

166105

**ÇOK ÜRÜNLÜ BÜTÜNLEŞİK İLERİ / GERİ DİNAMİK LOJİSTİK
SİSTEMLER İÇİN BİR KARIŞIK TAMSAYILI PROGRAMLAMA
MODELİ**

Uygar ŞARVAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEMMUZ 2005
ANKARA**

Uygar ŞARVAN tarafından hazırlanan ÇOK ÜRÜNLÜ BÜTÜNLEŞİK İLERİ/GERİ DİNAMİK LOJİSTİK SİSTEMLER İÇİN BİR KARIŞIK TAMSAYILI PROGRAMLAMA MODELİ adlı bu tezin yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

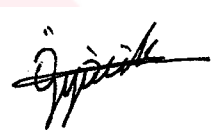


Prof. Dr. Serpil EROL
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof. Dr. Serpil EROL 

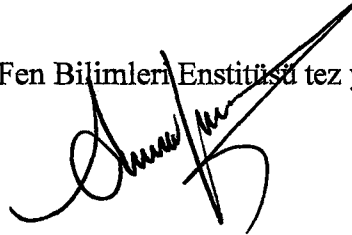
Üye : Doç. Dr. Taner ALTINOK 

Üye : Yrd. Doç. Dr. Bahar ÖZYÖRÜK 

Üye : _____

Üye : _____

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



**ÇOK ÜRÜNLÜ BÜTÜNLEŞİK İLERİ/GERİ DİNAMİK LOJİSTİK
SİSTEMLER İÇİN BİR KARIŞIK TAMSAYILI PROGRAMLAMA
MODELİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Uygar ŞARVAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2005

ÖZET

Yaygın bir inanışa göre gelecekte kurumların rekabeti ürettikleri ürünlerde veya tüketilen ülkelerde değil, kullandıkları tedarik zincirleri arasında olacaktır. Tedarik zincirinde bilgi paylaşımının öneminin tartışıldığı günümüzde üretim-dağıtım planlama ve lojistik kavramları da ihmal edilmemelidir. Son yıllarda bu konuların önemini fark eden firmalar, bu alanlara daha fazla önem vermeye ve yatırım yapmaya başlamışlardır. Çalışmaların ağırlıkla sadece ileri yönlü dağıtım ve ileri lojistik kavramlarını ele aldığı görülmektedir. Geri dönüşüm ve yeniden kullanma konularının öneminin artması, çevrenin korunmasına, kullanılan kaynakların azaltılmasına yönelik çalışmalar ve kanuni düzenlemeler ile geri lojistik ve geri dağıtım kavramlarının üzerine son yıllarda çalışmaların arttığı bilinmektedir. Özellikle ileri ve geri dağıtımın bütünleştirilmesi konusunda literatürde fazla çalışma yer almamaktadır. Bu çalışmada, ileri ve geri dağıtımın olduğu çok ürünlü, çok dönemli bir sistem dikkate alınmış, karışık tamsayılı model geliştirilmiş ve test edilmiştir.

Bilim Kodu : 919
Anahtar Kelimeler : İleri / geri dağıtım, geri lojistik, karışık tamsayılı programlama
Sayfa Adedi : 115
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Serpil EROL

**A MIXED INTEGER PROGRAMMING MODEL FOR MULTI-PRODUCT
DYNAMIC INTEGRATED FORWARD / REVERSE LOGISTICS SYSTEMS**

(M.Sc. Thesis)

Uygar ŞARVAN

GAZI UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

July 2005

ABSTRACT

According to the widely spread belief of some experts, the competition between the companies of the future will neither be between the goods that they manufacture nor the countries in which these goods are consumed but between the supply chains that they use. The importance of the information sharing in supply chain is being discussed at present, but also the concepts of production-distribution planning and logistics should not be ignored. As the companies realized the importance of these subjects in recent years, they started to give further emphasis to and invest more in these fields. It is observed that the studies mainly investigate the concepts of forward distribution and forward logistics. However, it is known that the emphasis on the subjects of recycling and reuse has increased in recent years. As a result, environmental protection, working towards minimising the use of resources, lawful legislation and the studies on the concepts of reverse logistics and reverse distribution have also increased. However, there is a lack of studies and papers on the integration of forward and reverse distribution. In this dissertation, a system comprising of both forward and reverse distribution simultaneously is studied and a multi-product, multi-period mixed integer model is developed and tested.

Science Code : 919

Key Words : Forward and reverse distribution, reverse logistics, mixed integer programming

Page Number: 115

Adviser : Prof. Dr. Serpil EROL

TEŞEKKÜR

Öncelikle çalışmalarım boyunca tecrübelerinden faydalandığım, yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Serpil EROL'a, çalışmamı gerçekleştirirken yardımlarını ve desteğini aldığım Arş. Gör. Dr. Murat ARIKAN'a, tecrübelerinden faydalandığım ve manevi desteğiyle yanımda olan Yrd. Doç. Dr. Seda HATİPOĞLU'na, fikirlerini ve tecrübelerini benden esirgemeyen Arş. Gör. Dr. İzzettin TEMİZ ve Arş. Gör. Dr. Yeşim KALENDER'e, programlama konusunda yardımcı olan arkadaşım Serdar MUMCU'ya ve son olarak sonsuz destekleri için aileme teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	ix
1. GİRİŞ	1
2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ.....	4
2.1. Tedarik Zincirinin Tanımı.....	4
2.2. Tedarik Zincirinin Fonksiyonları	4
2.3. Tedarik Zincirinin Yapısı.....	6
2.4. Tedarik Zinciri Yönetimi ve Ana Bileşenleri	7
2.5. Tedarik Zinciri Yönetiminin Faydaları	9
2.6. Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimini Etkileyen Faktörler	10
2.7. Tedarik Zinciri Yönetiminin Etkinliğini Etkileyen Faktörler	12
2.8. Lojistik Yönetimi ve Tedarik zinciri.....	13
2.8.1. Lojistik yönetimi.....	13
2.8.2. Planlama ve lojistik yönetimi	17
2.8.3. Lojistik ve tedarik zinciri yönetiminin ilişkisi.....	19
2.9. Tedarik Zinciri ve Üretim-Dağıtım Planlama.....	21
2.9.1. Bütünleşik üretim-dağıtım planlama	25
2.9.2. Üretim-dağıtım planlama kararları	26
2.9.3. Dağıtım şebekeleri	28
2.10. Geri Dağıtım	30
2.10.1. Geri akışın ayrı modellenmesi.....	32

2.10.2. İleri ve geri dağıtımın bütünleştirilmesi	33
2.11. Geri Lojistik	34
2.11.1. Geri lojistik aktivitelerini etkileyen çevresel faktörler	37
2.12. Geri Lojistik ve Geri Dağıtım İlişkisi	38
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	41
4. ÇOK ÜRÜNLÜ BÜTÜNLEŞİK İLERİ / GERİ DİNAMİK LOJİSTİK SİSTEMLER İÇİN BİR KARIŞIK TAMSAYILI PROGRAMLAMA MODELİ ..	56
4.1. Varsayımlar	57
4.2. Notasyonlar	58
4.3. Matematiksel Model Formülasyonu	59
4.4. Modelin Test Edilmesi	64
4.5. Hesaplama Sonuçları	66
5. SONUÇLAR	73
KAYNAKLAR.....	77
EKLER	88
EK-1. ÖRNEK PROBLEM VE GAMS MODELİ	89
ÖZGEÇMİŞ	115

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Literatürde daha önce yapılmış çalışmalar.....	41
Çizelge 4.1. Rassal problem üretme sırasında kullanılan parametre aralıkları.....	65
Çizelge 4.2. Tek ürünlü 5 dönemli problemler için hesaplama sonuçları.....	67
Çizelge 4.3. Tek ürünlü 10 dönemli problemler için hesaplama sonuçları.....	68
Çizelge 4.4. 5 ürünlü 12 dönemli problemler için hesaplama sonuçları.....	69
Çizelge 4.5. 10 ürünlü 12 dönemli problemler için hesaplama sonuçları.....	70



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Tedarik zinciri yapısı.....	7
Şekil 2.2. Lojistik sistemde malzeme ve mamul akışı.....	15
Şekil 2.3. Kurumsal lojistikte malzeme akışı.....	17
Şekil 2.4. Hedeflerin hiyerarşisi.....	20
Şekil 2.5. Tedarik zinciri tasarımı optimizasyon modeli.....	21
Şekil 2.6. Örnek üretim-dağıtım sistemi.....	24
Şekil 2.7. Geri dağıtım yapısı.....	31
Şekil 2.8. Geri lojistik aktivitelerini etkileyen çevresel faktörler.....	37
Şekil 2.9. Geri lojistik hiyerarşisi.....	39
Şekil 4.1. Tek dönemli model yapısı.....	60
Şekil 4.2. Çok dönemli model yapısı.....	61

1. GİRİŞ

En genel anlamıyla ve en basit şekilde düşünüldüğünde bir işletmenin amacı, ürettiği bir ürün veya hizmeti tüketicisine ulaştırıp hizmet verdiği alanda gelir sağlamaktır. Bu alanda artan rakipler ve rekabet koşulları altında, ayakta kalma amacıyla rekabet üstünlüğünün sağlanabilmesi için işletmelerin ellerindeki kaynakları yüksek verimlilikle, yüksek kalitede ve düşük maliyetle sağlamaları gerekmektedir. İşletmeler rekabet şartlarında değişen müşteri taleplerine uygun, esnek bir üretimi gerçekleştirebilmek ve tedarikçilerden nihai müşteriye kadar uzanan zincirdeki aksaklıkları gidermek zorundadır.

Kuruluşlar sadece işlem yapmanın ve iş uygulamalarının otomatikleştirilmesinin ötesine gitme ihtiyacını hissetmiş bulunmaktadır. Hiyerarşiye dayalı kuruluş yapılarının, düşey olarak bütünleştirilmiş imalat ve dağıtım süreçlerinin, tedarik işleriyle uğraşanlarla ve tüketicilerle mesafeli ilişkilerin, esnekliği olmayan sistemlerin başarı için artık yeterli olmadığı fark edilmeye başlanmıştır. Bugünün tedarik zinciri yönetiminde, teknoloji, bir firmanın küresel piyasada başarılı bir şekilde rekabet edebilme becerisinin temel noktasıdır. Tedarik zinciri yönetimini kullanan kuruluşlar bundan büyük yararlar elde etmişlerdir.

1990'ların sonunda yaşanan fazlasıyla rekabetçi iş ortamlarından çıkarılan sonuç ile üretim ve hizmet sektörlerinde tedarik zinciri şebekelerine daha fazla dikkat gösterilmeye başlanmıştır. Bu sektörlerdeki müşteriler, daha hızlı tepkiler, yüksek güvenilirlik ve değişen ihtiyaçlara karşı daha yüksek esneklik beklemeye başlamışlardır. Bu baskılarla üretim ve hizmet sektöründe yer alan personel, malzeme akışlarında yeni ve daha iyi yollar aramaya başlamıştır. Tam zamanında üretim ve malzeme ihtiyaç planlaması (MRP) yaygın bir düşünce olarak uygulanmaya başlamıştır. Global ekonomi ve maliyet, kalite ve hizmet açısından beklentilerin yükselmesi ile etkin tedarik zinciri planlaması konusunun önem kazanmasını sağlamıştır.

Birçok araştırmacı zaman ve esneklik konularının tedarik zincirindeki rekabet açısından en önemli nokta olduğu konusunda hemfikirdir. Birçok yaklaşımdan ortaya çıkan bir başka anahtar nokta da şirkete girdi olan materyalden, müşteriye teslim edilen son ürüne kadarki hattın etkin yönetiminden geçmektedir. Bu noktada lojistik ve üretim-dağıtım planlama tedarik zinciri yönetimindeki en önemli aktiviteler olarak gözümüze çarpmaktadır. Bu problemi çözmek için bir çok çalışma yapılmıştır. Fabrikadan çıkan ürünlerin müşteriye teslimatına kadar dağıtımının, firmalarının karlılığı açısından etkileri göz ardı edilemez. Üretimi planlamanın yanında dağıtımın da verimli ve düşük maliyetli biçimde planlanması gereklidir. Ürünlerin, tesislerden depolara, depolardan dağıtım merkezlerine ve müşterilere taşınması konusunun yanında, taşıma sırasında gerçekleşen arızaların, müşteriler tarafından iade edilen ürünlerin, geri dönüşümlü ve depozitolu malzemelerin tesislere geri götürülmesi de son yıllarda oldukça önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Geri lojistik ve geri dağıtım kapsamı içerisinde yer alan bu ters yönlü hareketin planlanması üzerine son yıllarda artan bir eğilimle birçok çalışma yapılmıştır. Özellikle ürünlerin yeniden kullanılması ile çevreye yapılacak katkılar ve bu konudaki kanuni düzenlemeler, firmaları rekabetçi iş ortamlarında geri dağıtıma gerekli önemi vermeleri konusunda zorlamaktadır.

Bu çalışmada, maliyetleri minimize etme amacıyla ileri ve geri yönlü dağıtımın aynı anda planlamasını yapan bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen modelde tesislerden dağıtım merkezlerine ve dağıtım merkezlerinden tesislere iki yönlü hareket dikkate alınmıştır. Taşıma arızaları ve müşterilerden geri dönen ürünlerin tekrar fabrikalarda kullanılabilmesi amaçlanmış ve bu geri dağıtımın da maliyetleri genel maliyete katılarak minimize edilmiştir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde tedarik zinciri kavramı üzerinde durulmuş ve tedarik zinciri yönetiminin yararları ile lojistik yönetimi kavramına değinilmiştir. Tedarik zinciri ile üretim-dağıtım planlama ilişkisi anlatılmıştır. Bütünleşik üretim-dağıtım planlaması içerisinde alınacak kararlar ve dağıtım planlaması kararlarının önemi ayrı bir başlıkta incelenmiştir. Aynı zamanda bu çalışmada önemli yer tutan geri dağıtım, geri lojistik konuları ve önemleri hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü

bölümde üretim-dağıtım planlama, dağıtım planlama (ileri dağıtım) ile geri dağıtım ve geri lojistik alanında literatürde yer alan çalışmalar ve modeller hakkında bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde ise çok ürünlü bütünleşik ileri/geri dinamik lojistik sistemler için geliştirilen karışık tamsayılı programlama modeli verilmiştir. Model, test problemleri üzerinde incelenmiş ve daha sonra sonuçlar yorumlanmıştır. İleriye yönelik çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.



2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

2.1. Tedarik Zincirinin Tanımı

Jayashankar ve diğerlerine (1994) göre tedarik zinciri, bir veya daha fazla ürün grubuyla ilgili tedarik, üretim ve dağıtım faaliyetlerinden kollektif bir biçimde sorumlu olan otonom veya yarı otonom iş faaliyetlerinden oluşan bir şebekedir (1).

Lee ve Billington'a (1995) göre ise tedarik zinciri, hammaddeleri elde eden, bunları yarı ve tamamlanmış ürünlere dönüştüren ve ardından bir dağıtım sistemi vasıtasıyla bu ürünleri müşterilere teslim eden yapılar şebekesidir (2).

Nihaî müşterilere dağıtılmak üzere hammaddeleri tamamlanmış ürünlere dönüştüren tedarik zinciri, çok aşamalı, kapsamında birden fazla görevi olan ve birçok işletmeyi içeren bir prosestir.

Genel bir tanım olarak tedarik zinciri, hammaddelerin siparişi ve elde edilmesinden, mamullerin üretilmesine ve müşteriye dağıtım ve ulaştırılmasına kadar olan kurumsal fonksiyonlara uzanan bir faaliyetler dizisidir. Ganeshan ve Harrison (1995)'un verdikleri tedarik zinciri örneğinde, satıcılardan hammadde sağlanmakta, tek bir adımda tamamlanmış ürüne dönüştürülmekte, ardından dağıtım merkezlerine ve son olarak da müşterilere taşınmaktadır. Ancak gerçek hayatta tedarik zincirleri, ortak bileşenlere, üretim araçlarına ve kapasitelere sahip tamamlanmış birçok ürünü bulundurur (3).

2.2. Tedarik Zincirinin Fonksiyonları

Bir iş ortamında üç çeşit akış mevcuttur. Bunlar:

1. Mamulün elde edilmesinden tüketimine kadar olan fiziksel akış,
2. Satıcılardan iş ortamına ve buradan da müşterilere olan bilgi akışı,
3. Satın alma vs. için gerekli fonları sağlayan müşterilerden iş ortamına olan finansal akış.

Tedarik zinciri fonksiyonları ise iş ortamındaki mamul akışını temsil etmektedir. Tedarik zinciri bir işletmede doğru malzemelerin, hizmetlerin ve teknolojinin doğru kaynaktan, doğru zaman ve uygun kalitede satın alındığının sağlanmasından sorumludur.

Tedarik zinciri, malzemelerin sağlanması, bu malzemelerin ara ve son ürünlere dönüşümü ile son ürünlerin müşterilere dağıtım fonksiyonlarını yerine getiren araç ve dağıtım seçeneklerinin bir şebekesidir. Tedarik zincirinin karmaşıklığı, içinde bulunan endüstriye veya işletmelere göre değişebilse de, hem hizmet, hem de üretim işletmelerinde yer almaktadır.

Hizmet endüstrilerinde de mamul üretimi yapan işletmeler gibi bir ürün teslimatı söz konusudur. Bu ürünler bilgi, müşteri servisleri vs. olabilir. Ayrıca, hizmet ve mamul üretimi arasındaki fark da gittikçe belirsizleşmektedir. Çünkü modern üretim sistemlerinin ürün üretme veya malzemelerin işlenmesi gibi fiziksel işlemlerden başka faaliyetleri de göstermesi gerekmektedir.

Tedarik zinciri, tedarik, ürün tasarımı, üretim planlaması, malzeme yönetimi, siparişlerin yerine getirilmesi, envanter yönetimi, nakliye, depolama, ulaştırma ve müşteri servislerini kapsar.

Kurumsal fonksiyonların etkin olabilmeleri, bütünleşik bir biçimde çalışabilmelerine bağlıdır. Tedarik zincirinde gerçekleşen olaylara hızlı ve kaliteli bir şekilde karşılıklar verilebilmesi, kuruluş çerçevesindeki birçok fonksiyonun koordinasyonunu gerektirir.

Tedarik zincirindeki pazarlama, dağıtım, planlama, üretim ve satın alma organizasyonları geleneksel olarak bağımsız bir yapıdadırlar. Bu organizasyonların kendi amaçları bulunmakta ve bu amaçlar da çoğunlukla çakışmaktadır (4).

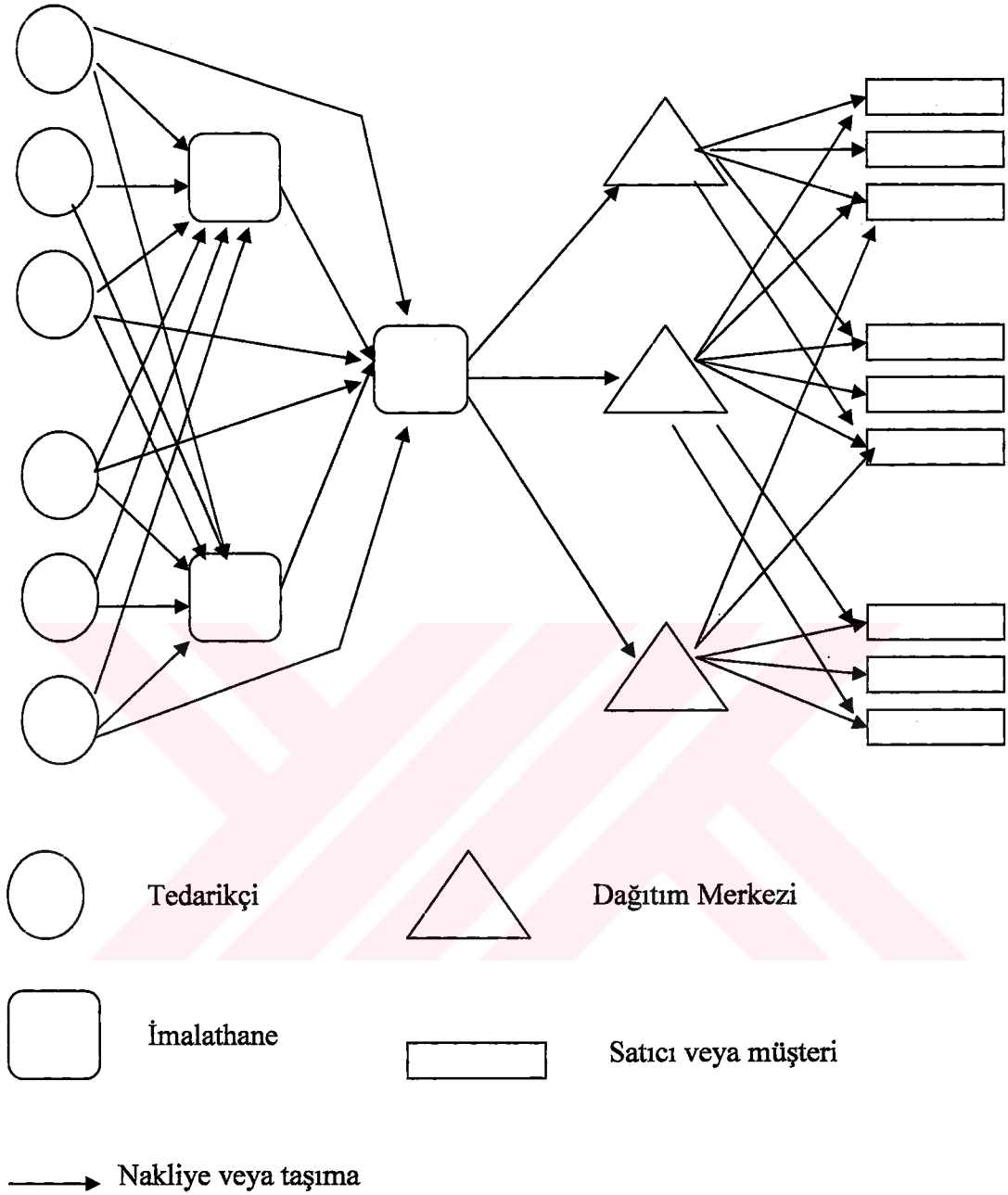
Pazarlamanın yüksek seviyeli müşteri hizmeti, maksimum satış amaçları, üretim ve dağıtım hedefleriyle de çakışabilmektedir. Birçok üretim işlemi, envanter seviyeleri

ve dağıtım imkanları üzerindeki etkisi göz önüne alınmadan, çıktıyı maksimize etmek ve maliyetleri düşürmek üzere tasarlanmıştır. Satın alma kontratları, eski satın alma örneklerinin ötesinde çok az bir bilgiyle gerçekleştirilmektedir. Bu etmenlerin sonucunda, işletme için tek, bütünleşik bir plan yapılamamakta ve planların sayısı iş çeşitlerinin sayısı kadar gerçekleşmektedir. Bu farklı fonksiyonların bütünleştirilmesi için bir mekanizmaya ihtiyaç vardır. Tedarik zinciri yönetimi, bu tür bir bütünleşmeyi sağlayabilmeyi amaç edinir. Tedarik zinciri yönetiminin, tipik olarak, malzeme akışının bütün olarak tek bir firma tarafından yürütüldüğü ve her bir kanal üyesinin bağımsız olarak çalıştığı tam olarak bütünleşmiş firmalar arasında daha kolay gerçekleştirildiği gözlenmektedir. Bu yüzden zincirdeki çeşitli bileşenlerin koordinasyonu, onların etkili bir şekilde yönetilmesiyle sağlanır (4).

2.3. Tedarik Zincirinin Yapısı

Tedarik zinciri satılacak mal için gerekli satın alma ve elde etme ile başlar. Ardından, satışların desteklenmesi amacıyla envanter yönetimi ve depo yönetimine yönelir. Ürünlerin müşterilere teslimatıyla son bulur.

Tedarik zincirinde malzemeler hammadde kaynaklarından, bu hammaddeleri yarı mamullere dönüştüren bir üretim seviyesine geçer. Bu yarı mamuller daha sonra tamamlanmış ürünleri meydana getirmek üzere bir sonraki seviyede birleştirilecektir. Elde edilen ürünler dağıtım merkezlerine ve buralardan da satıcılar ve müşterilere aktarılır. Şekil 2.1’de bu yapı gösterilmiştir (4).



Şekil 2.1. Tedarik zinciri yapısı

2.4. Tedarik Zinciri Yönetimi ve Ana Bileşenleri

Tedarik Zinciri Yönetimi, “işletmelerin rekabet edilebilir fiyatlarla yüksek kaliteli malzemeleri ve bileşenleri sağlayabilmesi için tedarikçileriyle birlikte çalışabilme yeteneği” olarak tanımlanabilir. Tedarik zinciri yönetimi, tedarikçiler, nakliyeciler, işletme içi bölümler ve işletmeler arasında bağlantı sağlayarak tedarik zincirindeki

tüm faaliyetlerin koordinasyonunu sağlamaktır. Tedarik zinciri yönetimi, ürünlerin, tedarik zincirinde, tedarikçilerden üreticilere ve üreticilerden dağıtıcılara hareketinin koordine edilmesini ve zincirin tüm üyeleri arasında satış tahminleri, satış tarihleri, promosyon kampanyaları gibi bilgilerin paylaşımını içermektedir. Tedarik zinciri yönetimi, düğümler (tedarikçiler, imalathaneler, depolar, dağıtım merkezleri, müşteriler) arasında bilgilerin iletimi, malzemelerin ve ürünlerin fiziksel akışı ile birlikte düğümlerdeki faaliyetleri ve süreçleri de kapsamaktadır. Ellram ve Cooper (1993), tedarik zinciri yönetimini, tedarikçilerden son kullanıcıya kadar devam eden malzeme akışını planlayan ve kontrol eden entegre yönetim yaklaşımı olarak tanımlamaktadır (5). Lojistik konusunda uzman kişiler tedarik zinciri yönetimini temelde firma dışı stok ve bilgi akışını sağlayan bir yönetim metodu olarak düşünmektedir. Tedarik zinciri yönetimi, lojistik kavramına göre daha kapsamlıdır, bilgi sistemlerinin bütünleştirilmesi ve planlama ve kontrol faaliyetlerinin koordinasyonu gibi lojistik kavramı içerisinde belirtilmeyen bileşenleri de içermektedir. Bu kavramın hedefi tedarik zinciri içindeki tüm aktivitelerin senkronizasyonu ile ortakların bütünleştirilmesinin sağlanması ve müşteri için en büyük net değer yaratılmasıdır. Diğer yandan tedarik zinciri yönetimini yönetim felsefesi olarak gören Ellram ve Cooper (1993), bu felsefenin şirketleri, belli bir müşteri kitlesinin tatmini için şirket sınırlarını, politik ve coğrafi sınırları gözetmeksizin, hammaddeden son kullanıcıya teslimine kadar ürünün tüm hareketlerinin planlanması ve izlenmesine odaklanmasını sağladığını belirtmektedir (5).

Tedarik zinciri yönetiminin, kuruluşların tedarik zincirinin performansının optimize edilebilmesi ve ekonomik rekabet ortamında karlılık sağlayabilmesi için doğrudan doğruya işletmenin bütün fonksiyonlarını içeren modüllerden oluşması gerekmektedir. Tedarik zinciri yönetimi; ne kadar ürünün üretilmesinin gerekli olduğunun belirlenebilmesi için geçmişteki performansa ve eğilimlere bakan talep planlaması modülü, yenileme gereksinimlerini ele alarak emniyet stoklarının uygun düzeylerde olmasını sağlayan tedarik planlaması modülü, eldeki mevcut kaynaklara bakarak kısıtlara dayanan üretim planlama modülü, depolama ve sevkiyat için en iyi, maliyet bakımından en düşük yöntemi belirleyen dağıtım planlaması modülü, grafik

tedarik zinciri model hazırlayıcısı modülü, optimize edilmiş bir plan için doğrusal programlama ve simulasyon yöntemlerini kullanan tedarik zinciri optimizasyon modülü, temel modül, satış modülü, talep kontrol modülü, malzeme ihtiyaç planlaması modülü, satın alma modülü, stok yönetimi modülü, rotalama modülü, ürün ağaçları modülü, iş emirleri modülü, iş merkezlerinde kullanılabilir kapasite ile ihtiyaç duyulan kapasite değerlerinin karşılaştırılması imkanını sağlayan kapasite planlaması modülü, sistemimizde birim maliyetlerinin hesaplanmasını sağlayan maliyetlendirme modülü ve önceden tahmin olanağı sağlayan modüllerinden oluşmalıdır.

2.5. Tedarik Zinciri Yönetiminin Faydaları

Tedarik zinciri yönetiminin faydaları kalite, maliyet, dağıtım, esneklik ve lojistik ağ içerisinde ortak çalışma şeklinde sınıflandırılırsa;

Kalite:

- Zincirdeki her bir üyenin son kullanıcının memnuniyetinden kendini sorumlu hissettiği bir ortam sağlar.
- Kalite gereksinimleri sürekli olarak geliştirilmesini ve iyileştirilmesini sağlar.

Maliyet:

- Kullanılan metotların zincirdeki üyeler tarafından bilinmesi maliyetleri azaltır.
- Zincirdeki her bir üye kendi uzmanlık alanında faaliyet gösterdiği için kaynakların etkin kullanılması sağlanmış olur.

Dağıtım:

- Zincirdeki tüm üyeler için aynı lojistik destek gereklidir (Aynı operasyonel prosedürler, dökümanlar gibi).
- Planlama ve kontrol sistemleri birbirine bağlıdır.
- Zincirdeki üye seçiminde en önemli etkenlerden biri hızdır. Yani zincirdeki her üye teslim zamanının kısılmasına katkıda bulunur.

Esneklik:

- Zincirdeki bütün üyelerin ürün gelişimine desteği sağlanır.
- Tedarik zinciri yönetimine dönüşüm maliyeti düşüktür.

- Tedarik zinciri yönetimi ile tedarikçi yerleşimi daha kolay ve satın alma kararları daha hızlı gerçekleşir.

Lojistik Ağ İçerisinde Ortak Çalışma:

- Baştan itibaren zincirdeki her üyenin ürün ve proses geliştirme çalışmalarında yer alması sağlanır.
- Zincirdeki her üye planlama ve kontrol faaliyetlerine katkıda bulunur .

2.6. Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimini Etkileyen Faktörler

Tedarik zinciri yönetiminin gelişimini etkileyen en önemli faktörlerden biri, ulusal ve uluslararası alanda artan rekabet koşullarıdır. Rekabet koşullarına bağlı olarak işletmelerin, değişen müşteri taleplerini hızlı bir şekilde karşılayabilmelerinin önemi de artmıştır. Müşterilerin talep ettikleri ürünleri sağlayabilen işletme sayısının artmasına bağlı olarak, güç, işletmelerden müşterilere geçmiştir. Ürün yaşam süresinin kısalmasıyla birlikte işletmelerin, pazardaki ürünlerin değişimine hızlı tepki verebilmeleri için esnek süreçlere ihtiyaçları artmıştır. Ayrıca kitlesel üretimden müşteriye özel ürünlerin üretimine geçilmesi, işletmelerin örgütsel ve süreç esnekliğine daha çok odaklanmalarına neden olmuştur .

Artan rekabet koşulları ve işletmelerin süreçlerinde esnek olmaları gerekliliği, işletmelerin tedarikçilerine daha fazla sorumluluk yüklemelerini beraberinde getirmiştir. İşletmeler, işbirliği içerisinde oldukları tedarikçi sayısını azaltırken, aynı zamanda tedarikçileriyle arasındaki güven unsurunu da daha çok vurgulamışlardır. İşletmeler ile tedarikçileri arasında uzun dönemli ilişkiler önem kazanırken, bilgi paylaşımı da önemli bir koşul olmuştur . İşletme ve tedarikçileri arasındaki iletişimin hızlı bir biçimde gerçekleştirilebilmesi, tedarik zincirindeki bir çok ara aşamanın ortadan kaldırılması eğilimini kuvvetlendirmektedir.

Tedarik zinciri yönetiminin gelişimini etkileyen önemli bir faktör de son yıllarda teknolojiye meydana gelen hızlı ilerlemelerdir. Teknolojideki ilerlemeler ile birlikte, işletmeler arası bilgi paylaşımı ve iletişim olanakları da artmıştır. Teknolojideki ilerlemeler, süre ve yer kısıtlarını ortadan kaldırarak, ürünlerin ve bilgilerin

işletmeler arasındaki akışını kolaylaştırmış ve hızlandırmıştır. Teknolojik gelişmeler müşterilere, dünyanın herhangi bir köşesinde ihtiyaçları olan ürünü satın alma olanağı sağlamaktadır. Benzer biçimde işletmelerin tedarikçi alternatifleri de artmıştır. Bilgi teknolojilerindeki ilerlemeler sonucunda, talep edilen ürün bilgileri direkt olarak satış noktalarından sağlanabilmekte ve işletmeler, pazar bilgilerine çok daha hızlı ulaşabilmektedirler. Bu gelişmeler sonucunda işletmelerin tek başlarına faaliyette bulunmaları güçleşmekte ve bütünleşik tedarik zinciri daha çok önem kazanmaktadır. İşletmelerin yalnızca işletme içerisindeki faaliyetlerine odaklanıp, tedarik zinciri üyeleriyle iletişim içerisinde olmamaları durumunda, müşteri taleplerinin karşılanamaması, yüksek stok maliyetlerine katlanılması, tedarik süresinin belirsizliği gibi bir çok problem ortaya çıkacaktır.

Son yıllarda tedarik zincirinin gelişiminde etkili olan önemli bir bileşen de dış kaynak kullanımı olmaktadır. İşletmeler, sadece temel işlevlerini yerine getirmeye yönelmekte ve temel faaliyetleri içerisinde yer almayan, muhasebe, insan kaynakları, Ar-Ge gibi faaliyetlerin işletme dışındaki kurumlar tarafından daha etkin olarak gerçekteştirilebileceğini fark etmektedirler. İşletmelerin temel faaliyetleri dışındaki faaliyetlerini sürdürmeme eğilimi içinde olmaları tedarik zincirinde üçüncü taraf sayısının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca, diğer faaliyetlerin dış kaynak kullanımı ile gerçekteştirilmesi sonucunda tedarik zinciri üyeleri arasındaki işbirliğinin önemi artmaktadır.

