.000      1.000 -2.000E+6
dagitim2      .          1.000      1.000 -1.800E+6
dagitim3      .          1.000      1.000 -1.750E+6
dagitim4      .          1.000      1.000 -2.000E+6
dagitim5      .          1.000      1.000 -1.100E+6

          LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

---- VAR Z          -INF  1.1797E+7      +INF      .

Z toplam kar

```

Şekil 5.12 Durum 8 için sonuçlar

5.4.9 IO = 0 ve TO = 0 için Modelin Çözümü

Bu durumda iade oranı 0 olarak alınmıştır. İade oranı sıfır olarak alınınca tamir de yapılmamaktadır. Toplama merkezi 1, fabrika 2 ve sadece dağıtım merkezi 5'in açılması uygundur. Bu durumda sistem kârı 26.920.370 TL'dir.

IDE gamside: C:\WINDOWS\gamsdir\project.gpr - [C:\WINDOWS\gamsdir\iki parametre artarsa.lst]

File Edit Search Windows Utilities Help

100

iki parametre artarsa.gms iki parametre artarsa.log iki parametre artarsa.lst

```

---- VAR Y1 toplama noktasinin acik olmasi

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

toplama1      .          1.000      1.000 -5.200E+5
toplama2      .          .          1.000 -6.150E+5
toplama3      .          .          1.000 -5.750E+5
toplama4      .          .          1.000 -4.620E+5

---- VAR Y2 fabrikanin acik olmasi

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

fabrika1      .          .          1.000 -1.900E+7
fabrika2      .          1.000      1.000 -1.500E+7

---- VAR Y3 dagitim merkezinin acik olmasi

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

dagitim1      .          .          1.000 -2.000E+6
dagitim2      .          .          1.000 -1.800E+6
dagitim3      .          .          1.000 -1.750E+6
dagitim4      .          .          1.000 -2.000E+6
dagitim5      .          1.000      1.000 -1.100E+6

      LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL

---- VAR Z      -INF  2.6920E+7      +INF      .

Z toplam kar

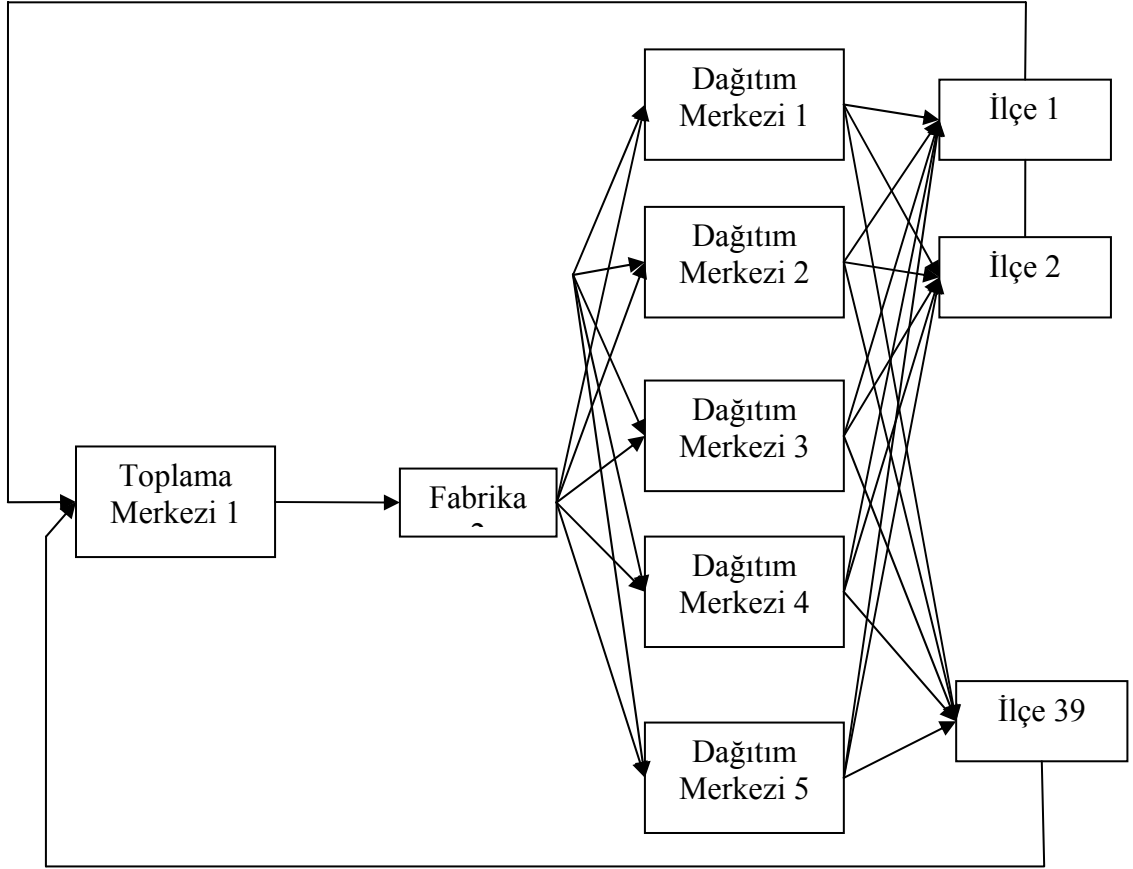
```

Şekil 5.13 Durum 9 için sonuçlar

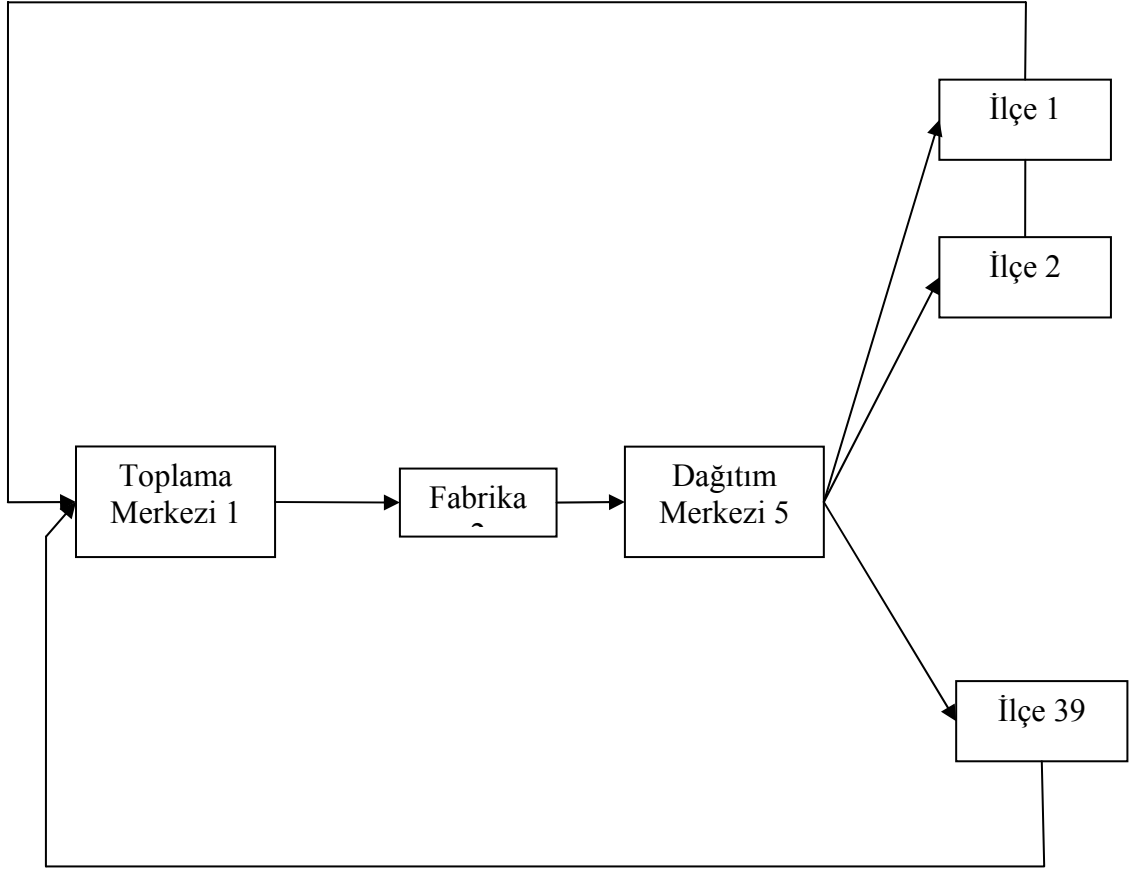
Oluşturulan 9 farklı durumdan ilk 8 tanesi için 1 adet toplama merkezi, 1 adet fabrika ve 5 adet dağıtım merkezinin açılması gerekmektedir. 7 durum için de toplama merkezi 1, fabrika 2 ve tüm dağıtım merkezleri açılacaktır. Son durumda ($IO = 0$ ve $TO = 0$) yine toplama merkezi 1, fabrika 2 buna karşılık sadece dağıtım merkezi 5 açılacaktır. Çizelge 5.15 toplu olarak açılacak merkezleri ve sistem kârını göstermektedir. Şekil 5.14 ve Şekil 5.15 ise optimal sistem akışını göstermektedir.

Çizelge 5.15 9 farklı durum için sonuçlar

	Toplama merkezi	Fabrika	Dağıtım Merkezi	Z (TL)
IO = 0.05 TO = 0.9	Toplama merkezi 1	Fabrika 2	Tüm dağıtım merkezleri	365.863,514 TL
IO = 0.03 TO = 0.9	Toplama merkezi 1	Fabrika 2	Tüm dağıtım merkezleri	2.524.016,314 TL
IO = 0.01 TO = 0.9	Toplama merkezi 1	Fabrika 2	Tüm dağıtım merkezleri	4.682.169,114 TL
IO = 0.05 TO = 0.5	Toplama merkezi 1	Fabrika 2	Tüm dağıtım merkezleri	5.901.607,514 TL
IO = 0.03 TO = 0.5	Toplama merkezi 1	Fabrika 2	Tüm dağıtım merkezleri	7.163.350,714 TL
IO = 0.06 TO = 0.95	Toplama merkezi 1	Fabrika 2	Tüm dağıtım merkezleri	-1.461.206,485 TL
IO = 0.05 TO = 1	Toplama merkezi 1	Fabrika 2	Tüm dağıtım merkezleri	-1.018.072,485 TL
IO = 0.05 TO = 0	Toplama merkezi 1	Fabrika 2	Tüm dağıtım merkezleri	11.797.183,514 TL
IO = 0 TO = 0	Toplama merkezi 1	Fabrika 2	Dağıtım merkezi 5	26.920.370,00 TL



Şekil 5.14 İlk 8 durum için optimal toplama merkezi, fabrika ve dağıtım merkezi sayısı ve akışı



Şekil 5.15 Son durum ($IO = 0$ ve $TO = 0$) için optimal toplama merkezi, fabrika ve dağıtım merkezi sayısı ve akışı

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında öncelikle ileri ve tersine lojistiği içeren bir ağ yapısı geliştirilmiştir. Daha sonra geliştirilen bu yapı için genel bir karma tamsayılı doğrusal programlama modeli kurulmuştur. Oluşturulan bu modelin uygulaması buzdolabı örneği için yapılmıştır. Geliştirilen genel model buzdolabı uygulaması için uyarlanmıştır. Oluşturulan modelin amacı müşterilerden gelen yeni ve tamir olmuş ürün taleplerini karşılayacak şekilde sistemin kârını maksimize eden toplama merkezi, fabrika ve dağıtım merkezlerini belirlemektir. Model farklı iade oranı ve tamir oranı için 9 ayrı şekilde çözülmüştür. Çözüm için GAMS/CPLEX 9.0 optimizasyon programı kullanılmıştır. İlk 8 durum için toplama merkezi 1, fabrika 2 ve tüm dağıtım merkezlerinin