Çevre sorunlarına karşı duyarlılık son yıllarda işletmelerde ve toplumda hızla artmaktadır. Ürünlerin çevreye etkilerinin sorumluluğunu almaya yönelik baskıların artması, işletmeleri, yaşam sürecinin sonuna gelen ürünleri çevreye zarar vermeden bertaraf etme, yeniden kullanma ve geri dönüşüm olanaklarını da değerlendirmeye yöneltmiştir. Tedarik zinciri boyunca çevre konularını dikkate almaya başlayan işletmeler, geri dönüşüm programlarını başarılı olarak sürdürebilmek için geriye doğru lojistik faaliyetlerinin tasarımı ve planlanmasını da gerçekteştirmelidirler .

2.7. Tedarik Zinciri Yönetiminin Etkinliğini Etkileyen Faktörler

Tedarik zincirinde maksimum etkinlik, zincirdeki belirsizliğin ortadan kaldırılması ile başarılabilecek ve böylece tedarik zincirinde stok düzeyinin azaltılması mümkün olacaktır. Tedarik zincirindeki belirsizlik azaltıldığında işletmelerin stok bulundurma gereksinimleri azalacak ve buna bağlı olarak stok tutma maliyetleri de düşecektir.

Bazı koşullarda tedarik zincirinin bir üyesi, bir kararın verilmesinde diğer üyelere göre daha iyi bir konumda olabilir. Bu durumda kararın daha avantajlı konumda olan tedarik zinciri üyesine bırakılması ile tedarik zincirinin etkinliği artacaktır. Tedarik zinciri yönetiminin etkinliğinin, süreç belgelendirme ile kuvvetli bir bağlantısı bulunmaktadır (4).

Geçmiş yıllarda tedarik zinciri kavramı, bilgi teknolojilerindeki gelişmelerle paralel olarak değerlendirilmiştir. Bu durum, elektronik iletişimin oldukça kolaylaşmasını ve ucuzlamasını sağlamıştır. Bununla birlikte, tedarik zincirinin bütünleştirilmesindeki en önemli engel değişime karşı gösterilen dirençtir. İşletmeler lojistik faaliyetlerini elektronik ortamda gerçekleştirmeye karşı direnç gösterebilmektedir. Tedarik zincirinde bilgi sistemlerinin başarılı olarak uygulanabilmesi için işletme kültüründe de değişimlerin yapılması gerekmektedir. Teknoloji, tedarik zincirinin etkin olarak yönetilmesini sağlamakla birlikte yeterli değildir. Tedarik zincirinin bütünleştirilmesi sonucunda, tüm üyeler gerçekleştirilen işbirliğinden yarar sağlamalıdır. Tedarik zincirinin bütünleştirilebilmesi, tüm üyelerin gösterdikleri çabaların karşılığını alacaklarına güvenmeleri ile gerçekleşebilecektir. Tedarik zincirinin etkinliği, tedarik zinciri üyeleri arasında win-win (kazan-kazan) anlayışının benimsenmesi ile artacaktır (4).

İşletmeler, performans değerlendirmelerini kısa dönemli olarak yaparlarsa ve işletme odaklı yararlar üzerinde dururlarsa, bu performans göstergeleri tedarik zinciri yönetimine ilişkin amaçlarla çalışabilmektedir. Tedarik zincirinin karmaşıklığı arttıkça, tüm üyelerin gereksinimlerinin dengelenmesi de güçleşmektedir. Üyeler

arasında karşılıklı güvenin sağlanmasında izleme ve ölçme faaliyetleri başarının değerlendirilmesinde kritik bir noktada yer almaktadırlar .

Teslim miktarının ayarlanması ve senkronize edilmesi tedarik zincirinin etkinliğinin artırılmasında önemli imkanlar sağlamaktadır. Tedarik zincirinde ürünlerin doğru zamanda doğru yerde olması ve stokların etkin olarak yönetimi için çekme sistemleri geliştirilmiş olmalıdır.

Tedarik zincirinin etkin olarak yönetilebilmesinde satışların doğru olarak tahmin edilmesi işletmelerin öncelikleri arasında yer almalıdır. Talep tahminlerini doğru olarak belirleyebilen işletmeler, tedarik zincirini daha etkin olarak yönetebileceklerdir.

2.8. Lojistik Yönetimi ve Tedarik zinciri

2.8.1. Lojistik yönetimi

Lojistik yönetiminin önemi, lojistiğin önemi ile artmıştır. Son yıllardaki, globalleşmeye paralel olarak şirketlerin de globalleşmesi ve/veya şirketlerin dikey bütünleşmeleri lojistik yönetimini öne çıkarmıştır. Etkin bir lojistik yönetiminin firmalar için maliyet düşürücü, üretim artırıcı, kalite yükseltici, müşteri memnuniyeti sağlayıcı gibi çok önemli etkileri vardır. Bu nedenle lojistik yönetimi, işletmeler için son yıllarda vazgeçilmez olmuştur.

Son yıllarda lojistik yönetiminin daha çok dışa yönelik stratejik bir fonksiyona dönüştüğü görülmektedir. Buna göre stratejik lojistik, “işletmeler arası ilişkileri lojistik tekniklerle düzenleyerek, rekabet avantajı elde etmek” olarak tanımlanmaktadır (6). Lojistik, iş yönetiminin bir parçasıdır ve sosyal sistemlerde tanımlama, açıklama ve tasarım süreçleriyle ilişki içerisinde.

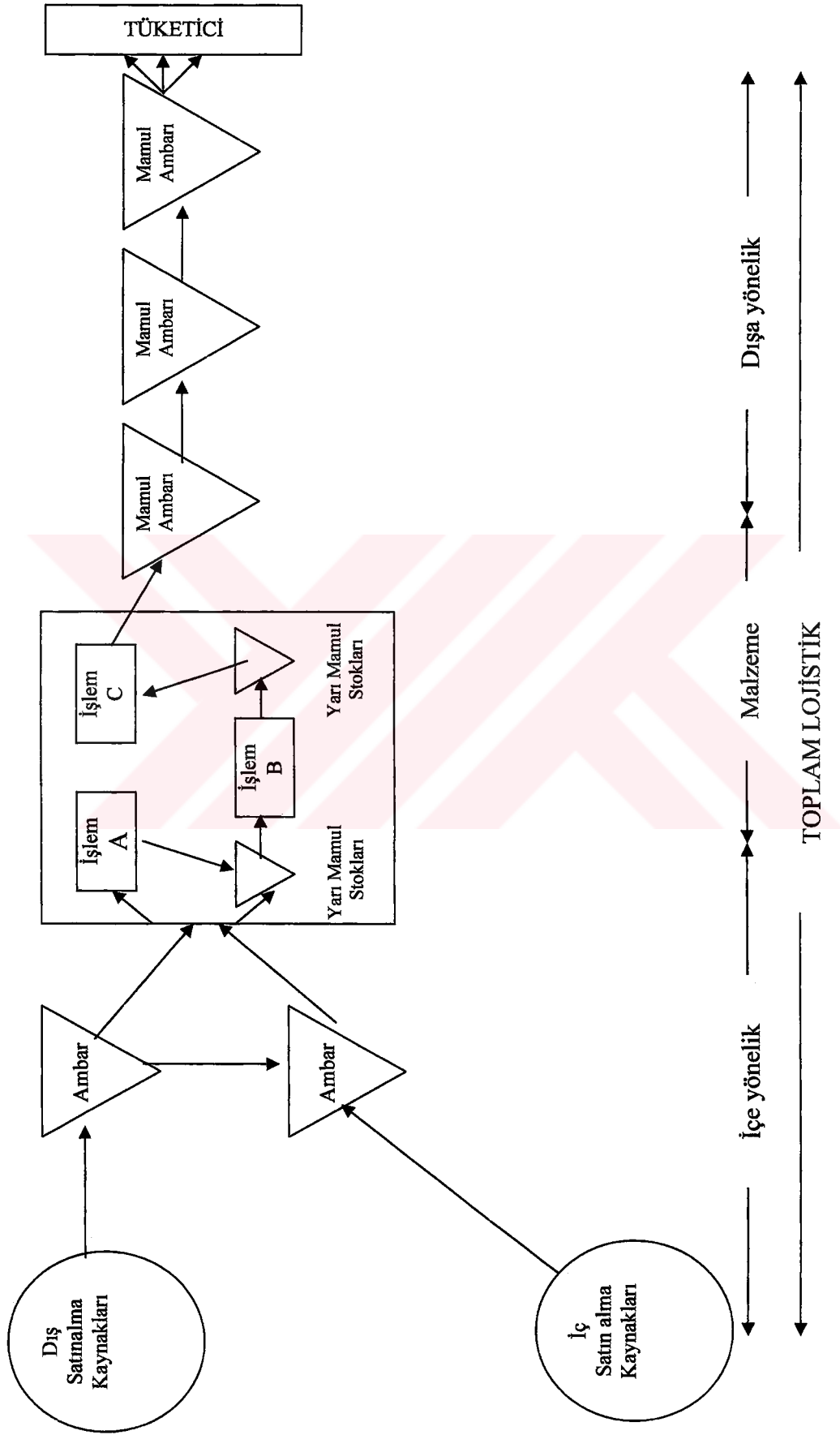
Lojistiğin amacı, iş süreçleri arasında, bilgi ve malzeme akışının kurum içerisinde tasarımı, kontrolü ve düzenlenmesidir. Bunlar, işçilerden şirkete ve en tabandaki

müşteriye kadar ilişkileri içerirler. Geniş bir ifade ile lojistiğin görevi, çalışanlardan en üst düzey yönetime kadar, ürün ya da hizmetin belirli yerde, belirli zamanda ve istenilen kalitede üretilmesini garanti altına almaktır. Dar bir anlama çekilecek olursa lojistiğin görevi, taşıma, depolama ve tasniftir.

Klasik olarak lojistiğin görevi, tedarik, üretim veya iç lojistik ve satış veya dağıtım lojistiği olmak üzere üç ana başlık altında sıralanabilir. Hedef, stok ve taşıma maliyetlerini minimize ederken, müşterinin istediği mamullerin istenildiği anda temin edilmesidir (6).

- Müşterilerle olan dağıtım ilişkisini gerçekleştirmek,
- Satıcılar ve ambar arasındaki hammadde, temin operasyonları vb ilişkiyi kurmak ve süreklilik sağlamak,
- Taşıma yolları ve yarı ve bitmiş mamullerin depolanmasını da içeren üretim sürecini gerçekleştirmek (Şekil 2.2).

Endüstriyel tesislerde, tedarik lojistiği, üretimin ihtiyaç duyduğu hammaddelerin, operasyonel desteğin yeterli ve etkin bir şekilde doğru yere teminini sağlamalıdır. Tedarik lojistiği, istenilen özelliklere sahip ürünlerin, mümkün olduğunca hızlı ve minimum depolama ve taşıma maliyetiyle üretilmesini garanti altına almalıdır. İşletmeye hammadde, yarı mamul ve hizmet sağlayan firmalarla ilişkilerin düzenlenmesi ve imalatın ihtiyacı olan girdilerin zamanında hazır bulundurulması bu sistemin görevidir (Şekil 2.3).



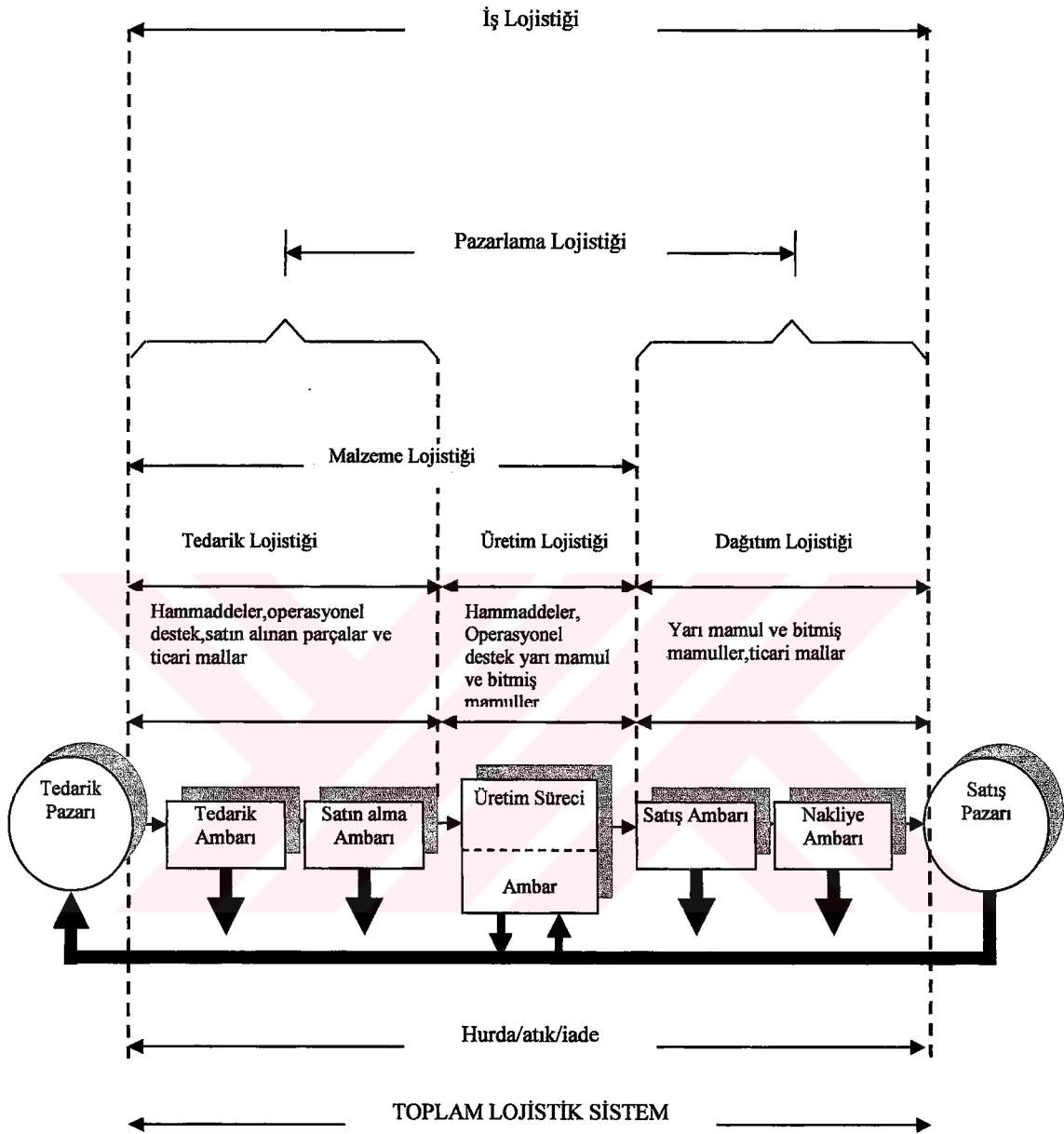
Şekil 2.2. Lojistik sistemde malzeme ve mamul akışı (4)

Tedarik lojistiği aşağıdaki işlerden sorumludur:

- Malzeme planların yapılması ve ihtiyaçların belirlenmesi,
- Sevkiyat sayılarının, sevkiyat günlerinin ve teslim zamanlarının denetlenmesi,
- Kalite, paketleme, taşıma ve nakliye standartlarının sağlanması ve denetlenmesi.

Üretim veya iç lojistik olarak tabir edilen sistem ise, gelen malzeme ve parçaların mamule dönüştürölmesi sırasında yapılan taşımaları ve ara depolamaları içerir. Bu sistemdeki lojistik faaliyetler “malzeme nakli” adı altında tamamen işletme içi bir fonksiyon olarak düşünölmektedir. Üretim yönetiminin kapasite planlaması, yükleme, programlama gibi faaliyetleri ile malzeme nakli arasında sıkı bir bağ bulunmaktadır (6).

Lojistik yönetiminin özellikle üretim ve pazarlama departmanları ile haberleşme ve işbirliği gerektiren ortak faaliyetleri vardır. Örneğin, üretimde, yer seçimi, stok kontrolü konularında ve pazarlamada da müşteri hizmetleri, ambalaj, mağaza yeri, fiyat gibi konularda ortak çalışma zorunluluğu vardır. Son yıllarda bazı firmaların lojistik sorumluluğunu genel müdür yardımcısı düzeyinde elemanlara verdiği ve böylece koordinasyon için gerekli otoriteyi sağlamaya çalıştığı görölmektedir. Ancak büyük bir firmada tüm lojistik faaliyetleri tek elden yürütmenin zorluğu açıktır.



Şekil 2.3. Kurumsal lojistikte malzeme akışı (6)

2.8.2. Planlama ve lojistik yönetimi

Planlama, yönetim fonksiyonlarının en önemlisi ve en temel olanıdır. Yönetim fonksiyonlarının başarılı olması için etkin planlama süreçlerinin varlığı esastır. Planlama ile neyin, niçin, nasıl, ne zaman, kim tarafından, hangi kaynak ve maliyetlerle yapılacağı belirlenir.

İşletmelerde lojistik süreçlerin planlanması her aşamada hayati önem taşır. Bu noktada alınacak kararlar şöyle sıralanabilir:

- 1) Envanter yönetiminde ne kadar stok tutulacağı, ne kadarlık bir stok devir hızı öngörüldüğü, envanter değerlendirme yönteminin ne olacağı gibi kararlar,
- 2) Depo yeri seçiminde depo alanı, depo otomasyon düzeyi ve bunun için yapılacak yatırım düzeyi, depo personelinin sayısı gibi kararlar,
- 3) Hangi ülkelerde üretim yapılacağı, hangi ürün veya hammaddelerin nerelerden ithal edileceği, nelerin üretilip, nelerin satın alınacağı kararları,
- 4) Nasıl bir ambalajlama yöntemi kullanılacağı, ambalajın şekli, büyüklüğü, dayanım ve koruma özelliği kararları,
- 5) Teslimat şekli kararları,
- 6) Lojistik organizasyonun yapısı kararları (Merkezi, merkezkaç yönetim gibi)
- 7) Kullanılması gereken bilgi işlem sistemlerinin ileride hedeflenen konuma ulaşmak üzere planlanması kararları,
- 8) Bütçeleme ve nakit akışı kararları (6).

Lojistik faaliyetlerin planlanması aşamasında başarı sağlamak için planın belli özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bunlardan başlıcaları şu şekilde sıralanabilir:

- Plan; açık, seçik ve belli bir amaca yönelik olmalıdır.
- Değişik uzmanlarca hazırlanan planların, bu uzmanlar arasında etkin bir haberleşme ile koordinasyonu sağlanmalıdır (örneğin satışları planlayan uzman, satış tahminlerini üretim planlamacısına ve lojistik planlamacısına bildirmeli, ikisinin çalışmaları dengelenmelidir. Uzun ve kısa vadeli planlar arasında da uyum sağlanmalıdır).
- Plan, işletmecinin iç ve dış koşullarına uyabilecek şekilde esnek olmalıdır (örneğin, lojistik faaliyetlerine ilişkin planlarda üretim ve dağıtım yapılan ülkelerin ekonomik ve siyasal koşullarında değişiklikler olduğunda yeni duruma göre değiştirilme esnekliğine sahip planlar yapılmalıdır).

- Planlama işletmenin çeşitli kademelerine yayılmalıdır.
- Plan, işletmenin benimsediği ilke ve standartlara uygun olmalıdır.
- Planlamada harcanacak zaman süresi de optimal düzeyde korunmaya çalışılmalıdır. Uluslararası lojistik faaliyetlerinin de beklenen değişimler doğrultusunda belli bir süreyi kapsamasına fakat yayılmamasına özen gösterilmelidir.
- Planların değişime karşı dirence neden olmaması için dönem dönem gözden geçirilmeleri gerekir.
- Planın uygulayıcı kimselerin girişim ve inisiyatif güçlerini köreltmesi, onları bir tür otomat durumuna getirmesi sakıncalı bir durumdur ve bu durumun oluşumuna izin verilmemelidir.

Lojistik yönetiminin, firmaların önemli bir fonksiyonu olarak, işletme verimliliğini artırıcı, maliyetleri düşürücü etkileri açık ve net olarak görülmektedir (6).

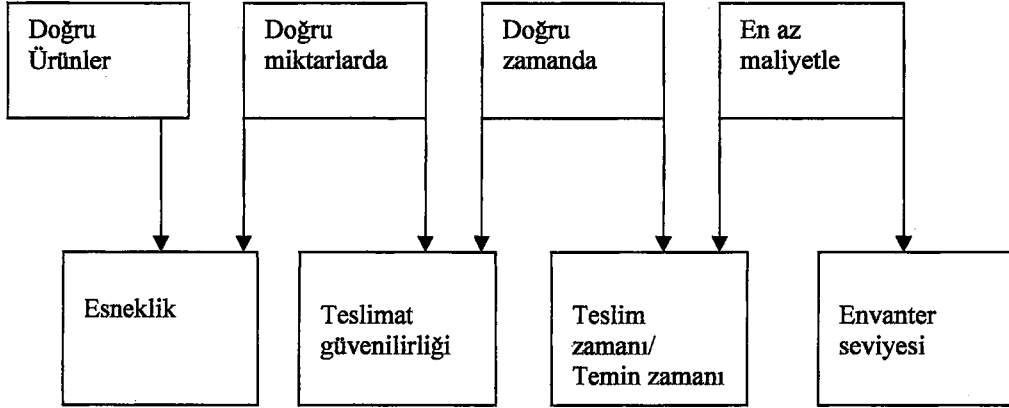
2.8.3. Lojistik ve tedarik zinciri yönetiminin ilişkisi

Lojistik kavramı tanımlarından bazıları aşağıda verilmiştir:

Lojistik kavramı, “kaynakların zamana bağlı olarak tedarik zincirinde konumlandırılması” olarak tanımlanabilir. Akademik olarak lojistik, tedarik zincirinin tedarikten nihaî müşteriye kadar olan yönetimidir.

Lojistik, tedarik zinciri prosesinin müşteri ihtiyaçlarının karşılanması için başlangıç noktasından tüketim noktasına kadar olan malların, hizmetlerin ve ilgili bilgilerin etkin ve verimli bir şekilde akışını ve depolanmasını planlayan, uygulayan ve kontrol eden kısımdır.

Lojistiğin bilinen amacı doğru ürünleri, doğru miktarlarda, doğru yerde, doğru zamanda ve en az maliyetle mevcut bulundurmaktır. Tedarik zinciri yönetimi kapsamındaki dört temel alan, bu amacı temsil etmektedir (Şekil 2.4) (6).



Şekil 2.4. Hedeflerin hiyerarşisi (6)

Lojistik, mallara değer ekleyen üç işlemi kapsar:

Konum: Malların, müşteri için daha düşük değerli olduğu yerlerden daha yüksek değerli olduğu yerlere taşınarak söz konusu mallara konum değerinin katılmasıdır. Konum değerinin eklenmesi nakliye faaliyetini kapsar.

Zaman: Zaman değerinin katılması, mallara ihtiyaç oluncaya kadar bunların depolanması ve tüm proseslerin daha verimli yapılmasıyla gerçekleşir. Zaman değerinin eklenmesi envanter bulundurma maliyetlerini kapsar.

Yapı: Malların daha istenilen miktarlarda ve yapılarda düzenlenerek, bunlara sipariş değeri eklenmesidir.

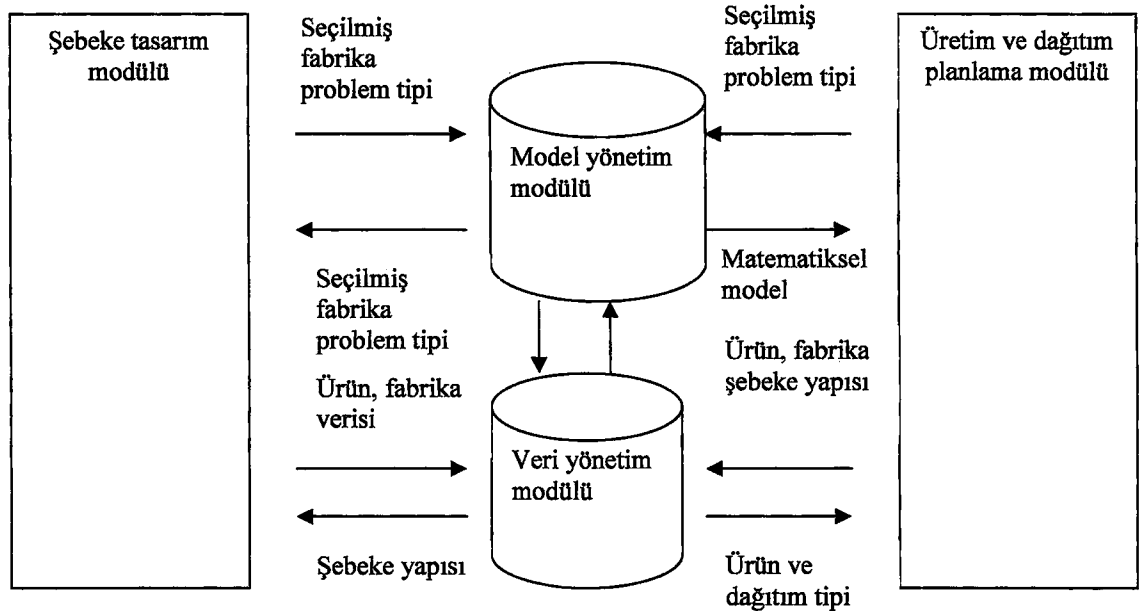
Yukarıda belirtilen konum, zaman ve yapıyla ilgili operasyonlara odaklanmanın dışında, işletmeler verilerin ve bilgilerin paylaşılmasını da kapsayan proses koordinasyonları vasıtasıyla hizmet, satış ve maliyetlerinde büyük iyileşmeler kaydetmektedir. Söz konusu işletmeler tedarik zincirleri boyunca proseslerin bütünleştirilmesi ile temel satıcı ve müşterileriyle ortaklıklar meydana getirerek yeterli artı değeri olmayan fonksiyonları elemekte ve nihai müşterileri üzerindeki odaklanmalarını arttırmaktadır. Bu şekildeki bir tedarik zinciri yönetimi, lojistiği bir

zorunluluktan çok, işletmenin başarısı için stratejik bir yönetici sorumluluğu haline getirmiştir (4).

2.9. Tedarik Zinciri ve Üretim-Dağıtım Planlama

İyi bir tedarik zinciri yönetim sistemi, satın alma, üretim ve dağıtım faaliyetlerinde dinamik veri ve matematiksel model ayrıntıları hakkında bilgi sahibi olarak yöneticilere destek sağlamalıdır. Bunun için, hammadde tedarikçisinden müşteriye kadar üretim ve dağıtım operasyonları için planlama modülü, tedarik zinciri tasarım optimizasyon modülü ve veri yönetim modülü gibi modüllerden oluşan iyi bir karar destek sistemine sahip olmalıdır. Şekil 2.5’de bu modüller gösterilmektedir.

Tedarik zinciri tasarım optimizasyon modeli iki fonksiyonu yerine getirmelidir: Birincisi, maliyetler göz önüne alınarak tedarikçilerin, imalatçıların ve dağıtıcıların seçimi, ikincisi ise, uzun dönemli toplu üretim ve dağıtım planının kurulması. Bu model doğrusal programlama yöntemleriyle şebeke tasarım problemlerini optimize eden bir çözücü içermelidir (7).



Şekil 2.5. Tedarik zinciri tasarımı optimizasyon modeli (7)

Şekil 2.5'te görülen modüllerin işlevleri şöyledir:

Üretim ve Dağıtım Planlama Modülü: Bu modül istatistiksel bir seviyede tedarik zincirindeki dağıtım faaliyetleri için gerçek zamanlı bir üretim ve dağıtım planını oluşturur ve üretim firmaları ya da kurumlar arasında malzeme fişi ilişkisini göz önüne alır. Bunlar her bir fabrika için ana üretim çizelgelerini kapsar ve planlar, gerekli olan kısıtları sağlarken toplam maliyetleri de minimize eder.

Model Yönetim Modülü : Model yönetim modülünün birinci amacı karar vericiyi modelin sıkıntılı yanlarından kurtarmaktır. Bu modül, uygun modellerle karar vericinin durumu arasında bağlantı kuran bir köprü gibi hizmet verir. Bu modül tedarik zinciri tasarım ve üretim-dağıtım modelini matematiksel bir format içerisinde geliştirir. Veri yönetim modülü bu modeli oluşturmak için ihtiyaç duyulan veriyi temin etmektedir.

Veri Yönetim Modülü : Veri yönetim modülü modelleme prosesinde önemli bir rol oynar. Birincisi, veri tabanını ve uygulama programını ayırır. İkincisi, alternatif planların karşılaştırılmasını ve en iyi olanların seçilmesi için planların çeşitlerini incelemelidir .

Üretim-dağıtım planlama tedarik zinciri yönetimindeki en önemli faaliyetlerdendir. Tedarik zinciri yönetiminin planlama aşamasında, planlama zaman aralığına bağlı olarak stratejik, taktik ve operasyonel olmak üzere 3 seviyeye ayrılır. Stratejik seviye göreceli olarak zamanın uzun periyot aralıklarını göz önüne alır ve yaklaşık, bütünsel veri gerektirir. Operasyonel seviye kısa dönem kararlarını (genellikle 1 saatten veya 1 günden az) kapsar. Bu seviyede kayıtsal verilere gereksinim duyulur. Taktik seviye zaman aralığı, miktar ve gerekli veri doğruluğu ile bu iki uç seviye arasına düşer. En ayrıntılı stratejik problem bütün tedarik zincirinin optimizasyonudur.

Tedarik zincirinin stratejik düzeyi yöneticilerin şunları belirlemesini gerektirir:

- Parçaları ve ürünleri üretmek için kullanılacak hammadde miktarı,
- Son ürünleri üretmek için gerekli parça miktarı,
- Son ürün miktarı,
- Hammadde ve ara parçaların miktarı,
- Stokta farklı yerleşimlerde tutulacak son ürünler,
- Tedarikçilere, tesislere, depolara, perakendecilere ve son kullanıcılara dağıtılacak son ürün miktarı (7).

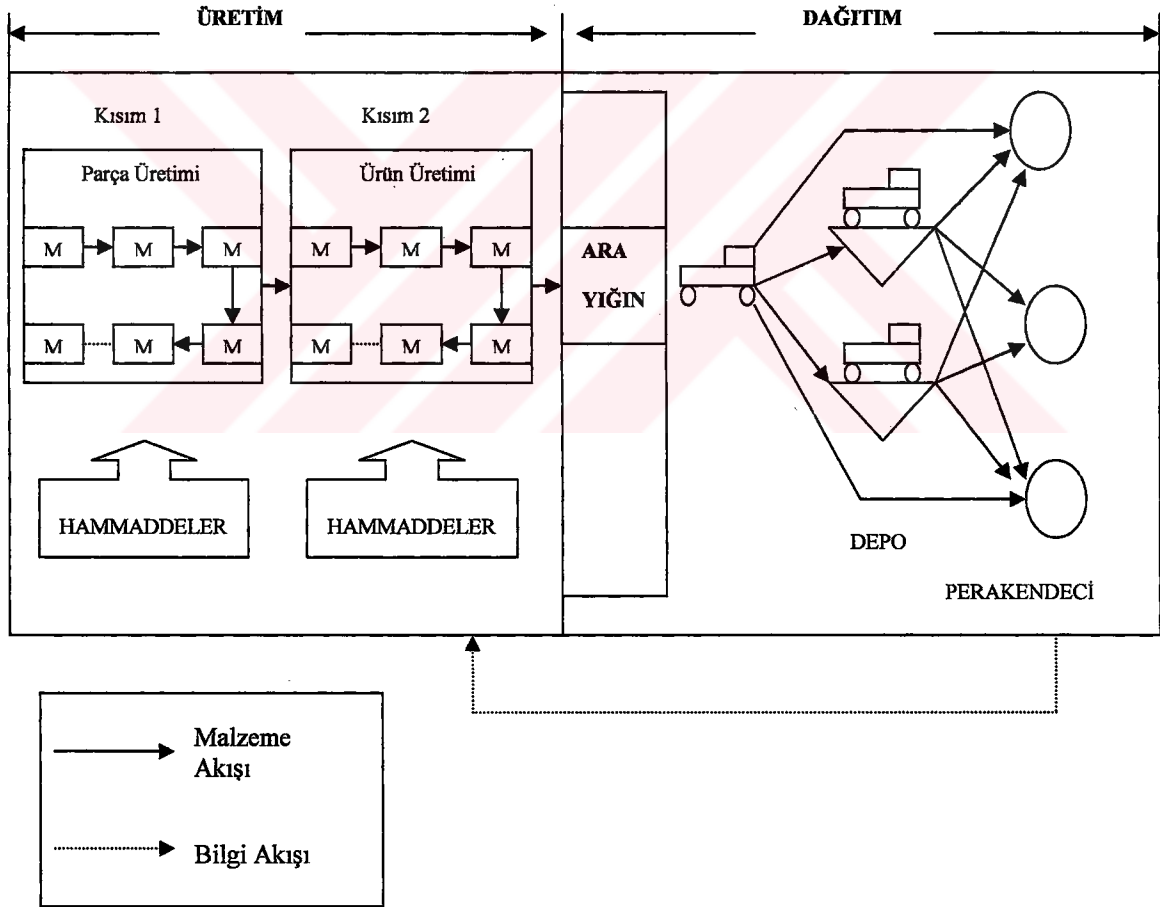
Her bir seviye, kararların alındığı sürenin periyodu ve bu periyot süresince alınan kararların sıklığı ile birbirinden ayrılmaktadır. Stratejik seviyede şu tür konular ele alınmalıdır: Üretimin nerede tahsis edileceği ve en iyi kaynak bulma stratejisinin ne olacağı. Taktik seviyede şu tür konular ele alınmalıdır: Tahmin yürütme, planlama, temin süresi kısa olan malzemelerin siparişi ve üretim ihtiyaçlarının karşılanması için fazla mesailerin çizelgelenip çizelgelenmeyeceği. Operasyonel seviyede ise şu tür konular ele alınmalıdır: Envanter dağıtımı, detaylı çizelgeleme ve bir makine bozulduğu zaman bir siparişin ne yapılacağı (4).

Tedarik zincirinin stratejik seviyesi için bir çok model formüle edilmiştir. Üretim-dağıtım problemi temel olarak stratejik planlama seviyesinde yer alır. Geleneksel üretim-dağıtım zinciri bağımsız tedarikçilerden, üreticilerden, toptancılardan, perakendecilerden, son kullanıcılardan oluşur ve bütün bunlar da kendi içlerinde karlarını maksimize etmeye çalışan ayrı iş varlıklarıdır. Halbuki tedarik zinciri yönetimi üreticilerin tedarikçilerini aynı çalışmada inceler ve zincirin bütün üyelerinin aktivitelerini koordine etmeyi amaçlar.