açık olmasının en iyi sonucu verdiği bulunmuştur. Son durumda ise (IO = 0 ve TO =0) toplama merkezi 1, fabrika 2 ve sadece dağıtım merkezi 5'in açık olması gerektiği bulunmuştur. Tamir oranını sabit tutup farklı iade oranları (0.01, 0.03, 0.05) için problem çözüldüğünde, iade oranı arttıkça sistemin kârının azaldığı bulunmuştur. İade oranı sabit tutulup tamir oranı değiştirildiğinde (0.9 ve 0.5) ise tamir oranı azaldıkça sistem kârının arttığı ortaya koyulmuştur. Hem iade oranı hem de tamir oranı artırıldığında sistem zarar etmektedir. Tamir oranı 1 alındığında yani tüm iade ürünlerin tamir edildiği varsayıldığında sistem yine zarar etmektedir.

Tamir oranı arttıkça sistemin kârının düşmesi ve sistemin en yüksek kârına tamir oranı değeri 0 alınca ulaşmasının sebebi tamir olan ürünlerin %40 indirimli olarak satılması ve bu satışlardan firmanın zarar etmesi olarak yorumlanabilir.

Bu çalışma birden fazla ürün çeşidi için modelin çalıştırılması şeklinde genişletilebilir. Ayrıca oluşturulan genel model yapısı farklı geri kazanım seçeneklerini uygulayan farklı sektörler için uyarlanabilir. Potansiyel toplama merkezleri, fabrika ve dağıtım merkezlerinin kapasiteleri değiştirilerek sistemin farklı kapasite kısıtları altındaki davranışları incelenebilir. Aynı şekilde maliyetlerde meydana gelen değişiklikler de modele yansıtılarak farklı sonuçlar elde edilebilir.

KAYNAKLAR

- Barros, A.I. , Dekker, R. ve Scholten, V., (1998),” A Two – Level Network for Recycling Sand: A Case Study”, *European Journal of Operation Research* 110 :199 – 214.
- Beamon, B.M., (1998), *Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods*, *Int. J. Production Economics*, 55 :281 – 294.
- Cavlak, E.B., (2009), *Tedarik Zinciri Yönetiminde Üretim/Dağıtım Planlama Karar Sürecinde Tasarım ve Optimizasyon*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Chen, H-K., Chou, H-W., Chiu, Y-C., (2007), “On the Modeling and Solution Algorithm for the Reverse Logistics Recycling Flow Equilibrium Problem”, *Transportation Research Part C*, 15 :218 – 234.
- Chouinard, M., D’Amours, S. ve Ait-Kadi, D., (2008), “A Stochastic Programming Approach for Designing Supply Loops”, *Int. J. Production Economics* ,113: 657–677.
- Chow, W.S., Madu, C.N., Kuei, C-H., Lu, M.H., Lin, C. ve Tseng, H., (2008), “ Supply Chain Management in the US and Taiwan: An Empirical Study”, *Omega*, 36 :665 – 679.
- Croom, S., Romano, P.ve Giannakis, M.,(2000), “Supply Chain Management: An Analytical Framework for Critical Literature Review”, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 6 :67-83.
- Cruz-Rivera, R. ve Ertel, J., (2009), “Reverse Logistics Network Design for the Collection of End-of-Life Vehicles in Mexico”, *European Journal of Operational Research* ,196 : 930–939.
- De la Fuente, M.V., Ros, L. ve Cardós, M., (2008), “Integrating Forward and Reverse Supply Chains: Application to a Metal-Mechanic Company”, *Int. J. Production Economics* , 111:782–792.
- Demirel, N.Ö. ve Gökçen, H., (2008), “Geri Kazanımlı İmalat Sistemleri İçin Lojistik Ağı Tasarımı: Literatür Araştırması”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Cilt 23, No 4* :903-912.
- Du,F. ve Evans, G.W., (2008),” A Bi-objective Reverse Logistics Network Analysis for Post-sale Service”, *Computers & Operations Research* ,35 :2617 – 2634.
- El-Sayed, M., Afia, N. ve El-Kharbotly, A., (2008), *A Stochastic Model for Forward–Reverse Logistics Network Design Under Risk*, *Computers & Industrial Engineering*.
- Fiala, P., (2005),”Information Sharing in Supply Chains”, *Omega*, 33 :419 – 423.
- Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard , J.M., Dekker , R., Van der Laan, E., Van Nunen, J.A.E.E. ve Van Wassenhove, L.N.,(1997), “Quantitative Models for Reverse Logistics: A Review”, *European Journal of Operational Research*, 103:1-17.
- Hu, T-L., Sheu, J-B. ve Huang, K-H., (2002), “A Reverse Logistics Cost Minimization Model for the Treatment of Hazardous Wastes”, *Transportation Research Part E* 38: 457–473.
- Jayaraman, V., Patterson, R.A. ve Rolland, E.,(2003), “The Design of Reverse Distribution Networks: Models and Solution Procedures”, *European Journal of Operational Research*, 150 :128–149.

Kannan G., Sasikumar , P. ve Devika,K., (2010), ‘‘A Genetic Algorithm Approach for Solving a Closed Loop Supply Chain Model: A Case of Battery Recycling’’, *Applied Mathematical Modelling* ,34,655–670.

Kara, S.S. ve Önüt, S. (2010), ‘‘A Two-Stage Stochastic and Robust Programming Approach to Strategic Planning of a Reverse Supply Network: The Case of Paper Recycling’’, *Expert Systems with Applications*, 37: 6129 – 6137.

Karaçay, G., (2005), *Tersine Lojistik: Kavram Ve İşleyiş*, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 14-1: 317-332.

Kim, K., Song, I., Kim, J. ve Jeong, B., (2006), ‘‘Supply Planning Model For Remanufacturing System in Reverse Logistics Environment’’, *Computers & Industrial Engineering*, 51:279–287.