Tedarik zincirinde üretim-dağıtım planlama birçok şekilde karşımıza çıkabilir. Genel olarak iki belirgin model vardır: Üretim ve dağıtım modelleri. Birbirlerine bağlı olarak tasarlanma durumunda tedarik zincirinde üretim-dağıtım modelleri olarak göz

önünde bulundurulurlar. Bu iki model operasyonel açıdan birbirine bağlantılı ve birbirleriyle oldukça yakından ilgilidirler (8).

Bütünleşik tedarik zincirinde üretim-dağıtım modelini göstermek için, çok dönemli, çok ürünlü, çok bölümlü üretim ve dağıtım problemini, üretim modelindeki her atölyede birçok ürünün üretildiğini ve bu ürünlerin perakendecilere dönem içerisinde dağıtıldığını esas alarak tedarik zinciri ortamında geliştirilebilecek örnek bir sistem şu şekilde gösterilebilir:



Şekil 2.6. Örnek üretim-dağıtım sistemi (8)

Şekil 2.6'da gösterilen tedarik zinciri sistemi iki ana model içermektedir. Birinci model gerçek dönüştürme işleminin meydana geldiği ve ürünlerin üretildiği tesisleri içeren üretim modelidir. Tesislere malzeme sağlayan tedarikçiler bu modelde yer almıştır. İkinci model ise ara yığınlar, depolar ve perakendecilerden oluşan dağıtım modelidir ve bu model ürünlere olan talepleri iletir. Üretim sisteminde görülen kısım 1'de N farklı parça kısım 2'de M farklı ürününün üretiminde kullanılmak üzere üretilir. Dağıtım sistemi şekilde görüldüğü gibi üretim sisteminin ürettiği ürünlerin depolandığı ara yığınları, bütün ürünlerin stoklandığı ara depoları ve taleplerin karşılandığı perakendecileri içermektedir. Ürünler ara yığınlardan depolara ve sonra perakendecilere ya da direk olarak perakendecilere ulaştırılır. Buradaki amaç çeşitli kaynak kısıtları altında üretim, dağıtım ve stok maliyetlerini minimum düzeyde tutarak üretim ve dağıtım ihtiyaçlarını karşılamaktır (8).

2.9.1. Bütünleşik üretim-dağıtım planlama

Günümüzün rekabetçi pazar yapısında hedeflere ulaşmak daha da zorlaşmıştır. Geleneksel düşüncede bir ya da daha fazla boyutta dengenin sağlandığı işletme fonksiyonlarında uyumsuzlukların olduğuna inanılmaktaydı. Örneğin bir firma esneklik ve kalite açılarından rekabet eder durumda ise maliyet ikinci planda idi. Bu düşünce müşterilerin ürün çeşitliliği ve yüksek kalite ararken yüksek ücret ödemeye razı olmaları mantığı ile destekleniyordu. Benzer bir şekilde, eğer rekabetçi ortam, düşük maliyetli ürünlerin tedariği üzerine fazla baskı uygularsa (fiyat ana rekabet unsurudur), esneklik yeni ürünler açısından firma için ana öncelik olmaktan uzaklaşır ve bu nedenle zarar edilir. Ayakta kalma yolu olarak bu tarz analizler geleneksel operasyon yöneticilerini rekabet önceliklerini düşünme konusunda zorlamaktadır (9).

Her nasılsa, 1970'lerin sonlarında ve 1980'lerin başında yabancı üreticilerin kalite devrimi ve bunun sonucu artan etkinlikleri, bu fikirlerin değişmesine yol açmıştır. Böylece ürünün tipi ne olursa olsun kusursuz kalite, son derece rekabetçi fiyatlar gerektirmektedir. Gerçekte, şimdiki pazar ortamının çağdaş operasyon yöneticisi üzerinde etkili olan rekabet unsurları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Ürünlerin çeşitliliğini sağlarken tedarik zamanlarının kısaltılması.
- Otomasyon ve yeni teknolojilerin proses ve malzemeler üzerindeki kullanımını artırarak yatırımın geri dönüşünün hızlandırılması, böylece fiyatların yerel ve yabancı piyasalarda rekabet edebilir seviyeye inmesi.
- Çizelgelerdeki esneklik, düşük stok, sermaye maliyetlerini minimum düzeyde tutmak ve doygun seviyede iş gücüne sahip olmak kaydıyla mekanizasyona gidilmesi (10).

Stratejik açıdan bakıldığında, maliyet, esneklik, kalite ve teslimat unsurları arasında bir denge kurulması gereklidir. Buna çözüm olarak operasyon yöneticileri yaklaşımların çokluğuna odaklanmışlardır. Ancak toplam kalite yönetimi, kusursuz kaliteyi başarmak, esnek imalat sistemleri ise esnekliği ve çevik üretimi minimum maliyette gerçekleştirmek ve etkin tedarik zinciri yönetimi mekanizmaları da düşük stoklar tutarak hızlı bir şekilde teslimat işlemlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla, sözkonusu rekabetçi unsurların baskısı sonucu ortaya çıkmışlardır (9).

2.9.2. Üretim-dağıtım planlama kararları

Tedarikçi aşaması: Bu aşamada alınacak önemli kararlar şunlardır:

- Tedarikçiler nasıl seçilecek? Bu seçimde hangi kriterler kullanılacak?
- Her kategori ya da malzeme seti için kaç tane tedarikçi olmalı?
- Her tedarikçi ile hangi türde ilişkiler yürütülecek?
- Her tedarikçiden yapılacak naklin hacmi ve sıklığı ne olacak? Tedarikçiden yapılacak taşımalar direk olarak tesislere ya da tedarik dağıtım merkezleri olarak nitelendirilebilecek ara stoklama noktalarına yapılabilir. Bilgi, tedarikçiler ve tedarik dağıtım merkezleri/tesisler arasında nasıl paylaşılmalı? Her tedarik dağıtım merkezinde tutulacak stok büyüklüğü ne olacak? Her tedarik dağıtım merkezinde stok kontrolü için hangi karar kuralları kullanılmalı?

- *Dağıtım şebekesi:* Tedarikçilerden tesislere dağıtım şebeke konfigürasyonu nasıl olmalı? Tedarikçi taşımaları direkt olarak tesise mi gönderilmeli yoksa tedarikçi ve tesisler arasında ara stoklama noktaları mı olmalı? Tedarikçi ve tesisler arasında ara stoklama noktalarının olmasının avantajı, merkezi bir yerleşimde bütün tesislere yönelik girdilerin kalitesinin denetlenebilmesi ve ekonominin durumuna bağlı olarak ulaştırma maliyetlerinin düşürülebilmesidir. Bununla birlikte tedarik zincirine başka bir hat eklenmesi ve daha yavaş malzeme akışına sahip olunması kaçınılmazdır.
- *Yerleşim/tahsis kararları:* Kaç tane tedarik dağıtım merkezi kurulmalı, nerelere yerleştirilmeli? Hangi tedarikçiler hangi tedarik dağıtım merkezlerine ve/veya hangi tesislere ne miktarlarla taşıma yapmalı (10)?

Tesis Aşaması: Bu aşamada ise şu kararlar alınır:

- *Ulaştırma şebekesi:* Ulaştırma şebeke konfigürasyonu nedir? Şebekedeki tesislerin kapasiteleri ne?
- *Yerleşim/tahsis kararları:* Ulaştırma prosesleri nereye yerleştirilmeli? Besleyici tesislerden stok akışı organizasyonel sınırlamalarla karşılaşılıyor mu?
- *Stok:* Bir tesisteki stok uygulamalarının ulaştırma şebekesi ve diğer tesisler üzerindeki etkisi nedir (9)?

Dağıtım Aşaması: Bu aşamanın kararları ise:

- *Dağıtım şebekesi:* Dağıtım kanalının şebeke konfigürasyonu nedir? Dağıtım merkezleri ve tedarikçiler (tesisler) arasında ara stok noktaları olmalı mı? Son kullanıcı talepleri nasıl karşılanıyor? Dağıtım merkezleri müşteri ihtiyaçlarını doğrudan mı karşılıyor yoksa talepler perakendeci çıkış noktalarında mı karşılanıyor?
- *Yerleşim/tahsis kararları:* Kaç tane dağıtım merkezi işletilmeli? Yerleşimleri nasıl olmalı? Her merkezin bütünsel kapasitesi nedir? Hangi ürün talepleri hangi dağıtım merkezleri tarafından karşılanmalı?

- *Stok:* Her dağıtım merkezinin stok tutma kapasitesi nedir? Her dağıtım merkezinde stok kontrolü için hangi dağıtım kararları uygulanmalı? Dağıtım şebekesinde bilginin rolü nedir? Stokların daha iyi yönetilmesi için kanal içinde bilgi tamamen mi yoksa kısmen mi paylaşılmalı (9)?

2.9.3. Dağıtım şebekeleri

Uygulanacak olan dağıtım şebekesinin tipinin belirlenmesi stratejik aşama kararı olarak kabul edilir. Genel olarak ürünleri pazar alanına taşımak için tedarikçi ya da üreticinin seçebileceği üç genel şebeke türü vardır. Bunlardan birincisi ürünlerin stoklandığı, taşındığı ya da direkt olarak müşteriler tarafından alındığı (genellikle üreticiye ait olan ve üretici tarafından işletilen) tek bir ara aşama kullanan bütün üreticileri kapsar. Bu servis parçalarını tedarik eden üreticilerin çoğunluğu tarafından kullanılan tipik bir şebeke tipidir (örnek olarak Sears Roebuck tarafından işletilen ve tüketicilerin direkt olarak çamaşır makineleri, kurutucular, vakum temizleyicileri vb. için servis parçalarını aldıkları dağıtım merkezleri verilebilir). Bu konfigürasyon ayrıca fabrika mağazalarının belirlenen yerleşim noktalarına koyulduğu giyim kuşam sanayinde de kullanılmaktadır (9).

Bu ilk tipin aksine diğer iki şebeke konfigürasyonu çeşitli üreticileri (tedarik noktası olarak) ve çeşitli bağımsız perakendecileri de kapsamaktadır. Bu şebeke mantığı, bağımsız perakendecilerin büyük müşteri grupları için talepleri karşılama eğiliminde olması ve bu nedenle stokta tutulacak ürünlerin çeşitli üreticilerden sağlanması gerçeğine dayanmaktadır. Bu iki şebeke tipi arasındaki ana farklılık, dağıtım kanalında bir aracının olup olmamasıdır. Böylece ikinci tip şebeke konfigürasyonu, çeşitli üreticilerin ürünleri direkt olarak perakende satış yapan fabrika satış noktalarına tedarik eden bir yapı görüntüsü çizerken üçüncü tip şebeke gene aynı yapı görüntüsünde fakat geleneksel olarak toptancı diye söz edilen araçlar içermektedir. Bu iki tip konfigürasyon arasındaki seçim, merkezi yapının, merkezden

yayılan yetkiye dayalı yapıya karşı maliyet/fayda analizlerinin yapılması ile gerçekleştirilir. Geleneksel olarak, merkezi yapının etkinliğinin, merkezden yayılan yapının etkinliğine karşı ağır bastığı durumlarda aracının tercih edildiği tartışılır. Fakat diğer açıdan son zamanlardaki tartışmalar stoğun etkin yönetimine ve pazar şartlarına çabucak yanıt verebilmesine engel olmadığı sürece aracının kaldırılması fikrini desteklemektedirler (9).

Literatürde herhangi bir tipteki dağıtım şebekesinin diğerine tercih edilip edilmemesine yönelik şartları tanımlayan bir model ya da metot yer almamaktadır. Onun yerine çalışmalar verilen bir şebeke konfigürasyonunda dağıtım prosesini daha iyi bir şekilde gerçekleştirme üzerine odaklanmıştır. Şirketlerin pratikte genellikle melez dağıtım şebekeleri kullanma eğilimindedirler. Örneğin Smykay ve Higby (1981), bir konserve üreticisi için dağıtım şebekesini planlamışlar ve hizmet verilen pazar bölümünün fonksiyonu olarak kullanmışlardır(10). Büyük perakende satış mağazaları (örneğin süpermarketler ve büyük indirim dükkanları) tedariklerini kendilerine ait dağıtım merkezlerinden alırlar. Daha küçük perakende satış mağazaları ise tedariklerini nakitle ödeme yapılan ve taşıma hizmeti veren toptancılardan temin ederler. Kurumsal müşteriler (restoranlar ve okullar gibi) kurumsal toptancıları tercih ederler. Yerel dükkanlar ise yerel toptancılardan faydalanırlar. Şebeke tasarımında ihmal edilen bir başka nokta önceki araştırmalarda operasyonel tanımlamaların yapılmamış olmasıdır. Önceki örneklerde görüldüğü gibi, şebekeler pazar bölümlerinin etrafında organize edilmişler fakat kapasite, stok ve taşıma zamanları gibi operasyonel noktaları ihmal etmişlerdir. Bu operasyonel noktaların şirket tarafından tercihen pazarlama stratejisinin fonksiyonu olarak uygulandığı görülmektedir. Şirketleri tedarik zincirlerini yeniden incelemeye zorlayan günümüzün rekabetçi baskıları sonucunda, pazarlama ve işletme temaları tarafından şebeke tasarımının önemli noktalarının gözden geçirilmesi gereklidir. Böylece örneğin, pazar bölümleri, sadece benzer tüketim modelleri gibi müşteri niteliklerine bağlı olarak değil, ayrıca tedarik zamanlarını etkileyen yerleşim ve talep hacmi gibi operasyonel davranışları da aynı anda dikkate alarak oluşturulabilir. Bu da dağıtım şebekelerinin seçiminin yapıldığı şimdiki endüstri eğilimleri içinde bütünsel bakış açıları kullanılarak gerçekleştirilir (9).

2.10. Geri Dağıtım

Geri dağıtım, kullanılan ürünlerin toplanması ve nakledilmesidir. Geri dağıtım, orijinal ileri dağıtım kanalını, farklı bir geri dağıtım kanalını veya ileri ve geri kanalların kombinasyonlarını kullanarak gerçekleştirilebilir. Guiltinan ve Nwokoye (1975) geri dağıtım kanalının ilk analizlerinden birini gerçekleştirmişlerdir (11). Bu çalışmada geri kanal tipleri içerdikleri elemanlarla birlikte tanımlanmıştır. Pohlen ve Farris (1992) geriye yönelik kanalların bireysel kanal üyelerinin fonksiyonlarına ve geri dönüşüm ile yeniden işleme yeteneklerine göre birçok değişik şekle bürünebileceğini iddia etmişlerdir (12). Aslında geri dağıtımda asıl konu, ileri ve geri kanalların nasıl bütünleştirileceğidir. Etkin bir geri dağıtım kanalı için şu sorular cevaplanmalıdır (13):

- *Geri dağıtım kanalındaki elemanlar kimlerdir?*

Aktörler ileri yönlü kanalın bir üyesi (geleneksel üreticiler, perakendeciler, lojistik servis sağlayıcıları gibi) ya da uzmanlaşmış partiler (ikincil malzeme satıcıları ve malzeme düzeltme tesisleri gibi) olabilirler. Bu farklar ileri ve geri dağıtımda önemli kısıtları belirlemektedirler (13).

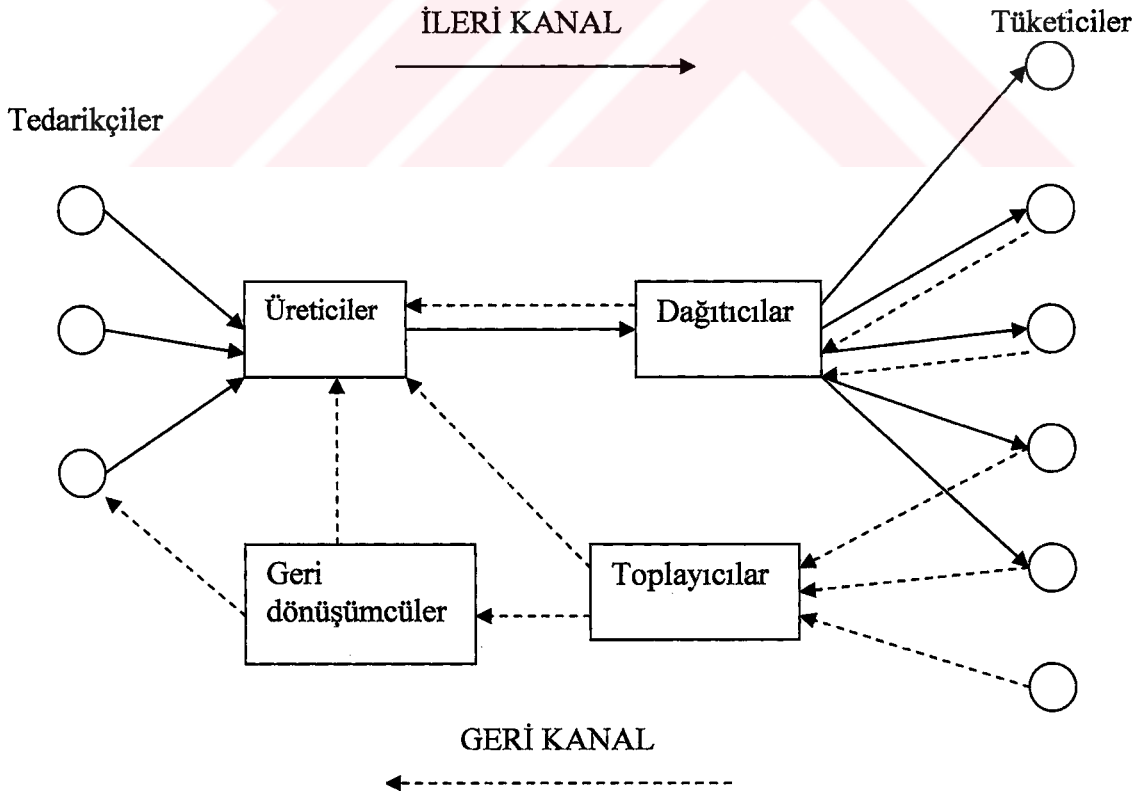
- *Geri dağıtım kanalında hangi fonksiyonlar nerede yürütülmeli?*

Geri dağıtım kanalındaki fonksiyonlar toplama, test etme, sınıflandırma, nakil ve işlemedir. Önemli noktalardan biri de bu fonksiyonlar için uygun yerleşimlerin belirlenmesidir. Sınıflandırma ve test etme yerleşimlerinin ayrı bir önemi söz konusudur. Bunun sebebi, erken yapılan testlerin kullanılamaz haldeki ürünlerin nakledilmesini engelleme yönünden bir faydası vardır, ancak karmaşık testler her noktada bulunamayacak türde ekipmanlar gerektirebilir. Merkezden yayılan test işlemleri bu yüzden oldukça güç olan başlangıç kontrolleriyle sınırlıdır. Geri dönüş akışlarını farklı yeniden kullanım oranlarına sınıflandırma işlemi, toplama işlemine (örneğin ev halkının çöplerinin toplanması) yakın bir aşamada daha ucuza halledilebilir. Bununla birlikte sonraki taşıma maliyetleri artabilir ve taşıma kapasite

kullanımı, erken aşamalarda farklı akışlara bölünmeler ile azalabilir. Müşteri gönüllülüğü ve yetenekleri de gözden geçirilmesi gereken diğer bir konudur (13).

- *İleri ve geri dağıtım kanalı arasındaki ilişki nedir?*

Geri dönüşüm sıklıkla açık döngü olarak tanımlanmaktadır (ürünler orijinal üreticiye dönmezler ve farklı endüstrilerde kullanılırlar). İleri ve geri dağıtım kanallarındaki olanaklar, her iki kanaldaki aktörlerin farklılığı kadar kısıtlıdır. Yeniden üretim ve yeniden kullanım, ürün ve ambalajlama için üreticiye dönerek sıklıkla kapalı döngülü sistemleri oluştururlar. Geri dağıtım, orijinal şebekede aracı ve uzmanlaşmış lojistik sağlayıcıları kullanarak direkt olarak yer alır. Aynı aktörler kullanılsa bile, ileri ve geri dağıtımın bütünleştirilmesi, toplama ve taşıma rotaları farklı taşıma gerektirebildiği durumlarda gerçekleştirilmesi zor bir konudur (13). Şekil 2.7’de görülen geri dağıtım yapısında ileri akışın (üreticiden kullanıcıya) ve geri akışla (kullanıcıdan üreticiye) birleşimi görülmektedir.



Şekil 2.7. Geri dağıtım yapısı (13)

2.10.1. Geri akışın ayrı modellenmesi

Birçok araştırmacı, geri dağıtım şebekelerinin tasarımı için geleneksel tesis yerleşimi modellerinin üzerinde değişiklik yapmayı düşünmüştür. Birçok kaynaktan az sayıdaki talep noktalarını beslemeyi gerçekleştiren ve bir noktada birleşen bir yapıya sahip olan şebeke yapısı hesaba katılması gereken önemli bir noktadır. Literatürde riskli artık maddeleri elden çıkarmaya yönelik birçok çalışmada “çoktan aza” problemleri üzerinde durulmuştur. Bunun tam zıttı olarak geleneksel yerleşim modelleri tipik olarak ıraksak yapıdaki az kaynaktan çok talep noktasına yayılan şebeke yapılarını hesaba katarlar (13).

Geri dağıtım şebekelerinin bir başka özelliği tüketiciler tarafından geri getirilen kullanılmış ürünlerin nitelik ve niceliğindeki belirsizliktir. Uygun şebeke yapısı için bu iki kistas önemli yer tutar. Örneğin yüksek kalite ürünlerin yüksek taşıma maliyetleri (ve böylece daha merkezci bir şebeke yapısını) gerektirmesi ve düşük değerli ürünlerin yüksek taşıma maliyetlerinin ekonomik olmaması gibi.

Caruso ve arkadaşları (1993) katı atık madde yönetimi için geliştirdikleri sistemde toplama, nakletme, yakma, gübreleme, geri dönüşüm ve elden çıkarma gibi maliyetleri dikkate almışlardır. Çok amaçlı yerleşim ve atama modeli ile bazı sezgiseller atık madde yönetimini planlamak amacıyla kullanılmıştır. Sonuç olarak model bize atık madde elden çıkarma tesislerinin, adapte edilecek teknolojinin spesifikasyonlarını ve işlenecek artık maddenin miktarını vermektedir (14).

Kroon ve Vrijens (1995), Hollanda’da lojistik organizasyonları için geri verilebilir kutuların geri dönüş lojistiği üzerine bir sistem geliştirmişlerdir. Bu sistem ulaştırma, bakım ve boş kutuların depolanmasını içermekteydi. Kutuların sayısını, depoların miktarını ve yerleşimlerini analiz etmek için klasik bir tesis yerleşim modeli formüle edilmiştir (15).

Spengler ve arkadaşları (1997), Almanya çelik endüstrisine uyguladıkları endüstriyel yan ürün geri dönüşümü üzerine karışık tamsayılı bir doğrusal programlama modeli

geliştirmişlerdir. Çelik şirketleri, ekonomik açıdan hangi geri dönüşüm proseslerinin ve proses zincirlerinin uygun olduğuna karar vermek durumundadırlar. Ayrıca işbirliği olanaklarının doğruluğunu kanıtlamak, geri dönüşüm tesislerinin kapasitelerini, yerleşimlerini ve atama durumlarını belirlemek durumundadırlar. Model, özel problem yapısı için değiştirilen çok seviyeli kapasitelendirilmiş depo yerleşimi problemi üzerine dayanmaktadır (16).

2.10.2. İleri ve geri dağıtımın bütünleştirilmesi

Günümüzde aynı anda ileri ve geri dağıtımı aynı anda göz önünde bulunduran çok az model yer almaktadır ve bu modeller de müşterek tesis yerleşimini dikkate almaktadırlar. Endüstriyel uygulamalarda ileri ve geri dağıtımda oldukça basit yaklaşımlar kullanılmıştır (örn. tekrar kullanılabilen depozitolu içecek şişeleri). Bu uygulamalarda şebeke tasarımı bölümünde, ulaştırma maliyetlerine ek olarak toplama ve geri taşıma maliyetleri göz önünde bulundurulur ve rotalamalar tamamıyla ileri akış yönünde yapılır. Boş şişeler toplama turları ile toplanmıştır.

Salomon ve arkadaşları (1996), dağıtım ve toplama şebekelerini destekleyen REVLOG adını verdikleri bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Tesis yerleşimlerinin belli olduğu ortamda REVLOG geri dönüş şebekesindeki optimum malzeme akışlarını ve maliyetlerini tanımlamaktadır. Bu yolla farklı şebeke tasarımları karşılaştırılabilir. Ayrıca geri yönlü akışta ileri akışın var olan tesislerini kullanmanın etkileri analiz edilebilir. REVLOG eğitim amaçlı olarak televizyon üreticilerinde kullanılmıştır (17).

Del Castillo ve Cochran (1996), yeniden kullanılabilir kutuların içinde taşınan ürünler için üretim ve dağıtım planlama üzerine çalışmışlardır. Yaptıkları çalışma ile tesislere boş kutuların ulaştırılmasını incelemişlerdir. Boş kutuların bulunabilirliği orijinal ürünün üretimi için kaynak kısıtı olarak modellenmiştir. Alkolsüz içki üreten ve depozitolu şişe kullanan şirkette yapılan bir çalışma ile model sınanmıştır (18).

2.11. Geri Lojistik

Geri lojistik, kullanılmış ve kullanıcılar tarafından gereksinim duyulmayan ürünlerin kullanılabilir ürünlere dönüşümü boyunca bütün lojistik faaliyetleri kapsamaktadır. Stock'a (1998) göre geri lojistik, hammaddenin ve işlemdeki stokların, bitmiş ürünlerin ve ilgili bilginin tüketim noktasından, malzemelerin ve elden çıkma yolundaki ürünlerin geri kazanım amacıyla başlangıç noktasına akışının etkin ve maliyeti düşük bir şekilde planlanmasının ve uygulamasının sağlanmasıdır (19). Genelde geri lojistik aktiviteleri kullanılmış ürünlerin son kullanıcıdan üreticiye doğru fiziksel iletimini kapsayacak biçimde olduğu düşünülür ancak geri lojistik aktiviteleri kusurlu ve çevre açısından riskli ürünlerin müşterilerin ellerinden alınma işlemidir. Bu ayrıca kullanılabilir yaşamlarının sonuna ulaşmış ürünleri de kapsar. Bu şekilde şirketler yeniden kullanım ve kullanılan malzemeleri azaltma yoluyla çevre açısından daha faydalı olabilirler (20).

Ürünlerin ve malzemelerin yeniden kullanımı yeni bir olay değildir. Metal kırıntılarının toplanması, atık kağıt geri dönüşümü ve içecek şişelerinin depozit sistemleri uzun zamandır etrafımızda gördüğümüz geri lojistik gerektiren örneklerdir. Bu durumlarda kullanılan ürünlerin geri toplanması elden çıkarmaya oranla daha cazip gelmektedir. Gün geçtikçe artan çevre bilinci yeniden kullanıma yönelik ilgi sağladı. Artık madde azaltma çabaları, tek yönlü ekonomi yerine malzeme döngülerini arttırdı. 1994'te kağıt geri dönüşümü Avrupa'da yıllık %7'lik gibi yüksek bir oranla 27,7 milyon tonlara kadar yükseldi. Geri toplanma oranları genel kağıt tüketiminin %43'üne kadar ulaştı (13).

Ekonomik olarak üretim yapmanın yolu sermayeye, iş gücüne, enerjiye ve hammaddeye önemli yatırımlar yapmaktan geçer. Ne yazık ki, bütün ürünlerin ömürleri sınırlıdır. Orijinal malzemeler ömürlerinin sonuna geldiklerinde ya sahipleri tarafından elden çıkarılmakta ya da atılmaktadırlar. Daha fazla şirket çevre açısından bilinçlendikçe ve sıkı çevresel kanunlar çıktıkça, ömrünün sonuna gelen ürünler, üreticiler tarafından geri toplanacak ve yeniden işleneceklerdir. Örnek olarak Hewlett-Packard firmasının kullanılmış kartuşları geri toplaması gösterilebilir.

Bazen geri dağıtım faaliyetleri şirketlerin ayakta durabilmesi için kaçınılmaz olabilmektedir çünkü şirketin kalıcı itibarı tehlikeye girebilmektedir. İç ve dış etkenlere hazırlıklı olabilmek ve etkin yollar bularak rekabet ortamında ayakta kalmak gerekmektedir. İş amaçlarına ulaşmak için bir şirket, çevreci ürünlere karşı artan talebi göz önünde bulundurmak, katı çevresel düzenlemelere uymak ve çevresel açıdan sorumluluklarını unutmamak durumundadır. Örneğin, Church ve Dwight şirketi, temiz ve yeşil bir imaj çizen ve çevreye duyarlı olan şirketlerin, bu tavırlarının müşterileri tarafından takdir edilmesi ve sadakatle ödüllendirilmesi ile gelirlerini her sene %5-15 (yada yaklaşık 75 milyon dolar) arasında artıracaklarını tahmin etmektedirler (Ottoman, 1998) (21). Daha da fazlası kurumlar doğal çevrenin ihtiyaçlarına karşı gün geçtikçe daha fazla duyarlı olmaktadır. Bu konuda toplumdaki, işçilerden, devletten ve müşterilerden gelen inanılmaz bir baskı altında kalmaktadırlar. Şirketlerin performanslarına göre, halk içerisindeki çevresel olarak duyarlı olma imajları tedarik zincirinde yer alan tedarikçilerini de etkileyecek ve bu böyle yayılacaktır (20).

Ürettikleri ürün ve servislerin çevreye olan etkilerini minimize etmeye çalışan ve bu konuda inisiyatifli ele alan firmaların sayısı artmaktadır. Birçok firma temiz ürün ve proseslerin daha az artık madde yaratacağının farkındadırlar. Son 10 yılda Almanya’da bu konuda iki yeni kanun ortaya çıkarılmıştır. Bunlar ambalajlama kanunu ve tüketici elektronik kanunudur. Bunlar üreticiye ambalajların yeniden kullanımı ve ömürlerinin sonuna gelmiş tüketici elektronik malzemelerinin elden çıkarılması konusunda bazı sorumluluklar getirmektedir (Rousso ve Shah,1994) (22). Ambalajların geri toplanması ve yeniden kullanılması veya uygun bir şekilde elden çıkarılması konusunda büyük atılımlar yapılmış ve bunlar Almanya gibi birçok Avrupa ülkesi tarafından uygulanmıştır. Norveç ve Danimarka, içecek şişelerinin yeniden kullanılabilir olmasını zorunlu kılmışlardır. Amaç, araziye dolduran malzeme büyüklüğünü ve geri dönüşebilir kaynakların israfını minimize etmektir. Kanunlar, firmaları tüketicilerden geri akış konusunda yönlendirmektedir (20).

Geri lojistik 4 temel prensibe sahiptir: Azaltma, yerine koyma, yeniden kullanım ve geri dönüşüm. Geri kanal operasyonları, modern çağın gerçekleri olan yaygın katı

atık kirliliği ile enerji kısıtlıkları ve ciddi malzeme azlığı konularına giderek artan bir hassasiyet göstermektedir. Daha öncede belirtildiği gibi modern çağda ayakta kalmanın yolu çevre ile ilgili konuları, enerji konusunu ve maddi olasılıkları planlamak, organize etmek ve başarmaktır.

Herhangi bir dağıtım sistemi ile ilgili iki ana tedarik zinciri vardır: İleri zincir ve geri tedarik zinciri (geri lojistik sistemleri). İleri yönlü zincir ürünlerin üretici tesisler ya da fabrikalardan müşteri alanlarına doğru dağıtıldığı oldukça iyi araştırılmış bir konudur. Bu alanda birçok çalışma yapılmıştır. Kapasitelendirilmiş tesis yerleşimi problemi bu alanda yapılmış çalışmalardan sadece birisidir.

Geri yönlü zincir, bir ürün ya da bileşen, kullanımından sonra, tamir, geri dönüşüm ya da tekrar üretim amaçlarıyla üretim zincirine döndüğü anda devreye girer. Kullanılmış ürünlerin düzeltilmesi hızlı bir şekilde büyüyen öneme sahip olan bir alana dönüşmektedir (20).

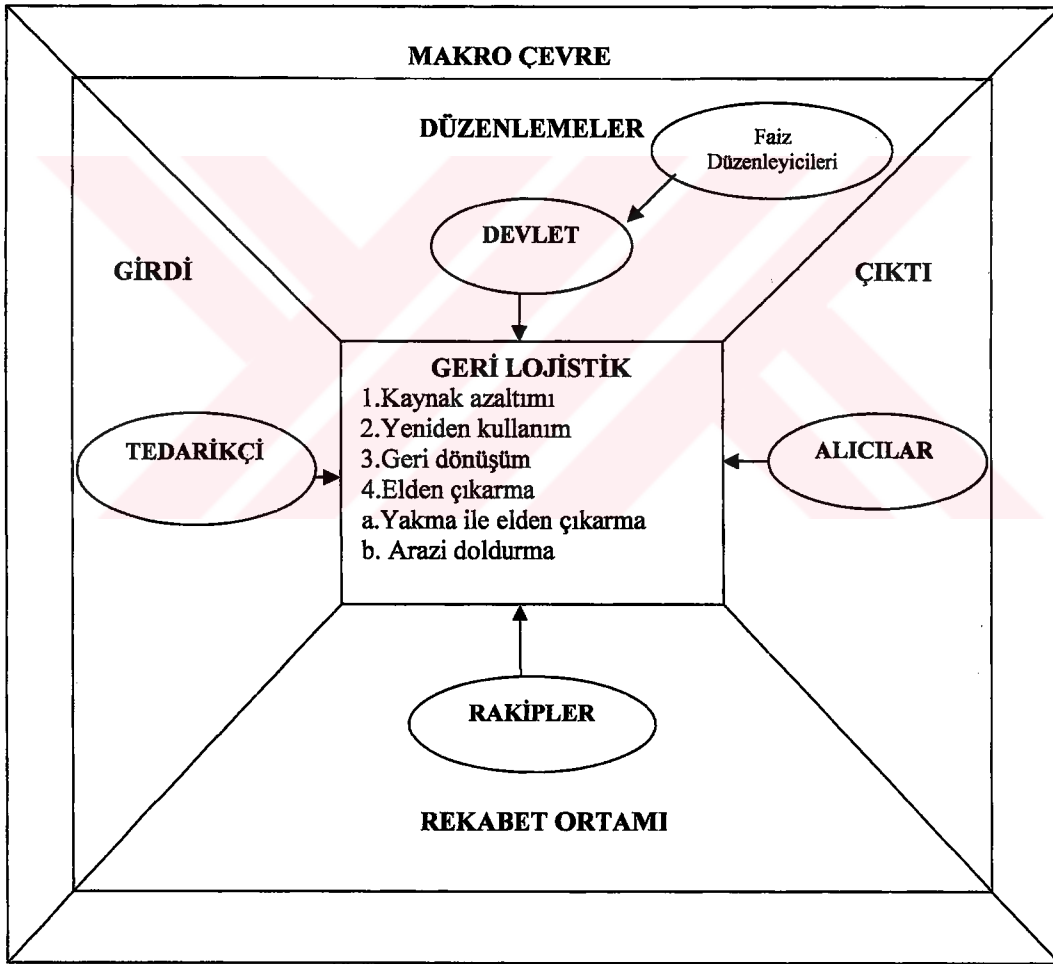
Sarkis ve arkadaşları (1995), geri lojistik sistemlerini bilinen tedarik zincirinden ayıran 3 önemli özelliği şöyle sıralamışlardır:

1. Birçok lojistik sistemi ürün hareketini geri kanalda taşıyabilecek yapıda donatılmamıştır.
2. Geri dağıtım maliyetleri, ürünü üreticiden tüketiciye taşımaktan daha pahalı olabilir.
3. Geri dönen ürünler sıklıkla normal kanaldaki yolla nakledilemez, depolanamaz ya da taşınamazlar (23).

Schuldenfrei ve Shapiro (1980), enflasyon, kıt enerji kaynakları ve yükselen lojistik maliyetleri sonucunda, geri dağıtımın, ileri dağıtımla aynı öneme sahip olduğunu vurguladılar (24).

2.11.1. Geri lojistik aktivitelerini etkileyen çevresel faktörler

Geri lojistikte şirket stratejisi, dış çevre ile uyumlu olduğunda çok iyi sonuçlar alınır. İyi bir uyuma ulaşmak için yöneticiler öncelikle rekabet ortamını şekillendiren güçleri tam olarak anlamalıdır. Bu onların dış eğilimleri tanımalarını ve uygun stratejiler oluşturarak yanıt vermelerini sağlar. Firmanın dış çevresine değer verme konusunda pazarlama ve dağıtım kadar tedarik ve malzeme yönetimi de anahtar rol oynarlar.



Şekil 2.8. Geri lojistik aktivitelerini etkileyen çevresel faktörler (26)

Literatüre bakıldığında firmaların geri lojistik faaliyetlerini etkileyen 4 ana etken devlet, tedarikçiler, alıcılar ve rakipler olarak tanımlanabilir. Devlet, kanunlarla yeniden kullanımı ve geri dönüşüm faaliyetlerini destekler. Tedarikçilerden girdi

sağlanır ve çıktı alıcılara ulaştırılır. Rekabetçi ortamda ayakta kalabilme açısından geri lojistik faaliyetlerinin oldukça büyük katkıları olabilmektedir. Achrol, Reve ve Stern'in (1983), bu konuyla ilgili yaptıkları çalışmada yukarıdaki şekli ortaya çıkarmışlardır (Şekil 2.8) (26).

2.12. Geri Lojistik ve Geri Dağıtım İlişkisi

Geri lojistik, şirketlerin geri dönüşüm, yeniden kullanma ile kullanılan maddelerin miktarını azaltmaları yoluyla çevre için daha verimli olmalarını sağlayan bir prosestir. Daha dar bir açıdan bakacak olursak, kanal elemanları üzerinden malzemelerin geriye doğru hareketi olarak düşünülebilir. Daha geniş açıdan ise geri lojistik ileri yönlü sistem için kullanılan malzemenin miktarını düşürmeyi, geri yöndeki malzeme miktarını azaltarak, malzemenin yeniden kullanımını mümkün kılarak ve geri dönüşümü kolaylaştırarak sağlar.

Praktisyenler ve akademisyenler, şirketlerin çevresel eylemlerinin önem ve büyüklüğünü anlamak için sadece şu istatistiklere ihtiyaç duymuşlardır:

“Amerikalılar her sene 24 milyar doları (toplam milli hasılanın %2,5’u) çevresel düzenleme ve yasaklarla uyum için harcamaktadırlar.”

Geri lojistik ayrıca büyük tasarrufları da beraberinde getirmektedir. “AT&T şebeke sistemleri telefon anahtarı parçasına yönelik geri lojistik programı sayesinde 19 ayda 100 milyon dolar tasarruf etmiştir.”

Çevresel faydaların ve maliyet azaltımının yanında geri lojistik, devlet düzenlemelerinin tehdidini azaltma ve şirket imajını düzeltmesiyle de ön plana çıkmaktadır.

Geri dağıtım: Geri dönüş, sanki akıntıya karşı gidiyormuş gibi tekrar kullanım, geri dönüşüm ya da elden çıkarma amacıyla malzemelerin geri yönde hareketidir. Bu

hareket çevreyle ilgili kalite ve son kullanma tarihinin belirlenmesi gibi konularla ilişkilidir ve yardımcı kanal üyeleri tarafından gerçekleştirilir.

Geri lojistik: Geri dağıtımın kaynak azaltımı içeren halidir.

Kaynak azaltımı: İsrafın azaltılması ile daha verimli ileri ve geri dağıtım prosesidir (25).



Şekil 2.9. Geri lojistik hiyerarşisi (25)

Bir kere kaynak azaltımı tercihi kullanılmaya başlandığında firma sırasıyla yeniden kullanımı ve geri dönüşümü en büyükleme girişiminde bulunmalıdır. Elden çıkarma son seçenek olmalıdır. Bu seçeneğin içinde firma ürününün yakılarak yok edilmesi ile enerji geri dönüşümü mümkün olabilecektir. Bir başka seçenekte de arazide elden çıkarma tercih edilen yöntem olabilecektir. Ayrıca geri dönüşümlü malzeme sadece

elden çıkarma maliyetlerini düşürürken yeniden kullanılan malzemeler de satın alma, ulaştırma, elden çıkarma maliyetlerini düşürerek destek sağlamaktadır (25).

Diğer bütün lojistik kararları gibi bu hiyerarşi içinde konu ile ilgili olan ve ölçülebilen tüm maliyetlerin hesaba katıldığı hayat çevrimi analizleri göz önünde bulundurulmalıdır. Şu da unutulmamalıdır ki bu bahsedilen tüm kategoriler birbirinden karşılıklı olarak bağımsız değildir. Örneğin, revizyondan geçmiş başlangıç bileşeni tam olarak yeniden kullanılmış ya da tamamen geri dönüşümlü olmuş değildir.

Geri lojistik ve geri dağıtım arasındaki fark, tanımlarından da görüleceği üzere, kaynak azaltılması faaliyetleri noktasında ortaya çıkmaktadır. Geri lojistik, kaynak azaltımı noktasında geri dağıtımdan ayrılır, yani geri lojistik sadece malzemelerin geri yönde hareketi demek değildir. Hiyerarşide (Şekil 2.9) görüldüğü gibi en üst noktada yer alan kaynak azaltımı, geri lojistik ve geri dağıtım arasındaki temel fark olarak karşımıza çıkmaktadır (25).

Bir sonraki bölümde üretim/dağıtım planlama, dağıtım planlama (ileri dağıtım), geri dağıtım ve geri lojistik alanlarında literatür taranmış ve geliştirilen modeller hakkında bilgi verilmiştir.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Son 20 yılda yatırımlardaki büyüme ve gelişmenin hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir. Global rekabetin etkileri sonucu tedarikçiler, üreticiler ve dağıtıcılar, tedarik ağı içerisinde etkin işbirliği içerisine girme gereği duymuşlardır. Bunun gerçekleşebilmesi için de bütün işbirlikçilerin faaliyetlerinin planlaması önem kazanmıştır.

Literatürde üretim-dağıtım planlama, dağıtım planlama (ileri dağıtım), geri dağıtım ve geri lojistik konularına yönelik bir çok çalışma yer almaktadır. Bu çalışmalar problem tiplerine göre çizelge 3.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Literatürde daha önce yapılmış çalışmalar

Problem Tipi	Yazar
Üretim / dağıtım planlama	Carlson (27), Shanthikumar ve Sargent (28), Duran (29), Cohen ve Lee (30), Jackson, Maxwell ve Muckstadt (31), Khoshnevis ve Austin (32), Benton ve Krajewski (33), Vecchio ve Towill (34), Vrat ve Kanda (35), Pyke ve Cohen (36), Chandra ve Fisher (37), Mulvey etal. (38), Thomas ve Griffin (39), Vidal ve Goetschackx (40), Evans, Naim ve Towill (41), Petrovic, Roy ve Petrovic (42), Byrne ve Bakir (43), Ozdamar ve Yazgac (44), Buer, Woodruff ve Olson (45), Larsen, Morecroft ve Thomsen (46), Mohamed (47), Erenguc, Simpson ve Vakharia (9), Bramel, Goyal ve Zipkin (48), Yu ve Lin (49), Kim ve Kim (50), Gavirneni (51), Verter ve Dasci (52), Pirkul ve Jayaraman (53), Lee ve Kim (54), Jang etal. (7), Syarif ve Gen (55), Khurram etal. (56), Felix etal. (57), Rizk etal. (58), Vila etal. (59)
Dağıtım planlama (İleri Dağıtım)	Davis ve Ray (60), Geoffrion ve Graves (61), Christopher (62), Guignard ve Spielberg (63), Barcelo ve Casanovas (64), Lockett ve Westwood (65), Aikens (66), Bookbinder ve Reece (67), Brauer ve Naadimuthu (68), Lee (69), Verrijdt ve Kok (70), Tragantalerngsak etal. (71), Pirkul ve Jayaraman (72), Hindi, Basta ve Pienkosz (73), Leão ve Matos (74), Taniguchi etal. (75), Ross (76), Nozick ve Turnquist (77), Lee etal. (78), Matsatsinis (79), Avella, Boccia ve Sforza (80), Ambrosino ve Scutella (81), Amiri (82), Jayaraman ve Ross (83)

Çizelge 3.1 (Devam). Literatürde daha önce yapılmış çalışmalar

Problem Tipi	Yazar
Geri lojistik ve Geri Dağıtım	Guiltinan ve Nwokoye (11), Fisk ve Chandran (84), Schuldenfrei ve Shapiro (24), Achrol, Reve, Stern (26), Murphy (85), Min (86), Robertson (87), Gray ve Guthrie (88), Chandran ve Lancioni (89), Bronstad ve Evans-Correira (90), Pohlen ve Farris (12), Cairncross (91), Ballou (92), Herberling ve Graham (93), Caruso etal. (14), Barry etal. (94), Crainic etal. (95), Kopicky etal. (96), Roussos ve Shah (22), Drumwright (97), Livingstone ve Sparks (98), Murphy etal. (99), Sarkis etal. (23), Monczka ve Trent (100), Kroon ve Vrijens (15), Thierry etal. (101), Jahre (102), Smith etal. (103), Salomon etal. (17), Del Castillo ve Cochran (18), Thierry (104), Fleischmann, Ruwaard, Dekker, Laan, Nunen ve Wassenhove (13), Spengler etal. (16), Carter ve Ellram (25), Hirsch, Kuhlmann ve Schumacher (105), Stock (19), Ottoman (21), Barros, Dekker ve Scholten (106), Johnson (107), Louwers etal. (108), Bloemhof-Ruward etal. (109), Krikke etal. (110), Fleischmann etal. (111), Teunter, Laan ve Inderfurth (112), Shih (113), Vlachos ve Tagaras (114), Minner (115), Hu, Sheu ve Huang (116), Fleischmann, Kuik ve Dekker (117), Krumwiede ve Sheu (118), Kleber etal. (119), Jayaraman, Patterson ve Rolland (20), Mahadevan etal. (120), Min, Ko ve Ko (121), Ravi ve Shankar (122), Georgiadis ve Vlachos (123), Dobos ve Richter (124), González-Torre, Adenso-Díaz, Artiba (125), Sharma, Ammons ve Hartman (126), Lieckens ve Vandaele (127), Sheu, Chou ve Hu (128), Mukhopadhyay ve Setoputro (129), Amini etal. (130), Shankar, Ravi ve Tiwari (131), Daugherty etal. (132), Chouinard (133), Listes ve Dekker (134)

Görüldüğü gibi bu alanlarda bir çok çalışmalar yapılmıştır. Özellikle geri lojistiğe ve geriye yönelik dağıtım ile ilgili çalışmalarda artan bir eğilim görülmektedir. Literatürde yer alan çalışmalar içerisinde bu tez çalışmasında ele alınan konu kapsamında olanlar aşağıda açıklanmıştır.

Cohen ve Lee (1988), tedarik zinciri üretim sistemindeki atölyelerin tüm malzemeleri için malzeme ihtiyaç politikası geliştirme amacıyla, malzeme kontrol, üretim ve dağıtım olmak üzere 3 farklı maliyet temelli alt model geliştirmişlerdir (30).

Jackson ve arkadaşları (1988), yaptıkları çalışmada kapasitelendirilmiş üretim-dağıtım sistemlerinde aralıkların yeniden optimum olarak düzenlenmesi üzerinde durmuşlardır. Bu çalışmada karmaşık üretim-dağıtım çevrelerindeki tutarlı ve gerçekçi aralıkların yeni düzeninin belirlenmesi problemi, büyük ölçekli, doğrusal olmayan tamsayılı programlama problemi olarak formüle edilmiştir. Problemin özel yapısı nedeniyle çözüm için standart şebeke akış algoritması kullanılmıştır. Diğer bir çalışmalarında ise çözümler yeniden gözden geçirilmiş ve üretim-dağıtım ağındaki düğümlerin optimum olarak bölünmesinin, keyfi olarak ölçeklenen hazırlık ve elde tutma maliyet parametreleri ile sabit kaldığı gösterilmiştir. Tek kısıtlı iş parametreleri ve çok kısıtlı iş merkezleri olmak üzere modelin iki kapasitelendirilmiş versiyonu dikkate alınmıştır (31).

Brauer ve Naadimuthu (1992), merkezde yer alan ve çoklu perakende çıkışlarına hizmet eden bir dağıtım merkezinin stok ve dağıtım planlaması için karışık tamsayılı bir doğrusal programlama formülasyonu oluşturmuşlardır. Bu problem daha sonra öncelik sırasına göre bütünleşik stok devirleri, karşılanan talebin servis düzeyi ve toplam sistem maliyetini dikkate alan amaç programlama modeline dönüştürülmüştür. Yapılan çalışmada sayısal bir örnek LINDO programı ile çözülerek yaklaşımın uygulanılabilirliği gösterilmiştir (68).

Pyke ve Cohen (1993), olasılıklı bütünleşik üretim-dağıtım sistemlerinde performans karakteristiklerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada bir çok firmada üretim ve pazarlama ya da dağıtım arasında uyumsuzlukların olduğu vurgulanmıştır. Üretim yönetimi, parti büyüklüklerinin büyük olduğu ve ek hazırlık maliyetleri ile iş gücü değişim maliyetlerinin minimize olduğu düzenli bir üretim sistemini amaçlamaktadır. Bir başka açıdan dağıtım yönetimi ise pazar talebindeki değişim durumuna üretimin çabucak cevap verebilmesi için parti büyüklüklerinin küçük olmasını ister. Bu çalışmada asıl yapılmak istenen bütünleşik tedarik zinciri

operasyonundaki malzeme yönetiminin analiz edilmesidir. Bu amaçla basit bir bütünleşik üretim-dağıtım sistemi üzerine karışık tamsayılı bir model geliştirilmiş ve performans karakteristikleri incelenmiştir. Ayrıca optimuma yakın sonuçlar veren sezgisel bir algoritma da önerilmiştir. Bu çalışmada yapılan incelemelerde, tek istasyonlu fabrika modeli ve bitmiş mal stoğunu içeren yalnızca bir tedarikçinin olduğu tek ürünlü, üç yerleşime sahip bir şebeke kullanılmıştır (36).

Chandra ve Fisher (1994), üretim ve dağıtım planlamanın koordinasyonunun düzgün bir şekilde gerçekleştirilmesinin önemini göstermişlerdir. Belirli bir zaman aralığında ürünlerin üretildiği tesisleri ve bu tesislerdeki bitmiş ürün stoklarının bakımını kapsayan özel bir senaryoyu dikkate almışlar. Bu senaryoda ürünler, firmanın kamyonları ile planlama aralığındaki dönemler için taleplerin bilindiği perakendeci pazarlarına dağıtılmaktadır. Bu dağıtım işlemini üretim çizelgeleme ve araç rotalama problemi olarak incelemişlerdir. Daha sonra bu iki tip problemi çözerek karşılaştırmışlardır. Bu çözümlerde temel model parametrelerinin (planlama aralığı, ürün sayısı, perakende pazarları, hazırlık maliyetleri, stokta tutma maliyetleri ve taşıma maliyetleri) değişik durum ve değerleri de incelenmiştir. Koordinasyon ile toplam işletme maliyetindeki azalmanın %3 ile %20 aralığında gerçekleştiği sonucuna varmışlardır (37).

Thomas ve Griffin (1996), operasyonlarda eşgüdümü sağlamanın üç değişik aşamasını alıcı ve tedarikçi, üretim ve dağıtım, stok ve dağıtım olarak tanımlamışlardır (39). Vidal ve Goetschackx (1997), stratejik üretim-dağıtım modellerini gözden geçirmişler ve karışık tamsayılı programlama modeli ile global tedarik zinciri modelleri üzerine yoğunlaşmışlardır (40). Erenguc, Simpson ve Vakharia (1999) üretim-dağıtım planlama olayı üzerinde tedarikçi, tesis ve dağıtım atölyelerini ayırarak üretim-dağıtım planlama kararlarını birlikte optimize etmeyi sağlama konusunun üzerinde durmuşlardır. Sonuçta tedarik zincirinin bütün aşamalarının bütünleştirilmesinde analitik ve simulasyon modellerinin kombinasyonunu ileride önemli bir araştırma alanı olarak belirlemişlerdir (9).

Mohamed (1999), farklı değişim oranları altında üretim yapan çok uluslu bir şirket için bütünleşik üretim-dağıtım modeli geliştirmiştir. Farklı tesislerde üretilecek ürünlere ilişkin kararlar ve bu tesislerin hizmet edeceği pazarlar şirketlerin başarısında önemli rol oynamaktadır. Ayrıca tesislerin açılması, elde tutulması ve kapanmasına ilişkin kararlar da aynı derecede önemlidir. Alınacak bu kararların enflasyona ve değişim oranlarına duyarlılığı da göz önünde bulundurulmalıdır. Bütün bunlara bağlı kalarak yapılan bu çalışmada, çok uluslu şirketler için bütünleşik üretim-dağıtım modeli geliştirilirken yukarıda bahsedilen parametreler dikkate alınmaktadır. Modelin performansı çeşitli örneklerle ortaya çıkarılmış ve elde edilen sonuçlarla değişim oranlarına, başlangıç kapasitelerine, daha karlı olan tesisler üzerine yüklenen kısıtlamalara bağlı olarak karın %45,77 oranında değişebildiği gösterilmiştir (47).

Petrovic ve arkadaşları (1998), çalışmalarında ile tedarik zinciri simülasyonunu bulanık modelleme ile değişken çevrede uygulamışlardır. Müşteri talebi ve hammadde tedariki, bulanık kümeler ile yaratılmış, yorumlanmış ve tedarik zinciri simülatörü geliştirilmiştir. Simülatör, tedarik zincirini dinamik olarak ele almış ve daha sonra tedarik zinciri bulanık modeli tarafından önerilen kararların tedarik zincirinin performansı üzerinde etkileri değerlendirilmiştir (42).

Pirkul ve Jayaraman (1998), çok ürünlü, çok tesisli lojistik problemleri için var olan ulaştırma ve dağıtım sorunlarını tartıştıkları ve dağıtım şebekeleri için stratejik tasarım problemlerini tanıttıkları bir çalışma yapmışlardır. Yapılan bu uygulamada, tesis ve depoların sabit maliyetlerini de içeren toplam ulaştırma ve dağıtım maliyetlerini minimize etme amacıyla tesis ve depo yerleşim problemi için karışık tamsayı model geliştirilmiştir. Ayrıca etkili mümkün çözümler sağlanması için Lagrange gevşetmesine dayalı bir sezgisel prosedür önerilmiştir. Sayısal sonuçlar farklı problemler altında üretilmiş ve çözümlerin sağlanması için geliştirilen prosedürün tutarlı sonuçlar ürettiği görülmüştür. Ayrıca sezgisel yöntem, optimallik ve çözüm zamanlarının tahmini için problem boyutuna ve yapısına bakılmaksızın çok iyi performans göstermiştir (53).

Hindi ve arkadaşları (1998), müşterilerden dağıtım merkezlerine atama kısıtları altında çok ürünli ve iki aşamalı dağıtım problemi için bir model geliştirmişlerdir. Bu modelde farklı ürünlerin tesislerden yola çıkıp ve dağıtım merkezlerinden geçerek müşterilere ulaştırıldığı ve dağıtım merkezlerinin mümkün yerleşimlerinin belli olduğu düşünülmüştür. Her bir yerleşim için dağıtım merkezlerini açmanın farklı sabit maliyetleri, operasyon maliyetleri ve maksimum kapasite kısıtlarının yer aldığı dikkate alınmıştır. Talepler ve taşıma maliyetlerinin bilindiği varsayılmıştır. Bu modelde ayrıca iki önemli durum yer almıştır. Bunlardan birincisi, her müşteri ihtiyaç duyduğu bütün ürünlerle birlikte sadece tek bir dağıtım merkezinden hizmet alabilmektedir. İkincisi ise, dağıtılan her ürün miktarı için tesis başlangıçlarının doğru tespitinin mümkün olması gerekmektedir. Bu modelde de diğer birçok modelde olduğu gibi maliyeti minimize edecek yerleşimlerinin belirlenmesi amacıyla, karışık tamsayılı programlama ve Lagrange gevşetmesi kullanılarak ulaşılmıştır (73).

Barros ve arkadaşları (1998), kumun yeniden kullanımına yönelik iki aşamalı şebeke yapısı üzerine araştırmalarda bulunmuşlardır. Hollanda'da inşaat artıklarının özellikle kumun geri dönüşümünün önemi nedeniyle bu konu lojistik probleminde önemli bir yer tutmaktadır. Yeni yasalar ile geri dönüşüm teşvik edilmekte ve kullandıktan sonra elden çıkarmalar minimum düzeye indirilmeye çalışılmaktadır. Bu makaledeki kum problemi, süzgeçlenme işlemi söz konusu olduğundan geri lojistik kapsamında düşünülebilmektedir. Bu çalışmada iki aşamalı yerleşim modeli karışık tamsayılı programlama modeli olarak tanımlanmış ve doğrusal gevşetme uygulanmıştır. Geliştirilen sezgisel yöntem ile optimal sonuca ulaşmaya çalışılmıştır. Hollanda'da yapılan çalışmaların sonuçları özetlenmiştir (106).

Leão ve Matos (1999), tavlama benzetimini kullanarak çok kriterli dağıtım şebeke planlamasını gerçekleştirmişlerdir. Klasik uzun menzilli dağıtım şebeke planlama problemi, teknik kısıtların etkisinde ve minimum maliyet altında gelecek talepleri karşılamak için şebeke yatırımlarına karar vermeyi içermektedir. Tesislerin ve izlenecek yolların seçimi kararı, karar değişkenlerinin çok olduğu bir ortamda karışık tamsayılı programlama problemine kılavuzluk eder. Bu çalışmada yer alan problemin kombinasyonel yapısı, geleneksel matematiksel programlama araçlarının sınırlı

büyükölge sahip problemlerde kullanımını kısıtlamaktadır. Bu makalede geliştirilen metot ile bulanık çok amaçlı problemler için etkili çözümlere tavlama benzetimi sezgiseli ile ulaşlmıştır (74).

Byrne ve Bakır (1999), çok dönemli, çok ürünöl bir ortamda üretim planlamasını gerçekleştirmek için matematiksel programlama ile simulasyon modellerini birleştiren melez algoritma üzerinde çalışmışlardır. Melez metodun yararlılığını, analitik model ile karşılaştırmalar yaparak göstermişlerdir. Kim ve Kim (2001), Byrne ve Bakır (1999)'ın fikirlerini analitik ve simulasyon modellerini kullanarak uygun kapasite değerlerine sahip üretim planlamasını bulmak için genişletmişlerdir. Simulasyon modelinin sonuçlarını kullanarak analitik modeldeki kapasite kısıt değerlerini düzgün bir şekilde değıştiren bir metot önermişlerdir (43).

Özdamar ve Yazgac (1999), üretim-dağıtım sistemi üzerine hiyerarşik planlama yaklaşımı geliştirmişlerdir. Çalışmalarında, merkezi bir fabrika ve depoların bulunduğu bir sistem için üretim ve taşıma kararlarını kapsayan üretim-dağıtım modeli oluşturmuşlardır. Bu model, merkezi bir fabrikada deterjan üretip coğrafi olarak uzakta yer alan depolara dağıtımını gerçekleştiren bir firmanın işletimi sistemi üzerine kurulmuştur. Bütün sistem maliyetleri, fabrika ve depo stok maliyetleri ve taşıma maliyetleri göz önünde bulundurularak optimize edilmiştir. Kısıt olarak ise üretim kapasitesi, stok dengesi ve filo büyüklüğü alınmıştır. Bu çalışmada hiyerarşik yaklaşım, optimum filo büyüklüğü ve değışken talebin karşılanması kadar bütünleşik bilginin elde edilmesi amacı ile de uygulanmıştır. Böylece ürünleri, talebi, kapasiteyi ve zaman periyotlarının bütünleştirildiği model çözülmüştür. Bir sonraki planlama aşamasında bütünleşik kararlar, dönemlere, ürün ailelerine, stok ve depolara bağı olan dağıtım miktarlarının dönem bazında kararlarına ayrıştırılmışlardır. Bütünleştirme ve ayrıştırma modellerinin tutarlılığı, ayrıştırma modeline ek kısıtların uygulanması ile sağlanmıştır. Yapılan bu çalışmanın sonucunda ayrıştırılmış zaman periyotlarında büyük değışkenlik gösterebilen talep ve bütünleştirme prosesleri yüzünden meydana gelen uygun olmayan çözüm durumlarında hiyerarşik modelin gücü ve doğruluğu sınanmıştır (44).

Japonya’da kamusal lojistik terminallerinin, trafik tıkanıklıklarını, çevre, enerji ve işçi maliyetlerini azaltma amacıyla önerilmesinden sonra, Taniguchi ve arkadaşları (1999) bu konuda bir çalışma yapmışlardır. Bu terminaller, daha etkili lojistik sistemleri kurulmasını ve ileri bilgi sistemlerinin kurulumunu kolaylaştırmalarıyla ön plana çıkmışlardır. Bu tesislerin bir başka özelliği de işbirlikçi taşıma sistemlerine kolaylık sağlamaları olmuştur. Taniguchi ve arkadaşları, bu terminallerin yerleşimi ve optimal büyüklüklerini belirleyen bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Kuyruk teorisini ve doğrusal olmayan programlama tekniklerini kullanarak en iyi sonucu bulmuşlardır. Bu modelin bir başka özelliği de trafik koşullarını şebeke içerisinde hesaba katması ve Japonya’da Kyoto-Osaka eyaletinde bir bölgede gerçek bir uygulamada başarılı bir biçimde kullanılabilmesi olmuştur (75).

Bramel ve arkadaşları (2000), düzensiz tedarik zamanlarına sahip üretim-dağıtım şebekelerinin koordine edilmesi amacına yönelik geliştirdikleri modelde gerçekçi ve durağan talepli, çok ürünli, çok yerleşimli üretim-dağıtım şebekeleri üzerine yoğunlaşmışlardır. Bu metotta birçok sistemde oldukça başarılı olduğu tespit edilen belli ve sabit sipariş verme aralıkları kullanılmıştır. Şebekelere uygulanan benzer yöntemler, tedarik zamanlarının özel şekillerle dengelenmesi şartıyla kullanılabilir. Ancak bu makalede dengelenmemiş şebekeler üzerinde çalışılmıştır (48).

Ross (2000), yeniden şekillendirilmiş dağıtım sistemleri için performans amaçlarını gerçekleştirmek zorunda olan kaynak girdilerine sahip tedarik ağı problemi üzerine odaklanmıştır. Bu çalışmada yeniden şekillendirme probleminin çözümünde tavlama benzetiminden yararlanılmıştır. Tedarik ağı, dağıtımaya yönelik kaynaklar üzerinde değişik işlem ve bakım maliyetlerine sahip olan ve coğrafi olarak dağılmış bulunan dağıtım merkezlerinden oluşur. Sezgisellerde kullanılan dağıtım planlama yöntemleri iki aşamadan oluşmaktadırlar. İlk aşama dağıtım merkezlerinin “en iyi” kümesinin seçildiği stratejik temelli karar alma adımıdır. İkinci aşama ise sezgisellerin müşteri ve kaynak atamalarını ele aldığı operasyonel temelli karar alma adımıdır. Bu makalede sezgiseller farklı boyut ve yapılarıdaki 450 problem üzerinde test edilmiştir. Sayısal sonuçlara bakıldığında tavlama benzetimi sezgiselinin optimum

sonuca oldukça yaklaştığı ve tedarik ağının yeniden şekillendirilme aşamasında yapılacak değerlendirmelere oldukça uygun olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, söz konusu çalışmada geliştirilen tavlama benzetiminin standart tavlama benzetiminden daha iyi olduğunu göstermektedir (76).

Lojistik yönetimi probleminde karşılaşılan ana problem gelecek ile ilgili belirsizliklerdir. Bir çok lojistik modelin belirsizlik içinde olması ve değişkenlerinin, parametrelerinin olasılıklı bir yapıya sahip olması bu problemlerin çözümünü zorlaştırmaktadır. Olasılıklı problemleri çözmede güçlü bir yöntem olarak geliştirilen bir programlama modeli Mulvey ve arkadaşları (1995) tarafından önerilmiştir (38). Ancak bununla birlikte ağır hesaplama yükü geniş uygulamaların pratikte önüne geçmiştir (1). Chian-Son Yu ve Han-Lin (2000) bu modeli, stokastik yönetim problemi senaryo kümesi üzerindeki veriye daha az duyarlı çözümler geliştirme yetisine sahip yüksek etkinliğe sahip güçlü bir optimizasyon modeli olarak yeniden formüle etmişlerdir (49). Yaygın olan güçlü programlama metotları (Mulvey ve arkadaşları tarafından önerilen) $2n+2m$ eklenmesini gerektiriyorken, çalışmada önerilen metot güçlü modelin doğrusal programlama dönüştürme aşamasında sadece $n+m$ tane değişken eklenmesini gerektirmektedir (n ve m sırası ile senaryo sayısı ve toplam kontrol kısıtlarını ifade etmektedir) (49).

Nozick ve Turnquist (2001), etkili lojistik sistemlerin tasarımı için en önemli noktanın dağıtım merkezleri için yerleşimlerin tanımlanması olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte bu yerleşim kararlarının optimizasyonları, tesis, stok, ulaştırma maliyetlerine ve müşteri tepkilerine gerekli önemin verilmesini gerektirmektedirler. Yapılan bu çalışmada Nozick ve Turnquist, otomotiv üreticisi tarafından üretilen bitmiş araçların dağıtımı üzerine özel bir örnekle test ettikleri doğrusal fonksiyonlar içeren bir model geliştirmişlerdir (77).

Shih (2001), geliştirdiği karışık tamsayılı model ile altyapı sisteminin ve geri şebeke akışının optimizasyonunu sağlamıştır. Burada tanımlanan modelde toplam maliyet, ulaştırma, operasyon, yeni tesisler için sabit maliyet, elden çıkarma ve arazi doldurma maliyetlerini içermesinin yanında düzeltilen ürünlerin satış gelirlerini de

göz önünde bulundurmıştır. Model değişik senaryolar altında sınanmış ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur (113).

Geri lojistik alanında geliştirilen, tehlikeli derecede yapılan savurganlıklara karşı maliyet minimizasyonu modellerinden biri de Hu ve arkadaşları (2002) tarafından geliştirilmiştir. Geliştirdikleri bu model çok dönemli, birden çok ürün tipinin geri dönüşünü planlayacak biçimde gerçekleştirilmiştir. Operasyon stratejileri ve devlet düzenlemelerine dayalı iç ve dış faktörlerin etkisiyle ortaya çıkan kısıtları hesaba katan model kesikli zaman aralıklarına sahip geri lojistik maliyetlerini minimize etmektedir. Yapılan çalışmalar ile uygulama şartlarına bağlı olarak toplam geri lojistik maliyetlerinin %49 oranında azaltılabileceği gösterilmiştir (116).

Bugüne kadar melez yaklaşım ile üretim ve dağıtım bütünüleştirmeye çalışan az sayıda çalışma mevcuttur. Shanthikumar ve Sargent (1983), simulasyon modellerinin analitik modellere karşı avantaj ve dezavantajlarını karşılaştırmalı olarak vermişlerdir. Aynı zamanda analitik-simulasyon melez yaklaşımı ve modellemesi kavramlarına da değinmişlerdir (28). Bildiğimiz üzere tedarik zinciri yönetiminde üretim-dağıtım problemlerini çözmek için birçok analitik model geliştirilmiştir. Analitik modellerde önemli kısıtlardan biri olan operasyon zamanının çoğunlukla bilindiği varsayılmış ya da göz ardı edilmiştir. Bununla beraber gerçek sistemlerde beklenmeyen gecikmeler, kuyruklar, bozulmalar gibi belirsiz faktörler yüzünden gerçek operasyon zamanı doğru olarak yansıtılamamaktadır. Bu sorunu çözmek için Young Hae Lee ve Sook Han Kim (2002) analitik ve benzetim modellerini birleştiren melez bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Analitik modeldeki operasyon zamanı dinamik faktör olarak alınmış ve geliştirilen benzetim modelinden elde edilen sonuçlar ile uygulamaya konulmuştur. Burada elde edilen sonuçlar genel üretim-dağıtım özelliklerini kapsamaktadır. Olasılıklı olarak gerçekleşen olaylar zinciri altındaki bütünlük tedarik zinciri sistemi için daha gerçekçi ve optimum üretim-dağıtım planları, tekrarlı melez analitik-benzetim prosedürünün kullanılması ile sağlanmıştır. Sonuç olarak analitik modelin kendisini de dahil ederek daha gerçekçi optimum planlar sağlayan ve tedarik zincirindeki üretim-dağıtım sorunlarının

modellenmesindeki zorluklar ile başa çıkan bir melez metot geliştirilmeye çalışılmıştır (54).