Ko, H. J. ve Evans G. W.,(2007), ‘‘A Genetic Algorithm-Based Heuristic for the Dynamic Integrated Forward/Reverse Logistics Network for 3pls’’, *Computers & Operations Research*, 34:346–366.

Köse, S., (2009), *Tersine Lojistik ve Atık Kızartma Yağları Geri Kazanım Ağı Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Krikke, H., Bloemhof-Ruwaard, J., Van Wassenhove, L.N. (2003), ‘‘Concurrent Product and Closed-Loop Supply Chain Design with an Application to Refrigerators’’, *Int. J. Prod. Res.*, 41:3689 – 3719.

Krumwiedea, D.W. ve Sheu, C.,(2002), ‘‘ A Model for Reverse Logistics Entry by Third-Party Providers’’, *Omega*, 30 :325 – 333.

Küçüksolak, B.T., (2006), *Dünyada ve Türkiye’de Lojistik Eğitimi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Lee, C.K.M. ve Chan, T.M., (2009), ‘‘Development of RFID-based Reverse Logistics System’’, *Expert Systems with Applications*, 36 :9299–9307.

Lee, D-H. ve Dong,M.,(2008), ‘‘ A Heuristic Approach to Logistics Network Design for End-of-Lease Computer Products Recovery’’, *Transportation Research ,Part E* 44 : 455–474.

Lee, D.H. ve Dong, M., (2009), ‘‘Dynamic Network Design for Reverse Logistics Operations Under Uncertainty’’, *Transportation Research, Part E* 45: 61–71.

Listeş, O. ve Dekker,R., (2005), ‘‘A Stochastic Approach to a Case Study for Product Recovery Network Design’’, *European Journal of Operational Research* 160 : 268–287.

Listeş, O.,(2007), ‘‘A Generic Stochastic Model for Supply-and-Return Network Design’’, *Computers & Operations Research*, 34, 417–442.

Lu, Z. ve Bostel, N., (2007), ‘‘A Facility Location Model for Logistics Systems Including Reverse Flows: The Case of Remanufacturing Activities’’, *Computers & Operations Research* 34: 299–323.

Min, H., Ko, H.J. ve Ko, C.S., (2006), ‘‘A Genetic Algorithm Approach to Developing the Multi-Echelon Reverse Logistics Network for Product Returns’’, *Omega*, 34 :56 – 69.

Min, H., ve Ko, H. J.,(2008), ‘‘The Dynamic Design of a Reverse Logistics Network from the Perspective of Third-Party Logistics Service Providers’’, *Int. J. Production Economics* 113 , 176–192.

Mutha, A., ve Pokharel, S.,(2009), ‘‘Strategic Network Design for Reverse Logistics and Remanufacturing Using New and Old Product Modules’’, *Computers & Industrial Engineering*, 56, 334–346.