Jang ve arkadaşları (2002), tedarik ağı için şebeke tasarımı ve üretim/dağıtım planlamasının birleşik modellenmesi için geniş çaplı bir ürün ağacına yönelik tedarik ağı önermişlerdir (7). Bu çalışmada bir birleşik sistemin içerisindeki tedarik ağının tasarım ve planlama problemleri modellenmiş ve bir örnek üzerinde önerilen sistemin geçerliliği denenmiştir. Buradaki yeni tedarik ağı yönetim sistemi 4 modül kapsamaktadır. Bunlar ;

- Tedarik ağı tasarımı optimizasyonu modülü
- Üretim ve dağıtım operasyonlarını (Hammadde tedarikçilerinden müşterilere kadar) planlama modülü
- Model yönetimi modülü
- Veri yönetimi modülü

İlk iki modül Lagrangian sezgiseli ve genetik algoritma ile ayrı ayrı çözülmüştür. Model ve veri yönetimi modülleri, yöneticileri, veri ve matematiksel modellerin detaylarını bilme külfetinden kurtarmaktadır. Bu çalışmada verilen deneysel sonuçlarla, eğer uygun stratejiler ve algoritmalar uygulanırsa geniş çaplı ürün ağacına yönelik tedarik ağı problemlerinin tasarımı ve planlamasının optimize edilebileceği gösterilmiştir (7).

Jayaraman ve arkadaşları (2003) tarafından hazırlanan bir makalede dağıtım şebekelerinin geri yönlü planlanmasına yönelik karışık tamsayılı bir programlama modeli geliştirilmiş ve çözüm prosedürleri anlatılmıştır. Geri dağıtım problemlerinin karmaşıklığı sonucunda sezgisel çözüm yolları geliştirilmiştir. Bu makaledeki problem, kullanılan çözüm metodolojisi ile karar değişkeni setlerinin azaltıldığı alt problemler biçiminde dikkate alınmış ve adım adım optimale ulaşmak amacıyla sezgisel konsantrasyon prosedürü kullanılarak çözülmüştür. Alt problemlerden gelen çözümleri temel alarak potansiyel tesis alanlarının son hali yapılandırılmış ve bu

problem çözüme ulaştırılmıştır (20). Gene aynı yılda Jayaraman ve Ross dağıtım şebeke sistemleri tasarımına tavlama benzetimi ile çözümler üretmeye çalışmışlar ve PLOT (üretim, lojistik, giden seferler, ulaştırma) tasarımı sistemini tanımlamışlardır. Buradaki model, çok ürünlü, merkezi üretim tesisli, çok dağıtım merkezli ve birçok değişik ürün talebinde bulunan müşteri alanları içerecek biçimde düzenlenmiştir. Model, planlama ve uygulama şeklinde iki aşamadan oluşmuştur. Planlama aşamasında stratejik karar verme aşamasına dahil olan en iyi dağıtım merkezlerinin ve duraklama noktalarının belirlenmesi kararları bütünsel olarak ele alınmış ve uygulama aşamasında ise operasyonel temelli kararlar alınması hedeflenmiştir. Geliştirilen model ile literatürdeki uygulamalara oranla daha geniş biçimde ele alınan yeni kombinasyonel problem, tavlama benzetimi sezgiseli ile çözülmüştür. Problem değişik senaryolar ve tavlama benzetimi parametreleri altında birçok kez çalıştırılmıştır (83).

Syarif ve Gen (2003), tedarik zincirlerinde üretim/dağıtım sistemlerinin çözümü için bir melez genetik algoritma geliştirmişler ve çok aşamalı yapı altında üretim-dağıtım sistemlerini tanımlayarak lojistik sistem tasarımı üzerinde durmuşlardır. Bu modelin tasarım yönü, açılacak tesislerin ve dağıtım merkezlerinin seçimi ile taleplerin minimum maliyet altında karşılanacağı üretim-dağıtım sisteminin oluşturulmasını içermektedir. Bu çalışmada melez yayılan ağaca dayanan ve değişik şebeke problemlerinin çözümü için en uygun yol olarak kabul edilen prüfer kodlamadan faydalanılmış ve genetik algoritma kullanılmıştır. Bu çalışmanın üzerine Syarif ve Gen daha sonra, çok ürünlü ve çok dönemli problemler için tesis yerleşimi kararlarını, dağıtım maliyetlerini ve stok yönetimini kapsayan bir optimizasyon modelini yine ağaç temelli bir genetik algoritma ile çözmüşlerdir. Ancak bu çalışmada etkinliğin artırılması için bulanık mantıktan da faydalanmışlardır. Geliştirilen metot minimum yayılan ağaç ile kıyaslanmış ve sonuçlar rapor edilmiştir (55).

Matsatsinis (2004) bitmiş ürünlerin günlük dağıtımı için gerekli olan araçların farklı tiplerinin dinamik rotalanması için bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Bu çalışma iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde problem analitik olarak tanıtılmıştır,

böylece problemi modellemek için temel hususlar belirlenmiştir. İkinci bölümde optimizasyon prosesinde kullanılan metotlar ve tekniklerle birlikte mevcut olan ve gerek duyulan bilgiyi saptama amacı güdülmüş ve ek olarak izlenilen yolun iş akışı ve çizelgeleme işlemleri gerçekleştirilmiştir (79).

Avella ve arkadaşları (2004), yakıt dağıtım problemlerinin çözümü için sezgisel ve kesin yaklaşımlar geliştirmişlerdir. Çalışmalarında yakıt pompa setlerine değişik tür yakıtların dağıtımını gerçekleştiren ve bir depoya sahip olan şirket üzerinde incelemelerde bulunmuşlardır. Şirket, değişik büyüklükte taşıma kapasitelerine sahip kamyon filoları yardımı ile pompalara yakıt tedarik etmektedir. Burada şirketin amacı eldeki kaynakları (kamyonlar ve şoförler) en iyi şekilde kullanarak minimum taşıma ve dağıtım maliyeti altında siparişleri karşılamaktır. Problem küme bölme modeli ile formüle edilmiş ve dal&değer algoritması ile çözülmüştür. En hızlı kombinasyonel sezgisel, en uygun çözümü hızlı biçimde bulabilmek ve dal&değer algoritması için başlangıç sütun kümesini bulmak amacı ile probleme uygulanmıştır. Hesaplanan sonuçlarda kesin yaklaşımın, şirket tarafından sağlanan gerçek veriler altında daha az hesaplama zamanı ile çözüme ulaşabildiği görülmüştür (80).

Ambrosino ve Scutella (2004), karmaşık şebekelerin tasarımı için yeni problemler ve bunlara yönelik modeller üzerine çalışmışlardır. Bu problemler tesis yerleşimi, depolama, ulaştırma ve stok kararlarını içeren bir yapıda ele alınmıştır. Araştırmalar birkaç gerçekçi senaryo üzerinde yapılmıştır. Çalışmada iki tür matematiksel programlama formülasyonları kullanılmıştır. Bunlardan birincisi literatürde daha önce ele alınan depo yerleşim-rotalama problemlerinin genişletilmiş halidir. İkinci tür formülasyon ile akış değişkenleri ve kısıtları göz önünde tutulmuştur (81).

Ali Amiri (2004), tedarik zinciri sisteminde dağıtım şebekelerinin modellenmesine yönelik bir tasarım çalışması gerçekleştirmiştir. Bu model, tesislerin, depoların ve dağıtım merkezlerinin modellenmesini ve ürünlerin tesislerden depolara ve depolardan dağıtım merkezlerine dağıtımında uygulanacak en iyi stratejinin belirlenmesini sağlamaktadır. Bu modelde açılacak tesis ve depoların müşteriye tatmin edecek ve dağıtım maliyetini minimize edecek optimum sayılarının,

yerleşimlerinin ve kapasitelerinin belirlenmesi amaç edinilmiştir. Geçmişteki çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada, depo ve tesislerin farklı seviyelerdeki kapasitelerinin kullanımına izin verilmiştir. Oluşturulan karışık tamsayılı programlama modeli ve geliştirilen etkili sezgisel yöntem ile problem çözülmüştür (82).

Min ve arkadaşları (2004) ürün geri dönüşleri için çok kademeli geri lojistik şebekeleri geliştirmişlerdir. Daha önceki çalışmaların çoğunda, geri dönmek üzere perakendeci ve son kullanıcılardan toplanan, ayrıştırılan, büyük boyutlu bir taşıma işlemi için birleştirilen ve daha sonra üretici ya da dağıtıcıların onarım noktalarına yönlendirilen ürünlerin kullandığı merkezi geri dönüş noktalarının sayısı ve yerleşimi üzerinde durulmaktaydı. Bu boşluğu doldurmak gayesiyle bu çalışmada, doğrusal olmayan karışık tamsayılı programlama modeli ve geri lojistik problemlerini ürün geri dönüşlerini de kapsayacak biçimde çözebilen genetik algoritma sezgiseli kullanılmıştır (121).

Sharma ve arkadaşları (2005) yaptıkları çalışmalar sonucunda, bir elektronik ekipman kiralama şirketinin bakış açısından kiralama ve lojistik kararlarını (yaşamlarının sonuna gelmiş ürünleri elden çıkarma vb. durumlar da içermekte) kolaylaştırma amacını güden karışık tamsayılı bir doğrusal programlama modeli önermişlerdir. Örnek endüstri verileri kullanılarak farklı senaryolar altında modelin yaklaşım ve potansiyel uygulamalarının yapılabilirliği gösterilmiştir (126).

Lieckens ve Vandaele (2005) literatürdeki modellerin genişletilmiş versiyonlarını kullanarak geri lojistik şebekelerinin etkin tasarımı ile ilgilenmişlerdir. Bilinen geleneksel modeller karışık tamsayılı doğrusal programlar olarak formüle edilir ve açılmasına karar verilen tesislere göre yatırım, işleme, ulaştırma, elden çıkarma ve hata maliyetleri, tedarik, talep ve kapasite kısıtları altında minimize edilir. Bu çalışmada ise, modellerin kuyruk modeli ile birleştirilmesi durumunda iyileştirilebileceği belirlenmiştir. Bunun sebebi olarakta kuyruk modellerinin tedarik zamanı ve stok pozisyonları gibi bazı dinamik durumları ve geri lojistiğin doğasında yer alan belirsizlikleri hesaba katabilme becerisi gösterilmiştir. Modeldeki bu

genişleme doğrusal olmayan ilişkileri de beraberinde getirdiğinden problem karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama biçimine dönüşmüştür. Çalışmada bu model, tek ürün ve tek seviyeli şebeke için sunulmuş ve diferansiyel evrim tekniğine dayalı genetik algoritma ile çözülmüştür (127).

Fleischman ve arkadaşları (1997) yaptıkları araştırmalar sonucunda literatürde aynı anda ileri ve geri dağıtımı göz önünde bulunduran çok az model yer aldığını ortaya koymuşlardır ve bu modeller de müşterek tesis yerleşimini hesaba katmaktadırlar. Geri dağıtım işleminde, müşterilerce kullanılmış ürünlerin yeniden kullanımı için toplanması işlemi geleneksel ileri dağıtıma oranla daha çok belirsizlik içerir. Daha önce belirtildiği gibi geri dağıtım, ileri dağıtımın simetriği olmak zorunda değildir. Endüstriyel uygulamalarda ileri ve geri dağıtımda oldukça basit yaklaşımlar kullanılmıştır. Bu uygulamalarda da, şebeke tasarımı bölümünde, ulaştırma maliyetlerinin yanında toplama ve geri taşıma maliyetleri ek maliyetler olarak göz önünde bulundurulmuş ve rotalamalar ileri akış yönünde yapılmıştır (13). Son ürünlerin tesislerden dağıtım merkezlerine doğru ileri yönlü dağıtımının yanında, müşterilerden geri dönen talep oranlarının söz konusu olduğu, tesislerden depolara ya da depolardan dağıtım merkezlerine taşınan ürünlerde meydana gelen arızaların yeniden üretime dahil edilmesi amacıyla geri taşınabildiği ve bu iki yönlü hareketin bütünleştirildiği lojistik sistemler konusunda literatürde çalışma yapılmamıştır. Bütün bunları göz önünde bulundurarak bir sonraki bölümde ileri ve geri dağıtımın olduğu dinamik lojistik sistemlerin stokta tutma, sipariş verme, ileri ve geri taşıma maliyetlerinin toplamını minimize etme amacını güden karışık tamsayılı bir model geliştirilmiştir.

4. ÇOK ÜRÜNLÜ BÜTÜNLEŞİK İLERİ / GERİ DİNAMİK LOJİSTİK SİSTEMLER İÇİN BİR KARIŞIK TAMSAYILI PROGRAMLAMA MODELİ

İleri ve geri dağıtımın aynı anda modellenmesine ilişkin geliştirilen bu modelde, ürünler tesislerden depolara, depolardan dağıtım merkezlerine iletilmektedir. İleri dağıtımda, bir kapasite kısıtı altında tesislerden gönderilen ürünler depolara ulaştıklarında belli bir ayıklama prosesine tabi tutulmaktadırlar. Bu aşamada, taşıma arızalı olanlar ayıklanır ve bu işlemin sonunda geri kalanlar dağıtım merkezine doğru gönderilirler. Aynı ayıklama işlemi dağıtım merkezinde de gerçekleştirilmektedir. Dağıtım merkezindeki ayıklama işlemi sonunda geriye kalan sağlam ürünler talebi karşılamak üzere müşterilere teslim edilmektedir.

Geri dağıtım ise yukarıda bahsedilen arızalı ürünlerin tesislere geri gönderilmesiyle gerçekleşmektedir. Müşterilerden çeşitli sebeplerle geri dönen ürünler de (iadeler) bu işleme dahildirler. Sistem arızalı ürünlerin düzeltilmesi veya üretimde tekrar kullanılabilmesi amacıyla fabrikaya geri gönderilmesi prensibine dayalı olarak yürütmektedir. Geri taşımalar, ileri dağıtımın tam tersi bir şekilde dağıtım merkezlerinden depolara, depolardan tesislere doğru gerçekleştirilmektedir. Ancak buna ek olarak model, dağıtım merkezlerinin tesislere daha yakın olması durumunu da dikkate alarak, dağıtım merkezlerinden tesislere doğrudan taşıma yapabilme seçeneğini de içermektedir. Sonuç olarak dağıtım merkezlerinden depolara, depolardan tesislere ve dağıtım merkezlerinden doğrudan tesislere geri taşımalar mevcuttur (Şekil 4.1).

Model, arızalı ürünlerin ayıklanması sürecinde dağıtım merkezlerinde ve depolarda stoklama yapıldığını dikkate alarak stok maliyetlerini toplam maliyetin içine katmaktadır. Herhangi bir depoya ya da dağıtım merkezine taşıma yapılması, o deponun ve dağıtım merkezinin sipariş verme maliyetinin işleme dahil edilmesini gerektirmektedir.

Sonuç olarak geliştirilen bu model, her iki yönlü taşıma, stokta tutma ve sipariş verme maliyetlerini minimize ederek, uygun dağıtımları hacim bazında hesaplama işlemini gerçekleştirmektedir.

4.1. Varsayımlar

Model formüle edilirken aşağıdaki varsayımlar dikkate alınmıştır:

1. Şekil 4.1’de görüldüğü gibi tesislerden depolara, depolardan dağıtım merkezlerine iki yönlü hareket mevcuttur. Herhangi bir dağıtım merkezinden depoya yapılan geri taşımanın maliyeti, o dönemde aynı depodan aynı dağıtım merkezine yapılan ileri taşımanın maliyeti ile eşit olmak zorunda değildir ve genellikle düşüktür. Yani, maliyetler ve uzaklıklar simetrik değildir. İleri yönlü takip edilen yol, geri dönüşte daha kısa bir yol kullanma imkanı varsa farklılaşabilir. Modelde dağıtım merkezlerinden tesislere sadece geri taşımanın olduğu varsayılmaktadır.
2. Tesislerden depolara gelen ürünler, taşıma arızaları için burada bir ayıklama prosesine tabi tutulurken bir dönem stokta tutulurlar. Yani ayıklamadan geri kalan ürünlerin depolardan dağıtım merkezlerine hareketi bir dönem sonra gerçekleşir. İlk dönemde sistemde tesisten depoya doğru hareket ve depodaki ayıklama işlemi gerçekleştiğinden herhangi bir üründen ilk dönemde talep edilen miktarlar 0’dır.
3. Dağıtım merkezlerine gelen ürünlerin taşıma arızalı olanları ayıklanır ve geri kalanlar talebi karşılamak üzere müşterilere teslim edilir. Arızalı ürünler, bir dönem sonra geri gönderilmek üzere stokta tutulur. Müşterilere teslim edilen ürünlerin belli miktarı da (iadeler) o dönemde geri döner ve bir sonraki dönemde geri dağıtıma dahil olurlar.
4. Dağıtım merkezinden depolara gelen taşıma arızaları ve müşteriler tarafından iade edilen miktarlar, bir önceki dönemde tesislerden depoya gelen ürünlerin arızalı miktarları ile beraber aynı dönemde tesislere iletilirler.

5. Herhangi bir noktadan diğerine taşıma maliyeti üründen ürüne ve dönemden döneme değişmektedir. Örneğin farklı dönemlerde farklı araçların kullanılması söz konusu olabilmekte ve böylece maliyetler değişebilmektedir. Ürünlerin değişen boyut ve ağırlıkları da taşıma maliyetleri üzerinde farklılık yaratmaktadır.

6. Sipariş verme maliyetleri, depolar ve dağıtım merkezleri için ayrı ayrı sabit olup sadece dönemden döneme değişmektedir. Aynı şekilde depoya ve dağıtım merkezine gelirken karşılaşılan taşıma arıza oranları, sadece dönemden döneme değişmekte ve depolar ve dağıtım merkezlerinin hepsi için ayrı ayrı sabit değer almaktadır. Dağıtım merkezlerine iade edilen miktarın yüzdeleri ürüne, döneme ve dağıtım merkezine göre farklı değerler almaktadır. Stokta tutma maliyetleri, her bir depo ve dağıtım merkezi için ve ürüne ve döneme göre değişkenlik göstermektedirler. Talep miktarları önceden bilinmekte ve sabit olup, ürünlere, dağıtım merkezlerine, dönemlere göre farklılaşmaktadır.

4.2. Notasyonlar

Modelde kullanılan indisler, parametreler ve değişkenler aşağıda verilmiştir:

i : Ürün çeşidi

j : Tesis

k : Depo

l : Dağıtım merkezi

t : Dönem

a_{ijkt} : i ürününü j tesisinden k deposuna t döneminde birim taşıma maliyeti

b_{iklt} : i ürününü k deposundan l dağıtım merkezine t döneminde birim taşıma maliyeti

c_{iklt} : i ürününü k deposuna l dağıtım merkezinden t döneminde birim geri taşıma maliyeti

d_{ijkt} : i ürününü j tesisine k deposundan t döneminde birim geri taşıma maliyeti

e_{ijlt} : i ürününü j tesisine l dağıtım merkezinden t döneminde birim geri taşıma maliyeti

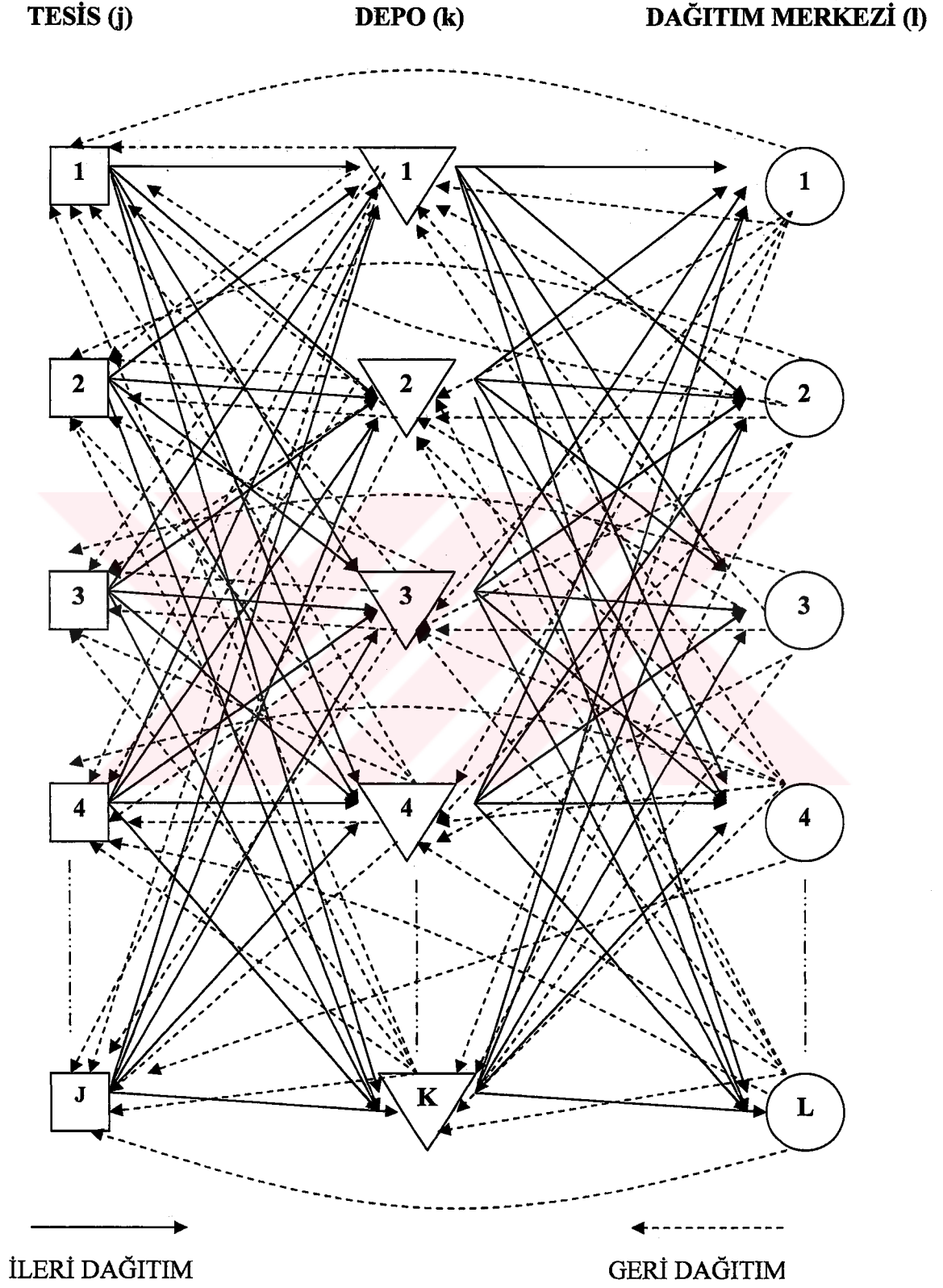
x_{ijkt} : j tesisinden k deposuna t döneminde taşınan i ürünü hacmi

y_{iklt} : k deposundan l dağıtım merkezine t döneminde taşınan i ürünü hacmi

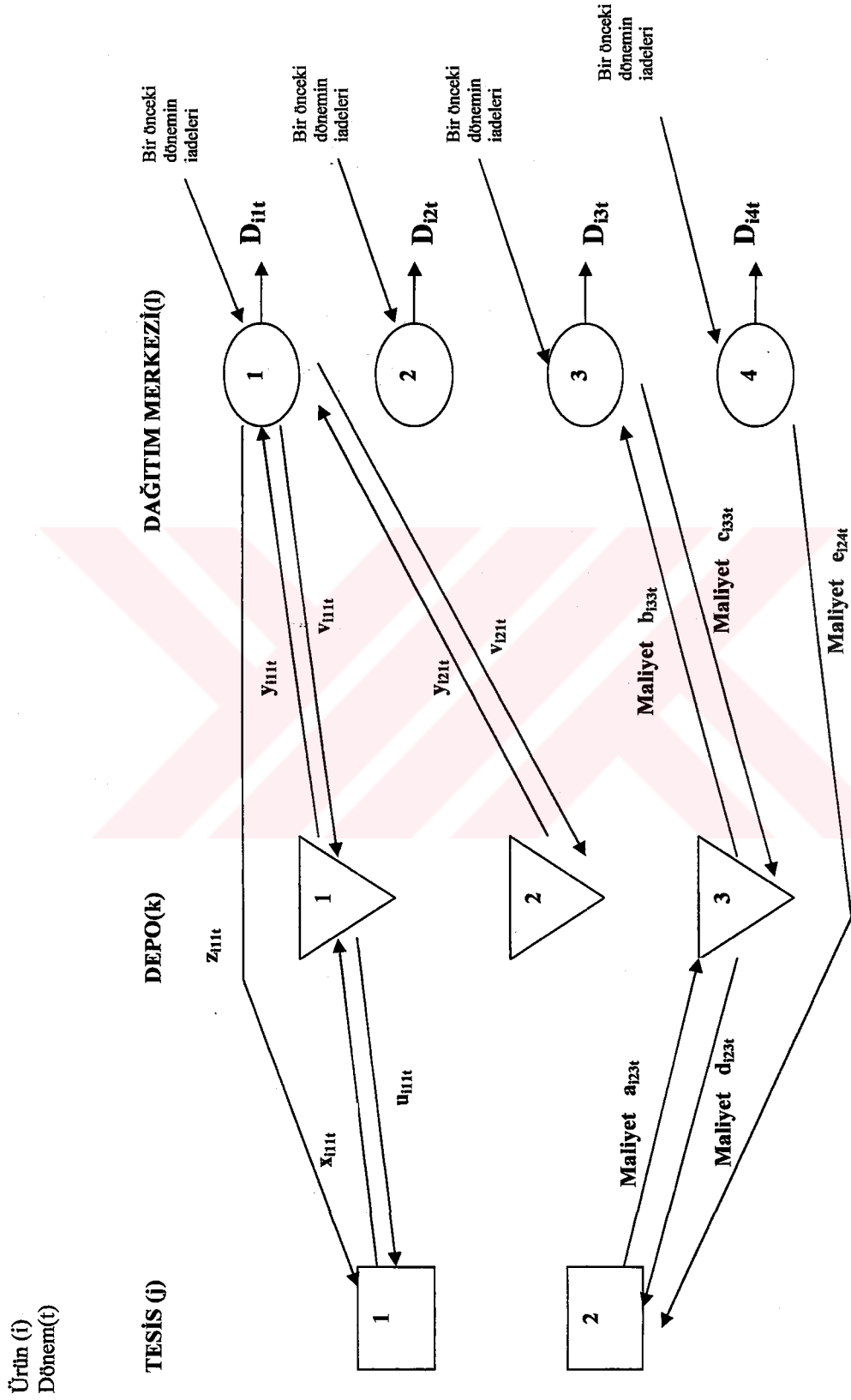
- v_{ikt} : k deposuna l dağıtım merkezinden t döneminde geri taşınan i ürünü hacmi
 u_{ijkt} : j tesisine k deposundan t döneminde geri taşınan i ürünü hacmi
 z_{ijlt} : j tesisine l dağıtım merkezinden t döneminde geri taşınan i ürünü hacmi
 SW_t : t döneminde herhangi bir deponun sipariş verme maliyeti
 SD_t : t döneminde herhangi bir dağıtım merkezinin sipariş verme maliyeti
 IW_{ikt} : i ürününden k deposunda t döneminde tutulan stok miktarı (hacim)
 ID_{ilt} : i ürününden l dağıtım merkezinde t döneminde tutulan stok miktarı (hacim)
 HW_{ikt} : i ürününün k deposunda t döneminde birim stokta tutma maliyeti
 HD_{ilt} : i ürününün l dağıtım merkezinde t döneminde birim stokta tutma maliyeti
 $\delta(X_{kt})$: t döneminde k deposundan sipariş verilip verilmediğini gösteren 0-1 değişken
 $\delta(Y_{lt})$: t döneminde l dağıtım merkezinden sipariş verilip verilmediğini gösteren 0-1 değişken
 $KDEPO_k$: k deposunun kapasitesi (hacim)
 KDM_l : l dağıtım merkezinin kapasitesi (hacim)
 $KTES_j$: j tesisinin kapasitesi (hacim)
 D_{ilt} : i ürünü için t döneminde l dağıtım merkezindeki talep miktarı (hacim)
 ξ_{ilt} : i ürünü için l dağıtım merkezinde t dönemindeki iade oranı
 ϵ_t : t döneminde dağıtım merkezlerine taşıma sırasında karşılaşılan arıza oranı
 Υ_t : t döneminde depolara taşıma sırasında karşılaşılan arıza oranı
 M : Çok büyük bir sayı

4.3. Matematiksel Model Formülasyonu

Geliştirilen modelin amaç fonksiyonu ve kısıtlarından önce model yapısı şekil 4.1'de görülmektedir. Çok dönemli modele örnek olarak ise şekil 4.2 verilmiştir.



Şekil 4.1. Tek dönemli model yapısı



Şekil 4.2. Çok dönemli model yapısı

AMAÇ FONKSİYONU:

$$\begin{aligned} \text{Min } z = & \sum_i \sum_j \sum_k \sum_t a_{ijkt} \cdot x_{ijkt} + \sum_i \sum_k \sum_l \sum_t b_{iklt} \cdot y_{iklt} + \sum_i \sum_k \sum_l \sum_t c_{iklt} \cdot v_{iklt} + \sum_i \sum_j \sum_k \sum_t d_{ijkt} \cdot u_{ijkt} + \\ & \sum_i \sum_j \sum_l \sum_t e_{ijlt} \cdot z_{ijlt} + \sum_i \sum_k \sum_t [SW_t \cdot \delta(X_{kt}) + HW_{ikt} \cdot IW_{ikt}] + \sum_i \sum_l \sum_t [SD_t \cdot \delta(Y_{lt}) + HD_{ilt} \cdot ID_{ilt}] \\ & \forall i, \forall j, \forall k, \forall l, \forall t \end{aligned} \quad [3.1]$$

KISITLAR:

Tesis kapasitesi;

$$\sum_i \sum_k x_{ijkt} \leq KTES_j \quad \forall t, \forall j \quad [3.2]$$

Depo kapasitesi;

$$\sum_i IW_{ikt} \leq KDEPO_k \quad \forall t, \forall k \quad [3.3]$$

Dağıtım merkezi kapasitesi;

$$\sum_i ID_{ilt} \leq KDM_l \quad \forall t, \forall l \quad [3.4]$$

Stok Denge Denklemleri:

Depo için;

$$IW_{ikt} = IW_{i,k,t-1} + \sum_j x_{ijkt} + \sum_l v_{iklt} - \sum_j u_{ijkt} - \sum_l y_{iklt} \quad \forall i, \forall k, \forall t \quad [3.5]$$

Dağıtım merkezi için;

$$ID_{ilt} = ID_{i,l,t-1} + \sum_k y_{iklt} - \sum_k v_{iklt} - \sum_j z_{ijlt} - D_{ilt} + \xi_{i,l,t-1} \cdot D_{i,l,t-1} \quad \forall i, \forall l, \forall t \quad [3.6]$$

Diğer Kısıtlar:

$$\epsilon_{t-1} \cdot \sum_k y_{ikl,t-1} + \xi_{i,l,t-1} \cdot D_{i,l,t-1} = \sum_k v_{iklt} + \sum_j z_{ijlt} \quad \forall i, \forall l, \forall t \quad [3.7]$$

$$\Upsilon_{t-1} \cdot \sum_j x_{ijk,t-1} + \sum_l v_{iklt} = \sum_j u_{ijkt} \quad \forall i, \forall k, \forall t \quad [3.8]$$

$$(1 - \Upsilon_{t-1}) \cdot \sum_j x_{ijk,t-1} = \sum_l y_{iklt} \quad \forall i, \forall k, \forall t \quad [3.9]$$

$$(1 - \epsilon_t) \cdot \sum_k y_{iklt} \geq D_{ilt} \quad \forall i, \forall l, \forall t \quad [3.10]$$

Sipariş Verme Maliyetlerinin 0-1 Değişkenleri İçin Kısıtlar:

$$\sum_i \sum_j x_{ijkt} \leq \delta(x_{kt}) \cdot M \quad \forall k, \forall t \quad [3.11]$$

$$\sum_i \sum_k y_{iklt} \leq \delta(y_{lt}) \cdot M \quad \forall l, \forall t \quad [3.12]$$

$$\delta(x_{kt}), \delta(y_{lt}) \in (0,1) \quad \forall k, \forall l, \forall t \quad [3.13]$$

$$x_{ijkt}, y_{iklt}, z_{ijlt}, v_{iklt}, u_{ijkt}, IW_{ikt}, ID_{ilt} \geq 0 \quad \forall i, \forall j, \forall k, \forall l, \forall t \quad [3.14]$$

Modelin amaç fonksiyonu (Eş. 3.1), daha önce de belirtildiği gibi tesis, depo ve dağıtım merkezleri arasındaki ileri ve geri taşıma maliyetleri, sipariş verme maliyetleri ile stok tutma maliyetlerinden oluşan toplam maliyeti minimize etmektedir. Modelin dikkate aldığı kısıtların başında kapasite kısıtları gelmektedir. Eş. 3.2, belli bir dönemde herhangi bir tesisden depolara gönderilen ürünlerin toplam miktarının tesis kapasitesini aşmamasını sağlamaktadır. Aynı şekilde, eş. 3.3 ve 3.4, herhangi bir dönemde depo ve dağıtım merkezlerinde tutulan toplam stok miktarlarının depo ve dağıtım merkezi kapasitelerini aşmamasını sağlar. Eş. 3.5 ve 3.6 ile dağıtım merkezleri ve depolardaki stok dengelerinin sağlanması garanti edilmektedir. Eş. 3.7 bir önceki dönemde depodan dağıtım merkezine gelen taşıma arızalı ürünler ile iade edilen ürünler toplamının geri dağıtım toplam miktarına eşit

olmasını sağlamaktadır. Eş. 3.8, bir önceki dönemde tesisten depoya gelen taşıma arızalı ürünlerin aynı dönemde dağıtım merkezinden depoya geri dönen miktar ile birleşerek tesislere geri taşıma yapılmasını sağlamaktadır. Eş. 3.9, depolarda ayıklama işlemi sonucunda sağlam olduğu belirlenen ürünlerin dağıtım merkezine gönderilen miktara eşit olması amacıyla kullanılmıştır. Eş. 3.10, depolardan dağıtım merkezlerine taşınan sağlam ürünlerin toplamının en az talep kadar olmasını sağlamaktadır. Eş. 3.11 ve 3.12 depolara ya da dağıtım merkezlerine herhangi bir taşımanın olması durumunda sipariş verme maliyetlerinin toplam maliyete dahil edilmesini sağlamaktadır. Eş. 3.13 ve 3.14, değişken tipleri ve pozitiflik şartlarını göstermektedir.

4.4. Modelin Test Edilmesi

Geliştirilen karışık tamsayılı model GAMS programının CPLEX 8.1 çözücüsü kullanılarak test edilmiştir. Test problemleri, literatürde daha önceki çalışmalarda olduğu gibi tekdüze dağılıma uygun olarak üretilmiştir. Test problemlerinin üretilmesinde kullanılan program Delphi programlama dili ile kodlanmıştır.

Problem büyüklükleri, ürün, tesis, depo, dağıtım merkezi, dönem sayılarıyla tanımlanmıştır. Ürün sayıları 1-10, tesis sayıları 5-20, depo sayıları 10-50, dağıtım merkezi sayıları 20-250, dönem sayıları da 5-12 olmak üzere 68 farklı problem büyüklüğü belirlenmiştir. Problemlere ait parametreler literatürdeki çalışmalarda olduğu gibi (20, 48, 72, 73, 82) tekdüze rassal dağılıma uygun olarak belirlenmiştir. Problem parametreleri ve parametrelerin üretildiği aralıklar çizelge 4.1’de gösterilmiştir. Bu aralıklara uygun olarak üretilen parametrelerle çözülmüş örnek bir problem EK-1’de yer almaktadır.

Çizelge 4.1. Rassal problem üretme sırasında kullanılan parametre aralıkları

Simge	Parametre Tanımı	Aralık
SW_t, SD_t	Sipariş verme maliyetleri	0-200
$a_{ijkt}, b_{iklt}, c_{iklt}, d_{ijkt}, e_{ijlt}$	Taşıma maliyetleri	0-10
HW_{ikt}, HD_{ilt}	Stokta tutma maliyetleri	0-5
D_{ilt}	Talep miktarları	0-100
ϵ_t, Υ_t	Taşıma arıza oranları	0-0,03
$\xi_{i,l,t}$	İade oranları	0-0,05

Modelde parametre değerlerinin üretimi sırasında tesis, depo ve dağıtım merkezlerinin kapasitelerinin belirlenmesi oldukça önem taşımaktadır. Dağıtım merkezlerinde ürünlere olan taleplerin toplamı, tesislerden gönderilen ve depolardan geçerek (ayıklama işlemleri) gelen ürünlerce karşılanacağı için tesis ve depoların kapasite toplamaları birbirinden bağımsız bir şekilde o dönemdeki talep toplamını karşılayacak düzeyde olmalıdır. Aksi takdirde model uygun bir çözüme ulaşamaz. Bu sebeple tesis ve depo kapasiteleri üretilirken, talep değerleri de dikkate alınmalıdır. Denemeler sonucu elde edilen Eş. 3.15 ile tesislerden gönderilmesi gereken talebi karşılayacak miktarlar her bir dönem için hesaplanmaktadır.

$$\sum_i \sum_l D_{ilt} / (1 - \epsilon_t) \cdot (1 - \Upsilon_{t-1}) = A_t \quad \forall t \quad [3.15]$$

Üretilen tesis ve depo kapasiteleri toplamının $\max (A_t)$ değerinin üzerinde olacak şekilde üretilmesi modelin uygun bir çözüme ulaşmasını sağlamaktadır. Tesis ve depo kapasiteleri eş. 3.16 ve 3.17'yi sağlayacak şekilde üretilmektedir.

$$\sum_j KTES_j \geq \max (A_t) \quad \forall t \quad [3.16]$$

$$\sum_k KDEPO_k \geq \max (A_t) \quad \forall t \quad [3.17]$$

Böylece üretilen tesis ve depo kapasitelerinin ayrı ayrı toplamalarının bütün dönemlerdeki talep toplamalarını karşılayabilecek miktarda olması sağlanmaktadır. Tesis ve depo kapasiteleri tekdüze rassal dağılıma uygun olarak üretilirken, problemden probleme sürekli değişen aralıklar kullanılmıştır.

Dağıtım merkezi kapasiteleri için tekdüze dağılımın alt sınırı herhangi bir dönemde herhangi bir dağıtım merkezine olan en yüksek talep miktarı olarak belirlenmiş ve dağıtım merkezi kapasiteleri bu değerden büyük olacak şekilde üretilmiştir.

$$\sum_i D_{it} = B_{it} \quad \forall i, \forall t \quad [3.18]$$

Eş. 3.18 ile hesaplanan B_{it} değerlerinin en büyüğü dağıtım merkezlerinin rassal olarak üretildiği tekdüze dağılımın alt sınırı olmaktadır. Böylece dağıtım merkezlerinin, herhangi bir dönemde karşılamaları gereken talep miktarından daha az bir kapasiteye sahip olmaları engellenmektedir. Üst sınır ise problemden probleme değişmek durumundadır çünkü ürün çeşit sayısı farklı olabilmektedir.

4.5. Hesaplama Sonuçları

Üretilen test problemleri karışık tamsayılı doğrusal programlama modellerine dönüştürülmüş ve Pentium IV 2 Ghz işlemcili 512 MB RAM'e sahip bir bilgisayarda CPLEX 8.1 ile çözülmüştür. Farklı tesis, depo, dağıtım merkezi sayılarına sahip tek ürünlü, 5 ve 10 dönemli problemlere ait çözüm sonuçları ve iterasyon sayıları sırasıyla çizelge 4.2 ve 4.3'de verilmiştir. Ayrıca her probleme ilişkin kısıt, 0-1 değişken ve toplam değişken sayıları da tablolarda gösterilmektedir. Daha sonra modelin hangi büyüklüklere kadar çözülebildiğini belirlemek amacıyla dönem sayısı 12'ye çıkarılmış ve çok ürünlü problemler çözülmüştür. Çizelge 4.4, 5 ürünlü 12 dönemli, çizelge 4.5 ise 10 ürünlü 12 dönemli problemlere ilişkin çözüm sonuçlarını içermektedir. Çok ürünlü 12 dönemli problemlerde tesis, depo ve dağıtım merkezi sayıları tek ürünlü problemlerde olduğu gibi değiştirilmiştir.

Çizelge 4.2. Tek ürünli 5 dönemli problemler için hesaplama sonuçları

Ürün (i)	Tesis (j)	Depo (k)	Dağıtım Merkezi (l)	Periyot (t)	Karar Değişkeni Sayısı	Kısıt Sayısı	0-1 Değişken Sayısı	Amaç Fonksiyon Değeri	Çözüm Zamanı (CPU saniye)	İterasyon sayısı
1	5	10	20	5	3301	776	150	31756,8975	0,5000	1160
1	5	10	30	5	4651	1026	200	42629,798	0,6000	1538
1	5	10	50	5	7351	1526	300	67158,1659	1,0410	2082
1	5	10	100	5	14101	2776	550	120185,8156	3,2940	5474
1	5	10	250	5	34351	6526	1300	356486,7914	17,2240	16622
1	10	15	50	5	12151	1676	325	55149,9074	3,1540	3604
1	10	15	100	5	22651	2926	575	107315,0737	11,0850	9328
1	10	15	250	5	54151	6676	1325	220141,4772	29,0815	22980
1	20	20	50	5	19701	1851	350	39292,5321	7,7710	4206
1	20	20	100	5	35201	3101	600	92361,2094	14,6710	8074
1	20	20	250	5	81701	6851	1350	187261,7269	96,4330	30123
1	20	30	50	5	26801	2101	400	51066,7135	62,7550	50242
1	20	30	100	5	47301	3351	650	99648,5719	29,3720	14617
1	20	30	250	5	108801	7101	1400	195816,3216	1365,4430	247313
1	20	50	50	5	41001	2601	500	45264,0224	428,0750	208980
1	20	50	100	5	71501	3851	750	62854,9173	201,2190	48409
1	20	50	250	5	163001	7601	1500	188440,8333	4184,0260	451486

Çizelge 4.3. Tek ürünli 10 dönemli problemler için hesaplama sonuçları

Ürün (i)	Tesis (j)	Depo (k)	Dağıtım Merkezi (l)	Periyot (t)	Karar Değişkeni Sayısı	Kısıt Sayısı	0-1 Değişken Sayısı	Amaç Fonksiyon Değeri	Çözüm Zamanı (CPU saniye)	İterasyon sayısı
1	5	10	20	10	6601	1551	300	66458,4565	2,5030	3690
1	5	10	30	10	9301	2051	400	90994,5468	3,5850	5189
1	5	10	50	10	14701	3051	600	146791,8882	5,1670	7041
1	5	10	100	10	28201	5551	1100	233317,771	21,4800	15567
1	5	10	250	10	68701	13051	2600	764450,0267	99,6130	49333
1	10	15	50	10	24301	3351	650	118234,9023	52,8960	32885
1	10	15	100	10	45301	5851	1150	220405,0534	62,8600	34348
1	10	15	250	10	108301	13351	2650	681806,7348	392,1335	116056
1	20	20	50	10	39401	3701	700	94656,4913	49,2000	24549
1	20	20	100	10	70401	6201	1200	233864,5203	4945,0500	1192574
1	20	20	250	10	163401	13701	2700	399848,8339	4144,1035	408072
1	20	30	50	10	53601	4201	800	82428,45095	1269,2245	425792
1	20	30	100	10	94601	6701	1300	164647,5273	765,2300	149403
1	20	30	250	10	217601	14201	2800	-	-	-
1	20	50	50	10	82001	5201	1000	73659,9442	1993,9970	201797
1	20	50	100	10	143001	7701	1500	-	-	-
1	20	50	250	10	326001	15201	3000	-	-	-

Çizelge 4.4. 5 ürünli 12 dönemli problemler için hesaplama sonuçları

Ürün (i)	Tesis (j)	Depo (k)	Dağıtım Merkezi (l)	Periyot (t)	Karar Değişkeni Sayısı	Kısıt Sayısı	0-1 Değişken Sayısı	Amaç Fonksiyon Değeri	Çözüm Zamanı (CPU saniye)	İterasyon sayısı
5	5	10	20	12	38161	6181	360	227341,4297	8,2610	11565
5	5	10	30	12	53881	8221	480	323299,4741	14,1000	16090
5	5	10	50	12	85321	12301	720	537145,7026	28,5810	27247
5	5	10	100	12	163921	22501	1320	1048029,3002	70,8620	49469
5	5	10	250	12	399721	53101	3120	2446649,6392	313,8110	102897
5	10	15	50	12	142681	13381	780	383118,7263	84,7510	34998
5	10	15	100	12	266281	23581	1380	767887,3255	228,9090	66921
5	10	15	250	12	637081	54181	3180	523082,0200	1940,5500	103470
5	20	20	50	12	233041	14521	840	285152,2448	177,8750	39110
5	20	20	100	12	416641	24721	1440	533145,0558	225,9340	60201
5	20	20	250	12	967441	55321	3240	1414861,8626	2516,4780	227368
5	20	30	50	12	317761	16561	960	242933,2816	837,2930	68169
5	20	30	100	12	561361	26761	1560	466549,4131	2064,9890	102585
5	20	30	250	12	1292161	57361	3360	-	-	-
5	20	50	50	12	487201	20641	1200	207355,7301	6944,4450	160520
5	20	50	100	12	850801	30841	1800	-	-	-
5	20	50	250	12	1941601	61441	3600	-	-	-

Çizelge 4.5. 10 ürünli 12 dönemli problemler için hesaplama sonuçları

Ürün (i)	Tesis (j)	Depo (k)	Dağıtım Merkezi (l)	Periyot (t)	Karar Değişkeni Sayısı	Kısıt Sayısı	0-1 Değişken Sayısı	Amaç Fonksiyon Değeri	Çözüm Zamanı (CPU saniye)	İterasyon sayısı
10	5	10	20	12	75961	11581	360	394409,6845	19,1870	21650
10	5	10	30	12	107281	15421	480	636304,4541	24,1240	28970
10	5	10	50	12	169921	23101	720	964452,1898	47,4880	43340
10	5	10	100	12	326521	42301	1320	1939846,7245	125,6200	82324
10	5	10	250	12	796321	99901	3120	4718526,3670	826,2280	184818
10	10	15	50	12	284581	25081	780	690514,9850	248,5370	57866
10	10	15	100	12	531181	44281	1380	1310788,2969	293,3310	105265
10	10	15	250	12	1270981	101881	3180	3249375,9410	1445,3080	218551
10	20	20	50	12	465241	27121	840	468780,1882	755,4760	83216
10	20	20	100	12	831841	46321	1440	971755,5352	2344,0000	143254
10	20	20	250	12	1931641	103921	3240	2409534,0298	5308,1420	352617
10	20	30	50	12	634561	30961	960	418526,3849	2925,3960	121563
10	20	30	100	12	1121161	50161	1560	770958,2534	3191,8090	198516
10	20	30	250	12	2580961	107761	3360	-	-	-
10	20	50	50	12	973201	38641	1200	298865,6068	9002,2940	176351
10	20	50	100	12	1699801	57841	1800	-	-	-
10	20	50	250	12	3879601	115441	3600	-	-	-

Çizelgeler incelendiğinde, tesis, depo, dağıtım merkezi ve dönem sayılarının modelin zorluğu üzerinde etkin olduğu görülmektedir. Tesis sayıları 20'yi, depo sayıları 30'u, dağıtım merkezi sayıları 100'ü ve dönem sayıları 10'u birlikte geçtiğinde modellerin CPLEX 8.1 ile optimale ulaşmakta zorlandığı, hatta bazı problemler için optimale ulaşamadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, ürün sayısı faktörünün modelin çözülebilirliği üzerinde diğer faktörler kadar etkili olmadığı gözlenmiştir. Tek ürünlü ve 10 dönemli olup CPLEX 8.1 ile optimali bulunan tüm problemlerin ürün sayıları artırıldığında da optimale ulaştığı görülmüştür.

Tek ürünlü 5 dönemli test problemleri içinde (Bkz. Çizelge 4.2) çözümü en uzun zaman alan deneme yaklaşık 4185 CPU sn. ile 20 tesis, 50 depo, 250 dağıtım merkezi içeren test problemidir. Çizelge 4.3'de ise tek ürünlü 10 dönemli test problemlerinin hesaplama sonuçları verilmiştir. Bu problemler arasında 20 tesis, 30 depo, 250 dağıtım merkezi ve 20 tesis, 50 depo, 100 ve 250 dağıtım merkezi içeren örneklerin optimale ulaşamadığı görülmektedir.

5 ürünlü 12 dönemli test problemleri arasında ise (Bkz. Çizelge 4.4) çözümü en uzun zaman alan deneme yaklaşık 6945 CPU sn. ile 20 tesis, 50 depo, 50 dağıtım merkezi içeren test problemidir. Çizelge 4.5'de yer alan 10 ürünlü 12 dönemli problemler içerisinde de çözümü en uzun zaman alan deneme yaklaşık 9003 CPU sn. ile 20 tesis, 50 depo, 50 dağıtım merkezi içeren test problemidir. Her iki çizelgedeki test problemlerine bakıldığında 20 tesis, 30 depo, 250 dağıtım merkezi ve 20 tesis, 50 depo, 100 ve 250 dağıtım merkezi içeren örneklerin optimale ulaşamadığı görülmektedir (Bkz. Çizelge 4.4 ve 4.5).

Gerçek hayatta karşılaşılan sistemler esas alındığında tesislerden dağıtım merkezlerine doğru sayıların artması mantıklıdır. Yani, bir sistemde tesis sayısının en az, deponun tesise oranla daha fazla ve dağıtım merkezleri sayısının da onlara oranla daha yüksek olması makbûldür. Ayrıca bu çalışmada modelin sınırlarını test etmek amacıyla tesis, depo ve dağıtım merkezi sayıları oldukça yükseltilmiştir.

Bu çalışmada, literatürdeki çalışmalarda olduğundan daha büyük ve gerçek hayatta karşılaşılabilecek boyuttaki problemler çözülmüştür. Daha da büyük problemlerin çözümlerine ihtiyaç duyulursa tabu arama, tavlama benzetimi, genetik algoritmalar gibi modern sezgisel yaklaşımlar kullanılabilir.



5. SONUÇLAR

Küreselleşen pazarda yaşanan yoğun rekabet, serbest piyasa ekonomisi, iç pazardaki canlanma veya durgunluk, dışarı açılma düşüncesi, ürünün temin süresini rekabet üstünlüğünün önemli bir halkası haline getirmiştir. İşletmenin temin süresinin kısaltılması, tasarım, satın alma, üretim ve dağıtım sürelerinin düşürülmesi ile mümkündür. Tedarik zinciri içinde yer alan satın alma, üretim, dağıtım, perakendeci ve son kullanıcı arasında istenen düzeyde iletişimin kurulması, faaliyetlerde etkinlik, verimlilik ve performansın artırılması için önemlidir. Yaşanan yoğun rekabet ortamında pazar paylarını kaybetmek istemeyen üreticiler, geniş bir alana dağılan müşterilerine daha yakın olmak, ürün teslim ve servis sürelerini daha da kısaltıp, daha iyi hizmet verebilmek amacıyla bölgesel pazarlama ve bölgesel dağıtım merkezleri kurma yoluna gitmektedirler. Bu tip işletmeler üretim merkezleri dışında pazarlama, bölgesel dağıtım ve servis merkezleri ağılarına önem vererek üretimin dışındaki dağıtım ve servis merkezlerini kontrol altına alma gereği duymuşlardır. Bu noktada üretim-dağıtım planlama ve lojistik çalışmalarının önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi lojistik yönetimi ve üretim-dağıtım planlama, tedarik zincirindeki en önemli faaliyetlerdendir. Tedarik zincirinde bilgi paylaşımının öneminin tartışıldığı günümüzde dağıtım planlama ve lojistik çalışmalarının önemi göz ardı edilmemelidir.

Tedarik zincirinin giderek artan önemi firmaları bu konuya daha fazla yatırım yapmaları için teşvik etmektedir. Çünkü gelecekte kurumların rekabeti ürettikleri ürünlerde veya tüketilen ülkelerde değil, kullandıkları tedarik zincirleri arasında olacaktır. Bu çalışmada tedarik zinciri açısından önemli olan dağıtım planlama ve lojistik faaliyetleri ileri ve geri yönlü olmak üzere kapsamlı bir şekilde ele alınarak geri lojistik ve geri dağıtım kavramları üzerinde durulmuştur. Bu bağlamda ileri ve geri dağıtımın bütünleştirilmesine yönelik bir model geliştirilmiştir.

Burada asıl önemli nokta geri dağıtımın, ileri dağıtımın simetriği olmak zorunda olmamasıdır. Bu yüzden geleneksel dağıtım planlamasında bir takım değişiklikler yapılması gerekmektedir. Geri dağıtımın özelliklerinden biri “çoktan aza” şebeke

yapısına ve önemli sistem belirsizliklerine sahip olmasıdır. Müşteriler ve marketlerden yeniden kullanım amacıyla kullanılmış ürünlerin toplanması, ileri dağıtımdaki benzer durumlara oranla daha fazla belirsizlik içermektedir.

Bu konudaki en önemli nokta ileri ve geri dağıtım arasındaki etkileşimdir. Pratikte uygulanan basit yaklaşımlar her iki ulaştırma akışını bütünleştirmeye çalışır, ancak bu konuda literatürde kısıtlı sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. Her iki kanalın bütünleştirilmesi şimdiye kadar sadece şebeke tasarım aşamasında hesaba katılmıştır. Pratikte, iki kanalın daha etkin bütünleştirilmesine yardımcı olabilecek bir başka nokta tedarik zinciri elemanları arasında elektronik veri transferi gibi modern iletişim sistemlerine dayanarak daha yakın işbirliği kurulmasıdır.

Geri lojistik ve geri dağıtım faaliyetleri, yeniden kullanım ve geri dönüşüm çalışmaları açısından oldukça önemlidir. Depozitolu şişelerin toplanarak yeniden kullanılması, printer kartuşlarının tekrar kullanılması gibi eylemler şirketlerin çevreye karşı daha duyarlı bir imaj çizmelerine ve yeniden kullanım sayesinde malzeme israfını azaltmaları yoluyla kendilerine sıkı sıkıya bağlı müşteriler yaratmalarına yardımcı olabilir. Çevreye saygılı firmaların müşterilerini her geçen sene arttırdığı günümüzde, çevre konusundaki kanuni düzenlemeler de artış göstermektedir. Firmaların çevre konusundaki özenleri, tedarik zincirlerinin diğer üyelerini de etkilemekte ve bu özen zincirleme olarak yayılmaktadır. Bazen bu gibi şirket imajları, rekabetçi iş ortamında oldukça önemli olabilmekte ve dolayısıyla geri lojistik ve geri dağıtım faaliyetlerinin önemini daha da arttırmaktadır. İtibarlarının zedelenmesini istemeyen şirketler, bu konuların planlanmasına ve daha az maliyetle gerçekleştirilmesine özen göstermek durumundadırlar.

Geri dönüşüm ve yeniden kullanım gibi faaliyetlerin öneminin arttığı günümüzde firmaların, geri dağıtıma ve geri lojistiğe vermeleri gereken öneminde artması gerektiği açıktır. Bu yüzden literatürde bu konudaki problemlere çözüm arayan çalışmalar giderek çoğalmaktadır. Çoğu firmanın giden araçların nasıl olsa geri dönmek zorunda olduğunu düşünerek pek dikkate almadıkları bu konular, genel maliyet üzerinde etkilidirler.

Bu çalışmada geliştirilen modelde geri taşımalar, müşteriler tarafından çeşitli sebeplerle (garanti kapsamında bozulma veya değiştirme istekleri vb.) iade edilen ürünlerin, taşıma sırasında meydana gelen bozulmaların ve arızalı ürünlerin fabrikaya geri götürülmesi ile gerçekleşmektedir. Böylece bu ürünlerin tekrar üretime dahil olması veya hatalarının düzeltilip tekrar müşterilere sunulması sağlanabilmektedir. Bu nedenle, ileri yönde depolara ve dağıtım merkezlerine doğru taşımanın yanında tesislere geri taşımanın da maliyetleri dikkate alınmaktadır. İki yönlü dağıtımın bütünleştirilmesi ile elde edilen modelde tesisler, depolar ve dağıtım merkezleri arasında taşınacak uygun miktarlar hesaplanarak stokta tutma ve sipariş verme maliyetlerinin de katıldığı amaç fonksiyonunu minimize eden karışık tamsayılı bir doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir.

Modelin etkinliğini ölçmek için farklı boyutlarda test problemleri üretilmiş ve CPLEX 8.1 programı ile Pentium IV 2 Ghz işlemcili bir bilgisayarda çözülmüştür. Test problemlerinin büyüklükleri, ürün, tesis, depo, dağıtım merkezi ve dönem sayıları ile tanımlanmış, ürün sayıları 1-10, tesis sayıları 5-20, depo sayıları 10-50, dağıtım merkezi sayıları 20-250, dönem sayıları da 5-12 olmak üzere 68 farklı problem büyüklüğü belirlenmiştir. Problemin çözüm zamanı üzerinde tesis, depo, dağıtım merkezi ve dönem sayılarının, ürün sayısından daha etkin olduğu tespit edilmiştir. Tesis sayılarının 20, depo sayılarının 30, dağıtım merkezi sayılarının 100 ve dönem sayılarının da 10'un üzerine birlikte çıktığı problemlerde modelin CPLEX 8.1 ile optimale ulaşmakta zorlandığı hatta ulaşamadığı görülmüştür. Bunun yanında, bu çalışmada literatürdeki çalışmalara oranla daha büyük boyutta problemler çözülmüştür. Ancak, modelin karışık tamsayılı programlama modeli olması nedeniyle optimal arayan tekniklerin bir noktadan sonra kullanılması mümkün olmamaktadır. Bu çalışmada her ne kadar gerçek hayatta karşılaşılabilecek büyüklüklere yakın problemler çözülmüşse de daha büyük boyuttaki problemlerin çözümünde sezgisel tekniklerden yararlanılması gerekmektedir.

Geliştirilen karışık tamsayılı model, daha sonraki çalışmalarda tedarikçi ortaklıkları çalışmalarına destek olacak şekilde geliştirilebilir. Ayrıca model yapısı tedarik sürelerini dikkate alacak şekilde düzenlenebilir. Sadece dağıtım planlamasını

gerçekleştiren bu çalışma genişletilerek, üretimin de planlamaya dahil edilmesiyle üretim-dağıtım planlama çalışmalarına katkı sağlayabilecektir.



KAYNAKLAR

1. Jayashankar, M.S., Stephen F.S., Norman M.S., "Modeling the Dynamics of Supply Chains", *AAAI-94 SIGMAN Workshop on Intelligent Manufacturing Systems*, Seattle WA, 113-122 (1994).
2. Lee, H.L., Billington, C., "Evolution of supply chain management models and practice at Hewlett-Packard Company", *Interfaces*, 25 (5): 42-63 (1995).
3. Ganeshan, R., Harrison, T. P., "An Introduction to Supply Chain Management", *Penn State University Department of Management Science and Information Systems*, 1-20 (1995).
4. Çizmecci, F., "Tedarik Zinciri Yönetimi", Ödevler ve Makaleler, *Yıldız Teknik Üniversitesi Kalite ve Verimlilik Kulübü*, 3-35 (2002).
5. Cooper, M.C., Ellram, L.M., "Characteristics of Supply Chain Management and the Implications for Purchasing and Logistics Strategy", *Intl. J. Log. Mgmt.*, 4 (2): 13-24 (1993).
6. İstanbul Ticaret Odası Avrupa Bilgi Merkezi Dökümanları, "Tedarik Zinciri Yönetim Sistemi", *Tedarik Zinciri Yönetimi Seminerleri*, İstanbul, 1-20 (2003).
7. Jang, Y., Jang, S., Chang, B., Park, J., "A combined model of network design and production/distribution planning for a supply network", *Computers&Industrial Engineering*, 43: 263-281 (2002).
8. Lee, Y.H., Kim, S.H., "Production-distribution planning in supply chain considering capacity constraints", *Computers&Industrial Engineering*, 43: 169-190 (2002).
9. Erengüç, Ş.S., Simpson, N.C., Vakharia, A., J., "Integrated production-distribution planning in supply chains: An invited review", *European Journal of Operational Research*, 115: 219-236 (1999).
10. Smykay, E.W., Higby, M.A., "Shifting shoals in marketing channels: The MIDAS approach to channel systems", *Sloan Management Review*, 16-25 (1981).
11. Guiltinan, J.P., Nwoyoke, N.G., "Developing distribution channels and systems in the emerging recycling industries", *International Journal of Physical Distribution*, 6 (1): 28-38 (1975).
12. Pohlen, T.L., Farris, M., "Reverse logistics in plastic recycling", *International Journal of Physical Distribution&Logistics Management*, 22 (7): 35-47 (1992).

13. Fleischman, M., Bloemhof-Ruward, J.M., Dekker, R., Laan, Erwin van der, Nunen, Jo A.E.E van, Wassenhove, Luk. N. Van, "Quantitative models for reverse logistics: A review", *European Journal of Operational Research*, 103: 1-17 (1997).
14. Caruso, C., Colorni, A., Paruccini, M., "The regional urban solid waste management system: A modelling approach", *European Journal of Operational Research*, 70: 16-30 (1993).
15. Kroon, L., Vrijens, G., "Returnable containers: An example of reverse logistics", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 25 (2): 56-68 (1995).
16. Spengler, T., Pückert, H., Penkuhn, T., Rentz, O., "Environmental integrated production and recycling management", *European Journal of Operational Research*, 97: 308-326 (1997).
17. Salomon, M., Thierry, M., van Hillegersberg, J., van Nunen, J., Van wassenhove, L., "Distribution logistics and return flow optimization", *Erasmus university Rotterdam Management Report Series 254*, The Netherlands, 5-20 (1996).
18. Del Castillo, E., Cochran, J.K., "Optimal short horizon distribution operations in reusable container systems", *Journal of the Operational Research Society*, 47: 48-60 (1996).
19. Stock, J., "Development and Implementation of Reverse Logistics Programs", *Council of Logistics Management*, USA (1998).
20. Jayaraman, V., Patterson, A., R., Rolland, E., "The design of reverse distribution networks: Models and solution procedures", *European Journal of Operational Research*, 150: 128-149 (2003).
21. Ottoman, J., "Waste not: Green strategies key to efficient products", *Marketing News*, 32: 12-13 (1998).
22. Rousso, A., Shah, S., "Packaging taxes and recycling incentives: The German green dot program", *National Tax Journal*, XLVIII, 689-701 (1994).
23. Sarkis, J., Darnall, N., Nehman, G., Priest, J., "The role of supply chain management within the industrial ecosystem", *In. Proceedings of the 1995 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, Orlando, FL, 229-234 (1995).
24. Schuldenfrei, R., Shapiro, J., "Inbound collection of goods: the reverse distribution problem", *Interfaces*, 10: 30-33 (1980).

25. Carter, C.,R., Ellram, L., M., "Reverse logistics: A review of the literature and framework for future investigations", *Journal of Business Logistics*, 19 (1): 85-102 (1998).
26. Achrol, R.S., Reve, T., Stern,L.W., "The enviromental of Marketing Channel Dyads: A Framework for Comparative Analysis", *Journal of Marketing*, 47: 55-67 (1983).
27. Carlson, J.G., "Time-phased resource allocation for a production/distribution system", *Engineering Costs and Production Economics*, 6: 53-58 (1982).
28. Shanthikumar, J.G.,Sargent, R.G, "A unifying view of hybrid simulation/analytic models and modeling", *Operations Research*, 31 (6): 1030-1052 (1983).
29. Duran, F., "A large mixed integer production and distribution program", *European Journal of Operational Research*, 28 (2): 207-217 (1987).
30. Cohen, M.A., Lee, H.L., "Strategic analysis of integrated production-distribution systems: Models and Methods", *Operations Research*, 36 (2): 216-228 (1988).
31. Jackson, P. L., Maxwell, W. L., and Muckstadt, J. A., "Determining Optimal Reorder Intervals in Capacitated Production-Distribution Systems", *Management Science*, 34 (8): 938-958 (1988).
32. Khoshnevis, B., Austin, W.M., "An intelligent simulation environment for production/distribution systems", *Engineering Costs and Production Economics*, 17 (1-4): 351-357 (1989).
33. Benton, W.C., Krajewski, L., "Vendor performance and alternative manufacturing environments", *Decision Sciences*, 21: 403-415 (1990).
34. Vecchio, A.L., Towill, D.R., "Conceptual modelling of industrial production-distribution systems via standard forms", *Mathematical and Computer Modelling*, 14: 1029-1034 (1990).
35. Vrat, A.N.H., Kanda, A., "An integrated production-inventory-distribution model for manufacture of urea: a case", *International Journal of Production Economics*, 25 (1-3): 39-49 (1991).
36. Pyke, D. F., and Cohen, M. A. , "Performance Characteristics of Stochastic Integrated Production-Distribution Systems", *European Journal of Operational Research*, 68: 23-48 (1993).
37. Chandra, P., and Fisher, M. L., "Coordination of Production and Distribution Planning", *European Journal of Operational Research*, 72: 503-517 (1994).

38. Mulvey, J.M., Vanderbei, R.J., Zenios, S.A., "Robust Optimization of large-scale systems", *Operations Research*, 43 (2): 264-281 (1995).
39. Thomas, D.J., Griffin, P.M., "Coordinated supply chain management", *European Journal of Operations Research*, 31 (6): 1030-1052 (1996).
40. Vidal, C.J., Goetschalx, M., "Strategic production-distribution models: a critical review with emphasis on global supply chain models", *European Journal of Operational Research*, 98: 1-18 (1997).
41. Evans, G.N., Naim, M.M, Towill, D.R., "Application of a simulation methodology to the redesign of a logistical control system", *International Journal of Production Economics*, 56-57: 157-168 (1998).
42. Petrovic, D., Roy, R., Petrovic, R., "Modelling and simulation of a supply chain in an uncertain environment", *European Journal of Operational Research*, 109: 299-309 (1998).
43. Byrne, M.D., Bakir, M.A., "Production planning using a hybrid simulation-analytical approach", *International Journal of Production Economics*, 56-59: 305-311 (1999).
44. Ozdamar, L., Yazgac, T., "A hierarchical planning approach for a production-distribution system", *International Journal of Production Research*, 37: 3759-3772 (1999).
45. Buer, M.G.V., Woodruff, D.L., Olson, R.T., "Solving the medium newspaper production/distribution problem", *European Journal of Operational Research*, 115 (2): 237-253 (1999).
46. Larsen, E.R., Morecroft, J.D.W., Thomsen, J.S., "Complex behaviour in a production-distribution model", *European Journal of Operational Research*, 119 (1): 61-74 (1999).
47. Mohamed, Z.M., "An integrated production-distribution model for a multinational company operating under varying exchange rates", *Int.J. Production Economics*, 58: 81-92 (1999).
48. Bramel, J., Goyal, S., Zipkin, P., "Coordination of production/distribution networks with unbalanced leadtimes", *Operations Research*, 48 (4): 570-577 (2000).
49. Yu, C., Lin, H., "A robust optimization model for stochastic logistic problems", *Int.J. Production Economics*, 64: 385-397 (2000).
50. Kim, B., Kim, S., "Extended model of a hybrid production planning approach", *Int.J. Production Economics*, 73 (2): 165-173 (2001).