Özbay, B., (2008), *Tedarik Zincirinde Optimizasyon ve Bir İplik İşletmesinde Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Özkır, V.,(2009), *Kapalı Çevrim Tedarik Zinciri Tasarımına Yönelik Karar Destek Modeli Önerisi*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Pishvae, M.S., Farahani, R.Z. ve Dullaert, W., (2010), ‘‘A Memetic Algorithm for Bi-Objective Integrated Forward/Reverse Logistics Network Design’’, *Computers & Operations Research* , 37 :1100–1112.

Qin, Z. ve Ji, X.,(2010), ‘‘Logistics Network Design for Product Recovery in Fuzzy Environment’’, *European Journal of Operational Research* ,202 :479–490.

Salema, M.I.G. ve Barbosa-Povoa, A.P. ve Novais, A.Q., (2007), ‘‘An Optimization Model for the Design of a Capacitated Multi-Product Reverse Logistics Network with Uncertainty’’, *European Journal of Operational Research* ,179 : 1063–1077.

Schulmann, F., Zumkeller, M. ve Rentz, O.,(2006), ‘‘ Modeling Reverse Logistic Tasks within Closed-Loop Supply Chains: An Example from the Automotive Industry’’, *European Journal of Operational Research* ,171 :1033–1050.

Shih, L-H., (2001), ‘‘Reverse Logistics System Planning for Recycling Electrical Appliances and Computers in Taiwan, Resources’’, *Conservation and Recycling* 32 : 55–72.

Spengler, T., Püchert, H., Penkuhn, T. ve Rentz, O., (1997), ‘‘Environmental Integrated Production Recycling Management’’, *European Journal of Operational Research* 97: 308 – 326.

Srivastava, S. K., (2008), ‘‘Network Design for Reverse Logistics’’, *Omega*, 36: 535 – 548.

Tan, K.C., (2001), ‘‘A Framework of Supply Chain Management Literature’’, *European Journal of Purchasing & Supply Management* ,7 :39-48.

Vrijhoef, R. ve Koskela, L.,(2000), ‘‘The Four Roles of Supply Chain Management in Construction’’, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 6 :169-178.

Yang, H.L., Wang, C.S., (2007), ‘‘Integrated Framework for Reverse Logistics’’, *Proceedings of the 20th international conference on Industrial, engineering, and other applications of applied intelligent systems 2007*, 501-510.

Yörük, Nebi (2008), Tedarik Zinciri Yönetiminde Tedarikçinin Yönettiği Bir Stok ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Zhou, Y. ve Wang, S., (2008), ‘Generic Model of Reverse Logistics Network Design’, Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 8(3):71-78.

İnternet Kaynakları

CSCMP 2009, <http://cscmp.org/aboutcscmp/definitions.asp>

CSCMP 2010, <http://cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp>

Şengül, Ü., Tersine Lojistik Kavramı ve Tersine Lojistik Ağ Tasarımı
(http://www.gelisim.edu.tr/upload/notlar/lojistige_giris_tersine_lojistik_makale_pdf.pdf)

EKLER

Ek 1

GAMS Modeli

Sets