51. Gavirmeni, S., "Benefits of co-operation in a production distribution environment", *European Journal of Operational Research*, 130 (3): 612-622 (2001).
52. Verter, V., Dasci, A., "A continuous model for production–distribution system design", *European Journal of Operational Research*, 129 (2): 287-298 (2001).
53. Jayaraman, V., Pirkul, H., "Planning and coordination of production and distribution facilities for multiple commodities", *European Journal of Operational Research*, 133 (2): 394-408 (2001).
54. Lee, Y.,H., Kim, S.,H., Moon, C. , "Production-distribution planning in supply chain using a hybrid approach", *Production Planning&Control*, 13: 35-46 (2002).
55. Syarif, A., Gen, M., "Hybrid Genetic algorithm for production/distribution system in supply chain", *International Journal of Smart Engineering System Design*, 5: 289-298 (2003).
56. Khurram, S.B., Huq, F., Frazier, G., Mohamed, Z., "An integrated location, production, distribution and investment model for a multinational corporation", *International Journal of Production Economics*, 86 (3): 201-216 (2003).
57. Felix, T.S.C., Chung, S. H., Wadhwa, S., "A hybrid genetic algorithm for production and distribution", *Omega*, 33 (4): 345-355 (2005).
58. Rizk, N., Martel A., D'Amours, S., "Multi-item dynamic production-distribution planning in process industries with divergent finishing stages", *Computers & Operations Research*, In Press, Corrected Proof (2005).
59. Vila, D., Martel, A., Beauregard,R., "Designing logistics networks in divergent process industries: A methodology and its application to the lumber industry", *International Journal of Production Economics*, In Press, Corrected Proof (2005).
60. Davis, P.S., Ray, T.L., "A branch-and-bound algorithm for the capacitated facilities location problem", *Naval Research Logistics*, 16: 331-334 (1969).
61. Geoffrion, A.M., Graves, G.W., "Multi-commodity distribution system design by benders decomposition", *Management Science*, 20: 822-844 (1974).
62. Christopher, M., "Logistics systems engineering - solving the distribution planning problem", *Long Range Planning*, 7 (6): 74-80 (1974).
63. Guignard, M., Spielberg, K., "A direct dual method for the mixed plant location problem", *Mathematical Programming*, 17: 198-228 (1979).

64. Barcelo, J., Casanovas, J., "A heuristic lagrangian algorithm for the capacitated plant location problem", *European Journal of Operational Research*, 15: 212-226 (1984).
65. Lockett, A.G., Westwood, J.B., "Distribution planning in a turbulent environment", *European Journal of Operational Research*, 19 (1): 33-40 (1985).
66. Aikens, C. H., "Facility location models for distribution planning", *European Journal of Operational Research*, 22 (3): 263-279 (1985).
67. Bookbinder, J.H., Reece, K.E., "Vehicle routing considerations in distribution system design", *European Journal of Operational Research*, 37 (2): 204-213 (1988).
68. Brauer, D., Naadimuthu, G., "A goal programming model for aggregate inventory and distribution planning", *Mathematical and Computer Modelling*, 16 (3): 81-90 (1992).
69. Lee, C., "A cross decomposition algorithm for a multi-product-multitype facility location problem", *Computers and Operations Research*, 20 (5): 527-540 (1993).
70. Verrijdt, J. H. C. M. , Kok, A. G., "Distribution planning for a divergent depotless two-echelon network under service constraints", *European Journal of Operational Research*, 89 (2): 341-354 (1996).
71. Tragantalerngsak, S., Holt, J., Ronnqvist, M., "Lagrangian heuristics for the two-echelon, single-source, capacitated facility location problem", *European Journal of Operational Research*, 102: 611-625 (1997).
72. Pirkul, H., Jayaraman, V., "A multi-commodity, multi-plant, capacitated facility location problem: Formulation and efficient heuristic solution", *Computer Ops. Res.*, 25 (10): 869-878 (1998).
73. Hindi, K., S., Basta, T., Pienkosz, K., "Efficient solution of a multi-commodity, Two-stage Distribution Problem with Constraints on Assignment of Customers to Distribution Centers", *Int. Trans. Opl. Res.*, 5 (6): 519-527 (1998).
74. Leão, M., T., P., Matos, M., A., "Multicriteria distribution network planning using simulated annealing", *International Transactions in Operational Research*, 6 (4): 377-391 (1999).
75. Taniguchi, E., Noritake, M., Yamada, T., Izumitani, T., "Optimal size and location planning of public logistics terminals", *Transportation Research Part E*, 35: 207-222 (1999).

76. Ross, A., D., "A two-phased approach to the supply network reconfiguration problem", *European Journal of Operational Research*, 122 (1): 18-30 (2000).
77. Nozick, L., K., Turnquist, M., A., "Inventory, transportation, service quality and the location of distribution centers", *European Journal of Operational Research*, 129: 362-371 (2001).
78. Lee, B.K., Lee, J.Y., Lee, Y.H., "Distribution planning in the multi-level supply chain network using tabu search", *MIC 2003: The Fifth Metaheuristic International Conference*, Japan, 45: 1-6 (2003).
79. Matsatnitis, N., F., "Towards a decision support system for the ready concrete distribution system: A case of a Greek company", *European Journal of Operational Research*, 152 (2): 487-499 (2004).
80. Avella, P., Boccia, M., Sforza, A., "Solving a fuel delivery problem by heuristic and exact approaches", *European Journal of Operational Research*, 152 (1): 170-179 (2004).
81. Ambrosino, D., Scutella, M., G., "Distribution network design: New problems and related models", *European Journal of Operational Research*, 165 (3): 610-624 (2005).
82. Amiri, A., "Designing a distribution network in a supply chain system: Formulation and efficient solution procedure", *European Journal of Operational Research*, In Press, Corrected Proof (2004).
83. Jayaraman, V., Ross, A., "A simulated annealing methodology to distribution network design and management", *European Journal of Operational Research*, 144: 629-645 (2003).
84. Fisk, G., Chandran, R., "How to Trace and recall products", *Harvard Business Review*, 90-96 (1975).
85. Murphy, P., "A preliminary study of transportation and warehousing aspects of reverse distribution", *Transportation Journal*, 25: 12-21 (1986).
86. Min, H., "A bicriterion reverse distribution model for product recall", *Omega*, 17 (5): 483-490 (1989).
87. Robertson, G.L., "Good and Bad Packaging: Who Decides?", *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, 20 (8): 37-40 (1990).
88. Gray, V., Guthrie, J., "Ethical Issues of Enviromentally Friendly Packaging", *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, 20 (8): 31-36 (1990).

89. Chandran, R., Lancioni, R.A., "Product recall: A challenge for the 1980's", *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, 11 (8): 46-55 (1981).
90. Bronstad, G.H., Evans-Correia, K., "Green Purchasing : The Purchasing Agent's Role in Corporate Recycling", *Conference Proceedings of the National Association of Purchasing Management (Tepme, AZ: National Association of Purchasing Management, 1992)*, 117-121 (1992).
91. Cairncross, F., "How Eurpe's companies reposition to recycle", *Harvard Business Review*, March April, 34-45 (1992).
92. Ballou, R., "Business Logistics Management", *Prentice-Hall Publications*, Eaglewood Cliffs, NJ.
93. Herberling, M., Graham, T.S., "Environmental Purchasing: Separating The Emotions From The Facts", *Conference Proceedings of the National Association of Purchasing Management (Tepme, AZ: National Association of Purchasing Management, 1993)*, 75-78 (1993).
94. Barry, J., Girard, G., Perras, C., "Logistics Shifts Into Reverse", *Journal Of European Business*, 5: 34-38 (1993).
95. Crainic, T.G., Gendreau, M., Dejax, P., "Dynamic and stochastic models for the allocation of empty containers", *Operations Research*, 41 (1): 102-126 (1993).
96. Kopicky, R.J., Berg, M.J., Legg, L., Dasappa, V.,Maggioni, C., "Reuse and Recycling: Reverse Logistics Opportunities", *Council of Logistics Management*, Oak Brook, IL. (1993).
97. Drumwright, M.E., "Socially Responsible Organizational Buying:Environmental Concern as a Noneconomic Buying Criterion", *Journal Of Marketing*, 58: 1-19 (1994).
98. Livingstone, S., Sparks, L., "The New German Packaging Laws: Effects on Firms Exporting to Germany", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 24 (7): 15-25 (1994).
99. Murphy, P.R., Poist, R.F., Braunschweig, C.D., "Role and Relevance of Logistics to Corporate Enviromentalism: An Empirical Assessment", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 25 (2): 5-19 (1995).
100. Monczka, M., Trent, R.J., "Purchasing and Sourcing Strategy: Trends and Implications", *Center for Advanced Purchasing Studies*, Tepme, AZ.

101. Thierry, M.C., Salomon, M., van Nunen, J., Van Wassenhove, L., "Strategic Issues in product recovery management", *California Management Review*, 37 (2): 114-135 (1995).
102. Jahre, M., "Household Waste Collection as a Reverse Channel: A theoretical perspective", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 25 (2): 39-55 (1995).
103. Smith, N.C., Thomas, R.J., Quelch, J., "A strategic approach to manage product recalls", *Harvard Business Review*, 102-112 (1996).
104. Thierry, M.C., "An Analysis of the Impact of Product Recovery Management on Manufacturing Companies", Ph.D. Thesis, *Erasmus University Rotterdam*, The Netherlands, 15-46 (1997).
105. Hirsch, B.E., Kuhlmann, T., Schumacher, J., "Logistics simulation of recycling networks", *Computers in Industry*, 36 (1-2): 31-38 (1998).
106. Barros, A., J., Dekker, R., Scholten, V., "A two-level network for recycling sand: A case study", *European Journal of Operational Research*, 110: 199-214 (1998).
107. Johnson, P.F., "Managing value in reverse logistics systems", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 34 (3): 217-227 (1998).
108. Louwers, D., Kip, B.J., Peters, E., Souren, F., Flapper, S.D.P., "A facility location allocation model for reusing carpet materials", *Computers and Industrial Engineering*, 36 (40): 1-15 (1999).
109. Bloemhof-Ruward, J.M., Fleischmann, M., van Nunen, J., "Reviewing distribution issues in reverse logistics. In: Speranze, M.G., Stahly, P. (Eds.), *New Trends in Distribution Logistics*", *Springer-Verlag*, Berlin, 23-44 (1999).
110. Krikke, H.R., Kooi, E.J., Schuur, P.C., "Reviewing distribution issues in reverse logistics. In: Speranze, M.G., Stahly, P. (Eds.), *New Trends in Distribution Logistics*", *Springer-Verlag*, Berlin, 45-62 (1999b).
111. Fleischmann, M., Krikke, H.R., Dekker, R., Flapper, S.D.P., "A characterisation of logistics Networks for product recovery", *Omega*, 28 (6): 653-666 (2000).
112. Teunter, R.H., Laan, E., Inderfurth, K., "How to set the holding cost rates in average cost inventory models with reverse logistics?", *Omega*, 28 (4): 409-415 (2000).

113. Shih, L., "Reverse logistics system planning for recycling electrical appliances and computer in Taiwan", *Resources, Conservation, Recycling*, 32: 55-72 (2001).
114. Vlachos, D., Tagaras, G., "An inventory system with two supply modes and capacity constraints", *International Journal of Production Economics*, 72 (1): 41-58 (2001).
115. Minner, S., "Strategic safety stocks in reverse logistics supply chains", *International Journal of Production Economics*, 71 (1-3): 417-428 (2001).
116. Hu, T., Sheu, J., Huang, K., "A reverse logistics cost minimization model for the treatment of hazardous wastes", *Transportation Research Part E*, 38: 457-473 (2002).
117. Fleischmann, M., Kuik, R., Dekker, R., "Controlling inventories with stochastic item returns: A basic model", *European Journal of Operational Research*, 138 (1): 63-75 (2002).
118. Krumwiede, D.W., Sheu, C., "A model for reverse logistics entry by third-party providers", *Omega*, 30 (5): 325-333 (2002).
119. Kleber, R., Minner, S., Kiesmüller, G., "A continuous time inventory model for a product recovery system with multiple options", *International Journal of Production Economics*, 79 (2): 121-141 (2002).
120. Mahadevan, B., Pyke, D.F., Fleischmann, M., "Periodic review, push inventory policies for remanufacturing", *European Journal of Operational Research*, 151 (3): 536-551 (2003).
121. Min, H., Ko, H., J., Ko, C., S., "A genetic algorithm approach to developing the multi-echelon reverse logistics network for product returns", *Omega*, In Press, Corrected Proof (2004).
122. Ravi, V., Shankar, R., "Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics", *Technological Forecasting and Social Change*, In Press, Corrected Prof (2004).
123. Georgiadis, P., Vlachos, D., "The effect of environmental parameters on product recovery", *European Journal of Operational Research*, 157 (2): 449-464 (2004).
124. Dobos, I., Richter, K., "An extended production/recycling model with stationary demand and return rates", *International Journal of Production Economics*, 90 (3): 311-323 (2004).

125. González-Torre, P.L., Adenso-Díaz, B., Artiba, H., "Environmental and reverse logistics policies in European bottling and packaging firms", *International Journal of Production Economics*, 88 (1): 95-104 (2004).
126. Sharma, M., Ammons, J., C., Hartman, J., C., "Asset management with reverse product flows and environmental considerations", *Computer & Operations Research*, In Press, Corrected Proof (2005).
127. Lieckens, K., Vandaele, N., "Reverse logistics network design with stochastic lead times", *Computer & Operations Research*, In Press, Corrected Proof (2005).
128. Sheu, J., Chou, J., Hu, C., "An integrated logistics operational model for green-supply chain management", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 41 (4): 287-313 (2005).
129. Mukhopadhyay, S.K., Setoputro, R., "Optimal return policy and modular design for build-to-order products", *Journal of Operations Management*, 23 (5): 496-506 (2005).
130. Amini, M.H., Retzlaff-Roberts, D., Bienstock, C.C., "Designing a reverse logistics operation for short cycle time repair services", *International Journal of Production Economics*, 96 (3): 367-380 (2005).
131. Ravi, V., Shankar, R., Tiwari, M.K., "Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach", *Computers & Industrial Engineering*, 48 (2): 327-356 (2005).
132. Daugherty, P.J., Richey, R.G., Genchev, S.E., Chen, H., "Reverse logistics: superior performance through focused resource commitments to information technology", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 41 (2): 77-92 (2005).
133. Chouinard, M., D'Amours, S., Aït-Kadi, D., "Integration of reverse logistics activities within a supply chain information system", *Computers in Industry*, 56 (1): 105-124 (2005).
134. Listes, O., Dekker, R., "A stochastic approach to a case study for product recovery network design", *European Journal of Operational Research*, 160 (1): 268-287 (2005).



EKLER

EK-1 ÖRNEK PROBLEM

1 ürün, 1 tesis, 2 depo, 2 dağıtım merkezi, 5 dönemli problem büyüklüğü için tekdüze rassal dağılıma göre üretilen parametre değerleri aşağıda verilmiştir:

- Dönemlere göre tesis-depo arasındaki taşıma arızaları (Υ_t):
0, 0.02, 0.03, 0, 0.02
- Dönemlere göre depo-dağıtım merkezi taşıma arızaları (ϵ_t):
0, 0.01, 0, 0.02, 0
- Dağıtım merkezlerine dönemlere göre iade oranları (ξ_{it});

Dönem	Dağıtım Merkezi 1	Dağıtım Merkezi 2
1	0	0
2	0.01	0.05
3	0.02	0.03
4	0.02	0.05
5	0.03	0.03

- Depolar için dönemlere göre sipariş verme maliyetleri (SW_t)
sırasıyla 94, 86, 151, 149, 157
- Dağıtım merkezleri için dönemlere göre sipariş verme maliyetleri (SD_t)
sırasıyla 51, 122, 56, 2, 169
- Dönemlere göre dağıtım merkezlerindeki talep miktarları (D_{it});

Dönem	Dağıtım Merkezi 1	Dağıtım Merkezi 2
1	0	0
2	38	41
3	81	83
4	95	16
5	95	2

- Tesisin kapasitesi ($KTES_j$) 200
- Depoların kapasiteleri ($KDEPO_k$) sırasıyla 88, 95
- Dağıtım merkezlerinin kapasiteleri (KDM_i) sırasıyla 109, 95

- Tesis-depo arası birim taşıma maliyetleri (a_{ijkt})

Dönem	Tesis	Depo	Birim Taşıma Maliyeti
1	1	1	7
	1	2	7
2	1	1	7
	1	2	9
3	1	1	8
	1	2	4
4	1	1	5
	1	2	9
5	1	1	1
	1	2	5

- Depo-dağıtım merkezi arası birim taşıma maliyetleri (b_{iklt})

Dönem	Depo	Dağıtım Merkezi	Birim Taşıma Maliyeti
1	1	1	7
	1	2	6
	2	1	7
	2	2	8
2	1	1	8
	1	2	5
	2	1	6
	2	2	1
3	1	1	9
	1	2	4
	2	1	0
	2	2	4
4	1	1	9
	1	2	2
	2	1	8
	2	2	6
5	1	1	1
	1	2	0
	2	1	7
	2	2	1

- Dağıtım merkezi-depo arası birim geri taşıma maliyetleri (c_{ikl})

Dönem	Dağıtım Merkezi	Depo	Birim Geri Taşıma Maliyeti
1	1	1	0
	2	1	9
	1	2	6
	2	2	0
2	1	1	7
	2	1	9
	1	2	1
	2	2	0
3	1	1	6
	2	1	10
	1	2	9
	2	2	6
4	1	1	1
	2	1	7
	1	2	9
	2	2	7
5	1	1	1
	2	1	2
	1	2	7
	2	2	0

- Depo-tesis arası birim geri taşıma maliyetleri (d_{ijkt})

Dönem	Depo	Tesis	Birim Geri Taşıma Maliyeti
1	1	1	10
	2	1	3
2	1	1	0
	2	1	2
3	1	1	10
	2	1	4
4	1	1	5
	2	1	6
5	1	1	8
	2	1	1

- Dağıtım merkezi-tesis arası birim geri taşıma maliyetleri (e_{ijt})

Dönem	Dağıtım Merkezi	Tesis	Birim Geri Taşıma Maliyeti
1	1	1	9
	2	1	4
2	1	1	0
	2	1	0
3	1	1	0
	2	1	5
4	1	1	10
	2	1	4
5	1	1	1
	2	1	8

- Depolar için dönemlere göre birim stokta tutma maliyetleri (HW_{ikt})

Dönem	Depo 1	Depo 2
1	3	4
2	2	5
3	4	0
4	4	4
5	0	4

- Dağıtım merkezleri için dönemlere göre birim stokta tutma maliyetleri (HD_{ilt})

Dönem	Dağıtım Merkezi 1	Dağıtım Merkezi 2
1	4	2
2	2	0
3	4	3
4	2	2
5	1	0

Gams modeli ve çıktı dosyası:

GAMS Rev 136 MS Windows
 07/02/05 13:38:31 Page 1
 General Algebraic Modeling System
 Compilation

```

2  sets
3  i urun      / urun1 /
4  j tesis    / tesis1 /
5  k depo      / depo1,depo2 /
6  l dagitim merkezi / dm1,dm2 /
7  t periyot   / 1,2,3,4,5 / ;
8  parameters
9
10 sw(t) depo icin siparis verme maliyeti
11 / 1 94
12     2 86
13     3 151
14     4 149
15     5 157 /
16 sd(t) dagitim merkezi icin siparis verme maliyeti
17 / 1 51
18     2 122
19     3 56
20     4 2
21     5 169 /
22 a(i,j,t,k) i urununun j tesisinden k deposuna t doneminde
tasima maliyeti
23 / urun1.tesis1.1.depo1 7
24     urun1.tesis1.1.depo2 7
25     urun1.tesis1.2.depo1 7
26     urun1.tesis1.2.depo2 9
27     urun1.tesis1.3.depo1 8
28     urun1.tesis1.3.depo2 4
29     urun1.tesis1.4.depo1 5
30     urun1.tesis1.4.depo2 9
31     urun1.tesis1.5.depo1 1
32     urun1.tesis1.5.depo2 5 /
33 b(i,k,t,l) i urununun k deposundan t doneminde l dagitim
merkezine tasima maliyeti
34 / urun1.depo1.1.dm1 7
35     urun1.depo1.1.dm2 6
36     urun1.depo1.2.dm1 8
37     urun1.depo1.2.dm2 5
38     urun1.depo1.3.dm1 9
39     urun1.depo1.3.dm2 4
40     urun1.depo1.4.dm1 9
41     urun1.depo1.4.dm2 2
42     urun1.depo1.5.dm1 1
43     urun1.depo1.5.dm2 0
44     urun1.depo2.1.dm1 7
45     urun1.depo2.1.dm2 8
46     urun1.depo2.2.dm1 6
47     urun1.depo2.2.dm2 1

```

```

48      urun1.depo2.3.dm1 0
49      urun1.depo2.3.dm2 4
50      urun1.depo2.4.dm1 8
51      urun1.depo2.4.dm2 6
52      urun1.depo2.5.dm1 7
53      urun1.depo2.5.dm2 1 /
54      c(i,k,t,l) i urununun l dagitim merkezinden k deposuna t
doneminde geri tasima maliyeti
55      / urun1.depo1.1.dm1 0
56      urun1.depo1.1.dm2 9
57      urun1.depo1.2.dm1 7
58      urun1.depo1.2.dm2 9
59      urun1.depo1.3.dm1 6
60      urun1.depo1.3.dm2 10
61      urun1.depo1.4.dm1 1
62      urun1.depo1.4.dm2 7
63      urun1.depo1.5.dm1 1
64      urun1.depo1.5.dm2 2
65      urun1.depo2.1.dm1 6
66      urun1.depo2.1.dm2 0
67      urun1.depo2.2.dm1 1
68      urun1.depo2.2.dm2 0
69      urun1.depo2.3.dm1 9
70      urun1.depo2.3.dm2 6
71      urun1.depo2.4.dm1 9
72      urun1.depo2.4.dm2 7
73      urun1.depo2.5.dm1 7
74      urun1.depo2.5.dm2 0 /
75      d(i,j,t,k) i urununun k deposundan j tesisine t doneminde geri
tasima maliyeti
76      / urun1.tesis1.1.depo1 10
77      urun1.tesis1.1.depo2 3
78      urun1.tesis1.2.depo1 0
79      urun1.tesis1.2.depo2 2
80      urun1.tesis1.3.depo1 10
81      urun1.tesis1.3.depo2 4
82      urun1.tesis1.4.depo1 5
83      urun1.tesis1.4.depo2 6
84      urun1.tesis1.5.depo1 8
85      urun1.tesis1.5.depo2 1 /
86      e(i,j,t,l) i urununun l dagitim merkezinden j tesisine t
doneminde geri tasima maliyeti
87      / urun1.tesis1.1.dm1 9
88      urun1.tesis1.1.dm2 4
89      urun1.tesis1.2.dm1 0
90      urun1.tesis1.2.dm2 0
91      urun1.tesis1.3.dm1 0
92      urun1.tesis1.3.dm2 5
93      urun1.tesis1.4.dm1 10
94      urun1.tesis1.4.dm2 4
95      urun1.tesis1.5.dm1 1
96      urun1.tesis1.5.dm2 8 /
97      hw(i,t,k) i urununun t doneminde k deposunda birim stok tutma
maliyeti
98      / urun1.1.depo1 3
99      urun1.1.depo2 4
100     urun1.2.depo1 2
101     urun1.2.depo2 5

```

```

102      urun1.3.depo1 4
103      urun1.3.depo2 0
104      urun1.4.depo1 4
105      urun1.4.depo2 4
106      urun1.5.depo1 0
107      urun1.5.depo2 4 /
108      hd(i,t,l) i urununun t doneminde l dagitim merkezinde birim
stok tutma maliyeti
109      / urun1.1.dm1 4
110      urun1.1.dm2 2
111      urun1.2.dm1 2
112      urun1.2.dm2 0
113      urun1.3.dm1 4
114      urun1.3.dm2 3
115      urun1.4.dm1 2
116      urun1.4.dm2 2
117      urun1.5.dm1 1
118      urun1.5.dm2 0 /
119      orandemand(i,t,l) i urununun t doneminde l dagitim merkezine
talep geri donme oranı
120      / urun1.1.dm1 .01
121      urun1.1.dm2 .05
122      urun1.2.dm1 .01
123      urun1.2.dm2 .05
124      urun1.3.dm1 .02
125      urun1.3.dm2 .03
126      urun1.4.dm1 .02
127      urun1.4.dm2 .05
128      urun1.5.dm1 .03
129      urun1.5.dm2 .03 /
130      demand(i,t,l) i urunu icin t doneminde l dagitim merkezindeki
talep miktarı
131      / urun1.1.dm1 0
132      urun1.1.dm2 0
133      urun1.2.dm1 38
134      urun1.2.dm2 41
135      urun1.3.dm1 81
136      urun1.3.dm2 83
137      urun1.4.dm1 95
138      urun1.4.dm2 16
139      urun1.5.dm1 95
140      urun1.5.dm2 2 /
141      arizal(t) t doneminde depo-dagitim merkezi arasindaki tasima
arizalari
142      / 1 .00
143      2 .01
144      3 .00
145      4 .02
146      5 .00 /
147      ariza2(t) t doneminde tesis-depo arasindaki tasima arizalari
148      / 1 .00
149      2 .02
150      3 .03
151      4 .00
152      5 .02 /
153      kdepot(k) depo kapasitesi
154      / depo1 88
155      depo2 95 /

```

```

156 kdm(1) dagitim merkezi kapasitesi
157 / dm1 109
158     dm2 95 /
159 ktesis(j) tesis kapasitesi
160 / tesis1 200 / ;
161
162 variables
163 x(i,j,t,k) i urununun j tesisinden t doneminde k deposuna
tasinan miktarı
164 y(i,k,t,l) i urununun k deposundan t doneminde l dagitim
merkezine tasinan miktarı
165 v(i,k,t,l) i urununun l dagitim merkezinden t doneminde k
deposuna geri tasinan miktarı
166 u(i,j,t,k) i urununun k deposundan t doneminde j tesisine geri
tasinan miktarı
167 z(i,j,t,l) i urununun k deposundan t doneminde j tesisine geri
tasinan miktarı
168 iw(i,t,k) i urununun t doneminde k deposunda stok tutulan
miktarı
169 id(i,t,l) i urununun t doneminde l dagitim merkezinde stok
tutulan miktarı
170 bnry1(t,k) k deposu için siparis verme maliyetine yönelik 0-1
degisken
171 bnry2(t,l) l dagitim merkezi için siparis verme maliyetine
yonelik 0-1 degisken
172 m toplam maliyet;
173
174 positive variable x, y, v, u, z, iw, id;
175 binary variable bnry1, bnry2;
176
177 equations
178 cost amac fonksiyonu
179 sipdepo(t,k) deponun siparis verme maliyeti ile ilgili kisit
180 sipdm(t,l) dagitim merkezinin siparis verme maliyeti ile
ilgili kisit
181 depokap(t,k) depo kapasitesi
182 dagmerkap(t,l) dagitim merkezi kapasitesi
183 tesiskap(j,t) tesis kapasitesi
184 stokdepo(i,t,k) depo stok dengesi
185 stokdm(i,t,l) dagitim merkezi stok dengesi
186 KIS1(i,t,l) dagitim merkezi geri donecek malzeme miktarı
dengesi
187 KIS2(i,t,k) depodan tesise geri donecek malzeme miktarı
dengesi
188 KIS3(i,t,k) depodan dagitim merkezine gidecek olan malzeme
miktarı dengesi
189 talep(i,t,l) ;
190
191 cost .. m =e= sum((i,j,t,k), a(i,j,t,k)*x(i,j,t,k))+
192                sum((i,k,t,l), b(i,k,t,l)*y(i,k,t,l))+
193                sum((i,k,t,l), c(i,k,t,l)*v(i,k,t,l))+
194                sum((i,j,t,k), d(i,j,t,k)*u(i,j,t,k))+
195                sum((i,j,t,l), e(i,j,t,l)*z(i,j,t,l))+
196                sum((t,k),bnry1(t,k)*sw(t))+
197                sum((i,t,k), hw(i,t,k)*iw(i,t,k))+
198                sum((t,l),bnry2(t,l)*sd(t))+
199                sum((i,t,l), hd(i,t,l)*id(i,t,l));
200

```

```

201 sipdepo(t,k)..sum((i,j),x(i,j,t,k))=l=bnry1(t,k)*100000000;
202
203 sipdm(t,l)..sum((i,k),y(i,k,t,l))=l=bnry2(t,l)*100000000;
204
205 stokdepo(i,t,k).. iw(i,t-
1,k)+sum((j),x(i,j,t,k))+sum((l),v(i,k,t,l))
206             -sum((j),u(i,j,t,k))-sum((l),y(i,k,t,l)) =e=
iw(i,t,k);
207
208 stokdm(i,t,l).. id(i,t-
1,l)+sum((k),y(i,k,t,l))+orandemand(i,t-1,l)*demand(i,t-1,l)
209             -sum((j),z(i,j,t,l))-sum((k),v(i,k,t,l))-
demand(i,t,l) =e= id(i,t,l);
210
211 tesiskap(j,t).. sum((i,k),x(i,j,t,k)) =l= ktesis(j);
212
213 depokap(t,k).. sum((i),iw(i,t,k)) =l= kdepo(k) ;
214
215 dagmerkap(t,l).. sum((i),id(i,t,l)) =l= kdm(l) ;
216
217 KIS1(i,t,l).. sum((j),z(i,j,t,l))+sum((k),v(i,k,t,l))-
orandemand(i,t-1,l)*demand(i,t-1,l)
218             -ariza1(t-1)*sum((k),y(i,k,t-1,l)) =e= 0;
219
220 KIS2(i,t,k).. ariza2(t-1)*sum((j),x(i,j,t-
1,k))+sum((l),v(i,k,t,l))
221             -sum((j),u(i,j,t,k)) =e= 0 ;
222
223 KIS3(i,t,k).. sum((l),y(i,k,t,l))-(1-ariza2(t-
1))*sum((j),x(i,j,t-1,k)) =e=0 ;
224
225 talep(i,t,l)..(1-ariza1(t))*sum(k,y(i,k,t,l))=g=demand(i,t,l);
226
227
228 model dagitim /all/;
229 option iterlim=10000000;
230 option reslim=1000000;
231 option optcr=0.0;
232
233 solve dagitim using mip minimizing m;
234 display x.l, y.l, v.l, u.l, z.l, iw.l, id.l, bnry1.l, bnry2.l;

```

COMPILATION TIME = 0.020 SECONDS 0.9 Mb WIN212-
 136

GAMS Rev 136 MS Windows

07/02/05 13:38:31

General Algebraic Modeling System

Equation Listing SOLVE dagitim Using MIP From line 233

---- cost =E= amac fonksiyonu

cost.. - 7*x(urun1,tesis1,1,depo1) - 7*x(urun1,tesis1,1,depo2) -
7*x(urun1,tesis1,2,depo1) - 9*x(urun1,tesis1,2,depo2)

- 8*x(urun1,tesis1,3,depo1) - 4*x(urun1,tesis1,3,depo2) -
5*x(urun1,tesis1,4,depo1) - 9*x(urun1,tesis1,4,depo2)

- x(urun1,tesis1,5,depo1) - 5*x(urun1,tesis1,5,depo2) -
7*y(urun1,depo1,1,dm1) - 6*y(urun1,depo1,1,dm2)

- 8*y(urun1,depo1,2,dm1) - 5*y(urun1,depo1,2,dm2) -
9*y(urun1,depo1,3,dm1) - 4*y(urun1,depo1,3,dm2) -
9*y(urun1,depo1,4,dm1)

- 2*y(urun1,depo1,4,dm2) - y(urun1,depo1,5,dm1) -
7*y(urun1,depo2,1,dm1) - 8*y(urun1,depo2,1,dm2) -
6*y(urun1,depo2,2,dm1)

- y(urun1,depo2,2,dm2) - 4*y(urun1,depo2,3,dm2) -
8*y(urun1,depo2,4,dm1) - 6*y(urun1,depo2,4,dm2) -
7*y(urun1,depo2,5,dm1)

- y(urun1,depo2,5,dm2) - 9*v(urun1,depo1,1,dm2) -
7*v(urun1,depo1,2,dm1) - 9*v(urun1,depo1,2,dm2) -
6*v(urun1,depo1,3,dm1)

- 10*v(urun1,depo1,3,dm2) - v(urun1,depo1,4,dm1) -
7*v(urun1,depo1,4,dm2) - v(urun1,depo1,5,dm1) -
2*v(urun1,depo1,5,dm2)

- 6*v(urun1,depo2,1,dm1) - v(urun1,depo2,2,dm1) -
9*v(urun1,depo2,3,dm1) - 6*v(urun1,depo2,3,dm2) -
9*v(urun1,depo2,4,dm1)

- 7*v(urun1,depo2,4,dm2) - 7*v(urun1,depo2,5,dm1) -
10*u(urun1,tesis1,1,depo1) - 3*u(urun1,tesis1,1,depo2)

- 2*u(urun1,tesis1,2,depo2) - 10*u(urun1,tesis1,3,depo1) -
4*u(urun1,tesis1,3,depo2) - 5*u(urun1,tesis1,4,depo1)

- 6*u(urun1,tesis1,4,depo2) - 8*u(urun1,tesis1,5,depo1) -
u(urun1,tesis1,5,depo2) - 9*z(urun1,tesis1,1,dm1)

- 4*z(urun1,tesis1,1,dm2) - 5*z(urun1,tesis1,3,dm2) -
10*z(urun1,tesis1,4,dm1) - 4*z(urun1,tesis1,4,dm2)

- z(urun1,tesis1,5,dm1) - 8*z(urun1,tesis1,5,dm2) -
3*iw(urun1,1,depo1) - 4*iw(urun1,1,depo2) - 2*iw(urun1,2,depo1)

- 5*iw(urun1,2,depo2) - 4*iw(urun1,3,depo1) -
4*iw(urun1,4,depo1) - 4*iw(urun1,4,depo2) - 4*iw(urun1,5,depo2)

```

- 4*id(urun1,1,dm1) - 2*id(urun1,1,dm2) - 2*id(urun1,2,dm1) -
4*id(urun1,3,dm1) - 3*id(urun1,3,dm2) - 2*id(urun1,4,dm1)

- 2*id(urun1,4,dm2) - id(urun1,5,dm1) - 94*bnry1(1,depo1) -
94*bnry1(1,depo2) - 86*bnry1(2,depo1) - 86*bnry1(2,depo2)

- 151*bnry1(3,depo1) - 151*bnry1(3,depo2) - 149*bnry1(4,depo1)
- 149*bnry1(4,depo2) - 157*bnry1(5,depo1) - 157*bnry1(5,depo2)

- 51*bnry2(1,dm1) - 51*bnry2(1,dm2) - 122*bnry2(2,dm1) -
122*bnry2(2,dm2) - 56*bnry2(3,dm1) - 56*bnry2(3,dm2) -
2*bnry2(4,dm1)

- 2*bnry2(4,dm2) - 169*bnry2(5,dm1) - 169*bnry2(5,dm2) + m =E=
0 ; (LHS = 0)

```

---- sipdepo =L= deponun siparis verme maliyeti ile ilgili kisit

```

sipdepo(1,depo1).. x(urun1,tesis1,1,depo1) -
10000000*bnry1(1,depo1) =L= 0 ; (LHS = 0)

sipdepo(1,depo2).. x(urun1,tesis1,1,depo2) -
10000000*bnry1(1,depo2) =L= 0 ; (LHS = 0)

sipdepo(2,depo1).. x(urun1,tesis1,2,depo1) -
10000000*bnry1(2,depo1) =L= 0 ; (LHS = 0)

```

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- sipdm =L= dagitim merkezinin siparis verme maliyeti ile ilgili kisit

```

sipdm(1,dm1).. y(urun1,depo1,1,dm1) + y(urun1,depo2,1,dm1) -
10000000*bnry2(1,dm1) =L= 0 ; (LHS = 0)

sipdm(1,dm2).. y(urun1,depo1,1,dm2) + y(urun1,depo2,1,dm2) -
10000000*bnry2(1,dm2) =L= 0 ; (LHS = 0)

sipdm(2,dm1).. y(urun1,depo1,2,dm1) + y(urun1,depo2,2,dm1) -
10000000*bnry2(2,dm1) =L= 0 ; (LHS = 0)

```

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- depokap =L= depo kapasitesi

```

depokap(1,depo1).. iw(urun1,1,depo1) =L= 88 ; (LHS = 0)

depokap(1,depo2).. iw(urun1,1,depo2) =L= 95 ; (LHS = 0)

depokap(2,depo1).. iw(urun1,2,depo1) =L= 88 ; (LHS = 0)

```

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- dagmerkap =L= dagitim merkezi kapasitesi

dagmerkap(1,dm1).. id(urun1,1,dm1) =L= 109 ; (LHS = 0)

dagmerkap(1,dm2).. id(urun1,1,dm2) =L= 95 ; (LHS = 0)

dagmerkap(2,dm1).. id(urun1,2,dm1) =L= 109 ; (LHS = 0)

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- tesiskap =L= tesis kapasitesi

tesiskap(tesis1,1).. x(urun1,tesis1,1,depo1) +
x(urun1,tesis1,1,depo2) =L= 200 ; (LHS = 0)

tesiskap(tesis1,2).. x(urun1,tesis1,2,depo1) +
x(urun1,tesis1,2,depo2) =L= 200 ; (LHS = 0)

tesiskap(tesis1,3).. x(urun1,tesis1,3,depo1) +
x(urun1,tesis1,3,depo2) =L= 200 ; (LHS = 0)

REMAINING 2 ENTRIES SKIPPED

---- stokdepo =E= depo stok dengesi

stokdepo(urun1,1,depo1).. x(urun1,tesis1,1,depo1) -
y(urun1,depo1,1,dm1) - y(urun1,depo1,1,dm2) + v(urun1,depo1,1,dm1)
+ v(urun1,depo1,1,dm2) - u(urun1,tesis1,1,depo1) -
iw(urun1,1,depo1) =E= 0 ; (LHS = 0)

stokdepo(urun1,1,depo2).. x(urun1,tesis1,1,depo2) -
y(urun1,depo2,1,dm1) - y(urun1,depo2,1,dm2) + v(urun1,depo2,1,dm1)
+ v(urun1,depo2,1,dm2) - u(urun1,tesis1,1,depo2) -
iw(urun1,1,depo2) =E= 0 ; (LHS = 0)

stokdepo(urun1,2,depo1).. x(urun1,tesis1,2,depo1) -
y(urun1,depo1,2,dm1) - y(urun1,depo1,2,dm2) + v(urun1,depo1,2,dm1)
+ v(urun1,depo1,2,dm2) - u(urun1,tesis1,2,depo1) +
iw(urun1,1,depo1) - iw(urun1,2,depo1) =E= 0 ; (LHS = 0)

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- stokdm =E= dagitim merkezi stok dengesi

stokdm(urun1,1,dm1).. y(urun1,depo1,1,dm1) + y(urun1,depo2,1,dm1) -
v(urun1,depo1,1,dm1) - v(urun1,depo2,1,dm1)

- z(urun1,tesis1,1,dm1) - id(urun1,1,dm1) =E= 0 ; (LHS = 0)

stokdm(urun1,1,dm2).. y(urun1,depo1,1,dm2) + y(urun1,depo2,1,dm2) -
v(urun1,depo1,1,dm2) - v(urun1,depo2,1,dm2)

```

- z(urun1,tesis1,1,dm2) - id(urun1,1,dm2) =E= 0 ; (LHS = 0)

stokdm(urun1,2,dm1).. y(urun1,depo1,2,dm1) + y(urun1,depo2,2,dm1) -
v(urun1,depo1,2,dm1) - v(urun1,depo2,2,dm1)

- z(urun1,tesis1,2,dm1) + id(urun1,1,dm1) - id(urun1,2,dm1)
=E= 38 ; (LHS = 0, INFES = 38 ***)

```

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- KIS1 =E= dagitim merkezi geri donecek malzeme miktari dengesi

```

KIS1(urun1,1,dm1).. v(urun1,depo1,1,dm1) + v(urun1,depo2,1,dm1) +
z(urun1,tesis1,1,dm1) =E= 0 ; (LHS = 0)

```

```

KIS1(urun1,1,dm2).. v(urun1,depo1,1,dm2) + v(urun1,depo2,1,dm2) +
z(urun1,tesis1,1,dm2) =E= 0 ; (LHS = 0)

```

```

KIS1(urun1,2,dm1).. v(urun1,depo1,2,dm1) + v(urun1,depo2,2,dm1) +
z(urun1,tesis1,2,dm1) =E= 0 ; (LHS = 0)

```

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- KIS2 =E= depodan tesise geri donecek malzeme miktari dengesi

```

KIS2(urun1,1,depo1).. v(urun1,depo1,1,dm1) + v(urun1,depo1,1,dm2) -
u(urun1,tesis1,1,depo1) =E= 0 ; (LHS = 0)

```

```

KIS2(urun1,1,depo2).. v(urun1,depo2,1,dm1) + v(urun1,depo2,1,dm2) -
u(urun1,tesis1,1,depo2) =E= 0 ; (LHS = 0)

```

```

KIS2(urun1,2,depo1).. v(urun1,depo1,2,dm1) + v(urun1,depo1,2,dm2) -
u(urun1,tesis1,2,depo1) =E= 0 ; (LHS = 0)

```

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- KIS3 =E= depodan dagitim merkezine gidecek olan malzeme miktari dengesi

```

KIS3(urun1,1,depo1).. y(urun1,depo1,1,dm1) + y(urun1,depo1,1,dm2)
=E= 0 ; (LHS = 0)

```

```

KIS3(urun1,1,depo2).. y(urun1,depo2,1,dm1) + y(urun1,depo2,1,dm2)
=E= 0 ; (LHS = 0)

```

```

KIS3(urun1,2,depo1).. - x(urun1,tesis1,1,depo1) +
y(urun1,depo1,2,dm1) + y(urun1,depo1,2,dm2) =E= 0 ; (LHS = 0)

```

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- talep =G=

```

talep(urun1,1,dm1).. y(urun1,depo1,1,dm1) + y(urun1,depo2,1,dm1)
=G= 0 ; (LHS = 0)

```

```
talep(urun1,1,dm2).. y(urun1,depo1,1,dm2) + y(urun1,depo2,1,dm2)
=G= 0 ; (LHS = 0)
```

```
talep(urun1,2,dm1).. 0.99*y(urun1,depo1,2,dm1) +
0.99*y(urun1,depo2,2,dm1) =G= 38 ; (LHS = 0, INFES = 38 ***)
```

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- x i urununun j tesisinden t doneminde k deposuna tasinan
miktarı

```
x(urun1,tesis1,1,depo1)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-7      cost
  1      sipdepo(1,depo1)
  1      tesiskap(tesis1,1)
  1      stokdepo(urun1,1,depo1)
-1      KIS3(urun1,2,depo1)
```

```
x(urun1,tesis1,1,depo2)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-7      cost
  1      sipdepo(1,depo2)
  1      tesiskap(tesis1,1)
  1      stokdepo(urun1,1,depo2)
-1      KIS3(urun1,2,depo2)
```

```
x(urun1,tesis1,2,depo1)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-7      cost
  1      sipdepo(2,depo1)
  1      tesiskap(tesis1,2)
  1      stokdepo(urun1,2,depo1)
0.02    KIS2(urun1,3,depo1)
-0.98   KIS3(urun1,3,depo1)
```

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- y i urununun k deposundan t doneminde l dagitim merkezine
tasinan miktarı

```
y(urun1,depo1,1,dm1)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-7      cost
  1      sipdm(1,dm1)
-1      stokdepo(urun1,1,depo1)
  1      stokdm(urun1,1,dm1)
  1      KIS3(urun1,1,depo1)
  1      talep(urun1,1,dm1)
```

```
y(urun1,depo1,1,dm2)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-6      cost
  1      sipdm(1,dm2)
-1      stokdepo(urun1,1,depo1)
```

```

1      stokdm(urun1,1,dm2)
1      KIS3(urun1,1,depo1)
1      talep(urun1,1,dm2)

y(urun1,depo1,2,dm1)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-8      cost
1      sipdm(2,dm1)

      y i urununun k deposundan t doneminde l dagitim merkezine
tasinan miktarı

-1      stokdepo(urun1,2,depo1)
1      stokdm(urun1,2,dm1)
-0.01   KIS1(urun1,3,dm1)
1      KIS3(urun1,2,depo1)
0.99    talep(urun1,2,dm1)

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- v i urununun 1 dagitim merkezinden t doneminde k deposuna
geri tasinan miktarı

v(urun1,depo1,1,dm1)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
1      stokdepo(urun1,1,depo1)
-1      stokdm(urun1,1,dm1)
1      KIS1(urun1,1,dm1)
1      KIS2(urun1,1,depo1)

v(urun1,depo1,1,dm2)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-9      cost
1      stokdepo(urun1,1,depo1)
-1      stokdm(urun1,1,dm2)
1      KIS1(urun1,1,dm2)
1      KIS2(urun1,1,depo1)

v(urun1,depo1,2,dm1)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-7      cost
1      stokdepo(urun1,2,depo1)
-1      stokdm(urun1,2,dm1)
1      KIS1(urun1,2,dm1)
1      KIS2(urun1,2,depo1)

REMAINING 17 ENTRIES SKIPPED

---- u i urununun k deposundan t doneminde j tesisine geri tasinan
miktarı

u(urun1,tesis1,1,depo1)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-10     cost
-1      stokdepo(urun1,1,depo1)
-1      KIS2(urun1,1,depo1)

```

```

u(urun1,tesis1,1,depo2)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-3      cost
-1      stokdepo(urun1,1,depo2)
-1      KIS2(urun1,1,depo2)

```

```

u(urun1,tesis1,2,depo1)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)

```

u i urununun k deposundan t doneminde j tesisine geri tasinan miktari

```

-1      stokdepo(urun1,2,depo1)
-1      KIS2(urun1,2,depo1)

```

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- z i urununun k deposundan t doneminde j tesisine geri tasinan miktari

```

z(urun1,tesis1,1,dm1)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-9      cost
-1      stokdm(urun1,1,dm1)
1       KIS1(urun1,1,dm1)

```

```

z(urun1,tesis1,1,dm2)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-4      cost
-1      stokdm(urun1,1,dm2)
1       KIS1(urun1,1,dm2)

```

```

z(urun1,tesis1,2,dm1)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-1      stokdm(urun1,2,dm1)
1       KIS1(urun1,2,dm1)

```

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- iw i urununun t doneminde k deposunda stok tutulan miktari

```

iw(urun1,1,depo1)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-3      cost
1       depokap(1,depo1)
-1      stokdepo(urun1,1,depo1)
1       stokdepo(urun1,2,depo1)

```

```

iw(urun1,1,depo2)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-4      cost
1       depokap(1,depo2)
-1      stokdepo(urun1,1,depo2)
1       stokdepo(urun1,2,depo2)

```

```

iw(urun1,2,depo1)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-2      cost
  1      depokap(2,depo1)
-1      stokdepo(urun1,2,depo1)
  1      stokdepo(urun1,3,depo1)

```

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- id i urununun t doneminde l dagitim merkezinde stok tutulan
miktarı

```

id(urun1,1,dm1)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-4      cost
  1      dagmerkap(1,dm1)
-1      stokdm(urun1,1,dm1)
  1      stokdm(urun1,2,dm1)

```

```

id(urun1,1,dm2)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-2      cost
  1      dagmerkap(1,dm2)
-1      stokdm(urun1,1,dm2)
  1      stokdm(urun1,2,dm2)

```

```

id(urun1,2,dm1)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, +INF)
-2      cost
  1      dagmerkap(2,dm1)
-1      stokdm(urun1,2,dm1)
  1      stokdm(urun1,3,dm1)

```

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- bnry1 k deposu icin siparis verme maliyetine yonelik 0-1
degisken

```

bnry1(1,depo1)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, 1)
-94      cost
-1.000000E+7 sipdepo(1,depo1)

```

```

bnry1(1,depo2)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, 1)
-94      cost
-1.000000E+7 sipdepo(1,depo2)

```

```

bnry1(2,depo1)
      (.LO, .L, .UP = 0, 0, 1)
-86      cost
-1.000000E+7 sipdepo(2,depo1)

```

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- bnry2 1 dagitim merkezi icin siparis verme maliyetine yonelik
0-1 degisken

bnry2(1,dm1)

(.LO, .L, .UP = 0, 0, 1)
-51 cost
-1.000000E+7 sipdm(1,dm1)

bnry2(1,dm2)

(.LO, .L, .UP = 0, 0, 1)

bnry2 1 dagitim merkezi icin siparis verme maliyetine yonelik
0-1 degisken

-51 cost
-1.000000E+7 sipdm(1,dm2)

bnry2(2,dm1)

(.LO, .L, .UP = 0, 0, 1)
-122 cost
-1.000000E+7 sipdm(2,dm1)

REMAINING 7 ENTRIES SKIPPED

---- m toplam maliyet

m

(.LO, .L, .UP = -INF, 0, +INF)
1 cost

MODEL STATISTICS

BLOCKS OF EQUATIONS	12	SINGLE EQUATIONS	106
BLOCKS OF VARIABLES	10	SINGLE VARIABLES	111
NON ZERO ELEMENTS	443	DISCRETE VARIABLES	20

GENERATION TIME = 0.020 SECONDS 1.6 Mb WIN212-
136

EXECUTION TIME = 0.030 SECONDS 1.6 Mb WIN212-
136

S O L V E S U M M A R Y

MODEL dagitim OBJECTIVE m
 TYPE MIP DIRECTION MINIMIZE
 SOLVER CPLEX FROM LINE 233

**** SOLVER STATUS 1 NORMAL COMPLETION
 **** MODEL STATUS 1 OPTIMAL
 **** OBJECTIVE VALUE 7553.2356

RESOURCE USAGE, LIMIT 0.160 1000000.000
 ITERATION COUNT, LIMIT 61 10000000

GAMS/Cplex Sep 3, 2003 WIN.CP.CP 21.2 023.026.041.VIS For Cplex
 8.1
 Cplex 8.1.0, GAMS Link 23

Proven optimal solution.

MIP Solution: 7553.235603 (35 iterations, 0 nodes)
 Final Solve: 7553.235603 (26 iterations)

Best integer solution possible: 7553.235603
 Absolute gap: 0.000000
 Relative gap: 0.000000

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- EQU cost	.	.	.	1.0000
cost amac fonksiyonu				

---- EQU sipdepo deponun siparis verme maliyeti ile ilgili kisit

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1.depo1	-INF	.	.	.
1.depo2	-INF	-0.999992E+7	.	.
2.depo1	-INF	-0.999992E+7	.	.
2.depo2	-INF	-0.999992E+7	.	.
3.depo1	-INF	-0.999998E+7	.	.
3.depo2	-INF	-0.999991E+7	.	.
4.depo1	-INF	-0.999991E+7	.	.
4.depo2	-INF	-0.999999E+7	.	.
5.depo1	-INF	.	.	-25.5258
5.depo2	-INF	.	.	-12.5258

---- EQU sipdm dagitim merkezinin siparis verme maliyeti ile ilgili kisit

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1.dml	-INF	.	.	-0.9400
1.dml2	-INF	.	.	.
2.dml	-INF	-0.999996E+7	.	.
2.dml2	-INF	-0.999996E+7	.	.
3.dml	-INF	-0.999992E+7	.	.
3.dml2	-INF	-0.999992E+7	.	.
4.dml	-INF	-0.999990E+7	.	.
4.dml2	-INF	-0.999998E+7	.	.
5.dml	-INF	-0.999991E+7	.	.
5.dml2	-INF	-1.000000E+7	.	.

---- EQU depokap depo kapasitesi

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1.depo1	-INF	.	88.0000	.
1.depo2	-INF	79.7980	95.0000	.
2.depo1	-INF	84.6939	88.0000	.
2.depo2	-INF	82.6531	95.0000	.
3.depo1	-INF	21.7684	88.0000	.
3.depo2	-INF	95.0000	95.0000	-8.9400
4.depo1	-INF	88.0000	88.0000	-10.0000
4.depo2	-INF	9.0000	95.0000	.
5.depo1	-INF	.	88.0000	.
5.depo2	-INF	.	95.0000	.

---- EQU dagmerkap dagitim merkezi kapasitesi

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1.dml	-INF	.	109.0000	.
1.dml2	-INF	.	95.0000	.
2.dml	-INF	0.3838	109.0000	.
2.dml2	-INF	0.4141	95.0000	.
3.dml	-INF	.	109.0000	.
3.dml2	-INF	.	95.0000	.
4.dml	-INF	1.9388	109.0000	.
4.dml2	-INF	0.3265	95.0000	.
5.dml	-INF	.	109.0000	.
5.dml2	-INF	.	95.0000	.

---- EQU tesiskap tesis kapasitesi

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
tesis1.1	-INF	79.7980	200.0000	.
tesis1.2	-INF	167.3469	200.0000	.
tesis1.3	-INF	116.7684	200.0000	.
tesis1.4	-INF	97.0000	200.0000	.
tesis1.5	-INF	.	200.0000	.

---- EQU stokdepo depo stok dengesi

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
urun1.1.depo1	.	.	.	3.5258
urun1.1.depo2	.	.	.	-4.4142
urun1.2.depo1	.	.	.	6.5258
urun1.2.depo2	.	.	.	-0.4142
urun1.3.depo1	.	.	.	8.5258
urun1.3.depo2	.	.	.	4.5858
urun1.4.depo1	.	.	.	12.5258
urun1.4.depo2	.	.	.	13.5258
urun1.5.depo1	.	.	.	26.5258
urun1.5.depo2	.	.	.	17.5258

---- EQU stokdm dagitim merkezi stok dengesi

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
urun1.1.dm1	.	.	.	3.5258
urun1.1.dm2	.	.	.	.
urun1.2.dm1	38.0000	38.0000	38.0000	-2.0000
urun1.2.dm2	41.0000	41.0000	41.0000	EPS
urun1.3.dm1	80.6200	80.6200	80.6200	EPS
urun1.3.dm2	80.9500	80.9500	80.9500	.
urun1.4.dm1	93.3800	93.3800	93.3800	-2.0000
urun1.4.dm2	13.5100	13.5100	13.5100	3.0000
urun1.5.dm1	93.1000	93.1000	93.1000	.
urun1.5.dm2	1.2000	1.2000	1.2000	5.0000

---- EQU KIS1 dagitim merkezi geri donecek malzeme miktari dengesi

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
urun1.1.dm1	.	.	.	.
urun1.1.dm2	.	.	.	.
urun1.2.dm1	.	.	.	-2.0000
urun1.2.dm2	.	.	.	.
urun1.3.dm1	0.3800	0.3800	0.3800	.
urun1.3.dm2	2.0500	2.0500	2.0500	5.0000
urun1.4.dm1	1.6200	1.6200	1.6200	4.0000
urun1.4.dm2	2.4900	2.4900	2.4900	7.0000
urun1.5.dm1	1.9000	1.9000	1.9000	1.0000
urun1.5.dm2	0.8000	0.8000	0.8000	6.0000

---- EQU KIS2 depodan tesise geri donecek malzeme miktari dengesi

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
urun1.1.depo1	.	.	.	.
urun1.1.depo2	.	.	.	1.4142
urun1.2.depo1	.	.	.	.
urun1.2.depo2	.	.	.	.
urun1.3.depo1	.	.	.	-18.5258
urun1.3.depo2	.	.	.	-8.5858
urun1.4.depo1	.	.	.	-17.5258
urun1.4.depo2	.	.	.	-19.5258
urun1.5.depo1	.	.	.	-34.5258
urun1.5.depo2	.	.	.	-18.5258

---- EQU KIS3 depodan dagitim merkezine gidecek olan malzeme
miktari dengesi

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
urun1.1.depo1	.	.	.	.
urun1.1.depo2	.	.	.	.
urun1.2.depo1	.	.	.	-2.4742
urun1.2.depo2	.	.	.	-11.4142
urun1.3.depo1	.	.	.	-0.8620
urun1.3.depo2	.	.	.	-9.7816
urun1.4.depo1	.	.	.	.
urun1.4.depo2	.	.	.	.
urun1.5.depo1	.	.	.	7.5258
urun1.5.depo2	.	.	.	4.5258

---- EQU talep

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
urun1.1.dm1	.	.	+INF	.
urun1.1.dm2	.	.	+INF	.
urun1.2.dm1	38.0000	38.0000	+INF	19.1919
urun1.2.dm2	41.0000	41.0000	+INF	12.1717
urun1.3.dm1	81.0000	81.0000	+INF	14.3673
urun1.3.dm2	83.0000	83.0000	+INF	13.3878
urun1.4.dm1	95.0000	95.0000	+INF	24.0263
urun1.4.dm2	16.0000	16.0000	+INF	11.8834
urun1.5.dm1	95.0000	95.0000	+INF	20.0000
urun1.5.dm2	2.0000	2.0000	+INF	9.0000

---- VAR x i urununun j tesisinden t doneminde k deposuna tasinan
miktari

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
urun1.tesis1.1.depo1	.	.	+INF	1.0000
urun1.tesis1.1.depo2	.	79.7980	+INF	.
urun1.tesis1.2.depo1	.	84.6939	+INF	.
urun1.tesis1.2.depo2	.	82.6531	+INF	.
urun1.tesis1.3.depo1	.	21.7684	+INF	.
urun1.tesis1.3.depo2	.	95.0000	+INF	.
urun1.tesis1.4.depo1	.	88.0000	+INF	.
urun1.tesis1.4.depo2	.	9.0000	+INF	.
urun1.tesis1.5.depo1	.	.	+INF	.
urun1.tesis1.5.depo2	.	.	+INF	.

---- VAR y i urununun k deposundan t doneminde l dagitim merkezine
tasinan miktari

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
urun1.depo1.1.dm1	.	.	+INF	7.9400
urun1.depo1.1.dm2	.	.	+INF	9.5258
urun1.depo1.2.dm1	.	.	+INF	.
urun1.depo1.2.dm2	.	.	+INF	2.0000
urun1.depo1.3.dm1	.	.	+INF	4.0204
urun1.depo1.3.dm2	.	83.0000	+INF	.
urun1.depo1.4.dm1	.	4.7888	+INF	.

VAR y i urununun k deposundan t doneminde l dagitim merkezine tasinan miktarı

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
urun1.depo1.4.dm2	.	16.3265	+INF	.
urun1.depo1.5.dm1	.	88.0000	+INF	.
urun1.depo1.5.dm2	.	.	+INF	5.0000
urun1.depo2.1.dm1	.	.	+INF	.
urun1.depo2.1.dm2	.	.	+INF	3.5858
urun1.depo2.2.dm1	.	38.3838	+INF	.
urun1.depo2.2.dm2	.	41.4141	+INF	.
urun1.depo2.3.dm1	.	81.0000	+INF	.
urun1.depo2.3.dm2	.	.	+INF	4.9796
urun1.depo2.4.dm1	.	92.1500	+INF	.
urun1.depo2.4.dm2	.	.	+INF	5.0000
urun1.depo2.5.dm1	.	7.0000	+INF	.
urun1.depo2.5.dm2	.	2.0000	+INF	.

---- VAR v i urununun l dagitim merkezinden t doneminde k deposuna geri tasinan miktarı

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
urun1.depo1.1.dm1	.	.	+INF	.
urun1.depo1.1.dm2	.	.	+INF	5.4742
urun1.depo1.2.dm1	.	.	+INF	0.4742
urun1.depo1.2.dm2	.	.	+INF	2.4742
urun1.depo1.3.dm1	.	.	+INF	16.0000
urun1.depo1.3.dm2	.	.	+INF	15.0000
urun1.depo1.4.dm1	.	1.6200	+INF	.
urun1.depo1.4.dm2	.	.	+INF	8.0000
urun1.depo1.5.dm1	.	.	+INF	8.0000
urun1.depo1.5.dm2	.	.	+INF	9.0000
urun1.depo2.1.dm1	.	.	+INF	12.5258
urun1.depo2.1.dm2	.	.	+INF	3.0000
urun1.depo2.2.dm1	.	.	+INF	1.4142
urun1.depo2.2.dm2	.	.	+INF	0.4142
urun1.depo2.3.dm1	.	.	+INF	13.0000
urun1.depo2.3.dm2	.	.	+INF	5.0000
urun1.depo2.4.dm1	.	.	+INF	9.0000
urun1.depo2.4.dm2	.	.	+INF	9.0000
urun1.depo2.5.dm1	.	.	+INF	7.0000
urun1.depo2.5.dm2	.	1.1265	+INF	.

---- VAR u i urununun k deposundan t doneminde j tesisine geri tasinan miktarı

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
urun1.tesis1.1.depo1	.	.	+INF	13.5258
urun1.tesis1.1.depo2	.	.	+INF	.
urun1.tesis1.2.depo1	.	.	+INF	6.5258
urun1.tesis1.2.depo2	.	.	+INF	1.5858
urun1.tesis1.3.depo1	.	1.6939	+INF	.
urun1.tesis1.3.depo2	.	1.6531	+INF	.
urun1.tesis1.4.depo1	.	2.2731	+INF	.
urun1.tesis1.4.depo2	.	2.8500	+INF	.
urun1.tesis1.5.depo1	.	.	+INF	.
urun1.tesis1.5.depo2	.	1.1265	+INF	.

---- VAR z i urununun k deposundan t doneminde j tesisine geri tasinan miktarı

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
urun1.tesis1.1.dm1	.	.	+INF	12.5258
urun1.tesis1.1.dm2	.	.	+INF	4.0000
urun1.tesis1.2.dm1	.	.	+INF	.
urun1.tesis1.2.dm2	.	.	+INF	EPS
urun1.tesis1.3.dm1	.	0.7638	+INF	.
urun1.tesis1.3.dm2	.	2.4641	+INF	.
urun1.tesis1.4.dm1	.	.	+INF	4.0000
urun1.tesis1.4.dm2	.	2.4900	+INF	.
urun1.tesis1.5.dm1	.	3.8388	+INF	.
urun1.tesis1.5.dm2	.	.	+INF	7.0000

---- VAR iw i urununun t doneminde k deposunda stok tutulan miktarı

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
urun1.1.depo1	.	.	+INF	.
urun1.1.depo2	.	79.7980	+INF	.
urun1.2.depo1	.	84.6939	+INF	.
urun1.2.depo2	.	82.6531	+INF	.
urun1.3.depo1	.	21.7684	+INF	.
urun1.3.depo2	.	95.0000	+INF	.
urun1.4.depo1	.	88.0000	+INF	.
urun1.4.depo2	.	9.0000	+INF	.
urun1.5.depo1	.	.	+INF	26.5258
urun1.5.depo2	.	.	+INF	21.5258

---- VAR id i urununun t doneminde l dagitim merkezinde stok tutulan miktarı

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
urun1.1.dm1	.	.	+INF	9.5258
urun1.1.dm2	.	.	+INF	2.0000
urun1.2.dm1	.	0.3838	+INF	.
urun1.2.dm2	.	0.4141	+INF	.
urun1.3.dm1	.	.	+INF	6.0000
urun1.3.dm2	.	.	+INF	.
urun1.4.dm1	.	1.9388	+INF	.
urun1.4.dm2	.	0.3265	+INF	.
urun1.5.dm1	.	.	+INF	1.0000
urun1.5.dm2	.	.	+INF	5.0000

---- VAR bnryl k deposu icin siparis verme maliyetine yonelik 0-1 degisken

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1.depo1	.	.	1.0000	94.0000
1.depo2	.	1.0000	1.0000	94.0000
2.depo1	.	1.0000	1.0000	86.0000
2.depo2	.	1.0000	1.0000	86.0000
3.depo1	.	1.0000	1.0000	151.0000
3.depo2	.	1.0000	1.0000	151.0000
4.depo1	.	1.0000	1.0000	149.0000
4.depo2	.	1.0000	1.0000	149.0000
5.depo1	.	.	1.0000	-2.552576E+8
5.depo2	.	.	1.0000	-1.252576E+8

---- VAR bnry2 1 dagitim merkezi icin siparis verme maliyetine
yonelik 0-1 degisken

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
1.dn1	.	.	1.0000	-9.399949E+6
1.dn2	.	.	1.0000	51.0000
2.dn1	.	1.0000	1.0000	122.0000
2.dn2	.	1.0000	1.0000	122.0000
3.dn1	.	1.0000	1.0000	56.0000
3.dn2	.	1.0000	1.0000	56.0000
4.dn1	.	1.0000	1.0000	2.0000
4.dn2	.	1.0000	1.0000	2.0000
5.dn1	.	1.0000	1.0000	169.0000
5.dn2	.	1.0000	1.0000	169.0000

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
---- VAR m	-INF	7553.2356	+INF	.

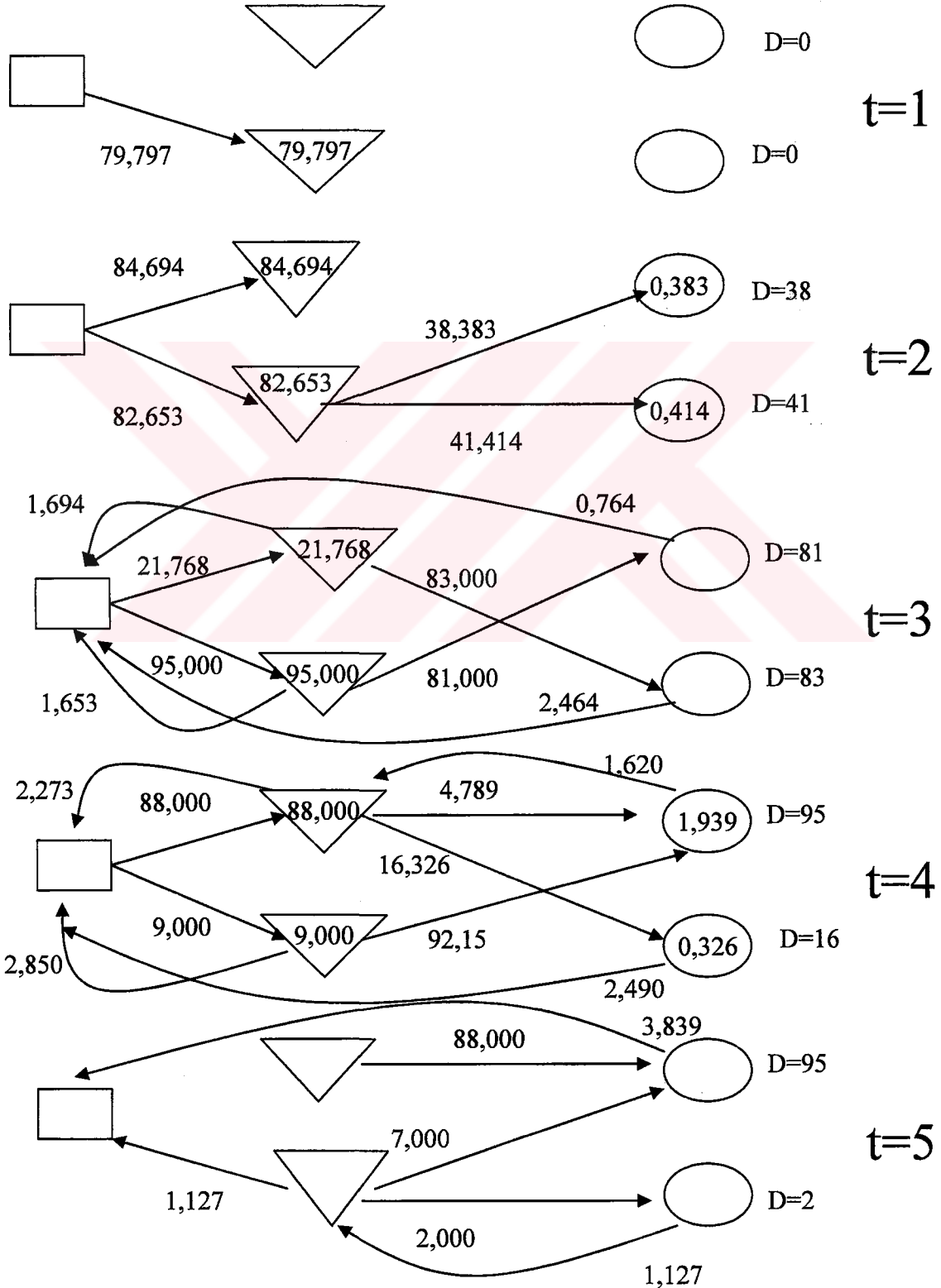
m toplam maliyet

**** REPORT SUMMARY :

0	NONOPT
0	INFEASIBLE
0	UNBOUNDED

Sonuçlar:

Yukarıdaki parametre değerlerine göre amaç fonksiyonu optimum değeri **7553,2356** ve taşıma miktarları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.



ÖZGEÇMİŞ

11.06.1980 yılında Ankara’da dünyaya gelen Uygur ŞARVAN, sırasıyla Şinasi İlköğretim Okulu, Namık Kemal Ortaokulu ve Ayrancı Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesini bitirdikten sonra 1998 yılında Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümüne giriş yaptı. 2002 yılında bu bölümden mezun olan Şarvan, özel sektörde kısa bir süre çalıştıktan sonra 2003 yılında Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği anabilim dalında yüksek lisans eğitimine girmeye hak kazandı.