```

p urunler /buzdolabi /
n toplama noktasi /toplama1, toplama2, toplama3, toplama4 /
f fabrika / fabrika1, fabrika2 /
d dagitim noktasi /dagitim1, dagitim2, dagitim3, dagitim4,dagitim5 /
m bölge / ilce1, ilce2, ilce3, ilce4, ilce5, ilce6, ilce7, ilce8, ilce9
ilce10, ilce11, ilce12, ilce13, ilce14, ilce15, ilce16, ilce17, ilce18, ilce19,
ilce20, ilce21, ilce22, ilce23, ilce24, ilce25, ilce26, ilce27, ilce28, ilce29,
ilce30, ilce31, ilce32, ilce33, ilce34, ilce35, ilce36, ilce37, ilce38, ilce39 /
t zaman /ocak,subat,mart,nisan,mayis,haziran,temmuz,agustos,eylul,ekim,
kasim,aralik/;

```

Parameters

```

SM(n) sabit maliyet toplama noktasi
    /toplama1 20000
    toplama2 15000
    toplama3 25000
    toplama4 12000 /
SM1(f) sabit maliyet fabrika
    /fabrika1 4000000
    fabrika2 5000000 /
SM2(d) sabit maliyet dagitim merkezi
    /dagitim1 500000
    dagitim2 600000
    dagitim3 500000
    dagitim4 600000
    dagitim5 100000/

KM(n) kurulum maliyeti toplama noktasi
    /toplama1 500000
    toplama2 600000
    toplama3 550000
    toplama4 450000 /
KM1(f) kurulum maliyeti fabrika
    / fabrika1 15000000
    fabrika2 10000000 /
KM2(d) kurulum maliyeti dagitim merkezi
    /dagitim1 1500000
    dagitim2 1200000
    dagitim3 1250000
    dagitim4 1400000
    dagitim5 1000000/

IM (p,n,t) inceleme maliyeti

/ buzdolabi.toplama1.ocak =15
buzdolabi.toplama1.subat=15
buzdolabi.toplama1.mart=15
buzdolabi.toplama1.nisan=15
buzdolabi.toplama1.mayis=15
buzdolabi.toplama1.haziran=15
buzdolabi.toplama1.temmuz=15
buzdolabi.toplama1.agustos=15
buzdolabi.toplama1.eylul=15
buzdolabi.toplama1.ekim=15
buzdolabi.toplama1.kasim=15
buzdolabi.toplama1.aralik=15

```

-
-
-
-
-
-

Table SFY(p,t) yeni urun fiyati

Table SFG(p,t) geri kazanilmis urun fiyatı

Table $ATM(f, t)$ atik maliyeti

Table BTM(p,t) birim tasima maliyeti

[illegible]


```

Kisit17(p,t)..      sum{(m,n), x(m,n,p,t)} =e= sum{(n),x1(n,p,t)} ;
Kisit18(p,t)..      sum{(f),xy1(f,p,t)} =g= 1000 ;
Kisit19(d,p,t)..      sum{(m),AU(m,p,t)}+IO*sum{(m),xy(d,m,p,t-1)} =e= sum{(n),x1(n,p,t)};
*Kisit20(p,t)..      sum{(n), (1-T0)*(YU0)*x1(n,p,t)} =e= sum{(f),xg2(f,p,t)};
Kisit21(p,t)..      sum{(d,f), xy2(f,d,p,t)} =e= sum{(f), xy1(f,p,t)};
Kisit22(p,t)..      sum{(d,f), xg1(f,d,p,t)} =e= sum{(f),xg2(f,p,t)};
*Kisit23(f,p,t)..      xg2(f,p,t) =l= sum{(n),x1(n,p,t)};
Kisit24(p,t)..      sum{(f), xg2(f,p,t)} =e= sum{(n),x1(n,p,t)}*TO;

Model transport / all/ ;
transport.OPTCR=0.0;
transport.iterlim=20000000;
transport.reslim=20000000;
Solve transport using mip maximizing Z ;

```

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi 16.10.1984

Doğum Yeri İstanbul

Lise 1995 – 2002 Cağaloğlu Anadolu Lisesi

Lisans 2004 – 2008 Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2008- Devam ediyor Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri
Enstitüsü Endüstri Müh. Anabilim Dalı, Endüstri
Mühendisliği Programı

Çalıştığı Kurumlar

2009- Devam ediyor Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yöneylem
Araştırması Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi