

**T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
YÖNETİM BİLİMİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YENİDEN ÜRETİM SİSTEMLERİNİN STOK
KONTROLÜNDE HEDEF PROGRAMLAMA
UYGULAMASI**

Talip ARSU

**Danışman
Doç. Dr. Ali ÖZDEMİR**

İZMİR - 2013

YÜKSEK LİSANS
TEZ/ PROJE ONAY SAYFASI

2010800111

Üniversite : Dokuz Eylül Üniversitesi
Enstitü : Sosyal Bilimler Enstitüsü
Adı ve Soyadı : TALİP ARSU
Tez Başlığı : Yeniden Üretim Sistemlerinin Stok Kontrolünde Hedef Programlama Uygulaması

Savunma Tarihi : 11.07.2013
Danışmanı : Doç.Dr.Ali ÖZDEMİR

JÜRİ ÜYELERİ

<u>Ünvanı, Adı, Soyadı</u>	<u>Üniversitesi</u>
Doç.Dr.Ali ÖZDEMİR	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
Prof.Dr.Onur ÖZVERİ	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
Yrd.Doç.Dr.Güzin ÖZDAĞOĞLU	DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

İmza

Oybirliği (X)
Oy Çokluğu ()

TALİP ARSU tarafından hazırlanmış ve sunulmuş "**Yeniden Üretim Sistemlerinin Stok Kontrolünde Hedef Programlama Uygulaması**" başlıklı Tezi (X) / Projesi () kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Utku UTKULU
Enstitü Müdürü

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Yeniden Üretim Sistemlerinin Stok Kontrolünde Hedef Programlama Uygulaması**” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

.../.../20...

Talip ARSU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Yeniden Üretim Sistemlerinin Stok Kontrolünde Hedef Programlama

Uygulaması

Talip ARSU

Dokuz Eylül Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

Yönetim Bilimi Programı

Küreselleşmenin etkisinde sınırların kalkması ve işletmelerin sınırları aşarak Dünya'nın her yerinde faaliyetlerini sürdürmeye başlamasıyla derinleşen rekabet, hızlı ve isabetli karar almayı işletmeyi ayakta tutan bir süreç haline getirmiştir. İşletmeler bu söz konusu kararları alırken, işletmenin içinden ve dışından bir çok değişkeni hesaba katmalı ve işletmeye en fazla katma değeri sağlayacak olan kararı almalıdır. Son yıllarda işletmeler bu kararları alırken kalitatif ve kantitatif karar verme tekniklerinden faydalanmaktadırlar.

Faydayı ön planda tutan işletmeler, geçmiş deneyimlerinden yararlanarak kendilerine uzun vadede başarıyı getirecek olan bazı gerçekçi hedefler koymak zorundadır. Bu hedefleri koyarken karşılaşılabilecek bir çok belirsizlik ve işletmenin göz önünde bulundurması gereken bir çok kısıt vardır. İşte bu belirsizlik ortamında işletmenin koyduğu gerçekçi hedefleri doyuma ulaştırması ve bu bilgiler ışığında geleceğini şekillendirmesi gerekmektedir. Bu da Çok Amaçlı Karar Verme metodlarından Hedef Programlama ile mümkündür.

Bu tez çalışmasında otomotiv yedek parça sektöründe faaliyet gösteren, Sismak Otomotiv A.Ş.'nin LES yeniden üretim sistemi ürün portföyünden, üç ürün için üç dönemlik stok kontrol politikası hedef programlama ile modellenmiş ve çözülmüştür. Çözüm sonucunda ulaşılan değerler ile işletmenin kendisine koyduğu hedefler karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Stok Yönetimi, Stok Kontrol, Tersine Lojistik, Yeniden Üretim, Hedef Programlama

ABSTRACT
Master's Thesis
Goal Programming Approach for Stock Control of Remanufacturing Systems
Talip ARSU

Dokuz Eylül University
Graduate School of Social Sciences
Department of Business Administration
Management Science Program

As globalization has removed borders, and companies have started to carry out cross-border activities all over the world, economic competition has become deeper. Therefore, making quick and right decisions has become important for the survival of companies, in parallel. When companies are to make such vital decisions, they must consider many internal and external variables and take the decisions which are supposed to provide the highest added value to the company. Considering developments in the global market, companies have started to use qualitative and quantitative decision-making techniques in recent years.

Companies must use previous experiences to set realistic goals that will bring them success in the long term if they give importance to their profit. However, there are several uncertainties and limitations that should be considered during that goal setting process, and companies must achieve their goals and shape their future in the light of this information despite this uncertain environment. Companies can make this happen with Goal Programming a multi-objective decision making method.

In this thesis study, we analyzed the stock control policy of Sismak Automotive Inc., which serves in the automotive spare parts industry. In the scope of the study, we generated goal programming models of 3-term stock control policies for 3 products within the LES remanufacturing portfolio and solved these models. Afterwards, we interpreted the solutions by comparing them with the goals of the company.

Keywords: Stock Management, Stock Control, Reverse Logistics,
Remanufacturing, Goal Programming

YENİDEN ÜRETİM SİSTEMLERİNİN STOK KONTROLÜNDE HEDEF PROGRAMLAMA UYGULAMASI

TEZ ONAY SAYFASI	ii
YEMİN METNİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	xi
TABLolar LİSTESİ	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
EKLER	xiv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM STOK YÖNETİMİ

1.1. STOK KAVRAMI VE ÜRETİM İŞLETMELERİ AÇISINDAN ÖNEMİ	3
1.1.1. Stok Kavramı	3
1.1.2. Stok Çeşitleri	4
1.1.3. Stok Bulundurmanın Nedenleri ve Faydaları	6
1.2. STOK MALİYETLERİ	7
1.2.1. Stok Bulundurma (Elde Bulundurma) Maliyeti	8
1.2.2. Stok Bulundurmama (Stoksuzluk) Maliyeti	8
1.2.3. Üretime Hazırlık veya Sipariş Verme Maliyeti	8
1.3. STOK MİKTARI TAKİP YÖNTEMLERİ	9
1.3.1. Sabit Sipariş Miktarı Yöntemi	9
1.3.2. Sabit Sipariş Periyodu Yöntemi	10
1.3.3. Maksimum-Minimum Yöntemi	12
	viii

1.3.4.	ABC Yöntemi	13
1.4.	STOK KONTROL MODELLERİ	14
1.4.1.	Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM) Modeli	15
1.4.2.	Ekonomik üretim miktarı modeli	18
1.4.3.	Miktar İndirimli Modeller	20

İKİNCİ BÖLÜM

TERSİNE LOJİSTİK VE YENİDEN ÜRETİM

2.1.	TERSİNE LOJİSTİK	24
2.1.1.	Tersine Lojistik Tanımı	24
2.1.2.	Tersine Lojistik Faaliyetleri	26
2.1.3.	Tersine Lojistik Faaliyetlerinde Geri Kazanım Seçenekleri	27
2.2.	YENİDEN ÜRETİM	29
2.2.1.	Yeniden Üretim Tanımı	30
2.2.2.	Yeniden Üretim Literatür Taraması	32
2.2.3.	Yeniden Üretim Süreci	39
2.2.4.	Yeniden Üretimde Stok Kontrol ve Planlama	41
2.2.5.	Türkiye’de Yeniden Üretim	43

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

HEDEF PROGRAMLAMA

3.1.	HEDEF PROGRAMLAMA TANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ	46
3.2.	HEDEF PROGRAMLAMANIN YAPISI	48
3.3.	HEDEF PROGRAMLAMANIN VARSAYIMLARI	50
3.4.	HEDEF PROGRAMLAMA GENEL FORMÜLASYONU	50
3.5.	HEDEF PROGRAMLAMANIN SINIFLANDIRILMASI	52
3.6.	HEDEF PROGRAMLAMA BAŞARI FONKSİYONU FORMLARI	53
3.6.1.	Ağırlıklı (Weighted) Hedef Programlama	53

3.6.2.	Öncelikli (Lexicographic) Hedef Programlama	54
3.6.3.	MINMAX (Chebyshev) Hedef Programlama	55
3.7.	HEDEF PROGRAMLAMANNIN KURULUM AŞAMALARI	55
3.8.	HEDEF PROGRAMLAMANNIN KULLANILDIĞI ALANLAR	56

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

YENİDEN ÜRETİM SİSTEMLERİNİN STOK KONTROLÜNDE HEDEF PROGRAMLAMA UYGULAMASI

4.1.	SİSMAK OTOMOTİV TİCARET A.Ş. HAKKINDA GENEL BİLGİ	58
4.2.	LES YENİDEN ÜRETİM SİSTEMİ HAKKINDA GENEL BİLGİ	59
4.3.	UYGULAMANIN AMACI	61
4.4.	UYGULAMANIN YÖNTEMİ	61
4.5.	HEDEF PROGRAMLAMA MODELİNDE KULLANILACAK NOTASYON (KARAR DEĞİŞKENLERİ VE PARAMETRELER)	62
4.6.	HEDEF PROGRAMLAMA MODELİNİN KURULACAĞI SİSMAK OTOMOTİV A. Ş. VERİLERİ	64
4.7.	HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ VARSAYIMLARI	65
4.8.	HEDEF KISITLARI	66
4.9.	ÜRETİM KISITLARI	67
4.10.	HEDEF DEĞERLERİ	68
4.11.	UYGULAMA	68
4.11.1.	AHP ile Amaç Fonksiyonun Ağırlıklarının hesaplanması	68
4.11.2.	Hedef Programlama Modeli	74
	SONUÇ	81
	KAYNAKÇA	85
	EKLER	

KISALTMALAR

ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
ESM	Ekonomik Sipariş Miktarı
EÜM	Ekonomik Üretim Miktarı
MRP	Malzeme İhtiyaç Planlaması (Materials Resource Planning)
WGP	Ağırlıklı Hedef Programlama (Weighted Goal Programming)
LGP	Öncelikli Hedef Programlama (Lexicographic Goal Programming)
MGP	MINMAKS Hedef Programlama (MINMAX Goal Programming)
ERP	Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning)
KOBİ	Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1: İleriye Ve Tersine Lojistik Arasındaki Farklar	s. 25
Tablo 2: Ürün Geri Kazanım Seçeneklerinin Karşılaştırılması	s. 29
Tablo 3: Yeniden Üretim Ve Geleneksel Üretim Ortamlarının Karşılaştırılması	s. 31
Tablo 4: İşletme Uygulamaları Hakkında Yapılan Hedef Programlama Çalışmaları	s. 48
Tablo 5: Ürünlere İlişkin Talep Miktarları	s. 64
Tablo 6: Normal Mesai İle Üretim Maliyetleri	s. 65
Tablo 7: Fazla Mesai İle Üretim Maliyetleri	s. 65
Tablo 8: AHP Önem Düzeyleri	s. 69
Tablo 9: Yeniden Üretim Yapılan Ürün Miktarı Kriterine (A) Göre Karşılaştırma Matrisi	s. 72
Tablo 10: Yeniden Üretilmiş Ürünlerin Talebindeki Dalgalanmalar Kriterine (B) Göre Karşılaştırma Matrisi	s. 72
Tablo 11: Yeniden Üretim Maliyenin Öngörülebilirliği Kriterine (C) Göre Karşılaştırma Matrisi	s. 72
Tablo 12: Yeniden Üretilecek Girdi Sağlamadaki Kolaylık Kriterine (D) Göre Karşılaştırma Matrisi	s. 73
Tablo 13: Yeniden Üretimde Kullanılacak Yedek Parçanın Bulunabilirliği Kriterine (E) Göre Karşılaştırma Matrisi	s. 73
Tablo 14: Kriterler Arası Karşılaştırma Matrisi	s. 73
Tablo 15: Elde Edilen Ağırlık Değerleri Ve Tutarlılık Oranları	s. 74
Tablo 16: LINGO Çözümü Sonucunda Karar Değişkenlerinin Çözüm Değerleri	s. 78
Tablo 17: LINGO Çözümü Hedefler Ve Sapma Değişkenleri	s. 79

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Üretim İşletmeleri Açısından Stok Çeşitleri	s. 4
Şekil 2: Sabit Sipariş Miktarı Yönteminin Grafiksel Gösterimi	s. 10
Şekil 3: Sabit Sipariş Periyodu Yönteminin Grafiksel Gösterimi	s. 11
Şekil 4: Maksimum-Minimum Yöntemi Grafiksel Gösterimi	s. 13
Şekil 5: ABC Yöntemi Grafiksel Gösterimi	s. 14
Şekil 6: Zaman İçinde Stok Düzeyi Profili Grafiği	s. 16
Şekil 7: Toplam Maliyet Eğrisi Grafiği	s. 17
Şekil 8: Üretim Modeli İçin Zaman İçinde Stok Seviyelerinin Değişimi	s. 18
Şekil 9: Toplam Maliyet Eğrisinin Miktar İndirimleri İle Değişimi Grafiği	s. 21
Şekil 10: Yeniden Üretim Süreci	s. 40
Şekil 11: Kullanılmış Ürün, Geri Kazanılmış Parça Ve Bitmiş Ürün Stokları Arasındaki İlişki	s. 42
Şekil 12: AHP Kriter Ve Karar Alternatifleri	s. 71

EKLER

EK 1: LINGO 11.0 Paket Program Model Verileri Giriş Ekran Görüntüleri	ek s. 1
EK 2: LINGO 11.0 Çözüm Raporu Çıktıları Ekran Görüntüleri	ek s. 4
EK 3: Analitik Hiyerarşi Prosesi Çözümünün Gerçekleştirildiği Excel for Windows Görüntüleri	ek s. 7

GİRİŞ

Günümüz piyasa ortamlarında küreselleşmenin etkisi ile işletmeler esneklikten uzaklaşmış ve alınacak en küçük kararların bile birçok değişken göz önünde bulundurularak alınması hayati bir önem kazanmıştır. Bu belirsizlik ortamı, zamanla işletmeleri isabetli tahminin ne kadar gerekli olduğuna inandırmıştır. Tahmin yapması gereken işletme, geçmiş tecrübelerinden yararlanarak kendine bir takım kısıtlar ve hedefler oluşturur ve bu kısıtlar ve hedefler ile geleceği şekillendirmeye çalışırlar. İşte bu bir çok değişken, kısıt ve hedefin birlikte ele alındığı ve bu hedeflerin hepsinin doyuma ulaştırılması gerekliliği, Çok Amaçlı Karar Verme(ÇAKV) yöntemlerinden Hedef Programlamayı işletmelerin problem çözmede kullandığı başlıca yöntemler arasına sokmuştur.

Bu çerçevede gerçekleştirilen uygulamanın amacı, ülkemizde çok fazla yaygın olmayan yeniden üretim (re-manufacturing) uygulamalarının sağladığı çevre kirliliğini azaltma ve kaynak israfını önleme faaliyetlerinin verimliliğini arttırmak ve stoklarının yönetilmesi kararlarının kantitatif karar verme tekniklerinden AHP(Analitic Hierarchy Process) ve hedef programlama ile yapılmasını sağlamaktır.

Dört bölümde ele alınan bu tez çalışmasının birinci bölümünde, Stok yönetimi ve stok kontrol konusu incelenmiştir. İşletmelerin başarmaya çalıştığı önemli fonksiyonlardan bir tanesi olan stok yönetimi konusu altında stok maliyetleri, stok miktarı kontrol yöntemleri ve stok kontrol modelleri gibi konular ele alınmıştır.

İkinci bölümde, zamanla tükenmekte olan kıt kaynakların sürdürülebilir hale getirilmesini amaçlayan ve son yıllarda geniş bir uygulama alanı bulmuş olan Tersine Lojistik ve Tersine Lojistik Yönetiminin geri kazanım seçenekleri arasında sayılan Yeniden Üretim (Re-Manufacturing) konusu incelenmiştir. Geri kazanım seçenekleri içerisinde, en düşük maliyet ile en yüksek kalite seviyesinde ürünü elde eden seçenek olduğundan işletmeler hızla bu değişime ayak uydurmaya çalışmaktadır.

Üçüncü bölümde, çalışmanın temelini oluşturan problemin çözümü için seçilen yöntem olan Hedef Programlama incelenmiştir. Bu bölümde hedef programlamanın genel yapısı, varsayımları, formülasyonu, matematiksel gösterimi ve model kurulum aşamaları gibi konular üzerinde durularak konu tanıtılmıştır.

Son bölümde ise İzmir ili Atatürk Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet göstermekte olan SİSMAK Otomotiv A.Ş.'nin LES Yeniden Üretim Sistemi ürün yelpazesinden üç ürün için üç dönemlik stok kontrol politikasını oluşturan bir hedef programlama modeli kurulmuş ve söz konusu model LINGO 11.0 paket program ile çözüme ulaştırılmıştır. Ağırlıklı(Weighted) Hedef Programlama yöntemi kullanılarak kurulan modelin ağırlıkları Çok Kriterli Karar Verme(ÇKKV) metotlarından Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile bulunmuştur. AHP çözümleri Excel For Windows yardımı ile gerçekleştirilip çalışmanın tutarlılığı açısından tutarlılık katsayıları hesaplanmıştır. AHP katsayıları ile hazırlanan bu modelin çözüm sonuçları işletmenin hedefleri ile karşılaştırılmış ve gerekli öneriler yapılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

STOK YÖNETİMİ

İşletmeler gelecekte talepte oluşacak olası dalgalanmalar sonucunda oluşacak arz yetersizliğini engellemek ve yığın üretimin avantajlarından faydalanmak adına stok yaparlar. Bu stokların yönetimi işletmeler için büyük bir önem arz etmektedir. Çalışmanın bu bölümünde stok kavramı ve stok yönetimi hakkında ayrıntılı bilgi verilmektedir.

1.1. STOK KAVRAMI VE ÜRETİM İŞLETMELERİ AÇISINDAN ÖNEMİ

Bir üretim sisteminde mamul üretimine dolaylı veya dolaysız olarak katılan tüm fiziksel varlıklar ve mamuller *stok* kavramı içinde düşünülür. Stoklar söz konusu varlıkların miktarı veya parasal değeri ile ölçülür (Kobu, 2003: 341). Axsater (2006), Bose (2006), Muller (2011) kitaplarında stok yerine, aslı İngilizce *inventory* olan *envanter* kelimesini kullanmışlardır. Ancak stok ve envanter terimleri farklı şeyleri ifade etmektedir. Stok kavramı ile mal ve hizmet üretimi ve satışı için gerekli olan malzemeler (fiziksel varlık) kastedilirken envanter, stokların yanı sıra makine v.b. demirbaş malzemeleri de içeren daha geniş bir kavramdır (Tanyaş ve Baskak, 2008:124). Ve genellikle bu çalışmada “*yeniden üretim*” konusu irdelendiği için stok terimi kullanılmıştır.

1.1.1. Stok Kavramı

Bir organizasyonun kullandığı madde veya kaynak birikimine stok adı verilmektedir (Chase ve diğerleri, 1998: 582). Bir başka tanıma göre stok, ilerde üretimde kullanılacak ya da pazarlaması yapılacak olan materyal, yarı-işlenmiş ve tamamlanmış ürünler mevcuttur. Stok; gelecekteki gereksinimleri karşılamak amacıyla depolanan materyal ya da üretim işlerinin bir tıkanıklık ile karşılaşılmadan ve verimli olarak yürütülmesini sağlamak için girişimin elde bulundurduğu fiziksel mallardır (Demir ve Gümüšoğlu, 2009:485).

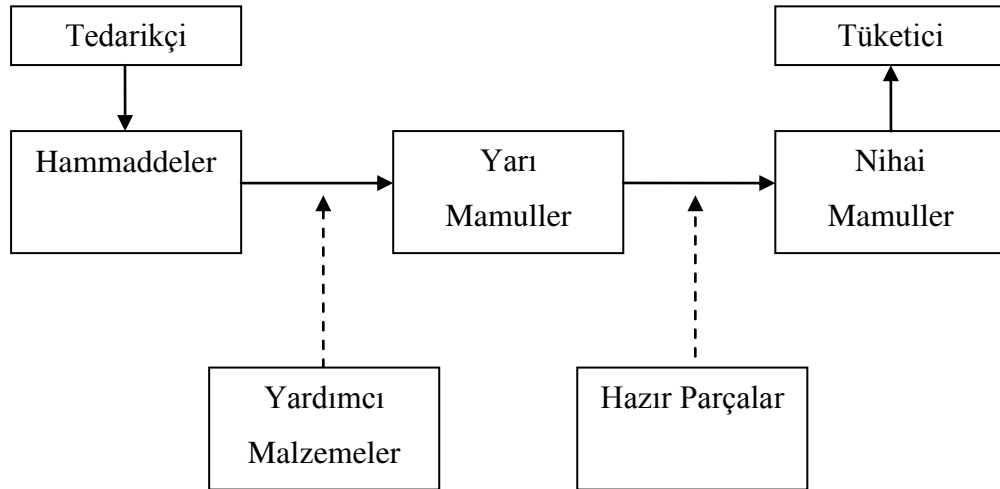
Perakende sektöründeki nihai ürün stokları ve üretim çevrelerinde karşımıza çıkan hammadde ve yarı mamül stokları arasındaki temel farklılıkları anlamak gerekir (Muller, 2003: 1). Üretim açısından stok, genellikle firmanın ürün çıktısının bir parçası haline gelen veya çıktıya katkı sağlayan öğeler anlamına gelmektedir. Perakende sektöründeki stok ise satılmak üzere hazır bulundurulanan mamüllerden ve işlemleri yönetmek için gerekli malzemelerden oluşur (Chase ve diğerleri, 1998: 582).

Stok kavramı hakkında genel tanımlamalar ve görüşlere yer verildikten sonra bir sonraki bölümde stokların hangi kriterlere göre sınıflandırıldığı üzerinde durulmuştur.

1.1.2. Stok Çeşitleri

Stok tanımına giren bütün varlıkları bir arada incelemek yanılgılara neden olabilir. Stoklanan varlıklar arasında; cins, değer, kullanılma yeri, stoklama biçimi gibi faktörler açısından farklılıklar vardır. Bunları amaca uygun biçimde sınıflandırarak incelemek yerinde olur (Kobu, 2003:342). Yapılan sınıflandırmaya en temel üç stok kalemi olan hammaddeler, yarı mamuller ve nihai mamullerin yanı sıra ürünün içeriğine doğrudan katılmayan hazır parçalar ve yardımcı malzemeler de konu olmuştur.

Şekil 1: Üretim İşletmeleri Açısından Stok Çeşitleri



Kaynak: Sulak, 2008: 7.

Hammadde Stokları: Hammadde stokları nihai ürün oluşturmak için satın alınan tüm parça ve malzemeleri içerir. Bu tür stoklar ürünün içeriğine değer katan bileşenler, alt bileşenler ve nihai ürünün içine katılan parçalardan oluşur (Viale, 1996:5).

Yarı Mamul Stokları: Yarı mamüller, mevcut üretimde, üretiminin yarısı tamamlanmış parçalardan oluşur. Bu partiler nihai ürün durumuna gelinceye kadar işletmenin raflarında tutulan malzeme ve satın alınmış malzemelerden oluşur. Ayrıca yarı mamul stokları, bir sonraki iş istasyonu için hazır olarak kuyrukta bekleyen, bir makinede işlem gören veya yüklenen ve iş istasyonları arasında taşınan ürünlerden de oluşabilir (Askin ve Goldberg, 2002:29-30).

Nihai Mamul Stokları: Nihai ürün stokları mevcut müşterilere satılmak için hazır bulundurulmuş ürünlerden oluşur. Ayrıca öngörülebilir ya da öngörülemeyen piyasa talebinin emniyeti olarak kullanılır (Muller, 2011:4).

Hazır Parça Stokları: Mamülün bir kısmını oluşturan ve genellikle dışardan tedarik edilen varlıklardır. Bunlar civata, somun gibi basit fakat çok kullanılan parçalar olabileceği gibi, elektrik motoru, dişli kutusu, jeneratör gibi mamüllere monte edilen karmaşık mamüller de olabilir (Kobu, 2003:343).

Yardımcı Malzeme Stokları: Üretimde mamülün meydana getirilmesinde kullanılan fakat onun esasını oluşturmamayan malzemelerdir. Hammaddelerin tamamlanmalarına yardım ederler. Mamüllerin üretimleri sırasında fiziksel ve kimyasal işlemler sonucu, hammaddenin mamül madde haline gelinceye kadar geçen proses akışı sırasında kullanılırlar. Örneğin; bitkisel yağ üretiminde; vitaminler, renk verici maddeler, hidrojen vb. maddeler yardımcı malzemeler grubuna girerler (Tekin, 2006:8).

Bu genel sınıflandırma işletmenin yapısına göre daha farklı biçimlerde yapılabilir veya amaca göre yukarıdaki sınıflardan ilgili olanlara alt sınıflar eklenebilir. Stock ve Lambert (2001:232-235) stokları amaçlarına göre 6 gruba ayırmıştır :

1) Çevrim Stokları : Üretim için gerekli olan malzemenin, partiler halinde sipariş edilmesi daha ekonomiktir. Bu şekilde temin edilmiş bir malzeme hemen kullanılamayacağı için bekleyecektir. Partinin kullanılıp tüketildiği süre içinde bekletilen bu elemanlara çevrim stoku denir (Yenersoy, 1990).

2) *Transit Stokları*: Bir yerden başka bir yere doğru yolda olan stoku ifade eder. Bir tesiste hareket eden veya tesisten müşteriye doğru yolda olan öğelerin transit stok olduğu söylenebilir (Muller, 2011:6).

3) *Güvenlik veya Tampon Stokları* : Tampon stok olarak da adlandırılan güvenlik stoku talep ya da arz dalgalanmalarından korunmak için kullanılır. Bu tahmini dalgalanmalar, bir müşterinin sipariş değişiklikleri veya bir tedarikçinin geç gönderilerinden kaynaklanabilir (Viale, 1996:6).

4) *Spekülatif Amaçlı Stoklar* : Spekülatif amaçlı stoklar nihai ürün, yarı mamül ve hammadde stoklarından oluşur. Spekülatif amaçlı stoklar bazı beklenmedik olaylardan korunma amaçlı yapılır (Viale, 1996:7).

5) *Mevsimsel Stoklar* : mevsimsel stoklar belli dönemlerde temin edilebilen stokların, tüm üretim dönemi dikkate alınarak belli miktarda elde bulundurulmasıdır (Küçük, 2009:24).

6) *Ölü Stok* : Ölü stoklar, modasının geçmiş veya özelliklerini yitirmiş olduğundan talebin kalmadığı ürünlerden oluşur. Bir mal için, işletmenin satış yaptığı tüm bölgelerde olabileceği gibi, sadece belirli bir bölgede talep sona ermiş olabilir. İkinci durumda ölü stoklar talebin devam ettiği bölgelere sevk edilerek değerlendirilir (Stock ve Lambert, 2001:234).

İşletmenin elinde amaca yönelik olarak bulundurduğu bu stokları, neden bulundurması gerektiği ve söz konusu bu stokların işletmeye ne tür faydalar sağlayacağı bir sonraki bölümde incelenmektedir.

1.1.3 Stok Bulundurmanın Nedenleri ve Faydaları

İşletmeler stoklarını kuşkusuz türlü nedenlerden ötürü bulundururlar. Endüstriyel ürünlere ilişkin stok bulundurmanın nedenleri ve yararları şöyle sıralanabilir (Demir ve Gümüsoğlu, 2009:486) :

- Talep artışlarının karşılanmasında önlem alınmasını sağlar.
- Müşteriye karşı bir prestij ve bir gösteriş niteliğini taşır.
- Üretimdeki dalgalanma ve duraksamaları düzenler.
- İşgücü dengesini sağlar.

- Yüksek enflasyon döneminde kârlı bir yatırım şekli olması. (<http://www.lojistikdunyasi.com/stok-bulundurma-nedenleri.html>, 25. 04. 2013)

Stok bulundurmanın işletme açısından hayati yararlarının bulunmasının yanı sıra, işletmeye fazladan maliyet kalemleri katacağından dolayı bir takım sakıncaları da söz konusudur. İleriki bölümlerde stok maliyetlerine değinileceğinden dolayı bu bölümde stok bulundurmanın sakıncalarına yer verilmemektedir.

1.2. STOK MALİYETLERİ

Stok maliyetleri faaliyet koluna bakılmaksızın bütün işletmelerde ekstra bir harcama kalemi olarak öne çıksa da üretim işletmelerinde maliyetler içerisindeki payı yadsınamaz derecede yüksektir. Çünkü üretim işletmeleri hem üretimi aksatmamak için hem de ihtiyatlı olmak adına yüksek miktarlarda stok bulundurmak istemektedir. Bu da söz konusu işletmelere depolama, taşıma, bozulma, fire gibi ekstra maliyetler yüklemektedir. Bu maliyet kalemlerinden bazıları depolanan stok miktarı arttıkça artmakta, bazıları sabit kalmakta, bazıları ise azalmaktadır.

Stok miktarı arttıkça artan maliyet kalemleri arasında sermayenin fırsat maliyeti, depolama maliyeti, vergi ve sigorta, kalite maliyetleri, koordinasyon maliyetleri, yıpranma, eskime ve modası geçme maliyetleri sayılabilir. Stok miktarı arttıkça azalan maliyet kalemlerine örnek olarak sipariş maliyeti, üretime hazırlık (kurulum) maliyeti, satın alma maliyeti, üretim maliyeti ve müşterinin kaçırılması maliyeti verilebilir (Dilworth, 1993: 219-221).

Hemen bütün faaliyet kollarında şu üç temel stok maliyeti ile karşılaşılır:

- Stok Bulundurma (Elde Bulundurma) Maliyeti
- Stok Bulundurmama (Elde Bulundurmama) Maliyeti
- Üretime Hazırlık Maliyeti veya Sipariş Verme Maliyeti

Aşağıda kısaca bu stoklama giderlerinin tanımları ve ne gibi öğeler içerdiği üzerinde durulmuştur.

1.2.1. Stok Bulundurma (Elde Bulundurma) Maliyeti

İşletmenin belirli bir stok miktarını belirli bir dönem bulundurması (depolaması) sonucu katlanması gereken maliyetlerdir. Stok bulundurma maliyeti stok miktarıyla doğru orantılı olarak artmaktadır (Sulak, 2008:11).

Stok bulundurma maliyetleri arasında malzeme maliyeti, bulundurma maliyeti, sermaye maliyeti, risk maliyeti, depolama maliyeti, taşıma maliyeti, gümrük ve vergi maliyeti sayılabilir (Ray, 2010:177).

1.2.2. Stok Bulundurmama (Stoksuzluk) Maliyeti

Stok bulundurmama (stoksuzluk) maliyeti, yokluk maliyeti veya ceza maliyeti olarak da bilinir. Mevcut talebi eldeki stok tatmin edemediğinde oluşan maliyete stok bulundurmama (stoksuzluk) maliyeti denir (Nahmias, 2009: 207).

1.2.3. Üretime Hazırlık veya Sipariş Verme Maliyeti

Hammadde stok maliyet hesaplarında sipariş vermek için, mamül madde stok hesaplarında ise üretime hazırlık için yapılan harcamalardır. Sipariş maliyeti, istek formlarının hazırlanması, taşıma, kabul işlemleri ve kontrol gibi faaliyet maliyetlerinden oluşur. Üretime hazırlık maliyeti ise, iş emirlerinin hazırlanması, makinelerin ayarlanması ve kalıp değiştirme gibi işlemlerin maliyetlerinden meydana gelir. Bu maliyet, sipariş miktarından veya üretim parti büyüklüğünden bağımsız olarak, her sipariş verme veya her üretime başlama zamanında ortaya çıkan maliyetlerdir (Top, 2006:193).

Bu bölümde anlatılan stok maliyetleri işletmenin toplam maliyetleri içerisinde büyük bir paya sahip olduğundan işletme stok yönetimini iyi bir şekilde yapmalıdır.

İşte bu yüzden bir sonraki bölümde Stok Miktarı Takip Yöntemleri hakkında bilgi verilmektedir.

1.3. STOK MİKTARI TAKİP YÖNTEMLERİ

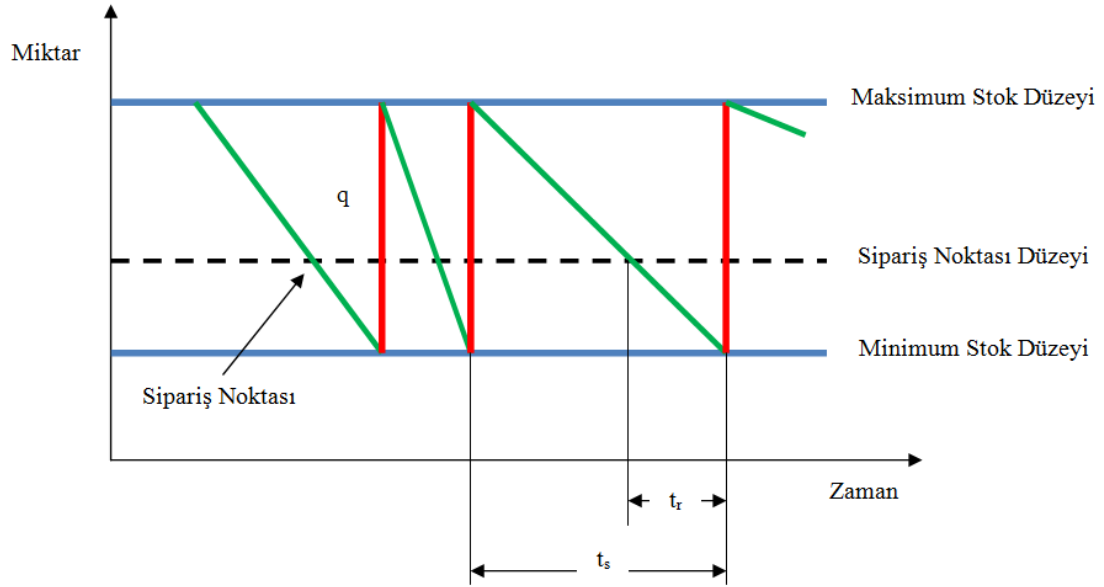
İşletmeler k t kaynaklara sahip olduğundan dolayı elindeki kaynağı optimal şekilde kullanmaya çalışır. Bunun için de kaynak israfını en aza indirmek ister. Yani stoklara yapılacak fazladan bir yatırım işletmenin fayda maksimizasyonu ilkesine ters d őeėinden, stok miktarı sürekli kontrol altında olmalıdır. Bu bölümde kısaca stok miktarı takip yöntemlerine değinilmektedir.

1.3.1. Sabit Sipariş Miktarı Yöntemi

Sabit sipariş miktarı, belirli bir stok tutma birimi veya malzemenin her siparişdeki birim sayısını belirtir. Sipariş miktarı keyfi olarak belirlenebildiği gibi (Mesela bir seferde 100 birim), malzemenin paketlenme veya hazırlanma őekline ( rneğin kutu başına 144 birim) göre de belirlenebilir. Bu sistemin avantajı kolay anlaşılır olması, dezavantajı ise maliyeti minimuma indirmemesidir (Reid ve Sanders, 2010:421).

Şekil 2' deki grafikten görüleceği üzere bu modelde her stok kalemi için toplam stok kontrol maliyetini minimum yapan bir sipariş miktarı (q), sipariş noktası düzeyi ve emniyet stokunun hesaplanması gerekir. Sipariş süresi (t_s) her periyot için değişiktir. Sipariş noktası düzeyi olduğundan her periyottaki tedarik süresi (t_r) de değişiktir (Kobu, 2003:353).

Şekil 2: Sabit Sipariş Miktarı Yönteminin Grafiks gösterimi



Kaynak: Kobu, 2003: 353

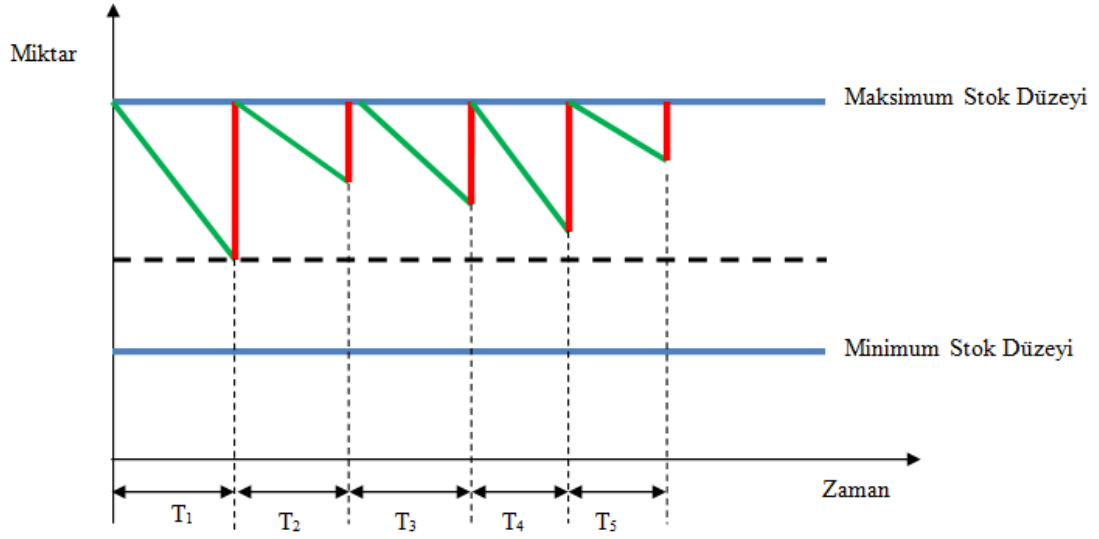
Miktar sabit olarak siparişlerin verildiği uygulamada en çok kullanılan yöntem çift kutu yöntemidir.

Çift Kutu Yöntemi: Küçük işletmelerde stoklanacak olan maddeler kutu, bölmeler veya kısımlarda toplanmaktadır. Asıl kutuda toplanan maddenin miktarı azalınca yedek kutudaki maddeler kullanılmaya başlanır ve sipariş verilir. Stoklanan madde miktarının az, fakat stok çeşidinin fazla olduğu küçük işletmelerde kullanılmaktadır (Tekin, 2006:12).

1.3.2. Sabit Sipariş Periyodu Yöntemi

Periyodik envanter sistemi veya periyodik gözden geçirme sistemi olarak da adlandırılan sabit sipariş periyodu sisteminde, eldeki stok belirli zaman aralıklarında örneğin her hafta veya her ayın sonunda sayılır. Stok miktarı belirlendikten sonra, stoku istenilen seviyeye geri getirecek olan miktar için sipariş verilir. Bu sistemde stok seviyesi, siparişler arasındaki zaman aralığında izlenmez, bu nedenle işletme hiç veya çok az kayıt tutmak gibi bir avantaja sahiptir (Taylor, 2002:700).

Şekil 3: Sabit Sipariş Periyodu Yönteminin Grafiks gösterimi



Kaynak: Tekin, 2006: 12

Şekil 3'de T_1 , T_2 , T_3 , T_4 ve T_5 sipariş dönemleri sabit ve birbirine eşit olmaktadır.

İşletmelerde sabit sipariş periyodu yönteminde yapılan uygulamalar arasında tek kutu yöntemi ve gözle kontrol yöntemi vardır. Bu yöntemlerde süre sabit sipariş edilen parti miktarı değişkendir.

Tek Kutu Yöntemi: Tek kutu yönteminde kutu olarak nitelenen yer veya raflar periyodik olarak kontrol edilmekte ve doldurulmaktadır. Bu yöntemle örnek olarak, süpermarketlerde rafların takibi ile petrolde tankların doldurulması ve fabrikalarda küçük parçaların bulunduğu kutular verilebilir. Bu yöntemde kutu veya raflar periyodik olarak aldığı kadar stokla doldurulmakta dolayısıyla stok giriş ve çıkışı için herhangi bir kayıt yapılmamaktadır (Schroeder, 1993: 608).

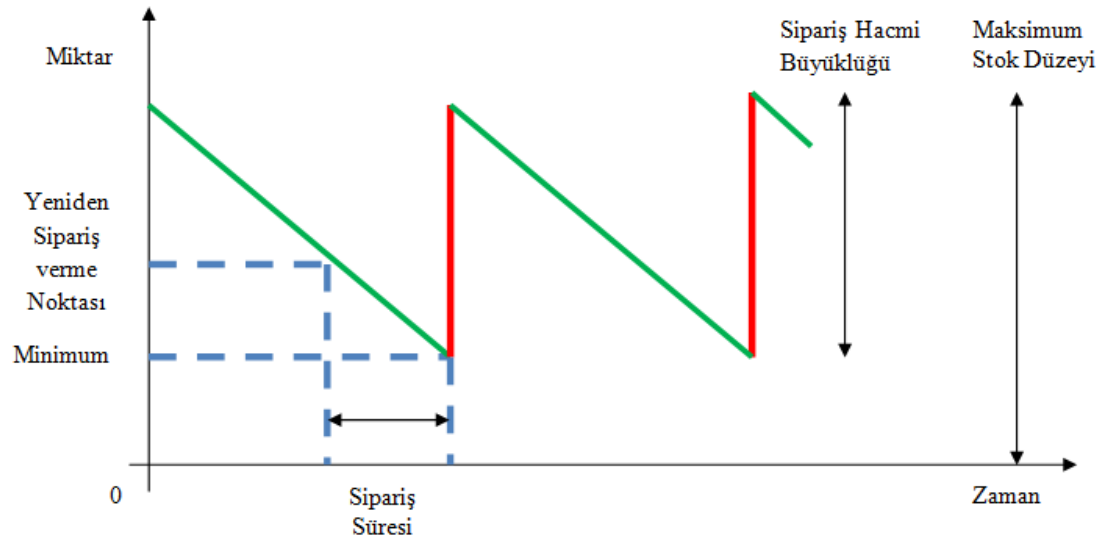
Gözle Kontrol Yöntemi: Stoklar periyodik olarak tecrübeli bir ambar memuru tarafından gözden geçirilir. Belirli bir düzeyin altına düşen stok kalemleri için derhal sipariş verilir. Sipariş verme düzeyi ve miktarı tamamen memurun tecrübesine kalmıştır. Küçük işletmelerde, işini bilen yetişmiş bir ambar memurunun sorumluluğuna bırakılmak kaydı ile gerçekten pratik ve ucuz bir stok kontrol yöntemidir. Küçük imalat firmalarında, perakende satış mağazalarında, özellikle gıda marketlerinde geniş ölçüde uygulanan gözle kontrol yönteminin başlıca üç sakıncası vardır(Kobu, 2003:351-352):

- Gözden geçirme periyodu, sipariş düzeyi ve miktarı kişisel yargıya dayandığından hata olasılığı fazladır.
- Ambar yetiştirilmesi sistematik bir düzenle yapılmamışsa kontrolü yapan memurun sık sık yanılığa düşme olasılığı yüksektir.
- Tüketim hızı, tedarik süresi veya başka bir faktörün değişmesi halinde bunun derhal farkına varılması güçtür. Dolayısıyla gerekli önlemlerin alınmasında geç kalınabilir.

1.3.3. Maksimum-Minimum Yöntemi

Sabit sipariş dönemi sisteminde belli aralıklarla sipariş verildiği için bazı durumlarda verilen sipariş miktarı çok az olabilmektedir. Bu durumu ortadan kaldırmak için uygulanan maksimum-minimum (S,s sistemi de denmektedir) sisteminde sabit sipariş miktarı sistemi ile sabit sipariş dönemi sistemin bazı özellikleri birleştirilmektedir. Bu sistemde arzu edilen maksimum stok seviyesi (S) ile minimum stok seviyesi (s) baştan belirlenmektedir. Stoklar sabit zaman aralıklarında (ayda bir) gözden geçirilmekte ve stok miktarı önceden belirlenmiş minimum düzeyin altında ise sipariş verilmektedir. Eğer stok miktarı minimum düzeyin altında değilse sipariş verilmemektedir. Çünkü bu durumda eldeki stok miktarı büyük bir olasılıkla bir sonraki döneme kadar yetecek düzeydedir ve verilecek sipariş miktarı çok az olacaktır (Dilworth, 1993: 204). Şekil 4'de Maksimum-Minimum Yönteminin grafiksel gösterimi yer almaktadır.

Şekil 4: Maksimum-Minimum Yöntemi Grafiksel Gösterimi



Kaynak: Demir ve Gümüşoğlu, 2003: 636

1.3.4. ABC Yöntemi

Birçok şirket binlerce kalem mal için stok politikalarını geliştirmek zorundadır. Böyle bir durumda, bir şirket, her bir kalem mal için geliştirdiği stok politikalarına aynı önemi göstermez. ABC yöntemi, şirketlere, maliyetleri yıllık satışların büyük bir bölümünü içeren küçük yüzdedeki malların belirlenmesinde yardım etmek üzere, 1950 lerde General Electric’de tasarlanmıştır (Winston, 2004:911).

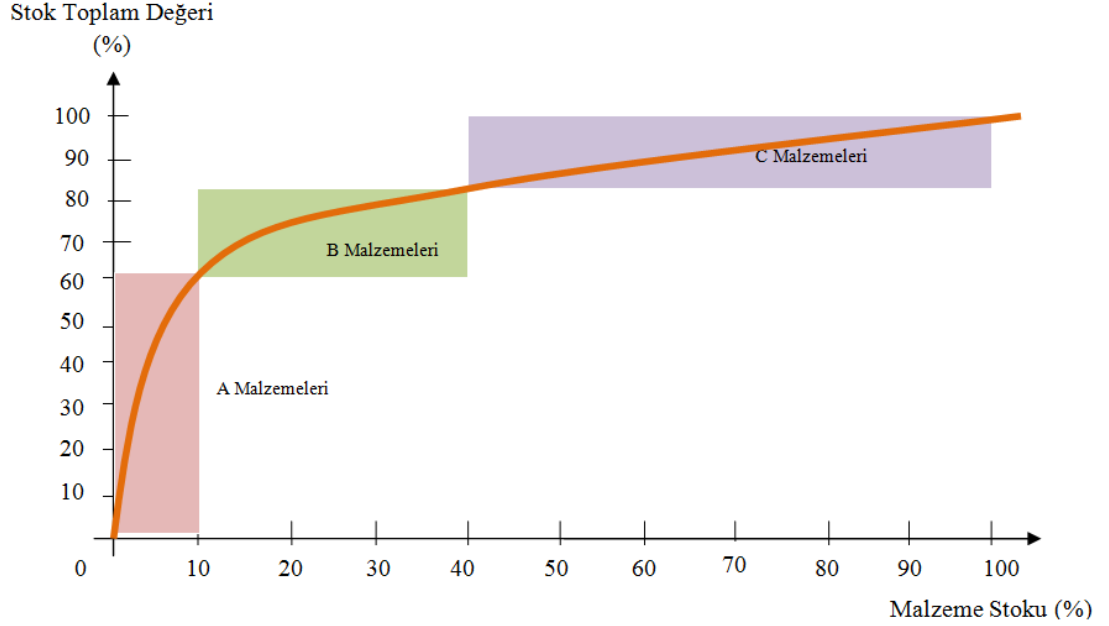
Bu yöntemde stoklar üç gruba ayrılmaktadır:

- *A Grubu Stok Kalemleri:* Toplam çeşit sayısının %15-20’sini, Toplam değer %75-80’ini oluştururlar.
- *B Grubu Stok Kalemleri:* Toplam Çeşit Sayısının %30-40’ını, Toplam değer %10-15’ini oluştururlar.
- *C Grubu Stok Kalemleri:* Toplam Çeşit Sayısının %40-50’sini, Toplam değer %5-10’unu oluştururlar.

Bazı firmalar stokları üçten daha fazla sayıda grupta toplar veya ABC’nin her biri içinde alt gruplar tanımlar. Her işletmenin stoklarının özelliklerine uyan bir sınıflandırma yapılması, miktar ve değer yüzdelerinin de yine bu kritere göre

saptanması uygun olur (Kobu, 2003:354). Toplam stok miktarı ile toplam stok değeri arasındaki ilişki ABC yöntemine göre şekil 5'de gösterilmektedir.

Şekil 5: ABC Yöntemi Grafiksel Gösterimi



Kaynak: Reid ve Sanders, 2010: 417

Stok miktarını takip edebilen işletmenin artık stoklarının maliyetleri ile ilgilenmesi gerekir. Bu yüzden bu bölümde stok kontrol modellerine değinilmektedir.

1.4. STOK KONTROL MODELLERİ

Stok kontrolü için kullanılan sistemlerin işletme ekonomisi açısından ortak amacı, toplam stok mâliyetlerini en az yapacak şekilde çalıştırılmasıdır. Bu amaçla önce kullanılacak stok kontrol sisteminin seçilmesi, daha sonra da bu sistemin çalıştırılması için gerekli olan parametrelerin saptanması gereklidir. Aşağıda örnekleri verilen bu parametreler, her stok kontrol sisteminde değişiktir (Yenersoy, 1990:29):

- Sipariş miktarı
- Stok kontrol periyodunun uzunluğu
- En az stok düzeyi
- En yüksek stok düzeyi

- Sipariş verme düzeyi

Çalışmanın bu kısmında, öncelikle Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM) ve Ekonomik Üretim Miktarı Modeli (EÜM) konularına değinilip daha sonra Miktar İndirimli Modeller kısaca açıklanmıştır.

1.4.1. Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM) Modeli

En temel stok kontrol modeli, talebin sabit olduğu herhangi bir mal kalemi için ekonomik sipariş miktarı (ESM) modelidir. Bu model ne kadar zaman aralıkları ile ve ne miktarda sipariş verileceğinin belirlenmesini amaçlayan bir sabit sipariş miktarı modelidir.

ESM modeli şu varsayımlara dayanmaktadır (Silver ve diğerleri, 1998:150) :

- Talep miktarı belirli ve sabittir.
- Sipariş miktarı, kesin sınırlarla belirlenmiş miktarlardan oluşmayabilir.
- Sipariş büyüklüğü üzerinde kısıtlamalar yoktur.
- Tüm sipariş, aynı zamanda teslim edilir.
- Stoksuzluğa izin verilmez.
- Düşük bir enflasyon düzeyinde maliyetlerde zaman içerisinde kayda değer bir değişiklik olmaz.
- Birim değişken maliyet ikmal miktarına bağlı değildir; özellikle birim satın alma maliyeti ve birim taşıma maliyetinde indirim mevcut değilse.
- Her öge, diğer öğelerden tamamen bağımsız olarak ele alınır. Yani gözden geçirme ya da ikmal faydaları yoktur ya da basitçe göz ardı edilir.
- Bekleme süreleri sıfır kabul edilir.
- Plan ufku çok uzundur, yani tüm parametrelerin yeteri kadar uzun bir süre boyunca aynı değerlerde kaldıkları varsayılmaktadır.

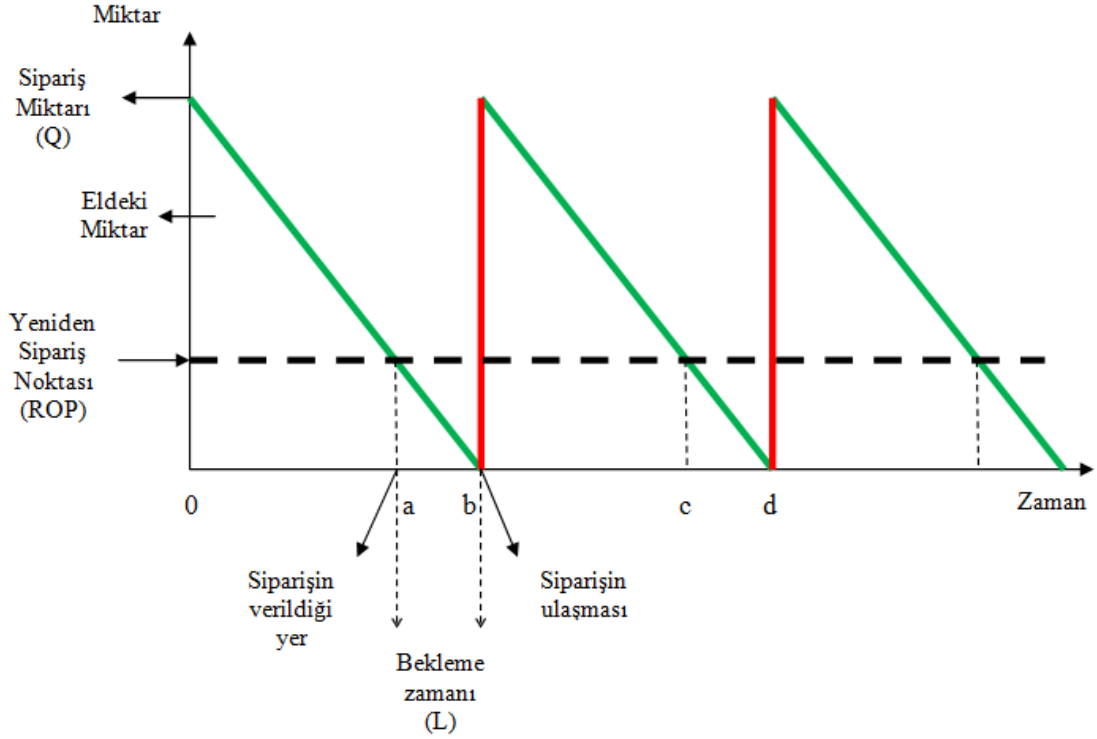
Ekonomik Sipariş Miktarının hesabında bu varsayımlar ışığında kullanılan notasyonlar ve tanımları aşağıdaki gibidir.

D: Her bir kalem mal için yıllık talep

S: Sabit sipariş maliyeti

H: Yıllık birim stok bulundurma (Taşıma) maliyeti
Q: Sipariş miktarı

Şekil 6: Zaman İçinde Stok Düzeyi Profili Grafiği



Kaynak: Stevenson, 1999: 568

Sipariş miktarının tam olarak belirlenmesi, taşıma ve sipariş maliyetlerinin göreceli büyüklüklerine bağlı olduğu için öncelikle bu maliyet kalemlerini hesaplamak gerekmektedir.

Yıllık taşıma maliyeti, eldeki ortalama stok miktarının ($Q/2$), bir yıllık periyottaki bir birim malın taşıma maliyeti (H) ile çarpılmasıyla bulunur.

$$\text{Yıllık Stok Bulundurma Maliyeti} = \frac{Q}{2} H \quad (1.1)$$

Yıllık sipariş maliyeti ise bir yılda verilen sipariş sayısı (D/Q) ile sipariş başına sipariş maliyetinin (S) bir fonksiyonudur.

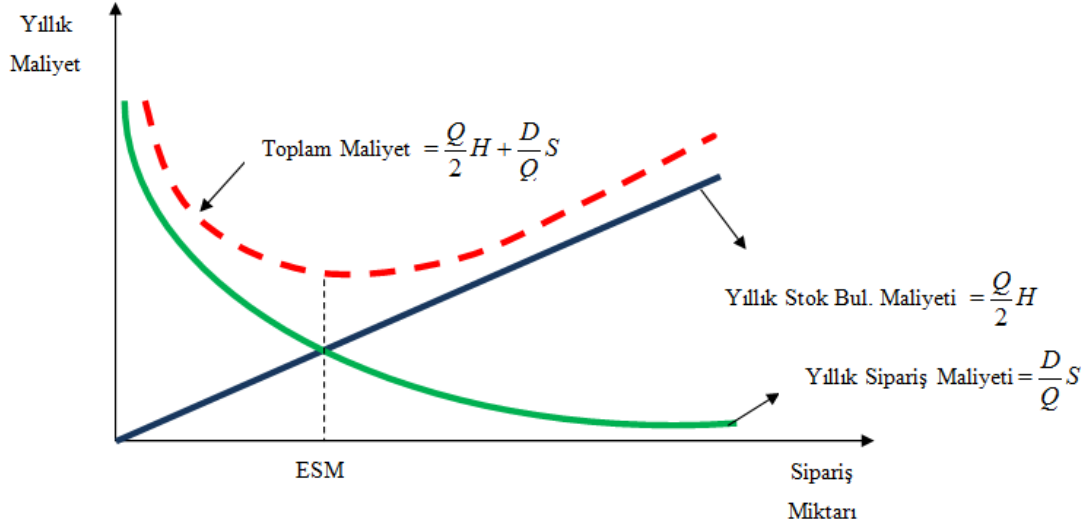
$$\text{Yıllık Sipariş Maliyeti} = \frac{D}{Q} S \quad (1.2)$$

Toplam maliyet de Q birim her sipariş edildiğinde katlanılan sipariş ve taşıma maliyetleri ile ilgilidir.

Toplam Maliyet= Yıllık stok bulundurma maliyeti + Yıllık Sip. Maliyeti

$$= \frac{Q}{2}H + \frac{D}{Q}S \quad (1.3)$$

Şekil 7: Toplam Maliyet Eğrisi Grafiği



Kaynak: Stevenson, 1999: 569

Şekil 7 bize toplam maliyet eğrisini göstermekte ve bu da yıllık stok bulundurma ve sipariş maliyetlerinin eşit olduğu noktada minimum sipariş miktarına ulaşmamızı sağlamaktadır. Ekonomik Sipariş Miktarı olarak ifade ettiğimiz ESM, Toplam maliyetin Q'ya göre 1. türevinin 0'a eşit olduğu noktada gerçekleşir (Stevenson, 1999:570). Bu nokta aynı zamanda stok bulundurma ve sipariş verme maliyetlerinin birbirine eşit olduğu noktadır.

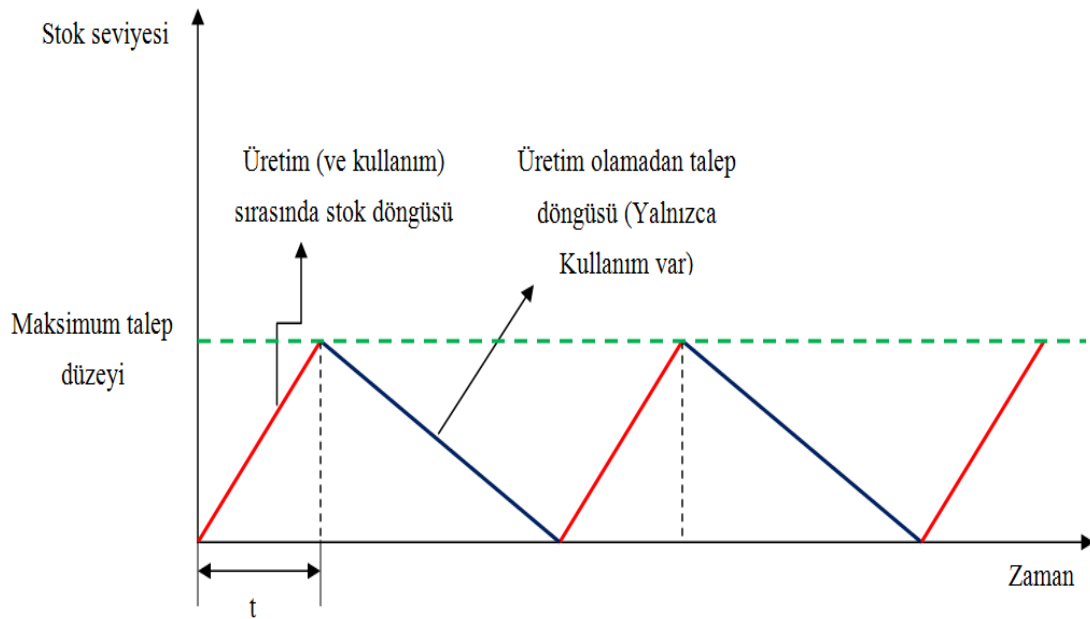
$$\text{Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM)} = Q_0 = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (1.4)$$

Bir sonraki kısımda *stokların aynı anda teslim alındığı* varsayımı yerine *malların işletme içinde üretildiği* varsayımının konu edildiği "Ekonomik Üretim Miktarı" üzerinde durulmuştur.

1.4.2. Ekonomik üretim miktarı modeli

ESM'de, tüm stokun tek seferde sipariş edildiği varsayılmaktaydı. Fakat firmanın bir sipariş dönemi içerisinde ekstradan stok yapabileceği zamanlar da vardır. Bu gibi durumlar farklı şekilde modellenir, stoklamanın anlık olarak yapıldığı varsayımını gerektirmez. Bu model iki durum için geçerlidir: (1) Stokun sürekli akması veya bir sipariş verildikten bir süre sonra birikmesiyle veya (2) birimlerin üretilip aynı anda satılmasıyla. Bu koşullar altında, üretim (veya stok-akış) oranı ve günlük talep oranı dikkate alınmalıdır. Şekil 8 zamanın fonksiyonu olarak stok düzeyini göstermektedir (Heizer ve Render, 2006:487).

Şekil 8: Üretim Modeli İçin Zaman İçinde Stok Seviyelerinin Değişimi



Kaynak: Heizer ve Render, 2006: 487

Ekonomik Sipariş Miktarı Modelindeki notasyon ve tanımlara ek olarak;

p= Günlük üretim oranı

d= Günlük talep veya kullanım oranı

t= Gün içinde üretimin devam etme süresi

Yukarıda tanımlanan notasyon ile öncelikle yıllık stok bulundurma maliyetini hesaplamak gerekmektedir. Bunun için ortalama stok düzeyi ($Q/2$) ile birim başına

yıllık elde bulundurma maliyeti (H) çarpılmalıdır. Ortalama stok düzeyini bulmak için ise maksimum stok düzeyini ikiye bölmeliyiz. Maksimum stok düzeyine de üretim devam ederken üretilen toplam ürün miktarından (p.t) yine üretim devam ederken kullanılan ürün miktarı (d.t) çıkarılarak ulaşılır. Üretim modelinde Q toplam üretim anlamına geldiğinden; $Q = p.t$ yani $t = Q/p$ dir. Maksimum stok düzeyi formülünde yerine koyulduğunda formül aşağıdaki gibi olur.

$$\text{Maksimum stok düzeyi} = p\left(\frac{Q}{p}\right) - d\left(\frac{Q}{p}\right) = Q - \frac{d}{p}Q = Q\left(1 - \frac{d}{p}\right) \quad (1.5)$$

Yukarıda hesaplanan maksimum stok düzeyi, "Yıllık Stok Bulundurma Maliyeti" formülüne koyulduğunda yeni formül aşağıdaki gibi olmuştur.

$$\begin{aligned} \text{Yıllık Stok Bulundurma Maliyeti} &= \frac{\text{Maksimum stok seviyesi}(H)}{2} \\ &= \frac{Q}{2} \left[1 - \left(\frac{d}{p} \right) \right] H \end{aligned} \quad (1.6)$$

Ekonomik üretim miktarı modelinde ESM den farklı olarak *Yıllık Sipariş Maliyeti* yerine *Kurulum Maliyeti* formülü kullanılmaktadır. Söz konusu "*Kurulum Maliyeti*" formülü ile "*Yıllık Stok Bulundurma Maliyeti*" formülünün eşitlenmesi ile **Ekonomik Üretim Miktarı**'nın (EÜM) formülü ortaya çıkmaktadır.

$$\text{Kurulum Maliyeti} = \frac{D}{Q} S \quad (1.7)$$

$$\begin{aligned} \text{Yıllık Stok Bulundurma Maliyeti} &= \frac{Q}{2} \left[1 - \left(\frac{d}{p} \right) \right] H \\ \frac{D}{Q} S &= \frac{Q}{2} \left[1 - \left(\frac{d}{p} \right) \right] H \\ Q^2 &= \frac{2DS}{H[1 - (d/p)]} \end{aligned} \quad (1.8)$$

$$\text{Ekonomik Üretim Miktarı} = Q_p = \sqrt{\frac{2DS}{H[1 - (d/p)]}} \quad (1.9)$$

Taşıma maliyetleri, depolama maliyetleri gibi işletmeye ağır yükler yükleyen maliyetlerden biraz olsun tasarruf sağlamak isteyen işletmeler yüksek miktarlarda

alım yaparak Miktar İndirimlerinden yararlanmak isteyeceklerdir. Çalışmanın bu kısmında Miktar İndirimleri konusuna değinilmektedir.

1.4.3. Miktar İndirimli Modeller

Miktar indirimleri, satılan miktarı arttırmak için fiyatta yapılan indirimlerdir (Top, 2006:197). Eğer miktar indirimleri mevcutsa, yüksek ortalama envanterin neden olduğu taşıma maliyetlerinin artmasına karşı, düşük satın alma fiyatı ve büyük miktarlarda alım sonucu daha az sayıda sipariş verilmesinden kaynaklanan potansiyel faydaların müşteri tarafından değerlendirilmesi gerekir. Alıcının hedefi miktar indirimleri ile, taşıma maliyeti, sipariş maliyeti ve satın alma maliyeti toplamından oluşan toplam maliyeti en aza indiren sipariş miktarını seçmektir (Stevenson, 1999:574). Miktar indirimleri göz önünde bulundurularak toplam maliyet şu şekilde hesaplanır.

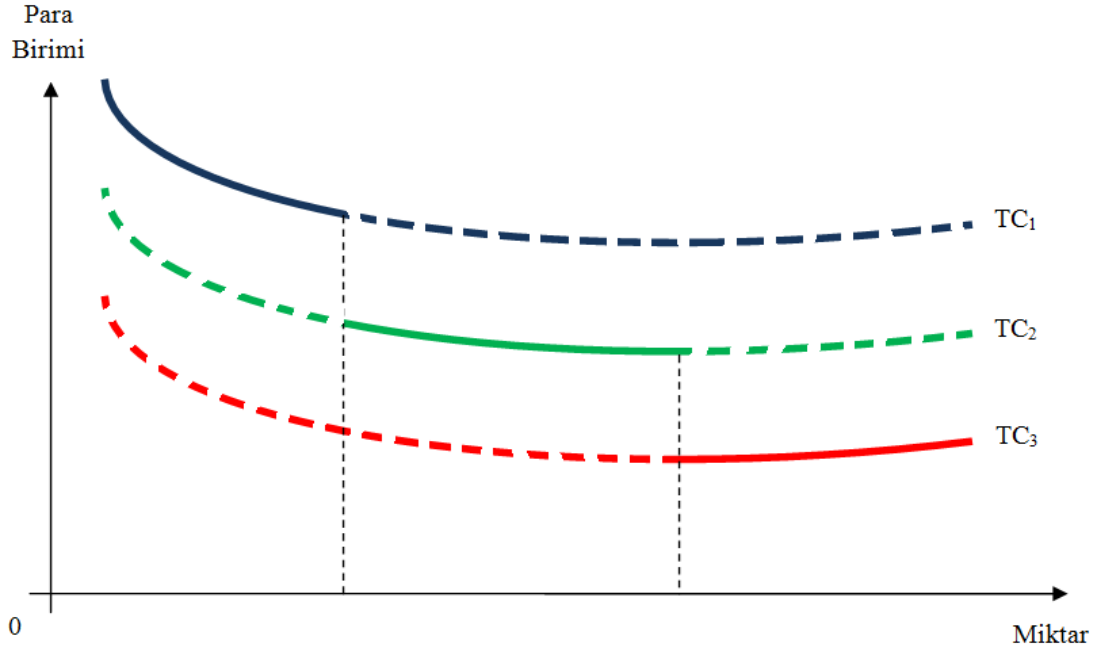
P= Birim Başına Fiyat

Toplam Maliyet= Taşıma Maliyeti + Sipariş Maliyeti + Satın Alma Maliyeti

$$TM = \frac{Q}{2}H + \frac{D}{Q}S + PD \quad (1.10)$$

Miktar indirimleri incelenirken öncelikle ESM (Q_0) formülü kullanılarak hesaplamalar yapılır ve sonuç bulunur. Daha sonra (1.10)'da verilen formül ile bütün fiyatlar için toplam maliyet hesaplanır ve en düşük maliyete sahip miktar seçilir. Şekil 9'da toplam maliyet eğrisinin miktar indirimleri ile değişimi gösterilmektedir.

Şekil 9: Toplam Maliyet Eğrisinin Miktar İndirimleri İle Değişimi Grafiği



Kaynak: Reid ve Sanders, 2010: 431

Miktar indirimini uygulandığı durumlarla ilgili belli başlı özellikler şunlardır (Plossl ve Wight, 1967:84-85):

- İndirimden faydalanmak için gereğinden daha büyük miktarlarda alım yapılır. Bu ise stokta bulundurma ve taşıma maliyetlerinin artmasına sebep olur.
- Bir seferde daha fazla miktarda sipariş verilerek bir dönem (örneğin bir yıl) içindeki sipariş sayısı azaltılacağından toplam sipariş maliyeti düşecektir. Bu genelde toplam içerisinde büyük bir faktör oluşturmaz.
- Malın birim alış fiyatı düşeceğinden, bu toplam maliyeti önemli ölçüde azaltabilir.

Çalışmanın bu kısmına kadar olan stok kontrol modelleri hep deterministik (*talebin belirli olması*) varsayımıyla ilgilenmekteydi. Fakat günlük hayatta talep genelde belirsizdir. Bu belirsizliği uygulamaya yansıtmak için geliştirilen *Stokastik (olasılıklı) stok kontrol modelleri* geçmişte bir çok çalışmaya konu olmuştur. Ancak yapılan çalışma da stok düzeyleri ve talepler belirli bir olasılık dağılımına uymadığından dolayı stokastik modellere değinilmemektedir. İşletme stok kontrol

politikasını geçmiş yolların bir trend olarak izlediğini varsayıp deterministik olarak planlamaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde, çalışmaya temel oluşturması açısından stok yönetimi ve stok kontrol modelleri üzerinde durulmuştur. Bir sonraki bölümde ise son yıllarda popüler hale gelen, kaynak kullanımını optimize etmek ve çevreye duyarlı olmak adına ekonomik kullanım ömrünü tamamlamış ürünlerin tekrardan üretim sürecine girerek kullanılabilir çıktılar elde etme süreci olan, "Tersine Lojistik" ve tersine lojistiğin bir geri kazanım seçeneği olan "Yeniden retim" kavramı ele alınmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

TERSİNE LOJİSTİK VE YENİDEN ÜRETİM

Yeniden üretim işlemi tersine lojistik faaliyetinin bir geri kazanım seçeneği olduğundan dolayı çalışmanın bu kısmında önce tersine lojistik konusuna kısaca değinilip, daha sonra yeniden üretim konusu incelenmiştir. Yeniden üretim konusu ile ilgili bugüne kadar yapılmış olan çalışmalar ile literatür taranmış ve konu hakkında genel bir bakış açısı sağlanmıştır.

Tükenen depolama kapasitesi ve atıkların azaltılması sanayileşmiş ülkelerde büyük bir sorun haline gelmiştir. Bunun sonucunda, çevresel düzenlemeler büyük ölçüde genişletilmiş ve depolama yasakları ile imha ücretleri, üretici sorumluluğunun artmasına neden olmuştur. Bir çok ülkede geri alma yükümlülükleri yasallaştırılmış, Hollanda ile Tayvan'da araba, Almanya'da ambalaj malzemesi ve Avrupa Birliği ülkeleri ve Japonya'da elektronik ekipmanları gibi ürünler için çalışmalar başlatılmıştır. Bu tür çevresel mevzuatlar öncelikle Avrupa'ya odaklanırken bu günün küresel piyasalarında, dünya çapında bir etkiye sahip hale gelmiştir. Ürün geri kazanımının önemi, müşteriler arasında büyüyen bir çevre endişesinden kaynaklanmaktadır. Müşteriler giderek artan bir şekilde şirketlerden ürünlerin çevre yükünü azaltan aktiviteler beklemektedir. Bundan dolayı "çevreci" imajı gün geçtikçe önemli bir pazarlama unsuru haline gelmektedir. Bununla birlikte ekonomik bir bakış açısıyla da ürün geri kazanımı, çekici hale gelebilir. Yani kullanılmış ürünler yenilerine nazaran daha ucuz kaynak teminine imkan tanımaktadır (Fleischmann vd., 2001:156-157).

Bütün bunlar dikkate alındığında "Tersine Lojistik" ve "Yeniden Üretim" kavramlarının önemi ortaya çıkmaktadır. Eğitim seviyesi artan dünyada, artık üreticiler ve tüketiciler kıt kaynakların farkına varmakta ve tüketim çılgınlığı yerine çevresel sorunlara eğilmektedir. "Tersine Lojistik" ve "Yeniden Üretim" kavramları hem atık ürünlerin imhası ile çevreyi korumakta hem de kullanım ömrünü tamamlamış ürünlerin tekrar tekrar kullanılması ile üretime uygun fiyatlı girdi sağlamaktadır.

2.1. TERSİNE LOJİSTİK

Ekonomik ve ekolojik sebepler, yasal zorunluluk ve sosyal sorumluluk gibi nedenler, tüketiciden üreticiye doğru geleneksel ileri akışın tersi yönde bir akışı meydana getirmiştir (Kaçtıoğlu ve Şengül, 2010: 91). İleri yönlü akışın tersine olan bu akış literatürde; Tersine Lojistik (Reverse Logistic), Tersine Dağıtım (Reverse Distribution), Tersine Kanal (Reverse Channel), Geri Dönüş Lojistiği (Return Logistic) ve Tersine Akış Lojistiği (Reverse Flow Logistic) ve Geriye Doğru Lojistik (Retro Logistic) gibi farklı isimler de almaktadır. Bu çalışmada **Tersine Lojistik (Reverse Logistic)** ismi kullanılmıştır.

2.1.1. Tersine Lojistik Tanımı

Geleneksel bir üretim ortamında, tek bir kaynaktan üretilen yeni ürünlerin birden çok hedefe teslim edilmesi işlemine bilindiği gibi "İleriye Doğru Lojistik" (ileriye doğru dağıtım) denmektedir. Diğer yandan, birden fazla kaynaktan elde edilen ve tek bir ürün kazanım tesisine getirilen kullanılmış ürünlerin üretim ortamına tersten akışına da "Tersine Lojistik" veya "Tersine Dağıtım" denmektedir (Gungor ve Gupta, 1999: 827).

Bir diğer tanıma göre ise, Tersine Lojistik, olası bir geri dönüşüm, yeniden üretim veya imha için tüketim noktasından, bir üretim birimine sistematik olarak ürün veya parçaların gönderilmesi sürecidir (Dowlathshahi, 2005: 3455).

Ürün geri kazanım uygulaması, kullanılmış ve geri kazanılmış ürünlerden doğan akımlar için uygun bir lojistik altyapısı ayarlanmasını gerektirir. Kullanılmış ürünlerin eski kullanıcılardan üreticilere ve tekrardan pazara iletilebilmeleri için seçilen fiziksel yerler, tesisler ve ulaşım bağlantıları iyi organize edilmelidir. Birçok geleneksel “ileri” lojistik ortamlarına, ağ tasarımı görevlerini desteklemek için kantitatif modeller hazırlanmıştır. Tersine lojistik ortamları için ise standart bir model kurulamamıştır (Fleischmann vd., 2001: 157). Standart bir model kurulamamasının temel sebebi tersine lojistik ortamlarının belirsizlikleridir. Bu belirsizliğe neden olan ileriye lojistik ortamları ile tersine lojistik ortamları arasındaki farklılıklar aşağıdaki gibidir.

Tablo 1: İleriye ve Tersine Lojistik Arasındaki Farklar

İleriye Doğru Lojistik	Tersine Lojistik
Tahmin yapmak oldukça basittir	Tahmin yapmak daha zordur
Taşıma bir noktadan çok merkezedir	Taşıma çok merkezden bir noktayaadır
Ürün kalitesi tekdüzedir	Ürün kalitesi değişkendir
Ambalaj tekdüzedir	Ambalaj genellikle tahrip olmuştur
İzlenecek rota nettir	İzlenecek rota net değildir
Dağıtım kanalları standarttır	Dağıtım kanalları sabit değildir
Tasarruf seçenekleri nettir	Tasarruf seçenekleri net değildir
Fiyatlandırma oldukça tekdüzedir	Fiyatlandırma bir çok faktöre bağlıdır
Hız önemli bir faktördür	Hız genellikle bir öncelik değildir
Maliyetler muhasebe sistemleri tarafından yakından takip edilir.	Maliyetler daha az takip edilir
Stok yönetimi tutarlıdır	Stok yönetimi tutarlı değildir
Ürün yaşam döngüsü yönetilebilir	Ürün yaşam döngüsü sorunları daha karmaşıktır
Partiler arası mukayese basittir	Partiler arası mukayese daha fazla değerlendirileceğinden karmaşıktır
Pazarlama metotları iyi bilinir	Pazarlama metotları bir çok faktörden dolayı karmaşıktır
Ürünü izlemek için gerçek zamanlı bilgi kolayca kullanılabilir	Süreç görünürlüğü daha az şeffaftır

Kaynak: Tibben-Lembke ve Rogers, 2002: 276

Bir diğer şekilde ifade etmek gerekirse; tersine lojistik, yeniden değer elde etmek veya uygun şekilde imha etmek için tipik nihai yerlerinden ürünlerin taşınması prosesidir. Yeniden üretim (remanufacturing) ve yenileştirme (refurbishing) aktiviteleri de tersine lojistik kavramı içerisinde yer almaktadır. Tersine lojistik, konteynerlerin yeniden kullanımı ve ambalaj malzemelerinin geri dönüşümünden daha fazlasını ifade etmektedir. Daha az malzeme kullanarak paketlenme işleminin yeniden dizayn edilmesi ya da enerji ve kirliliğin azaltılması, ulaştırmanın önemli aktivitelerindendir. Ayrıca, tersine lojistik, hasar nedeniyle geri dönmüş malların yeniden işlenmesi, sezonluk stoklar, yeniden stoklama, hurda, geri çağırma ve aşırı stok gibi kavramları da içermektedir. Bu kavramlara ek olarak, geri dönüşüm

programları, tehlikeli madde programları, eski ekipmanların elden çıkarımı ve varlık geri kazanımı kavramlarını da tersine lojistik kavramı çerçevesinde sıralayabiliriz (Rogers ve Tibben-Lembke, 1998: 2-3).

Yukarıda da ifade edildiği gibi tersine lojistik kavramı yalnızca geri dönüşüm, yenileme, yeniden üretim gibi faaliyetleri içermemekte çok daha geniş bir yelpaze sunmaktadır. Fakat çalışma yeniden üretim (remanufacturing) ile ilgili olduğu için bu kavramın üzerinde daha fazla durulmuştur.

2.1.2. Tersine Lojistik Faaliyetleri

Tersine lojistik, uygulamada gelenekselleşen beş temel faaliyet alanından oluşmaktadır. Bunlar (Demirel ve Gökçen, 2008: 905);

Toplama (Collection): Tüm aktivitelerde mevcut kullanılan öğeleri (ürün, bileşen, veya malzeme) birleştirme ve fiziksel olarak başka bir işlem için başka bir noktaya taşınması işlemidir. Bu işlem ürün satın alma, taşıma ve depolama süreçlerini içerebilir (Kumar ve Malegeant, 2006: 1129).

Sınıflandırma (Grading): Planlanan geri kazanım opsiyonuna (yeniden imalat, geri dönüşüm, tamir, parça alma gibi) bağlı olarak ürünlerin kalitelerine ve izleyecekleri rotalara göre tasnif edilmesi işlemidir. Genellikle müşteriye yakın yerlerde gerçekleştirilerek kalite şartlarını sağlamayan ürünlerin taşınması engellenmeye çalışılır (Demirel ve Gökçen, 2008: 905).

Ayrıştırma (Seperation): Geri dönüşüm amacı ile toplanan malzemelerin bu amaca hizmet edebilmeleri için, seçilen değerlendirme yönteminin gerektirdiği şekil ve titizlikte ayrılmaları şarttır. Ayrıca, toplanan malzemenin içine karışmış durumda olan istenmeyen maddeler de bu aşamada elimine edilmektedir. Ayırma çeşitleri; İlkel ayırma, Kaynakta Ayırma, Toplama Sırasında Ayırma ve Ayırma Tesisinde Ayırma olmak üzere dört şekilde gerçekleştirilmektedir (Şengül, 2010: 79).

Yeniden İşleme (Re-processing): Yeniden işleme kullanılan bir ürünün tekrar kullanılabilir bir ürün haline dönüştürülmesi demektir. Bu dönüşüm tamir, geri dönüşüm, ve yeniden üretim gibi farklı şekillerde gerçekleştirilebilir (Fleischmann, 2000: 50). Genellikle, yeniden işleme aşaması tersine lojistik ağı içinde en yüksek yatırımı gerektirir. Özel yeniden üretim veya geri dönüşüm ekipmanları için

katlanılan maliyetler büyük ölçüde tüm zincirin ekonomik canlılığını etkiler (Fleischemaan, 2001: 5)

Yeniden Dağıtım (Re-distribution): Yeniden kullanılabilir ürünlerin yeni pazarlara pazarlanması ve potansiyel yeni kullanıcılara fiziksel olarak yönlendirilmesidir. Bu süreç satış aktiviteleri, ulaşım ve depolama faaliyetlerini içerir (Kumar ve Malegeant, 2006: 1129).

Yukarıda açıklanan faaliyetler içerisindeki “yeniden işleme” bir çok geri kazanım seçeneğini içermektedir. Bir sonraki kısımda tersine lojistik faaliyetlerindeki geri kazanım seçeneklerinden bahsedilmektedir.

2.1.3. Tersine Lojistik Faaliyetlerinde Geri Kazanım Seçenekleri

Bütün ürün geri kazanım seçenekleri kullanılmış ürünlerin ve parçaların toplanmasını, yeniden işlenmesini ve yeniden dağıtımını içerir. Temel farklılık yeniden işleme seçenekleri arasındadır. Aşağıda yeniden işleme seçenekleri incelenmektedir;

Tamir (Repair): Tamirin amacı, kullanılan ürünleri “çalışır vaziyette” ürünler haline getirmektir. Tamire uğramış ürünlerin kalitesi genellikle yeni ürünlerin kalitesinden çok daha azdır (Kumar ve Malegeant, 2006: 1129). Ürünlerin tamiri tespit ve/veya kırık (bozuk) parçaların değiştirilmesi evrelerini içerir. Diğer parçalar temel olarak etkilenmez. Tamir çoğunlukla sadece bazı parçaların sökülmesi ve takılmasını gerektirir. Tamir işlemleri, müşterinin olduğu yerde veya üretici kontrollü onarım merkezlerinde yapılabilir (Thierry vd., 1995:118).

Yenileştirme (Refurbishing): Yenileştirmenin amacı, kullanılan ürünleri belirlenen kalite seviyelerine getirmektir. Kalite standartları yeni ürünlere nazaran daha az sıkıdır. Kullanılan ürünlerin modüller halinde demontajından sonra, bütün kritik modüller kontrol edilir ve sabitlenir veya değiştirilir. Onaylanan modüller, yenileştirilmiş ürün ile yeniden birleştirilir. Bazen ürün yenileştirme sürecinde eski modüller, teknik olarak daha iyi olan modül ve parçalarla değiştirilerek, ürünün iyileştirilmesi gerçekleştirilir. Bu işleme askeri ve ticari uçakların yenileştirilmesi örnek teşkil edebilir. Yenileştirme uçakların kalitelerini ve servis ömürlerini önemli

ölçüde geliştirir. Ancak, kalan servis ömrü genellikle yeni uçak ortalama hizmet ömrüne göre daha azdır(Thierry vd., 1995: 119).

Yeniden Üretim (Remanufacturing): Atıkların kırılmış/eskimiş parçaları kapsamlı bir şekilde incelenip, ürün tamamen demonte edilerek yeni ürün kadar kaliteli ürün elde edilmesi için gereken işlemlerinin yapılmasıdır (Şengül, 2010: 47). Yeniden üretimin amacı kullanılan ürünleri yüksek kalite standardına sahip yeni ürünler haline getirmektir. Kullanılan ürünler tamamen demonte edilmekte ve bütün modülleri kapsamlı olarak kontrol edilmektedir. Yıpranmış ve eskimiş parça ve modüller yenileri ile değiştirilip, tamir edilebilir parça ve modüller, sabit ve yoğun olarak test edilmektedir. Onaylanan parçalar modüller halinde alt montajdan geçer ve daha sonra yeniden üretilmiş ürünlerin içerisine monte edilir. Yeniden üretim, teknoloji yükseltme ile birlikte kullanılabilir. Örneğin, kullanılmış makine parçaları genellikle “daha yeni” kalite ve teknoloji ile, yeni makine maliyetinin %50-60’ı arasında bir maliyetle yenilenebilir. BMW yıllardır motor, marş motoru ve alternatörler gibi yüksek maliyetli parçaları yeniden üretim sürecine sokmaktadır. Yeniden üretilmiş parçalar BMW alım-satım bölümü tarafından yüksek kalite standartlarına göre test edilmektedir. Yenilenen parçalar aynı kalite ve garanti koşullarında ve yeni parçalardan %30-50 arası daha uygun fiyata yeniden satılmaktadır (Thierry vd., 1995: 119).

Parça Alma (Cannibalization): İlk üç geri kazanım seçeneğinde kullanılmak üzere, nispeten az sayıdaki yeniden kullanılabilir parçaların veya modüllerin kurtarılmasıdır (Kumar ve Malegeant, 2006: 1129). Bu parçalar, tamir, yenileştirme veya diğer ürünlerin ve parçaların yeniden üretimi ile tekrar kullanılacak hale getirilir. Parça alınan kısımlar için kalite standardı, yeniden kullanılacağı sürece bağlıdır(Thierry vd., 1995:119).

Geri Dönüşüm (Recycling): Atıkların bir üretim prosedürüne tabi tutularak orijinal amaçlı ya da enerji geri kazanımı hariç olmak üzere organik dönüşüm dahil diğer amaçlar için yeniden kullanılmasıdır. Geri dönüşüm ile katı atık içindeki değerlendirilebilir nitelikteki maddeler ekonomiye tekrar kazandırılır (Kaçtıoğlu ve Şengül, 2010: 93).

Ürün geri kazanım seçenekleri arasındaki farklı karakteristik özellikler ve temel farklılıklar aşağıdaki Tablo 2’de özetlenmektedir.

Tablo 2: Ürün geri kazanım seçeneklerinin karşılaştırılması

	Demontaj Seviyesi	Kalite Gereksinimleri	Sonuçta ortaya çıkan ürün
Tamir	Ürün Düzeyi	Ürünü çalışır vaziyete geri getirme	Bazı kısımlar sabitlenir veya yedek parça ile değiştirilir.
Yenileştirme	Modül Düzeyi	Tüm kritik modülleri incelemek ve belirlenen kalite düzeyine getirmek	Bazı modüller tamir edilir/ değiştirilir; Potansiyel yükseltmeler uygulanır
Yeniden Üretim	Parça Düzeyi	Tüm modülleri ve parçaları kontrol etmek ve yeni kalite düzeyine yükseltmek	Kullanılmış ve yeni modüller/ parçalar birleştirilir; Olası yükseltmeler yapılır
Parça Alma	Seçici Parça Alımı	Yeniden kullanılan parçaların sürecine göre değişir	Bazı parçalar tekrar kullanılır; kalanlar geri dönüşüm/imha yapılır
Geri Dönüşüm	Malzeme Düzeyi	Orijinal parçaların üretimi için yüksek diğerleri için daha az	Malzemeler yeni ürünün üretiminde yeniden kullanılır

Kaynak: Thierry vd., 1995: 120

Yukarıda bahsedilen ürün geri kazanım yöntemlerinden Yeniden Üretim (Remanufacturing) çalışmanın temelini oluşturduğundan dolayı bir sonraki kısımda ayrıntılı olarak incelenmiştir.

2.2. YENİDEN ÜRETİM

21. yüzyılın başlarında, endüstriyel ürünlere olan talep gitgide artmakta ve tüketimdeki gelişme çekici bir hal almaktadır. Şirketler ise buna cevap olarak sunduğu ürünleri daha da çeşitlendirmekte ve daha fazla yığın üretim yapmaktadır. Bu üretim eğiliminin sonucu olarak, ürün yaşam döngüsünün her aşamasında ve özellikle ömrünün sonunda yok edilmesi, çevre üzerinde çok büyük etkiye sahip hale gelmektedir. Buna bağlı olarak büyük miktarda hammadde, su ve enerji tüketen üreticiler için çevre üzerindeki etkilerini sınırlandırmaları gerekliliği ortaya çıkmıştır (Zwolinski vd., 2006: 1333). Merkezi yönetimler bu sınırlandırmaları uygulatabilmek adına endüstriyel çevrelere yasal yükümlülükler getirmektedir. Yasalarla korunan bu sınırlandırmalar aslında şirketler açısından hem geri dönüşler

sayesinde ucuz girdi sağlandığından ekstra kazanç sağlamakta, hem de işletmenin çevre bilinci kazanmasına katkıda bulunmaktadır. Tüm bu gelişmeler işletmeleri yeniden üretim faaliyetleri yapmaları için zorlamakta ve aynı zamanda da teşvik etmektedir.

2.2.1. Yeniden Üretim Tanımı

Yeniden üretim “yıpranmış ürünleri yeni duruma dönüştüren endüstriyel bir süreç” olarak tanımlanabilir. Kullanım ömrünü tamamlamış bir ürünün tamamen sökülüp bir dizi endüstriyel sürecin fabrika ortamında uygulanmasıdır. Kullanılabilir parçalar temizlenir, yenilenir ve stoka girişi yapılır. Daha sonra bu stokta olan eski parçalardan, yenisiyle tamamen eşdeğer hatta bazen de daha yüksek performansta parçalar üretilir ve bu parçalar bir araya getirilerek yeni ürün oluşturulur. Bu yeni üründen beklenen, orijinal yeni ürünün yaşam süresi kadar hizmet vermesidir (Souza vd., 2002: 233).

Yeniden üretim işlemi tersine lojistik, ayırma, sınıflama ve yeniden birleştirmeyi içermektedir. Yeniden üretim kavramı ile birlikte işletmeler bir takım yeni sorunlar ile yüz yüze kalmışlardır. Sanayi dallarına göre farklılık göstermekle birlikte yeniden üretim uygulamak isteyen işletmeler lojistik, ürünleri bileşenlerine ayırma, yeniden birleştirme ve pazarlama konularında örgütsel yapılarını yeniden işbirliğine açık olacak şekilde yapılandırmak zorundadırlar (Gürler, 2010: 23).

Yeniden üretim sistemleri, geleneksel üretim sistemlerindeki gibi operasyonel, üretim, stok, dağıtım ve pazarlama ile ilgili kararlar içerir. Genellikle yeniden üretim sistemlerine, geleneksel üretim sistemleri için uygulanan yöntemler uygulanamaz. Yeniden üretim ortamları son derece esnek bir yapıda karakterize edilmelidir. Esneklik ortaya çıkabilecek belirsizlikleri engellemek için gereklidir (Gungor ve Gupta, 1999: 827). Tablo 3'de yeniden üretim ortamları ve geleneksel üretim ortamları karşılaştırılmaktadır:

Tablo 3: Yeniden üretim ve geleneksel üretim ortamlarının karşılaştırılması

Faktörler	Yeniden Üretim Ortamları	Geleneksel Üretim Ortamları
Çevresel	Aşırı üretim atıklarını önlemeye çalışır	Üretim öncesine odaklanarak çevreye duyarlı tasarım ve imalat Kirliliği önleme ve iyileştirme
Lojistik	İleriye ve geriye akış Belirsiz geri dönüş zamanı ve miktarı Arz odaklı akış	Açık çevrim ileri akış Geri dönüş yok Talep odaklı akış
Üretim Planlama ve Kontrol	Talepleri geri dönüşlerle dengeleme gereksinimi Malzeme geri kazanımında belirsizlik Olasılıklı rota ve işlem zamanları Üretim sistemi üç temel bileşenden oluşur: Demontaj, Yeniden Üretim ve Montaj	Talep dengeleme gereksinimi yok Malzeme planlaması kesindir Belirli rotalar ve daha stabil işlem zamanları Üretim sistemi iki temel bileşenden oluşur: Üretim ve montaj
Tahmin	Hem kullanılmış ürün hem de son ürünün talep tahmini Malzeme geri kazanım oranları belirsiz olduğundan dolayı parça ihtiyacını tahmin etme gerekliliği	Tahmin sadece nihai ürün için gereklidir Parçaların hiçbirinde tahmine gerek yoktur
Satın Alma	Değişken geri kazanım oranlarına bağlı olarak yüksek belirsizlikte malzeme ihtiyaçları Kullanılmış parçalar ve bileşenler, yedek parçalar ve bileşenler	Malzeme ihtiyaçları belirlidir Hammaddeler, yeni parçalar ve bileşenler
Stok Kontrol ve Yönetimi	Çeşitleri: temel parçalar, yeniden üretilmiş parçalar, yeni parçalar, yeni ve yeniden üretilmiş yedek parçalar, orijinal ekipmanlar, üretilmiş parçalar Bütün parça tipleri için gerekli hesaplamalar ve izlemeler yapılmalı	Çeşitleri: hammaddeler, yarı mamüller ve nihai ürünler Yarı mamüller ve nihai ürünler için gerekli hesaplamalar ve izlemeler yapılmalı

Kaynak: Guide ve Jayaraman, 2000: 131

Yeniden üretim endüstrisinin, oynadığı en önemli rollerden biri de çevreye verilen zararı azaltmasıdır. Yeniden üretim, yeniden kullanılabilecek hammadde miktarını arttırmakta ve yeryüzünü kirleten atıkları önemli miktarlarda azaltmaktadır.

Diğer yandan, yeniden üretimin ekonomik faydaları da göz ardı edilemeyecek kadar fazladır. Örneğin; çevreyi korumak ve çevreci üretim yapmak adına ABD’de bir çok kanun şirketleri yeniden üretim yapmaya teşvik etmektedir. ABD’de yeniden üretim endüstrisi, 70.000 küçük büyüklü işletmenin 480.000 kişiyi istihdam etmesiyle 53 milyar dolarlık bir iş hacmi oluşturmaktadır. Dünya çapında ise yeniden üretimden sağlanan enerji tasarrufu 5 tane nükleer güç santralının bir yılda ürettiği enerjiye eşittir. Bununla birlikte, bir trenin boyunun 1.7 km olduğunu düşünürsek yeniden üretim sayesinde malzemeden tasarruf edilen miktar 155.000 treni tamamen dolduracak malzemeye eşittir (Shah, 2005: 3-4).

Yeniden üretim hakkında yapılan tanımların ardından bir sonraki kısımda Dünya’da yeniden üretim hakkında yapılan çalışmalar ve bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar değerlendirilip, literatür gözden geçirilmiştir.

2.2.2. Yeniden Üretim Literatür Taraması

90’lı yılların başlarında itibaren Dünyanın ekolojik yapısının bozulması özellikle sanayileşmesini tamamlamış ve gelişmekte olan ülke yönetimlerini harekete geçirmiş ve üreticilere çevreye duyarlı üretim yapmaları konusunda yasal zorunluluklar getirmişlerdir. 2000’li yıllara gelindiğinde ise yeniden üretim, geri dönüşüm gibi çevreye duyarlı üretim uygulamaları şirketler için yasal zorunluluk olmaktan çıkmış ve üretime ucuz girdi sağlaması açısından tercih edilen uygulamalar haline gelmiştir. Günümüzde Dünya üzerinde bir çok şirket hem üretime ucuz girdi sağladığından hem de sosyal sorumluluk görevlerini yerine getirmek adına Yeniden üretim uygulamalarını destekler hale gelmişlerdir. Çalışmanın bu kısmında Dünyanın çeşitli yerlerinde gerçekleştirilen yeniden üretim faaliyetleri incelenmiş ve literatür kronolojik sıraya göre taranmıştır.

Clegg ve diğerleri (1995) çalışmalarında, üretim sistemlerinin yeniden üretim kapasiteleri ile ilgili bir doğrusal programlama modeli sunmuşlardır. Bu model hem farklı maliyet yapılarındaki yeniden üretim faaliyetlerinin uzun dönemdeki kalıcılığı üzerindeki etkisinde hem de kısa dönemli operasyon yönetimi sorunlarında kullanılabilmektedir.

Guide ve diğerleri (1998) çalışmalarında, yeniden üretim ortamlarında ürün yapısının karmaşıklığından kaynaklanan belirsizlik üzerinde durmuşlar ve mevcut kullanımda olan kapasite planlarının yeniden üretim sistemlerinde beklentileri karşılamadığını tespit etmişlerdir.

Krikke ve diğerleri (1998) çalışmalarında, bir ürün tipi için optimal ürün geri kazanım ve imha stratejisini belirleyen kapsamlı bir model geliştirmişlerdir. Modeli geliştirirken geri dönüşlerde teknik, ticari ve ekolojik belirsizliklerden kaynaklanan kalite farklılıkları üzerinde durmuşlardır. Optimizasyon genel net kar üzerinden yapılmış ve iki aşamalı dinamik programlama algoritması kullanılmıştır.

Mabee ve diğerleri (1999), yeniden üretim süreci içerisinde ürün tasarımının önemine dikkat çekmişlerdir. Çalışmalarında yeniden üretim kararlarının işlevselliğini arttırmak adına tasarım değerlendirme aracı geliştirmişlerdir.

Guide ve Jayaraman (2000) yaptıkları çalışmada Kuzey Amerika'daki yeniden üretim firmalarının mevcut sanayi uygulamaları hakkında kapsamlı bir rapor hazırlamışlardır. Bu çalışma ürün toplama yöntemini izlemek, koordine etmek ve tersine lojistik ile üretim planlama ve kontrol aktiviteleri arasında bir ara yüz sağlamak için bir çerçeve önermektedir. Sonuçta; yeniden üretim sistemlerinin doğasından kaynaklanan değişkenliği azaltmak için bir eylemler dizisi önerilmektedir.

Klausner ve Hendrickson (2000), geliştirdikleri modelde geri alıma ayrılan bütçenin miktarını ve tersine lojistiğin birim maliyetini optimize etmişlerdir. Uygulamalarını elektrikli aletler için yapmışlar ve hala kullanımda olan geri alım programına dayanan deneysel veriler kullanmışlardır.

Guide ve Van Wassenhove (2001) çalışmalarında, yeniden kullanım aktivitelerinin karlılık analizi için ve ürün geri dönüş yönetiminin operasyonel gereksinimlere etkisini göstermek adına bir çerçeve geliştirmişlerdir. Yazarlar bu modelle, geri dönen telefonların kalitesini yönetmek için işlem sürelerindeki değişkenliği azaltmaya çalışmışlardır.

Souza ve diğerleri (2002), geleneksel üretimle yeniden üretimin optimum ürün karışımını bulmak için hizmet seviyesi kısıtlarını göz önünde bulundurarak sezgisel tarama tabanlı bir simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Yeniden üretilen ürünlerin kar maksimizasyonu ve ortalama çevrim süresi minimizasyonu

gereksinimlerini karşılayacak karar alma süreçlerinde, güncel uygulamalar kullanılmıştır.

Kiesmüller (2003) çalışmasında, doğrusal bir maliyet yapısı, sonlu bir planlama ufku, deterministik ve dinamik talep ve getiri varsayımları altındaki sistem için optimal üretim maliyeti ve imha oranlarını belirleyecek bir stokastik geri kazanım sistemini incelemiştir.

Guide ve diğerleri (2003), yeniden üretimde fiyat ve karlılık üzerinde durmuşlar ve optimal fiyatı belirlemek ve bu fiyata karşılık gelen karlılığı ölçmek için bir çerçeve geliştirmişlerdir. Çalışmalarını cep telefonu endüstrisinde uygulamışlardır.

Ferrer ve Ketzenberg (2004), bilginin verim üzerindeki etkisini ve tedarikçi teslim süresinin üretim maliyetlerine etkisini değerlendirmek için dört karar verme modeli geliştirmişlerdir. Her model stokastik dinamik programlama (Markov Karar Süreci) kullanılarak, sonsuz bir ufukta formüle edilmiştir. Yapılan kapsamlı çalışmalarda karmaşık yapıda çok sayıda parça içeren ürünlerin kısa temin süreleri söz konusu ise yeniden üretmek yerine yeni ürünler kullanılarak üretmenin daha doğru olacağı sonucuna varılmıştır.

Savaskan ve diğerleri (2004) çalışmalarında, kullanılmış ürünlerin toplanmasında uygulanabilecek ters kanal yapısını seçme üzerinde durmuşlardır. Ürünlerin müşterilerden doğrudan toplanması, perakendeci aracılığıyla toplanması ve dış kaynak kullanılarak toplanması durumları incelenmiştir. Sonuçta diğer koşullar sabit kaldığında üretimi yapılacak ürünlerin perakendeciler aracılığıyla toplanmasının en verimli seçenek olacağı gözlemlenmiştir.

Tang ve Grubbström (2005) çalışmalarında, bir üretim/yeniden üretim sisteminin stokastik teslim süreleri ve sabit talep altındaki durumunu incelemiştir. Yazarların önceki çalışmaları temel alınarak, stokastik teslim süreli bir stok sistemini tanımlamak için modeller geliştirmişlerdir. Teslim sürelerinin tek düze dağılımlı olduğunu varsaymışlardır.

Van der Laan ve Teunter (2006), üretime göre daha ucuz bir alternatif olan yeniden üretimde talep ve birim geri dönen ürünün konu alındığı bir stok sistemi üzerinde durmuşlardır. Yazarlar önerilen modelde itme-çekme sistemleri için sezgisel yaklaşım kullanmışlardır.

Franke ve diğerleri (2006), yeniden üretimin kapasite planlaması ve üretim programları için doğrusal bir model geliştirmişlerdir. Periyodik uyum içerisinde var olan bir yeniden üretim tesisinin planlamasını desteklemek için hızlı değişen ürün, süreç ve pazar kısıtlamaları altında ayrık olay simülasyon uygulamışlardır. Simülasyon modeli, doğrusal optimizasyon yaklaşımının sonuçları kullanılarak bir algoritma ile üretilmiştir.

Linton (2008) çalışmasında, yeniden üretilen ürünlerin karlılığını belirlemede etkili olan faktörler üzerinde durmuştur. Bu faktörlerden elde edilen sonuçlarla yeniden üretimdeki ürün çeşitliliğinin ekonomik rasyonelliğe etkisini değerlendirmek için bir teknik geliştirilmiş ve uygulanmıştır. 49 denek üzerinde yapılan çalışmada yazar, orijinal ekipman üreticilerinin müşterilerine hem yeni hem de yeniden üretilen ürünleri sunmasıyla daha fazla kar edecekleri sonucuna ulaşmıştır.

Östlin ve diğerleri (2008) çalışmalarında, yeniden üretime konu olacak kullanılmış ürünlerin toplanması için yedi farklı tipte kapalı çevrim ilişki tanımlamışlardır. Oluşturulan çerçevede farklı tipteki ilişkiler arasındaki avantajları ve dezavantajları değerlendirmişler ve tanımlanan bu ilişkiler sayesinde kapalı çevrim tedarik zinciri ve yeniden üretim hakkında anlaşılabilir değerli birikimler edinmişlerdir.

Li ve diğerleri (2009), simüle edilmiş yeniden üretim sisteminin optimizasyonu için melez hücre tabanlı genetik algoritma kullanmışlardır. Geliştirilen algoritma yeniden üretim sistemlerindeki üretim planlama ve kontrol politikalarının optimizasyonu için kullanılmıştır. Örnek vaka çalışması Amerika’da yeniden üretim yapan bir tesiste gerçekleştirilmiştir.

Amaya ve diğerleri (2010) çalışmalarında, yeniden üretilmiş ürünlerin ürün yaşam döngüsü ile klasik ürün yaşam döngüsü senaryolarını çevre açısından inceleyip karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir. Çalışmanın amacı kapalı çevrim strateji kullanmanın çevreye olan yararlarını tasarımcılara kanıtlamak ve kolaylıkla uygulanabilir metotlar ve araçlar sağlamaktır. Uygulama dizel kamyon motorlarına enjeksiyon sistemi üreten bir tesiste gerçekleştirilmiştir.

Galbreth ve Blackburn (2010) çalışmalarında, genellikle değişkenlik ve belirsizlik gösteren satın alma maliyeti, hurda maliyeti gibi yeniden üretim maliyetlerini incelemişlerdir. Yeniden üretim için değişken koşullar ve maliyet

yapıları altında minimum toplam beklenen maliyeti sağlayan satın alma miktarları üretmişlerdir. Yazarlar önerdikleri modeli cep telefonu ve görüntüleme cihazları endüstrisine uygulamış ve bu endüstrideki güncel verilerle uygulamalarını gerçekleştirmişlerdir.

Jaber ve El Saadany (2011), literatürdeki mevcut modellerde, üretim ve yeniden üretim süreçleri için öğrenme etkisinin tartışılmadığını iddia ederek, öğrenme etkilerini modellemişlerdir. Yazarlar çalışmalarında üretim, yeniden üretim ve atık yönetimi modellerini genişleterek hem üretim hem de yeniden üretim süreçlerine öğrenme etkisini de dahil etmişler ve aynı zamanda öğrenme sayesinde yapılacak iyileştirmelerin sermaye yatırımı gerektirdiğini varsaymışlardır. Geliştirdikleri matematiksel modelleri, sayısal örneklerle açıklamışlardır.

Huang ve diğerleri (2012), miktar indirimi stratejisini araştırmak için kapalı-çevrim tedarik zincirinde matematiksel bir model oluşturmuşlardır. Bir üretici ve bir perakendeci için oluşturulan model kullanılıp analizler gerçekleştirilerek fiyatlandırma stratejileri geliştirilmiştir. Yapılan örnek hesaplamalarda miktar indirimlerini koordine eden stratejilerin üretici ve perakendecilere büyük kar olanakları sağladığı açıkça gözlemlenmiştir.

Naeem ve diğerleri (2012) çalışmalarında, üretim ve yeniden üretim için tek ögeli dinamik parti büyüklüğü problemini incelemişlerdir. Talepleri ve geri dönüşleri hem stokastik hem de deterministik olarak kabul edilmiştir. Her deterministik ve stokastik model için bir sayısal örnek yapılmıştır. Daha sonra modelin nasıl uygulanacağını göstermek için ve yapılabilirliğini kanıtlamak için çalışmalar yapılmıştır.

Dünya’da yeniden üretim faaliyetleri konusunda bir çok çalışma yapılmış olmasına rağmen Türkiye’de yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır.

Aras ve diğerleri (2004) çalışmalarında, iade edilen ürünlerin kalite tabanlı sınıflandırılmasının etkilerini değerlendirmek için bir yaklaşım sunmuşlardır. Sürekli zaman markov zinciri modeli ile yaptıkları sayısal çalışmalar sayesinde, yeniden üretim ve imha kararlarına, geri dönen ürünlerin kalite durumlarının dahil edilmesiyle önemli miktarlarda tasarruf sağlanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Yüksel ve Çelikoğlu (2004) yaptıkları çalışmada yeniden üretim faaliyetleri ile geleneksel üretim faaliyetleri arasındaki farklılıklara değinmişlerdir. Ayrıca

geleneksel üretim faaliyetlerinde kullanılan Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP)'nın yeniden üretim faaliyetlerinde kullanımını örneklerle açıklamışlardır.

Karademir ve diğerleri (2005) yaptıkları çalışmada yeniden üretimin kullanım alanlarını araştırmış yeniden üretimde karşılaşılan sorunlara değinmiş ve geliştirilen çözümleri incelemiştir. Araştırma sonucunda, yeniden üretimin faydaları ve ülke ekonomileri üzerindeki etkileri irdelenmiştir.

Gürler (2007) yaptığı çalışmada mevcut literatürü gözden geçirerek yeniden üretim endüstrisinin yaptığı etkileri irdelenmiş ve yapılan çalışmaları inceleyerek analiz etmiştir.

Türkiye'de Yeniden üretim sürecinin stok yönetimi ve stok kontrol politikalarını inceleyen bir çalışma olmamakla birlikte, Dünya'da bu konuda bazı çalışmalar mevcuttur.

Van der Laan ve diğerleri (1996), yeniden üretim sistemlerinde kullanılmak üzere bir stok modeli geliştirmişlerdir. Sezgisel modeller geliştiren ekip modelden çıkarma fonksiyonunu da dahil etmiştir. Çalışmada, stok seviyesinin istenmeyen bir düzeye çıkmasını önlemek adına, ayrıştırma tesislerinde kullanılmış parçaların elden çıkarılması fikri üzerinde durmuşlardır.

Van der Laan ve Solomon (1997) çalışmalarında, üretim, yeniden üretim ve bertaraf işlemlerine dair stokastik bir stok sistemi geliştirmişlerdir. Geri dönen tüm ürünlerin yeniden üretildiği veya hiçbir planlama yapmadan bertaraf edildiği bir kontrol sistemi geliştirerek, üretim, yeniden üretim ve bertaraf işlemlerinin verimli bir şekilde koordine edilmesi için stratejiler geliştirmişlerdir.

Van der Laan ve diğerleri (1999) üretim ve yeniden üretim işlemlerinin aynı anda meydana geldiği sistemlerin üretim planlaması ve stok kontrolü üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu hibrit sistem için bir itme kontrol stratejisi ve bir de çekme kontrol stratejisi geliştirerek, yeniden üretimin dahil edilmediği geleneksel itme stratejisi ile yeniden üretimin dahil edildiği çekme stratejisini karşılaştırmışlardır.

Kongar ve Gupta (2000) çalışmalarında karar vericilerin kendilerine özgü tercihlerine yönelik bir yeniden üretim tedarik zinciri ortamında, planlanan ve planlanmayan stokların kabul edilebilir tolerans sınırlarını belirlemek için kantitatif bir metodoloji sunmuşlardır. Bu amaçla, izin verilen stok seviyesi için benzersiz bir çözüm sağlayan bir tamsayılı hedef programlama modeli sunulmuştur. Sunulan

model kabul edilebilir bir kar seviyesi yerine getirirken aynı anda ek hedeflerin tatmin edilmesi yeteneğine de sahiptir.

Inderfurth ve Van der Laan (2001) yaptıkları çalışmada uygun bir stok konumu belirleyerek basit politikaların performansını önemli ölçüde geliştirebildiğini göstermişlerdir. Belirli bir dışsal sabit yerine yeniden üretim bekleme zamanını bir karar değişkeni olarak belirlemişlerdir. Bu bekleme zamanı değiştirilerek sistem maliyetlerinin etkilenebildiği sonucuna varmışlardır.

Mahadevan ve diğerleri (2003) yaptıkları çalışmada yeniden üretim kapsamında, üretim kontrolü, stok yönetimi ve ürün kurtarma operasyonuna odaklanmışlardır. Çalışmada poisson sürecine göre geri ürün akışı olan bir yeniden üretim tesisi kullanılmıştır. Karar problemi olarak yeniden üretim tesisine giren ürün miktarı ve üretilen yeni ürünlerin miktarı düşünülmüş ve yeniden üretilen ürünlerin yenileri kadar iyi olduğu varsayımında, iki kararı bir araya getiren bir "itme" politikası kullanmışlardır. Getiri oranları, backorder maliyetleri ve üretim ve yeniden üretim teslim sürelerinin sistem performansını araştırarak en uygun çözüm için yaklaşık olarak alt ve üst sınırlar geliştirmişlerdir.

Zhou ve diğerleri (2006) çalışmalarında hem üretim hemde yeniden üretim sistemlerini içine alan bir hibrit sistem ele almışlardır. Otomatik bir boru hattının üretim döngüsüne dair bir stok kontrol politikası geliştirerek, stok ve sipariş bazlı bir üretim kontrol sistemi üzerine çalışmışlardır. Yeniden üretim döngüsünde geleneksel bir çekme sistemi sunan bir Kanban politikasını yürütmüşlerdir. Metodoloji olarak kontrol teorisi ve simulasyon kullanmışlardır. Belirtilen hibrit sistemin dinamik performansını analiz eden çalışma, geri dönüş verimleri ve yeniden üretim/üretim bekleme zamanlarının değiştirilerek sistem dinamikliğinin artırılacağı sonucuna varmıştır.

Takahashi ve diğerleri (2007) üretim ve bertaraf ile ilgili bir yeniden üretim sistemini göz önünde bulundurarak parça ve ürünlerin üretimi için kullanılan malzeme ve materyallerin, bertaraf atıklarını sınıflandıran bir ayrıştırma sürecini ele almışlardır. Yeniden üretim sistemi için iki kontrol politikası önererek bu önerilen politikaların performansını markov analizi ile analiz etmişlerdir.

Nenes ve diğerleri (2010) hem yeni ürün talepleri hem de kullanılan ürünlerin geri dönüşlerinin stokastik olduğu bir sistem için alternatif politikalar

geliştirmişlerdir. Gerçek bir uygulama problemi için her bir politikanın beklenen maliyeti hesaplanmış ve en uygun politika önerilmiştir. Sayısal örnek çeşitli alternatif senaryolar altında en iyi politikayı belirlemek için çözülmüştür.

Chung ve Wee (2011) küresel ısınma, çevre bilinci ve ürün yaşam döngüsünün kısılmasından kaynaklanan ekolojik koruma çabaları ve kaynak kullanımı için daha fazla harcama yapıldığının bilincinde olduklarından, çalışmalarında kısa yaşam döngüleri ile entegre bir üretim envanter modeli geliştirmişlerdir. Yeşil üretim tasarımları ve yeniden üretim çalışmalarını inceleyerek teorik bir sayısal örnek sunmuşlardır. Bu yeni teknolojinin kullanılmasıyla yeniden üretim oranları ve elde bulundurma maliyetlerinin yeşil tedarik zinciri stok kontrol politikasını etkileyen kritik faktör olduğunu göstermişlerdir.

Dünya'nın çeşitli yerlerinde, özellikle ABD ve Avrupa'da 90'lı yılların ortalarından itibaren yapılan çalışmalar 2000'li yıllara gelindiğinde büyük ivme kazanmış ve bilim adamları için yeni bir çalışma alanı olmuştur. Türkiye'de ise konu üzerinde halen yapılmış çok fazla çalışma bulunmamakla beraber, önümüzdeki yıllar içerisinde konunun önemi daha da iyi idrak edilerek, Türkiye için de "yeniden üretim" bir çalışma alanı haline gelecektir.

2.2.3. Yeniden Üretim Süreci

Yeniden üretim parçaların temizlendiği, kontrol edildiği, ayrıştırıldığı ve imalatla yeniden kullanılabilir hale getirildiği bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Yeniden üretim süreci kullanılmış ürünlerin yeni üretilmiş ürünlerin sahip olduğu fonksiyonel özellikleri kazandırmak için bir dizi endüstriyel işlemin gerçekleştirilmesi olarak da ifade edilebilir (Gürler, 2010:32).

Yeniden üretim faaliyeti genel olarak altı süreçten meydana gelmektedir. Bunlar(Parkinson ve Thompson, 2003: 252);

1. Ayrıştırma (Demontaj)
2. Temizleme
3. Sınıflandırma
4. Yenileme
5. Tekrar Montaj

6. Test

Şekil 10: Yeniden Üretim Süreci



Kaynak: Parkinson ve Thompson, 2003: 252

Ayrıştırma Süreci: Ayrıştırma süreci (Demontaj), kullanılmış ve fonksiyonunu tamamen veya kısmen yitirmiş ürünlerin en alt düzeye kadar bileşenlerine ayrıldığı, yeniden üretim sürecinin ilk aşamasıdır (Guide ve diğerleri, 1999: 760).

Ayrıştırma (Demontaj), işlevini yitirmiş ürünlerden değerli parça, altmontaj ve malzemelerin bir dizi işlemler ile sökülmesi sürecidir. Bu sürecin sonunda, kullanılmış parçalar ve alt montajlar temizlenir, yenilenir, test edilir ve yeniden üretim operasyonlarında kullanılmak üzere parça/alt montaj stoklarına yönlendirilir. Yeniden üretime uygun olmayan geri dönüşümlü malzemeler ise hammadde tedarikçilerine satılarak, depolama tesislerine gönderilmektedir (McGovern ve Gupta, 2007: 694).

Temizleme: Yeniden üretim operasyonlarında bir ürünün yaklaşık %90'ı temizlenir; ancak eğer yeniden üretim ürün tasarımına yönelik değilse bu basit temizlik aşırı zahmetli ve pahalı olabilir. Yaygın temizlik yöntemleri arasında yıkama, pas alma, kumlama, kimyasal temizleme banyoları, sonik banyolar ve basınçlı hava yer almaktadır.

Sınıflandırma: Görsel sınıflandırma fiziksel olarak farklı bileşenleri ayırmaktadır. Özellikle parçalar benzer ise kolay bir sınıflandırma için parçaların tanımlanması gerekir. Bir başka deyişle benzer özellikteki parçaların tanımlanması veya açıkça aralarındaki farklılıklar ortaya konulmalıdır.

İyi olanlara karşı başarısız olan bileşenleri sınıflandırmada, operatörün öznelliğini azaltmak için rasyonel (akılcı) test yöntemleri gereklidir. İş gücünü revize etmek ve daha da az beceri gerektiren işler söz konusu olduğunda kararlar daha

öznelken, teknik tabanlı kriterler söz konusu olduğunda güvenilirliği arttırmak adına daha kolay metotlar kullanılmalıdır (Mabee ve diğerleri, 1999: 360-361).

Yenileme: Yenileme işlemleri içerisinde freze, torna, taşlama, madde birikimi, ısıtma işlemi, kaynaklama, toz boyama, kromlama ve sprey boyama yer almaktadır. Buna örnek olarak krank millerinin bilenmesi ve büyük boy rulmanların rakor işlemi verilebilir.

Yeniden Birleştirme: Genellikle küçük parti montaj hatları üzerinde gerçekleştirilmektedir. Yeni ürün üretiminde yapılan montajda kullanılan teçhizatlar ile aynı güçteki makine ve teçhizatlarla işlemler gerçekleştirilir. Yapılan işlemler otomasyon giderlerini amorti etmeyeceğinden, otomasyon pek tercih edilmez.

Test: Test işleminin yeni ürünlere yapılan işlemle benzer nitelikte olması muhtemeldir. Yeniden üretim yapan şirketlerde bitmiş ürünler, yeni ürün üreten şirketlerin aldığı örneklem yüzdesinden farklı olarak %100 muayene ile test edilmektedir (Parkinson ve Thompson, 2003:252).

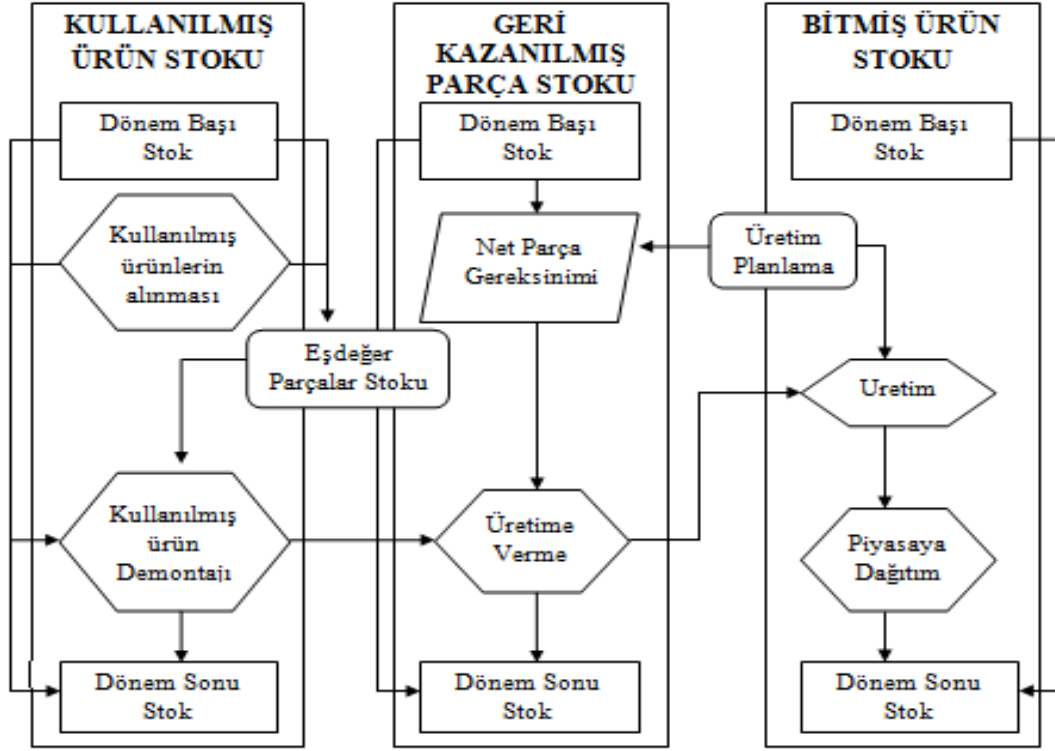
Literatür incelendiğinde çeşitli kaynaklarda “temizleme” ve “sınıflandırma” faaliyetlerinin sırası değişebilse de genel olarak yeniden üretim süreci bu şekilde sıralanmaktadır. Çalışmanın bu kısmında yeniden üretim süreci üzerinde durulduktan sonra bir sonraki kısımda çalışmanın asıl konusu olan yeniden üretimde stok kontrol ve planlama incelenmiştir.

2.2.4. Yeniden Üretimde Stok Kontrol ve Planlama

Yeniden üretim yapan şirketlerin geri dönen kullanılmış ürünlerin, kullanılmış ürünlerden geri kazanılan parçaların ve müşterilere dağıtımını yapılmak üzere hazır bulundurulmuş yeniden üretilmiş ürünlerin stoklarını yönetmesi gerekir. Bu stoklardan her birinin belirsiz tedarik, verim veya piyasa taleplerini göstermek için yönetimin kullandığı bir özdeyiş bile mevcuttur “emniyet veya zarar (buffer or suffer)”. Ancak birbirinden bağımsız olan stok türleri arasında, nerede ve ne kadar emniyet stoku yapılacağı büyük bir yönetim problemidir (Ferrer ve Whybark, 2000: 61).

Şekil 11'de yeniden üretim yapan bir şirketin kullanılmış ürün, geri kazanılmış parça ve bitmiş ürün stokları arasındaki ilişki gösterilmiştir.

Şekil 11: Kullanılmış Ürün, Geri Kazanılmış Parça Ve Bitmiş Ürün Stokları Arasındaki İlişki.



Kaynak: Ferrer ve Whybark, 2000: 61

Yukarıdaki şekil 11'de görüleceği üzere yeniden üretim yapan şirketler için bu üç stok türü de hayati önemde ve birbirleri ile sıkı bir ilişki içerisindedir. Çünkü yeniden üretim yapmak için gerekli olacak kaynak her zaman kullanılmış ürün stokundan karşılanamamakta geri kazanılmış ürün stokundan gerekli kaynak için takviye alınabilmektedir. Kullanılmış ürün stokunda işlevini tamamen yitirdiği için geri dönüşüme yollanmış parçalar söz konusu olduğunda yeniden üretim için gerekli olan parça geri kazanılmış ürün stokundan temin edilebilmektedir. Geri kazanılmış parça stokunda da gerekli parçanın bulunmadığı durumlarda geleneksel stok yönetimi konusu içerisinde incelenen yeni ürün (parça) stokları da yeniden üretim uygulamalarına kaynak sağlayabilmektedir.

Talep ve geri dönüşler arasındaki kuvvetli olmayan ilişki (korelasyon) problemi istenmeyen aşırı stoklara neden olabildiği gibi, gerekli birimlerde aksam ve parçaların karşılanamadığı durumlarda stok sıkıntısına da neden olabilmektedir. Bir ürünün yaşam döngüsünün evreleri ve teknolojik değişimin hızı da dahil olmak üzere

bir dizi faktör talep ve geri dönüşler arasındaki ilişkiyi etkileyecektir. Bu kuvvetli olmayan ilişki problemi sonucunda ürün geri dönüşleri için miktar ve zaman belirsizlikleri ortaya çıkmaktadır. Bu belirsizlik, yeniden üretim çevrelerinde uygun miktar ve zamanda, kullanılmış parçaların planlama ve kontrolünün daha kompleks bir yapıda olmasından kaynaklanmaktadır (Guide ve diğerleri, 1999: 763).

Çalışmanın bu kısmında yeniden üretimde stok kontrol ve planlama uygulamaları ve stoklar arasındaki ilişki incelendikten sonra, bir sonraki kısımda Türkiye’de yeniden üretim faaliyetleri hakkında genel bir çerçeve oluşturulmuştur.

2.2.5. Türkiye’de Yeniden Üretim

Gelişmekte olan ekonomilerden biri olan ülkemizde geri dönüşüm ve katı atık yönetimi konusunda devlet ve özel sektör düzeyinde birçok çalışma yapılmaktadır. Ülkemizde insanları bilinçlendirmek amacıyla çevre bakanlığı tarafından katı atıklar ve geri kazanımı ile ilgili yapılan çalışmaların bazı sonuçları aşağıda sıralanmıştır (Karademir ve diğerleri, 2005: 530):

- Evsel katı atıkların % 68 ’ini organik atıklar, kalan kısmını ise kâğıt, karton, tekstil, plastik, deri, metal, ağaç, cam ve kül gibi maddeler oluşturmaktadır,
- Ülkemizde günde yaklaşık 65 bin ton çöp üretilmektedir,
- Ülkemizde ve dünyadaki katı atıkların yönetiminin üç temel ilkesi bulunmaktadır. Bunlar az atık üretilmesi, atıkların geri kazanılması ve atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesidir,
- Çöplerin toplanmasından, depolanması veya bertaraf edilmesine kadar tüm hizmetlerin bir plan çerçevesinde ele alınması ve öncelikle bu atıkların değerlendirilmesi veya geri kazanılmasına, "çevre ile uyumlu atık yönetimi" ile yapılmaktadır,
- Ülkemizde bulunan 3215 belediyeden sadece 11’inde düzenli depolama yapılmaktadır,
- Ülkemizde faaliyette olan bir kompost tesisi bulunmaktadır,
- Türkiye’de atıkların geri kazanımı konusunda uzun yıllardır süre gelen çalışmalar vardır. Cam, kâğıt, karton, plastik ve metal gibi atıklar özellikle çöp dökme sahalarından ve sokak toplayıcıları kanalıyla sokaklardan

toplanmakta ve ham madde kaynağı olarak çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır,

- Türkiye’de çöp miktarının yaklaşık % 15–20 ’sini geri kazanılabilir nitelikli atıklar oluşturmaktadır,
- Evsel atıklar arasında cam şişe ve kavanozların geri dönüşümü ülkemizde oldukça eski yıllara uzanmaktadır. Renklerine göre ayrılan cam sise ve kavanozlar ve diğer cam atıklar kırılarak cam tozu haline getirilir. Cam tozu, kum, kireç taşı ve soda külü ile karıştırılır ve yüksek sıcaklıkta şekillendirilerek yeni ürünlere dönüştürülür,
- Plastik ambalaj atıkları yıkanıp granül haline dönüştürülerek ikincil ürün üretiminde ham madde olarak kullanılmaktadır. Sera örtüsü, otomotiv sektöründe plastik torba, marley, pis su borusu, elyaf ve dolgu malzemesi, araba yedek parçası yapımında kullanılmaktadır,
- Yeni üretime kıyasla, metal ve plastikte % 95 enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Yukarıda da görüldüğü üzere Türkiye’de yapılan geri kazanım faaliyetleri hala geri dönüşüm’ün önüne geçememektedir. Oysa Dünya’nın çeşitli yerlerinde tekstil makineleri, traktörler, kamyonlar, buzdolapları, televizyonlar, motorlar, aküler, medikal cihazları, cep telefonları, yazıcılar ofis mobilyaları gibi bir çok ürünün yeniden üretimi yapılmaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde tersine lojistik ve yeniden üretim konuları teorik olarak ele alınmış ve literatürde yer alan çalışmalara değinilmiştir. Yapılan literatür incelemesinde yeniden üretim sistemlerinin stok seviyelerini belirlemek için Kongar ve Gupta (2000)’nın geliştirdiği hedef programlama modeli ile kabul edilebilir bir kar seviyesinin dışında ek hedeflerin de tatmin edilmesi sağlanmıştır. Bu çalışmada da bir yeniden üretim sisteminin stok kontrol politikasını belirlemek için bir hedef programlama modeli oluşturularak 21 ayrı hedef tatmin edilmeye çalışılmıştır.

Bir sonraki bölümde ise çalışmanın modelini kuracağımız ve çözeceğimiz temel olan Hedef Programlama (Goal Programing) konusu hakkında bilgi verilmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

HEDEF PROGRAMLAMA

Hedef programlama ilk olarak 1960'lı yıllarda çalışma alanı bulmuş olmasına rağmen günümüzde de halen güncelliğini koruyan bir çok amaçlı karar verme metodudur. Bu çalışmanın konusu olan yeniden üretim sistemlerinin stok kontrolünü yaparken karşımıza birçok değişken çıktığından ve birçok hedef optimize edilmeye çalışıldığından dolayı hedef programlama modeli çözüm için uygun bulunmuştur.

Doğrusal programlama modelleri tek bir amaç fonksiyonunun optimizasyonu ile karakterize edilir. Sistemin çok sayıda (büyük bir olasılıkla çelişen) amaca sahip olabileceği durumlar da söz konusu olabilir. Örneğin; hırslı politikacılar hem iç borcu azaltmayı vaat edip hem de gelir vergisi oranlarının azaltılması önerisinde bulunabilirler. Böyle durumlarda çelişen amaçları optimum kılan tek bir çözüm bulmak olanaksız olabilir. Bunun yerine, her amacın önem derecesini temel alan uzlaşık çözümler bulunabilir (Taha, 2000: 343). Amaçların karmaşık olduğu bu gibi ortamlarda karşımıza çok amaçlı karar verme metotları çıkmaktadır.

Çok amaçlı programlama ve hedef programlama yöneylem araştırması alanının köklü bir dalıdır. Çelişen amaçlarını işletme, ekonomi ve mühendislik başta olmak üzere daha birçok alan için modellenmesini sağlar. Bütün çok amaçlı teknikler ve kavramlar çakışan çıkarlar arasındaki dengeyi etkileyebilen çözümlerin karmaşık sorunlarının büyük bir kısmı ile başa çıkması için son 30 yıl içerisinde geliştirilmiştir (Abdelaziz, 2007:1520).

Hedef programlama yaklaşımında her bir sayısal hedefe ulaşmak için bir amaç fonksiyonu formüle edilir ve bu hedeflere erişememekten kaynaklı cezayı minimum yapan bir çözüm aranır. Bu toplam ceza, amaç fonksiyonlarının amaçlarından sapmalarının ağırlıklı toplamı olarak ifade edilir (Sarker ve diğerleri, 2002:9).

Çok hedefli ve çoklu alt hedefli problemlerin çözümünde olduğu kadar tek hedefli ve çoklu alt hedefli karar problemlerini çözümleme yeteneği olan Doğrusal Programlama probleminin özel bir uzantısı olan Hedef Programlama, Doğrusal programlamada olduğu gibi amaç kriterini doğrudan minimize veya maksimize etmek yerine, hedefler arasındaki sapmaları minimize etmektedir. Hedef

Programlamanın en önemli özelliği birbiri ile zıt yönetsel problemleri içeren çoklu hedefleri, hedeflerin önem derecelerine göre atayabilmesidir (Lee ve Moore, 1975: 199).

Çalışmanın bu kısmında Hedef Programlama hakkında genel bir çerçeve verildikten sonra bir sonraki kısımda Hedef programlama tekniği için bilim insanlarının yaptığı tanımlar ve bu tekniğin tarihsel gelişimi incelenmiştir.

3.1. HEDEF PROGRAMLAMA TANIMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

Hedef programlama terimini ilk olarak 1961 yılında Charnes ve Cooper önermiş ve aynı anda ulaşılamayan bir dizi hedef için “mümkün olan en yakın” çözümü bulmaya yarayan farklı bir matematiksel programlama fonksiyonu olarak tanımlamışlardır (Dyer, 1972:62).

Bir başka tanıma göre, Hedef Programlama, çoklu alt hedefleri olan tek hedefli karar problemlerinin yanı sıra çoklu alt hedefleri olan çok hedefli problemlerin çözüm bulduğu doğrusal programlamanın özel bir uzantısıdır (Wise ve Perushek, 2000:166-167).

Hedef programlama çok hedefli karar verme sorunları ile başa çıkmak için geliştirilen birçok modelden biridir. Bu model karar vericinin uygun bir dizi çözüm arasından en iyi çözümü ararken, aynı zamanda birçok hedefi hesaba katmasını sağlar (Aouni ve Kettani, 2001:226).

Hedef programlama olarak bilinen teknik, karar verici olan kişiyi birbiriyle çelişen çok sayıda hedeflerle başbaşa bırakır. Diğer taraftan hedef programlama karar vericinin belirli amaç öncelikleriyle ilgili optimal bir çözüm ortaya koyar. Hedef programlama yaklaşımı karar vericiyi doğrusal programlamada olduğu gibi tek bir hedef için optimal bir sonuca ulaşmak yerine birkaç hedef için yeterli bir başarı düzeyi yakalama gayreti içine iter. Temel olarak, yönetici bütün amaçlara ulaşmak için gerekli olan çözüme mümkün olduğunca çok yaklaşacak olan bir karara varmak ister. Hedef programlama doğrusal programlamanın iyi geliştirilmiş ve test edilmiş tekniklerini kullanırken, çok sayıda hedefin eşanlı olarak incelenmesine olanak sağlar. Belki de bu yöntemin üstünlüğü işletmelerin, karar verme sürecinde çok sayıda amaç ve hedefi birleştirmelerine izin vermesidir. Yöntemin doğrusal

programlamaya göre diğer üstünlükleri ise hesaplamalar sırasında, doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılan simpleks yönteminin kullanılabilmesi ve böylece hesaplamaların hızlı ve sonuçların etkin olmasının sağlanmasıdır (Çetin, 2008:121).

Charnes ve Cooper (1961) tarafından ortaya atılan Hedef Programlama Lee (1972), Charnes ve Cooper (1977) ve Ignizio (1978, 1983 ve 1989) tarafından geliştirilmiştir. Yöntemde karar vericilerin ulaşmak istediği her amaç için hedefler belirlenmektedir. Tercih edilen bir çözümünden sonra hedeflerden sapmaları minimize edecek sonuç tanımlanır.

Hedef programlama, teorik bir çok çalışmaya konu olup gelişimini sürdürürken, birçok akademik çalışma için de uygulama aracı olarak literatürdeki yerini almıştır. İşletme fonksiyonlarından bazıları için yapılan hedef programlama uygulamaları Tablo 4'deki gibidir.

Tablo 4: İşletme Uygulamaları Hakkında Yapılan Hedef Programlama Çalışmaları

Alan	Çalışma
Muhasebe ve Finansman Kaynaklarını Yönetimi	Killough ve Souders (1973) Kvanli (1980) Cook (1984) Sharda ve Musser (1986) Batson (1989) Cooper ve diğerleri (1997)
Pazarlama ve Kalite Kontrol	Lee ve Nicely (1974) Sengupta (1981) Kwak ve diğerleri (1991) Mathirajan ve Ramanathan (2007)
İnsan Kaynakları	Welling (1977) Price ve Gravel (1984) Kwak ve Lee (1997)
Üretim	Jääskeläinen (1969) Lee ve diğerleri (1978) Deckro ve Hebert (1984) Schniederjans ve Hong (1996) Leunga ve diğerleri (2003)
Ulaştırma ve Tesis Yerleşimi	Min (1988) Min (1989) Charnes ve diğerleri (1996) Wey ve Wu (2007) Pramanik ve Roy (2008)
Tedarik Zinciri ve Lojistik	Kumar ve diğerleri (2004) Selim ve diğerleri (2008) Tsai ve Hung (2009)
Endüstriyel Uygulamalar	Rao (1987) Gen ve diğerleri (1993)
Stok Kontrol	Padmanabhan ve Vrat (1990) Golany ve diğerleri (1991)

Tablo 4'de görüldüğü üzere Hedef Programlama geçtiğimiz uzun yıllar boyunca birçok bilim adamının çalışma konusu olmuş ve birçok defa incelenerek literatürdeki yerini almıştır.

Bir sonraki kısımda hedef programlamanın yapısı ve hedef programlama modelinde bulunması gereken bileşenlere dikkat çekilmiştir.

3.2. HEDEF PROGRAMLAMANIN YAPISI

Hedef programlama yönteminin modelin gereklerini sağlaması için bazı bileşenlere sahip olması gerekmektedir. Bu kısımda bir hedef programlama modelinin içermesi gereken bileşenlere kısaca değinilmiştir.

- **Amaçlar:** Kriterlerin karar vericilerin arzuları doğrultusunda yönlendirilmiş şekli olarak tanımlanabilir (Evren ve Ülengin, 1992:7).
- **Hedefler:** Hedefler, ulaşmak istenilen düzeyin sayısal bir değer olarak ifade edilmiş halidir (Alp, 2008: 51). Amaçların daha da somutlaşarak belirli değerlere dönüşmüş şekilleri olarak tanımlanabilir (Evren ve Ülengin, 1992:7).
- **Karar değişkenleri:** HP modelinde, karar verici tarafından değeri belirlenmek istenen bilinmeyen değişkenlerdir. Karar değişkenleri, klasik doğrusal programlama problemlerinde tanımlanan değişkenlerin aynısıdır (Cinemre, 2011: 349).
- **Amaç fonksiyonu:** İstenmeyen sapmaların toplamı en küçük olacak şekilde amaç fonksiyonu kurulur. İstenen hedeflere ve hedef önceliklerine göre formüle edilir (Keskin, 2011:178).
- **Sapma değişkenleri:** Hedeflerin üstünde veya altındaki sapma miktarını gösteren değişkenlerdir. Her bir hedef için belirlenen istenmeyen değişkenler pozitif ve negatif sapma değişkenleri kullanılarak ölçülür ve bunlar hedefin başarısını veya başarısızlığını gösterir (Öztürk, 2009: 276).
- **Sistem kısıtları:** Hedef programlamanın sistem kısıtlayıcıları doğrusal programlamanın kısıtlayıcı fonksiyonlarına karşılık gelir. Dolayısıyla, sistem kısıtlayıcıları mutlak olan ve değişmelerine izin verilmeyen kısıtlayıcılardır (Cinemre, 2011: 349).
- **Hedef Kısıtları:** Katı kuralları olmayan, karar vericinin ulaşmak istediği hedef değerlerini gösteren kısıtlardır. Karar vericinin "en fazla", "en az" veya "ne fazla ne az" şeklindeki hedeflerine göre sapma değişkenlerinin yer aldığı eşitlik şeklinde kurulan fonksiyonlardır (Keskin, 2011:178).

Kullanılan hedef programlama yöntemi ne olursa olsun bütün hedef programlama modelleri bu yapıdaki bileşenleri içermek zorundadır. Çalışmanın bir sonraki kısmında hedef programlamanın varsayımları üzerinde durulmuştur.

3.3. HEDEF PROGRAMLAMAMANIN VARSAYIMLARI

Her bir tutarlı modelin geliştirilmesinde bir dizi varsayım gerekir. Hedef programlama ve hedef programlamanın uzantılarında da bir istisna yoktur. Bir çok yönden bakıldığında bu modeller, geleneksel modellere göre daha az varsayım gerektirir (Ignizio, 1976:5). Bu bölümde de hedef programlamanın bu söz konusu varsayımlarından bahsedilmiştir.

Doğrusallık varsayımı : Hedef programlamanın, doğrusal programlamanın bir uzantısı olduğuna açıkça dikkat çekilmiştir. Bu amaç fonksiyonu, kısıtlar ve amaçlar arası ilişkilerin doğrusal olması gerektiğini ifade eder (Lee, 1972:32).

Negatif olmama varsayımı : Hedef programlama ve hedef programlamanın tüm uzantılarında tüm karar değişkenlerinin negatif olmama varsayımını sağlaması gerekir. Bu varsayımın gerekli olmasından dolayı kullanılan çözüm yönteminde sadece negatif olmayan değişkenler düşünülebilir (Ignizio, 1976:5).

Toplanabilirlik varsayımı : Doğrusallığı sağlamak için, faaliyetlerin amaç fonksiyonu ve kısıtlara katkı sağlaması gerekir (Lee, 1972:33).

Amaçlara öncelik verilmesi varsayımı : Gerçek karar verici ile çalışan analist, her bir amaç veya amaçlar grubu için önleyici öncelikler belirlemelidir. En yüksek önceliğe sahip amaç P_1 , sonraki en yüksek öncelikteki amaç P_2 olacak şekilde önceliklendirilir ve bu şekilde önceliklendirmeye devam edilir (Ignizio, 1976:5).

Yukarıda incelenen varsayımların bir çoğu aynı zamanda Doğrusal Programlamanın da varsayımı olarak karşımıza çıkmasına rağmen “amaçlara öncelik verilmesi varsayımının” eklenmesi ile Doğrusal Programlama tekniğinden ayrılmaktadır. Çünkü bu teknikte amaç sadece model için optimal bir çözüm bulmak değil aynı zamanda önceliklendirilmiş hedeflerdeki sapmaları minimize etmektir.

3.4. HEDEF PROGRAMLAMA GENEL FORMÜLASYONU

Doğrusal programlamanın özel bir uzantısı olan Hedef Programlama ilk kez A. Charnes ve W.W. Cooper (1961) tarafından önerilmiştir. Matematiksel olarak bir

Doğrusal Programlama problemi aşağıdaki gibi ifade edilir (Ignizio ve Cavalier 1994: 18).

$$Maks. / Min. Z = c_1x_1 + c_2x_2 +c_nx_n \quad (3.1)$$

Kısıtlar;

$$a_{1,1}x_1 + a_{1,2}x_2 + + a_{1,n}x_n \{ \leq, =, \geq \} b_1 \quad (3.2)$$

$$a_{2,1}x_1 + a_{2,2}x_2 + + a_{2,n}x_n \{ \leq, =, \geq \} b_2$$

$$\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots$$

$$a_{m,1}x_1 + a_{m,2}x_2 + + a_{m,n}x_n \{ \leq, =, \geq \} b_m$$

$$x_1, x_2, x_n \geq 0, i=1,2,...,m \text{ ve } j=1,2,...,n$$

Burada;

x_j : karar değişkenleri

c_j : amaç fonksiyonu katsayıları

a_{ij} : amaç fonksiyonu katsayıları

b_i : sağ taraf sabitleri

Charnes ve Cooper (1961) bu yaklaşımda doğrusal programlamanın kısıtlarının herbirini birer “fonksiyonel” olarak isimlendirmişlerdir. Buradaki amaç mutlak sapmaların minimizasyonunu içermektedir. Eşitlik durumunda verilen kısıt kapalı formda aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$f_i(x) = \left| \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - b_i \right| \quad (3.3)$$

Eşitlik durumundaki “fonksiyonel” mutlak sapmanın minimizasyonunu göstermektedir. Mutlak değer ifadesinde iki durum söz konusudur;

1) Eğer $\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \geq b_i$ ise $\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - b_i$ d_i^+ ’ye eşit olur aksi durumda sıfırdır.

2) Eğer $b_i \geq \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j$ ise $b_i - \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j$ d_i^- ’ye eşit olur aksi durumda sıfırdır.

Burada d_i^+ ve d_i^- , sırası ile başarının üzerinde ve başarının altında kavramlarıyla ifade edilir. Bunlar aynı zamanda pozitif ve negatif sapma olarak isimlendirilir. Pozitif ve negatif sapmalar için

$$d_i^+ = \frac{1}{2} \left[\left| \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i \right| - \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i \right) \right] \quad (3.4)$$

ve

$$d_i^- = \frac{1}{2} \left[\left| \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i \right| + \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i \right) \right] \quad (3.5)$$

eşitlikleri yazılır. Ayrıca doğrusallık varsayımının bozulmaması için $d_i^+, d_i^- = 0$ olmalıdır. Çünkü sapan değişkenlerin her ikisi de aynı anda temel değişken olamazlar. Bu eşitliklerle birlikte Hedef Programlamanın matematiksel modeli aşağıdaki gibi ifade edilir (Charnes ve Cooper, 1977: 41).

$$\text{Min} Z = \sum_{i \in m} (d_i^+ + d_i^-) \quad (3.6)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - d_i^+ + d_i^- = b_i \quad (3.7)$$

$$d_i^+, d_i^- = 0, d_i^+, d_i^-, x_j \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Uygulanan hedef programlama türüne göre amaç fonksiyonu ve kısıtlar farklılık gösterebilse de genel hedef programlama fonksiyonu yukarda gösterildiği gibidir. Bir sonraki kısımda hedef programlamanın amaç ve kısıt fonksiyonlarındaki değişkenliğin sebebi olan Hedef Programlama türleri incelenmiştir.

3.5. HEDEF PROGRAMLAMAMANIN SINIFLANDIRILMASI

Hedef programlama modeli gerek varsayımları gerekse modelin yapısal özellikleri nedeniyle çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Belli başlı sınıflandırma türleri şu şekilde belirtilebilir.

- ✓ **Amaç Fonksiyonunun Öncelik Seviyelerine Göre Hedef Programlama Türleri:** Doğrusal (Linear) Hedef Programlama, Doğrusal Olmayan (Non-linear) Hedef Programlama (Evren ve Ülengin, 1992:56; Ignizio 1976:31-155).
- ✓ **Karar Değişkenlerinin Alabilecekleri Değerlere Göre Hedef Programlama Türleri:** Tamsayı (Integer) Hedef Programlama ve 0-1

(zero-one) Hedef Programlama, Sürekli Değer Alabilen(en yaygın şekli dal-sınır algoritması) Hedef Programlama (Lee, 1972:185).

- ✓ **Hedeflerin Özelliklerine Göre Hedef Programlama Türleri:** Tek Hedefli Programlama, Eşit Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama, Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama, Öncelikli Çok Hedefli Programlama, Ağırlıklı- Öncelikli Çok Hedefli Programlama (Öztürk, 2009:281)

Çalışmanın bu kısmında da incelendiği gibi literatüre konu olan bir çok hedef programlama türü mevcuttur. Yapılan çalışmanın amacına göre bu hedef programlama tekniklerinden herhangi biri seçilerek bütün çeşitler için ortak varsayımlar ve çözüm yöntemleri ile hedefler optimize edilebilmektedir.

3.6 HEDEF PROGRAMLAMA BAŞARI FONKSİYONU FORMLARI

Hedef programlama modelinde, hedefteki istenmeyen sapma değişkenlerini başarılı bir şekilde minimize etmeye yarayan fonksiyon, başarı fonksiyonu olarak tanımlanabilir (Ignizio ve Romero, 2003:489). En eski ve hala en yaygın kullanımda olan hedef programlamanın üç tane başarı fonksiyonu formu vardır (Romero, 2004:675). Bunlar;

- Ağırlıklı (Weight) Hedef Programlama (WGP): Archimedean Hedef Programlama olarak da bilinir.
- Öncelikli (Lexicographic) Hedef Programlama (LGP): Non- Archimedean veya Pre-Emptive Hedef Programlama olarak da bilinir.
- MINMAKS Hedef Programlama (MGP): Chebyshev veya Fuzzy Hedef Programlama olarak da bilinir.

Çalışmanın bu kısmında hedef programlama modelinin başarı fonksiyonu çeşitleri kısaca incelenmektedir.

3.6.1. Ağırlıklı (Weighted) Hedef Programlama

Ağırlıklı Hedef Programlama, karar vericiler tarafından algılanan her biri göreceli olarak önemli amaçlara ve minimize edilmiş istenmeyen ağırlıklı sapmalara göre ağırlık oluşturur (Jones ve diğerleri, 2010:22)

Ağırlıklı Hedef Programlama bazen literatürde “Öncelikli Olmayan Hedef Programlama” veya “Archimedean Hedef Programlama” olarak da adlandırılır (Jones ve Tamiz, 2010:15).

Bir Ağırlıklı Hedef Programlama modeli için başarı fonksiyonu iki temel kısımdan oluşur. İlk kısım her zaman, zor hedefleri (katı kısıtlar) olan problemler ile ilgili istenmeyen sapma değişkenlerini içerir. İkinci kısım tüm esnek hedefler (esnek kısıtlar) önemine göre ölçülüp herbiri için istenmeyen sapma değişkenlerinin listelenmesiyle oluşur. Sonuçta başarı fonksiyonunun ağırlıklı şekli aşağıdaki gibi yazılabilir (Ignizio ve Romero, 2003:493);

$$MinZ = \{(d_1^+ + d_2^+ + d_3^+), (d_4^- + 2d_5^-)\}$$

(3.10)

Birçok durumda hedefler ölçülebilir olamamaktadır ve böylece başarı fonksiyonu için diğer formlar daha gerçekçi olabilmektedir. Bunlardan biri de, Öncelikli Hedef Programlama başarı fonksiyonudur (Ignizio ve Romero, 2003:493).

3.6.2. Öncelikli (Lexicographic) Hedef Programlama

İlk zamanlardaki hedef programlama formülasyonlarının büyük çoğunluğu (Örneğin Lee, 1972) Lexicographic (Öncelikli) Hedef Programlama biçimini kullanmışlardır. Bu da bazen literatürde “Önleyici (Pre-Emptive)” veya “ Non-Archimedean” Hedef Programlama olarak da adlandırılabilir. Lexicographic Hedef Programlamanın ayırt edici özelliği öncelik düzeylerinin var oluşudur. Her bir öncelik seviyesi bir dizi istenmeyen sapmaların minimizasyonunu içerir (Jones ve Tamiz, 2010:13).

Lexicographic Hedef Programlama modeli için başarı fonksiyonu iki veya daha fazla kısımdan oluşur. Ağırlıklı formunda olduğu gibi birinci kısım her zaman, bütün zor hedefler için istenmeyen sapma değişkenlerini içerir. Sonraki kısımda ise tüm esnek hedefler için sapmalar daha spesifik bir halde önceliklendirilir (Ignizio ve Romero, 2003:493);

$$MinZ = \{(d_1^+ + d_2^+ + d_3^+), (d_4^-), (d_5^-)\} \quad (3.11)$$

Model için öncelik yapısı her bir öncelik düzeyindeki hedefe atama yapılarak kurulabilir, böylelikle karar vericiler önem sırasına göre hedefleri sıralayabilirler (Sharma ve Sharma, 2006:20)

3.6.3. MINMAX (Chebyshev) Hedef Programlama

Hedef Programlamanın üçüncü temel versiyonu Flavell (1976) tarafından önerilmiştir. Chebyshev, mesafe ölçme anlamında kullanıldığı için, Chebyshev Hedef Programlama olarak da bilinir. Tüm sapmaların toplamının yerine, bir amaçtan maksimum sapmayı en aza indirir. MINMAX Hedef Programlama ismi de buradan gelmektedir (Jones ve Tamiz, 2010:15).

Bir MINMAX Hedef Programlama modelinin başarı fonksiyonu, herhangi bir hedeften maksimum sapmanın minimizasyonu anlamını taşır. Dahası, bazı koşullar sabit kaldığında ilgili çözüm, farklı hedeflerin başarısı arasında dengeli bir dağılımı temsil eder (Romero, 2004:677).

Çalışmanın bu kısmında hedef programlama modeli için oluşturulan başarı fonksiyonlarının üzerinde durduktan sonra, bir sonraki kısımda hedef programlamanın kurulum aşamaları incelenmektedir.

3.7. HEDEF PROGRAMLAMAMANIN KURULUM AŞAMALARI

Hedef programlama modelinin oluşturulmasında Ignizio (1976), birbirini izleyen beş temel aşama izlemiştir. Bu aşamalar;

Aşama 1 Karar değişkenlerinin ve sağ taraf sabitlerinin belirlenmesi: Modelin formülasyonunda ilk adım değişkenlerin ve sağ taraf sabitlerinin tanımlanmasıdır. Sağ taraf sabitleri mevcut kaynaklar veya belirtilen hedef seviyeleri de olabilir. Karar verici tarafından belirlenen hedefler setindeki, etkiye sahip tüm ilgili değişkenleri belirlemek için sorunun dikkatlice analizi gerekir (Lee, 1972: 61).

Aşama 2 Amaç fonksiyonunun formüle edilmesi: Hedef programlamanın amaç fonksiyonu istenmeyen sapmalar toplamının en küçük olması düşüncesinin formüle edilmesidir (Cinemre, 2011: 351). Aşama 2'de söz konusu istenmeyen sapmaları minimum yapan amaç fonksiyonu oluşturulur.

Aşama 3 Kısıtların formüle edilmesi: Değişkenler arası ve hedefler arası ilişkilerin analizi yoluyla, bir dizi kısıt formüle edilmelidir. Kısıtlar ya değişkenler arasında bir ilişki sunan sistem kısıtı şeklinde ya da değişkenler ile hedefler arasında bir ilişki tanımlayan hedef kısıtları şeklinde tanımlanabilir (Lee, 1972: 61).

Aşama 4 Mutlak Amaç Fonksiyonunun (öncelik düzeyinin) Belirlenmesi: Bütün amaç ve kısıt fonksiyonları oluşturulduktan sonra karar verici açısından en önemli amaç fonksiyonu, mutlak amaç fonksiyonu olarak adlandırılır. Mutlak amaç fonksiyonuna P_1 önceliği verilerek bu amacın olması istenen hedef değerine ulaşması sağlanır. Geri kalan amaç fonksiyonları önem derecesine göre gruplandırılarak sıralanır (Yılmaz, 2005: 9).

Aşama 5 Başarı fonksiyonunun oluşturulması: Bir hedef programlama modelinin temel unsurlarından biri başarı fonksiyonudur. Modelde dikkate alınan hedeflerin, istenmeyen sapma değişkenlerinin minimizasyon derecesini ölçen başarı fonksiyonu bu aşama da tanımlanır (Romero, 2004:675).

Hedef Programlama tekniğinin daha iyi anlaşılabilmesi için bu kısımda hedef programlama modelinin oluşturulmasında izlenmesi gereken aşamalar üzerinde durulmuştur. Bir sonraki kısımda ise Hedef Programlama ile amaçların optimize edildiği, yıllardan beri süre gelen çalışmalardaki uygulama alanları incelenmektedir.

3.8. HEDEF PROGRAMLAMAMANIN KULLANILDIĞI ALANLAR

Hedef programlamanın herhangi bir doğrusal, tamsayılı, sıfır-bir yada doğrusal olmayan çok amaçlı problemi içine alan uygulama alanları oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu alanla ilgili son dönemlerde gerçek ve önerilen geniş çaplı birçok uygulama gerçekleşmiştir. Örnekleme amacı ile aşağıda birkaç uygulama alanı listelenmiştir (Ignizio, 1976:2, Tütek ve diğerleri, 2012:377-378).

- Medya planlaması
- İşgücü planlaması
- Üretim planlaması
- Akademik kaynak tahsisi
- Finansal planlama
- Kamu ekonomisi planlaması

- Program seçimi ve sermaye bütçeleme
- Sağlık kurumları kaynak tahsisi
- Ulaştırma problemleri
- Öğrenci performansının tahminlenmesi
- Reklam programlarının planlanması
- Pazarlama stratejilerinin planlanması
- Çevrenin korunması
- Kuruluş yeri seçimi

Bu uygulamaların hepsinin ortak bir yönü vardır; eğer istenirse bu model geleneksel tek hedefli bir modele dönüşebilir. Ancak bu konu üzerinde araştırma yapanların inancına göre bir hedef programlama modeli doğal olarak çok ve çelişen hedefler içermelidir (Ignizio, 1978:1112).

Çeşitli kaynaklarda Hedef Programlamanın kullanıldığı daha birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Hedef programlamanın bu kadar yaygın kullanılmasının sebebi hem yıllardan beri uygulama alanı bulmasından kaynaklanan literatürün zenginliği hem de paket programlar (LINGO, LINDO v.b.) kullanıldığından dolayı çözümünün diğer çok amaçlı karar verme tekniklerinden daha kolay oluşudur.

Bu bölümde hedef programlama tekniği detaylı bir şekilde incelendikten sonra bir sonraki bölüm olan Bölüm 4'te, çalışmanın asıl amacı olan bir yeniden üretim tesisinde stok kontrol hedeflerinin doyuma ulaştırılan model kurulmuş ve çözüme ulaştırılmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

YENİDEN ÜRETİM SİSTEMLERİNİN STOK KONTROLÜNDE HEDEF PROGRAMLAMA UYGULAMASI

Üretim planlaması yapılırken en fazla dikkat edilen hususlardan bir tanesi de stok sistemlerinin dizaynıdır. İşletmeler hem üretim planlaması yaparken, hemde stok kontrol sistemlerini dizayn ederken bazı hedefler çerçevesinde hareket etmektedir. Bu hedefler kimi zaman geçen yılların trendi olarak kişisel yargılarla belirlenebildiği gibi, kimi zaman da kantitatif modeller kullanılabilmektedir.

Çalışmanın bu kısmında, önce üretim ve stok planlaması yapılan “Sismak Otomotiv Ticaret A.Ş.” tanıtılıp, daha sonra da şirketten edinilen bilgiler ile model kurularak LINGO 11.0 yardımıyla çözülmüştür. Son olarak ise şirketin verilerine paralel olarak sonuçlar değerlendirilerek, gerekli öneriler yapılmıştır.

4.1. SİSMAC OTOMOTİV TİCARET A.Ş. HAKKINDA GENEL BİLGİ

1982 yılından bu yana, yedek parça pazarına ve araç üreticilerine yönelik %100 yerli otomotiv parçaları üreten Sismak, bugün 100'ü aşkın personeliyle, İzmir Atatürk Organize Sanayi Bölgesinde yer alan 6.500 m² si kapalı, toplam 10.000 m² lik fabrika alanında üretim yapmaktadır. Yurt geneline yayılmış 16 dağıtıcı ortağı ve 20' den fazla ülkeye gerçekleştirdiği ihracatı ile ürünlerini sektöre ulaştırmaktadır. Üretim konuları ile ilgili dünya standartlarını takip eden ve titizlikle uygulayan, mühendislik, kalite, üretim, pazarlama ve satış departmanlarıyla Sismak, otomotiv sektörünün önemli üretici firmalarından biri haline gelmiştir. Sismak'ın şu an için dünya yollarında kullanılan 32 otomobil markasının 390 modeline uygun 4.463 adet ürünün üretimini gerçekleştirmektedir.

Sismak'ta faaliyetler müşteri ihtiyaçları ile başlar, üretim planlamayla devam eder. Planlama süreçleri MRP (Malzeme İhtiyaç Planlama) ve ERP (Kurumsal Kaynak Planlama) yazılımları kullanılarak gerçekleştirilir. Planlama verileri ile izlenebilir üretim süreçleri devam eder. Firmanın üretim konusunda en önemli özelliklerinden biri de esnek üretim yeteneğine sahip olmasıdır. Sismak üretim kapasitesini teknoloji ve insan yatırımlarıyla sürekli olarak arttırmaktadır.

Sismak 1982'den bu yana her geçen gün genişleyen bir ürün yelpazesine sahiptir. Piyasa verileri ve müşteri taleplerini dikkatle inceleyen pazar araştırma ekibi, değişen yedek parça ihtiyacını tespit eder ve üretim hedeflerini belirler. Her yeni marka ve model araç için hazırlanan ürünler, yurt içi bayi ağı ve yurt dışı iş ortakları kanalıyla piyasaya çıkmaktadır. Sismak ürünlerini, direksiyon kutusu, mafsallı mil, direksiyon pompası, süspansiyon parçası, körük, kasnak ve yedek parça olmak üzere 7 ana gruba bağlı 14 alt grupta kategorize etmiştir (<http://www.sismak.com/tr/hakkimizda>, 18.03.2013).

Şirket yeni ürün ürettiği gibi “LES” adını verdiği yenileme sistemiyle, kullanılmış ürünlerinde yeniden üretimini (Re-Manufacturing) gerçekleştirmektedir. Bir sonraki kısımda “LES” ile ilgili kısaca bilgi verilmiştir.

4.2. LES YENİDEN ÜRETİM SİSTEMİ HAKKINDA GENEL BİLGİ

Sismak, dünyadaki örneklerine benzer teknoloji kullanarak uyguladığı "Yeniden Üretim (re-manufacturing)" işlemi ile dünyanın çevrenin olumsuzluklarını önlemek ve azaltmak konusundaki sorumluluklarını yerine getirdiği gibi aynı zamanda bu uygulamanın Türkiye'deki öncülüğünü yapmaktadır (Sismak LES Tanıtım Broşürü, 2012).

LES Yeniden Üretim Sistemi, Sismak tarafından yenileme kriterlerine uygun olarak özenle seçilip, depolanmış hidrolik direksiyon, elektromekanik direksiyon pompaları, marş motoru ve alternatörlerin fabrika ortamında ve Sismak tecrübesinin garantisi ile yenilenip tekrar ekonomiye kazandırılması işlemlerinin bütünüdür (Sismak LES Tanıtım Broşürü, 2012).

LES Yeniden Üretim Sistemi'nin tüketiciye ve çevreye sağladığı avantajlar aşağıda sıralandığı gibidir (Sismak LES Tanıtım Broşürü, 2012);

- LES Yeniden Üretim Sistemi ile yenilenmiş ürün, yeni bir ürün ile tamamen eşdeğerdir ve fonksiyonel olarak birbirinden ayırt edilemezler. Ancak ulusal ve uluslararası normlar gereği ve ayrıca yeni olarak tanımlanmasını engellemek amacıyla görsel ayırt edici özellikler taşır.
- LES Yeniden Üretim Sistemi'nde, yenilenen ürünün montaj aşamaları, yeni bir ürün ile aynıdır. Ana parçalar, kullanılmış ancak yenilemeye engel

herhangi bir kusuru bulunmayan ürünlerden sağlanır. Ürünün kullanım dışı kalmasına neden olan eksik veya çalışmayan parçalar tamamen yenileri ile değiştirilir veya tamamlanır. LES Yeniden Üretim Sistemi ile yenilenmiş ürün tüketiciye sunulmadan önce, gerekli tüm test ve kontrollerden geçirilir.

- LES Yeniden Üretim Sistemi, otomotiv sektörünün önde gelen marka ve modellerini kapsar. Hidrolik direksiyon, elektromekanik direksiyon, elektrikli hidrolik direksiyon pompaları, marş motoru ve alternatörlerden oluşan bu ürün grupları yenilerine oranla çok daha ekonomik fiyatlarla tüketiciye sunulur.
- Sismak, LES Yeniden Üretim Sistemi ile yenilenmiş ürünün araca tam uyumu ve performansı için sadece orijinal üreticiler tarafından, araç için tasarlanmış ve üretilmiş parçaları kullanır. LES ürünleri araca montaj tarihinden itibaren 1 yıl süre ile garanti altındadır.
- LES Yeniden Üretim Sistemi, çeşitli nedenlerle kullanım dışı kalan ve ekolojik sistemimize ciddi zararları dokunabilecek ürünleri tekrar kullanıma kazandırması ve böylece mevcut kirliliği azaltması yönüyle çevre dostudur. Bir yılda dünya çapında yapılan yenileme faaliyetleri sonucu elde edilen yenilenmiş ürünler aynı miktarda ürünlerin üretilmesi için gerekli olan;
 - ✓ 10.774.000 varil ham petrol, 51.500 ton demir ve 60.000 ton alüminyum tasarrufu sağlar
 - ✓ Tasarruf edilen madenlerin cevherlerinin elde edilebilmesi için 150 futbol sahası büyüklüğündeki alanın 20 metre derinliğinde kazılması gerekliliğinden kaynaklanacak doğa tahribatını önler.
 - ✓ 60.000 otomobilin 1 yılda yılda ürettiği emisyon kadar hava kirliliğini önler.

LES Yeniden Üretim Sisteminin aşamaları, ana hatları ile şöyle sıralanabilir (Sismak LES Tanıtım Broşürü, 2012);

- Yenilenecek ürünlerin toplanması ve kategorize edilmesi,
- Ürünün komple demontajı,
- Tüm parçaların temizlenmesi,
- Eksik ve kusurlu parçaların yenileriyle değiştirilmesi ve tamamlanması,

- Ürünün tekrar demontajı,
- Montajı yapılmış ürünün tekrar test edilmesi

LES Yeniden Üretim Sistemi'nin özellikleri, çevreye ve tüketiciye sunduğu faydaları açıklandıktan sonra bir sonraki kısımda çalışmanın amacı ana hatları ile açıklanmıştır.

4.3. UYGULAMANIN AMACI

Uygulamanın amacı, ülkemizde çok fazla yaygın olmayan yeniden üretim (re-manufacturing) uygulamalarının sağladığı çevre kirliliğini azaltma ve kaynak israfını önleme faaliyetlerinin verimliliğini arttırmak ve stoklarının yönetilmesi kararlarının kantitatif karar verme tekniklerinden AHP(Analitik Hiyerarşi Prosesi) ve hedef programlama ile yapılmasını sağlamaktır.

4.4. UYGULAMANIN YÖNTEMİ

Yapılan çalışmada Özdemir (2005)'in KOBİ'lerin stok kontrolü için geliştirdiği hedef programlama modeli kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında kullanılan modelin amaç fonksiyonu ağırlıkları ise AHP ile belirlenmiştir.

Uygulamanın yapıldığı “Sismak Otomotiv Ticaret A.Ş.”nin ürün yelpazesinin büyük bir kısmını direksiyon kutuları oluşturmaktadır. Uygulamada da yeniden üretime tabi tutulan ve talep miktarları en yüksek olan üç direksiyon kutusunun, üç dönemlik üretim, talep, satış ve stok miktarları dikkate alınmış ve hedefler çerçevesinde model kurularak LINGO 11.0 ile çözülmüştür. Ulaşılan değişken değerleri ve hedeften sapmalar, firmanın hedefleri ile karşılaştırılarak firmanın verimliliğine arttırabilecek önerilerde bulunulmuştur.

4.5. HEDEF PROGRAMLAMA MODELİNDE KULLANILAN NOTASYON (KARAR DEĞİŞKENLERİ VE PARAMETRELER)

Modelde kullanılan karar değişkenleri ve parametreler her bir dönem için ayrı ayrı harflendirilmiştir. Üç ürün ve üç dönem kullanılacağından ürünler “a, b, c”, Dörder aylık üç dönem de “1, 2, 3” olarak gösterilmiştir.

Karar Değişkenleri

n_t^a = t. periyotta normal mesai ile a ürününden üretilen miktar

n_t^b = t. periyotta normal mesai ile b ürününden üretilen miktar

n_t^c = t. periyotta normal mesai ile c ürününden üretilen miktar

f_t^a = t. periyotta fazla mesai ile a ürününden üretilen miktar

f_t^b = t. periyotta fazla mesai ile b ürününden üretilen miktar

f_t^c = t. periyotta fazla mesai ile c ürününden üretilen miktar

i_t^a = t. periyotta a ürünü dönem sonu stoku

i_t^b = t. periyotta b ürünü dönem sonu stoku

i_t^c = t. periyotta c ürünü dönem sonu stoku

i_{t-1}^a = t. periyotta a ürünü dönem başı stoku

i_{t-1}^b = t. periyotta b ürünü dönem başı stoku

i_{t-1}^c = t. periyotta c ürünü dönem başı stoku

d_j^- = j. hedeften negatif sapma

d_j^+ = j. hedeften pozitif sapma

Parametreler

w_j^- = j. hedeften negatif sapmanın ağırlığı

w_j^+ = j. hedeften pozitif sapmanın ağırlığı

C_t^a = t. periyotta a ürünü talep miktarı

C_t^b = t. periyotta b ürünü talep miktarı

C_t^c = t. periyotta c ürünü talep miktarı

I^a = a ürünü dönem sonu envanter miktarı hedefi

I^b = b ürünü dönem sonu envanter miktarı hedefi

I^c = c ürünü dönem sonu envanter miktarı hedefi

K = Dönemlik kar hedefi

M^a = Dönemlik fazla mesai ile üretim maliyeti hedefi (a ürünü)

M^b = Dönemlik fazla mesai ile üretim maliyeti hedefi (b ürünü)

M^c = Dönemlik fazla mesai ile üretim maliyeti hedefi (c ürünü)

N^a = Firmanın her dönem normal mesai ile üretebileceği maks. üretim mik. (a ürünü)

N^b = Firmanın her dönem normal mesai ile üretebileceği maks. üretim mik. (b ürünü)

N^c = Firmanın her dönem normal mesai ile üretebileceği maks. üretim mik. (c ürünü)

F^a = Firmanın her dönem fazla mesai ile üretebileceği maks. üretim mik. (a ürünü)

F^b = Firmanın her dönem fazla mesai ile üretebileceği maks. üretim mik. (b ürünü)

F^c = Firmanın her dönem fazla mesai ile üretebileceği maks. üretim mik. (c ürünü)

r = Fiyatın yüzdesi olarak ifade edilen stoklama maliyeti

P_t^a = a ürünü t. periyottaki birim satış fiyatı

P_t^b = b ürünü t. periyottaki birim satış fiyatı

P_t^c = c ürünü t. periyottaki birim satış fiyatı

v_t^a = t. periyotta normal mesai ile a ürünü birim üretim maliyeti

v_t^b = t. periyotta normal mesai ile b ürünü birim üretim maliyeti

v_t^c = t. periyotta normal mesai ile c ürünü birim üretim maliyeti

y_t^a = t. periyotta fazla mesai ile a ürünü birim üretim maliyeti

y_t^b = t. periyotta fazla mesai ile b ürünü birim üretim maliyeti

y_t^C = t. periyotta fazla mesai ile c ürünü birim üretim maliyeti

h_t = t. periyottaki birim stoklama maliyeti (Bütün ürünler için)

k = Toplam dönem sayısı

Bu kısımda modelde kullanılan notasyon verildikten sonra, bir sonraki bölümde modele konu olan firma verileri üzerinde durulmuştur.

4.6. HEDEF PROGRAMLAMA MODELİNİN KURULACAĞI SİSMAK OTOMOTİV A.Ş. VERİLERİ

- Firmanın dört aylık her dönem için yeniden üretilmiş ürünlere ayırdığı stoklama kapasitesi her bir ürün grubu için 50 birimdir.
- 01.01.2011 tarihli dönem başı başlangıç stokları A ürünü için 124 birim, B ürünü için 109 birim, C ürünü için 64 birimdir.
- Ürünün birim stoklama maliyeti her bir ürün grubu için eşit ve 5 TL'dir.
- Birim satış fiyatları A ürünü için 193 TL, B ürünü için 140 TL, C ürünü için ise 191 TL'dir.
- Ürüne ilişkin talep miktarlar

Tablo 5: Ürünlere İlişkin Talep Miktarları

	A Ürünü	B Ürünü	C Ürünü
1. Dönem	60 Adet	32 Adet	34 Adet
2. Dönem	34 Adet	100 Adet	80 Adet
3. Dönem	8 Adet	88 Adet	10 Adet

- Normal mesai ile üretim kapasitesinin üzerindeki miktarları karşılayabilmek için firma fazla mesai ile üretim gerçekleştirebilmektedir.
- Firma her dönem normal mesai saatlerinde her bir ürün grubundan minimum 35 adet üretmelidir.
- Firma her dönem fazla mesai saatlerinde her bir ürün grubundan maksimum 30 adet üretilmelidir.
- Normal mesaide üretim yapılması halinde birim üretim maliyetleri.

Tablo 6: Normal Mesai İle Üretim Maliyetleri

	A Ürünü	B Ürünü	C Ürünü
İlk Madde	91 TL	84 TL	89 TL
Hammadde	10, 85 TL	3,68 TL	7,45 TL
İşçilik	20 TL	20 TL	20 TL
Diğer	3.15 TL	2,32 TL	3.55 TL
Toplam	125 TL	110 TL	120 TL

- Fazla mesaide üretim yapılması halinde birim üretim maliyeti

Tablo 7: Fazla Mesai İle Üretim Maliyetleri

	A Ürünü	B Ürünü	C Ürünü
İlk Madde	91 TL	84 TL	89 TL
Hammadde	10, 85 TL	3,68 TL	7,45 TL
İşçilik	26 TL	26 TL	26 TL
Diğer	7.15 TL	6,32 TL	7,55 TL
Toplam	135 TL	120 TL	130 TL

Çalışmanın bir sonraki kısmında modelin sağlıklı bir şekilde kurulması ne arzu edilen sonuçlara ulaşılabilmesi için geliştirilen varsayımlara dikkat çekilmiştir.

4.7. HEDEF PROGRAMLAMA MODELİ VARSAYIMLARI

- Ürünlere ilişkin birim stoklama ve birim üretim (normal ve fazla mesai) maliyetleri ile birim fiyatların üç dönemde de aynı olduğu, değişmediği varsayılmaktadır. Diğer bir ifadeyle;

$$h_1 = h_2 = h_3 = h \text{ (Bütün ürünlerden bütün dönemler için eşit)} \quad (4.1)$$

$$v_1^a = v_2^a = v_3^a = v^a ; v_1^b = v_2^b = v_3^b = v^b ; v_1^c = v_2^c = v_3^c = v^c \quad (4.2)$$

$$y_1^a = y_2^a = y_3^a = y^a ; y_1^b = y_2^b = y_3^b = y^b ; y_1^c = y_2^c = y_3^c = y^c \quad (4.3)$$

$$P_1^a = P_2^a = P_3^a = P^a ; P_1^b = P_2^b = P_3^b = P^b ; P_1^c = P_2^c = P_3^c = P^c \quad (4.4)$$

- Üretim sürecindeki yıllık sabit üretim maliyetleri, hesaplamalar sadece üç ürün ile sınırlandırıldığından dolayı dikkate alınmamıştır.

4.8. HEDEF KISITLARI

Bölüm 4'ün başından beri yapılan açıklamalar ve verilen değişken değerleri ile modelde kullanılan hedef kısıtları bu kısımda tanıtılmaktadır. Dönemlik stoklama kapasiteleri şirketin hem stoklama için ayırdığı işçilik maliyetine, hem de depolama kapasitesine dikkat edilerek oluşturulmuştur. Toplam stoklama maliyeti şirketin önceki yıllarda bu departman için ayırdığı bütçe esas alınarak değerlendirilmiştir. Net kar hedefi belirlenirken, maliyeti, talep miktarlarını ve stok maliyetlerini göz önünde bulundurarak üç ürün için hedeflenen kar miktarı öngörülmüştür. Fazla mesai ile üretim maliyeti hedefi belirlenirken ise, işçilik, yemek, ulaşım, elektrik gibi fazla mesaide artış gösteren maliyetler esas alınmıştır.

1- Dönemlik stoklama kapasitesini aşmama hedefleri (t=1,2,3 için 9 hedef)

$$i_t^a \leq I^a \quad (t=1,2,3\dots k) \quad (4.5)$$

$$i_t^b \leq I^b \quad (t=1,2,3\dots k) \quad (4.6)$$

$$i_t^c \leq I^c \quad (t=1,2,3\dots k) \quad (4.7)$$

2- Toplam stoklama maliyetini minimize etme hedefi

$$h_t \cdot \sum_{t=1}^k i_t^a + h_t \cdot \sum_{t=1}^k i_t^b + h_t \cdot \sum_{t=1}^k i_t^c \leq r \cdot p_t^a \cdot \sum_{t=1}^k C_t^a + r \cdot p_t^b \cdot \sum_{t=1}^k C_t^b + r \cdot p_t^c \cdot \sum_{t=1}^k C_t^c \quad (4.8)$$

3- Net karı maksimize etme hedefi

$$\begin{aligned} & (p_t^a \cdot \sum_{t=1}^k C_t^a + p_t^b \cdot \sum_{t=1}^k C_t^b + p_t^c \cdot \sum_{t=1}^k C_t^c) - (\sum_{t=1}^k (v_t^a \cdot n_t^a + y_t^a \cdot f_t^a) + \\ & \sum_{t=1}^k (v_t^b \cdot n_t^b + y_t^b \cdot f_t^b) + \sum_{t=1}^k (v_t^c \cdot n_t^c + y_t^c \cdot f_t^c)) - \end{aligned} \quad (4.9)$$

$$(h_t \cdot \sum_{t=1}^k i_t^a + h_t \cdot \sum_{t=1}^k i_t^b + h_t \cdot \sum_{t=1}^k i_t^c) \geq K$$

4- Dönemlik ürün talebini karşılama hedefi (t=1,2,3 için 9 hedef)

$$C_t^a = i_{t-1}^a + n_t^a + f_t^a - i_t^a \quad (t=1,2,3\dots k) \quad (4.10)$$

$$C_t^b = i_{t-1}^b + n_t^b + f_t^b - i_t^b \quad (t=1,2,3\dots k) \quad (4.11)$$

$$C_t^C = i_{t-1}^C + n_t^C + f_t^C - i_t^C \quad (t=1,2,3\dots k) \quad (4.12)$$

5- Fazla mesai ile gerçekleştirilen üretim maliyetini minimize etme hedefi

$$y_t^a \cdot \sum_{t=1}^k f_t^a + y_t^b \cdot \sum_{t=1}^k f_t^b + y_t^c \cdot \sum_{t=1}^k f_t^c \leq M \quad (4.13)$$

Her bir ürün ve dönem için, dönemlik stoklama kapasitesini aşmama hedefi, dönemlik ürün talebini karşılama hedefi olmak üzere 9'ar hedef oluşturulmuştur. Diğer hedefler ise bütün dönemi kapsayacak şekilde ele alınmıştır. Modele konu olacak toplam 21 adet hedef vardır.

4.9. ÜRETİM KISITLARI

Dönemlik talepleri karşılamak ve ihtiyatlılık gereği stok yapmak amaçlı normal mesai ile üretime alt sınır getirilmiş ve minimum 35 birim ile sınırlandırılmıştır. Bunu yapmaktaki bir diğer amaç ise fazla mesai ile yapılan üretimi kontrol altında tutmaktır. Aynı şekilde fazla mesai ile üretim miktarı da maksimum 30 birim ile sınırlandırılmıştır. Bunu yapmaktaki amaç ise hedeflerimizden bir tanesine konu olan fazla mesai ile üretimi azaltmaktır.

1- Normal mesai ile dönemlik üretim kısıtları (t=1,2,3 için 9 kısıt)

$$n_t^a \leq N_t^a \quad (t=1,2,3) \quad (4.14)$$

$$n_t^b \leq N_t^b \quad (t=1,2,3) \quad (4.15)$$

$$n_t^c \leq N_t^c \quad (t=1,2,3) \quad (4.16)$$

2- Fazla mesai ile dönemlik üretim kısıtları (t=1,2,3 için 9 kısıt)

$$f_t^a \leq F_t^a \quad (t=1,2,3) \quad (4.17)$$

$$f_t^b \leq F_t^b \quad (t=1,2,3) \quad (4.18)$$

$$f_t^c \leq F_t^c \quad (t=1,2,3) \quad (4.19)$$

4.10. HEDEF DEĞERLERİ

Hedef değerler belirlenirken, uygulamaya konu olan şirketin bu üç ürün için ayırdığı bütçe ve diğer olanaklarından yararlanılmıştır.

1. Her dönem her ürün için maksimum 50 adet stok bulundurulması ($I^a = 50$, $I^b = 50$, $I^c = 50$)
2. Toplam stoklama maliyetinin en fazla, satışların %1'i kadar olması ($r \leq 0,01$)
3. Elde edilen net karın en az 33.000 olması ($K \geq 33000$)
4. Dönemlik ürün taleplerinin tamamen karşılanması
($C_1^a = 60, C_2^a = 34, C_3^a = 8$), ($C_1^b = 32, C_2^b = 100, C_3^b = 88$),
($C_1^c = 34, C_2^c = 80, C_3^c = 10$).
5. Fazla mesai ile gerçekleştirilebilen üretim maliyetinin maksimum 1250 TL olması ($M^a + M^b + M^c = 1250$)

4.11. UYGULAMA

Çalışmanın bu kısmına kadar verilen bilgiler ışığında önce AHP ile modelde kullanılan ağırlıklar hesaplanıp, daha sonra da bu ağırlıklarla oluşturulan model LINGO 11.0 yardımı ile çözülmüştür.

Firma için yapılan uygulamada hedeflerin ağırlıklarının subjektif yargılarla belirlenmesi riskine karşı, söz konusu ağırlıklar AHP kullanılarak bulunmuştur. AHP yönteminde kullanılan kriterler üretim departmanının değerlendirmeleri sonucunda oluşturulmuştur. Bir sonraki kısımda, AHP uygulaması için gerekli olan kriterler ve önem düzeyleri çevresinde “Excel for Windows” ile çözümler gerçekleştirilmiş ve ağırlıklar saptanmıştır.

4.11.1. AHP ile Amaç Fonksiyonun Ağırlıklarının hesaplanması

Hiyerarşik yapı için hedefler, karar alternatifleri olarak kullanılmış ve seviye 3’ de ele alınmıştır. Aynı şekilde kriterler üretim departmanının yönlendirmesi ile oluşturulmuş ve seviye 2’de ele alınmıştır. Karar problemimiz ise “Hedef

Programlama Modelinin Ağırlıklandırılması” olarak belirlenmiş ve seviye 1 de yer almaktadır.

AHP Önem düzeyleri: AHP soyut ve somut tüm kriterlerin mutlak bir ölçekte göreceli olarak ölçülmesi temeline dayanır. Bu soyut kriterler nasıl ölçülebilir sorusu AHP'nin matematiksel yapısının en önemli parçasıdır. Soyut olan çeşitli kriterler ya da amaçlar arasında karşılaştırmalar yapmak için bu değerlendirmeler genellikle kalitatif (nitel) olarak yapılır ve sayısal olarak ifade edilir. Karar vericilerin bunu, kendi aklından basit bir şekilde fakat doğrulaması zor olacak herhangi bir sayı ataması yerine karşılıklı ikili karşılaştırmalar biçiminde dikkatle tasarlanmış bilimsel bir yolla yapması gereklidir. Bu nedenle ikili karşılaştırmalar yapılırken, bir kriter ya da özelliğe göre bir öğenin diğerinden ne kadar baskın olduğunu ortaya koymak için sayısal bir ölçeğe ihtiyaç olmaktadır. Saaty tarafından ortaya konan ölçek Tablo 8'deki gibidir (Tütek ve diğerleri, 2012:342);

Tablo 8: AHP Önem Düzeyleri

Önem Yoğunluğu	Tanım	Açıklama
1	Eşit Önem	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur
3	Birinin diğerine göre çok az önemli olması	Tecrübe ve Yargı bir faaliyeti diğerine çok az tercih ettirir
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine çok kuvvetli bir derecede tercih ettirir
7	Çok kuvvetli düzeyde önemli	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih edilir ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülür
9	Aşırı derecede önemli	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük güvenilirliğe sahiptir
2, 4, 6, 8	Orta değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanmak üzere yukarıda listelenen yargılar arasına düşen değerler

Kaynak: Saaty ve Sodenkamp, 2010: 95

Ağırlıklandırılan Hedefler- AHP için karar alternatifleri

- 1- Dönemlik stoklama kapasitesini aşmama hedefi. (x)
- 2- Toplam stoklama maliyetini minimize etme hedefi. (y)

- 3- Net karı maksimize etme hedefi. (z)
- 4- Dönemlik ürün talebini karşılama hedefi. (t)
- 5- Fazla mesai ile gerçekleştirilen üretim maliyetini minimize etme hedefi. (m)

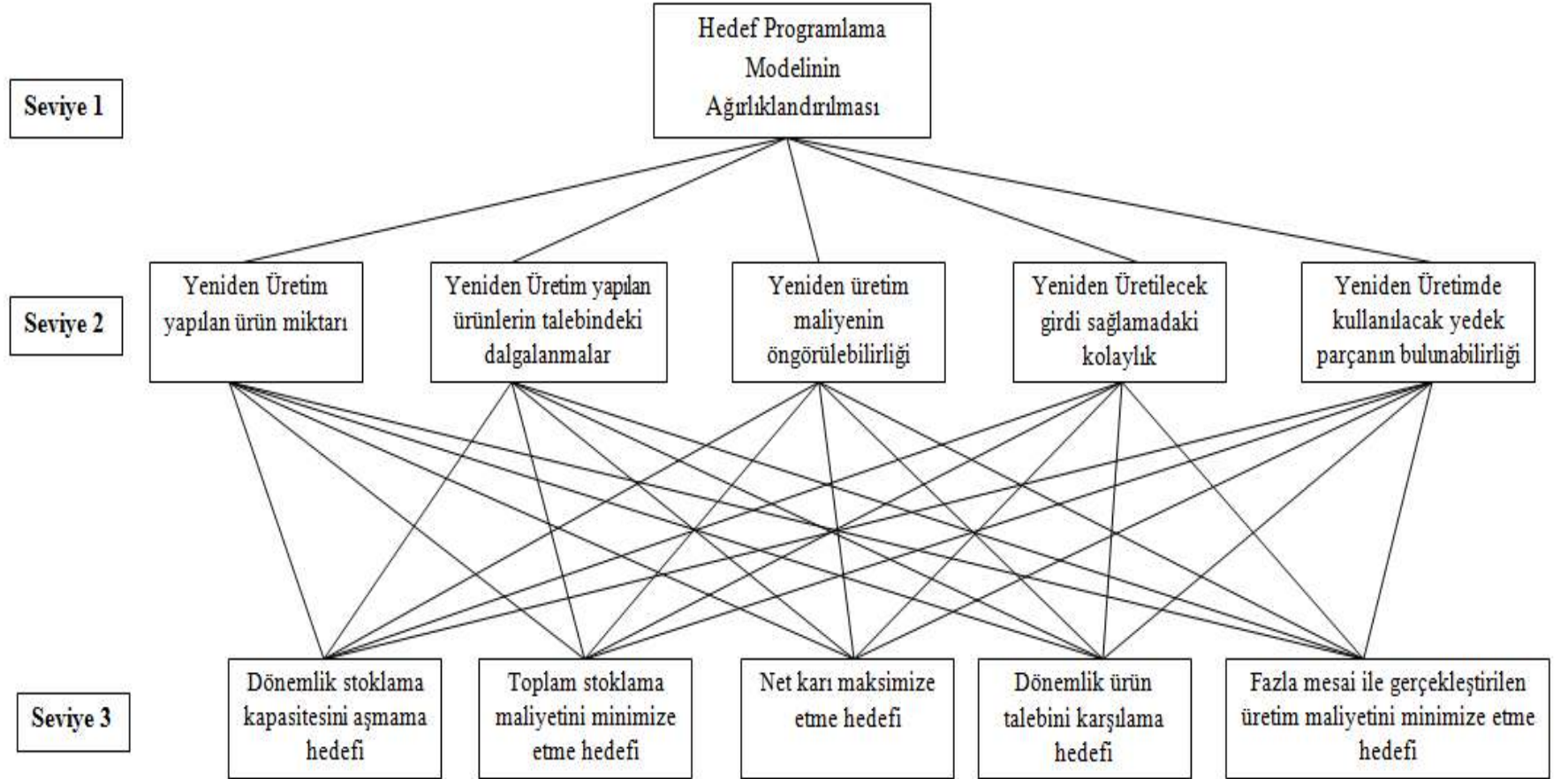
AHP Kriterleri

AHP kriterleri İşletmenin üretim departmanı yetkilisi tarafından belirlenmiştir.

- 1- Yeniden üretim yapılan ürün miktarı. (A)
- 2- Yeniden üretim yapılan ürünlerin talebindeki dalgalanmalar. (B)
- 3- Yeniden üretim maliyenin öngörülebilirliği. (C)
- 4- Yeniden üretilecek girdi sağlamadaki kolaylık. (D)
- 5- Yeniden üretimde kullanılacak yedek parçanın bulunabilirliği. (E)

AHP çözümleri yapılırken ve karşılaştırma matrislerinde, hedefler ve kriterler yanlarında belirtilen kodlarla kullanılmıştır. Şekil 12’ de hiyerarşik yapı şekillendirilmiştir.

Şekil 12: AHP Kriter ve Karar Alternatifleri



AHP Karşılaştırma Matrisleri

Çalışmanın bu kısmında hedef programlama modelinin amaç fonksiyonunda kullanılan ağırlıkların hesaplanması için, her bir kritere göre, karar değişkenleri matrisler oluşturularak önem düzeylerine göre karşılaştırılmıştır.

Tablo 9: Yeniden Üretim Yapılan Ürün Miktarı Kriterine (A) Göre Karşılaştırma Matrisi

	x	y	z	t	m	W
X	1	3	1/5	1/4	2	0,128
Y	1/3	1	1/6	1/5	1/6	0,046
Z	5	6	1	1	2	0,340
T	4	5	1	1	3	0,337
M	1/2	6	1/2	1/3	1	0,150
Toplam	10,83	21	2,867	2,7833	8,167	

Tablo 10: Yeniden Üretilmiş Ürünlerin Talebindeki Dalgalanmalar Kriterine (B) Göre Karşılaştırma Matrisi

	x	y	z	t	m	W
X	1	4	2	1/3	1/4	0,164
Y	1/4	1	1	1/4	1/2	0,082
Z	1/2	1	1	1/5	1/3	0,077
T	3	4	5	1	3	0,431
M	4	2	3	1/3	1	0,246
Toplam	8,75	12	12	2,1167	5,083	

Tablo 11: Yeniden Üretim Maliyenin Öngörülebilirliği Kriterine (C) Göre Karşılaştırma Matrisi

	x	y	z	t	m	W
x	1	1/7	1/7	1/3	1/9	0,034
y	7	1	1/5	5	1/3	0,162
z	7	5	1	8	1	0,392
t	3	1/5	1/8	1	1/7	0,057
m	9	3	1	7	1	0,355
Toplam	27	9,343	2,468	21,333	2,587	

Tablo 12: Yeniden Üretilcek Girdi Sağlamadaki Kolaylık Kriterine (D) Göre Karşılaştırma Matrisi

	x	y	z	t	m	W
x	1	1/3	1/5	1/9	1/5	0,037
y	3	1	1/5	1/7	1	0,082
z	5	5	1	1/5	2	0,203
t	9	7	5	1	7	0,571
m	5	1	1/2	1/7	1	0,108
Toplam	23	14,33	6,9	1,5968	11,2	

Tablo 13: Yeniden Üretimde Kullanılacak Yedek Parçanın Bulunabilirliği Kriterine (E) Göre Karşılaştırma Matrisi

	x	y	z	t	m	W
x	1	1/5	1/4	1/5	1/3	0,052
y	5	1	1	1/5	1	0,149
z	4	1	1	1/5	2	0,160
t	5	5	5	1	5	0,525
m	3	1	1/2	1/5	1	0,114
Toplam	18	8,2	7,75	1,8	9,333	

Tablo 14: Kriterler Arası Karşılaştırma Matrisi

	A	B	C	D	E	W
A	1	3	1/2	3	3	0,259009975
B	1/3	1	1/3	4	3	0,172962261
C	2	3	1	5	5	0,410527193
D	1/3	1/4	1/5	1	3	0,096203943
E	1/3	1/3	1/5	1/3	1	0,061733545
Toplam	4	7,58	2,23	13,33	15	

Tablo 15’ de kriterlere göre hedeflerin ağırlıkları belirlenmiştir. Söz konusu ağırlıklar bulunurken her bir kritere ait yapılan karşılaştırma matrislerinden tutarlılık oranlarına ulaşılmış ve Tablo 15’ de gösterilmiştir. Çözümün tutarlılığı açısından bu oranının 0,10’ dan küçük olması istenmektedir.

Tablo 15: Elde Edilen Ağırlık Değerleri ve Tutarlılık Oranları

	A	B	C	D	E	Ağırlık
Kriterin Önc. Değeri	0,259	0,172	0,410	0,096	0,061	
Hedef x	0,128	0,164	0,034	0,037	0,052	0,08
Hedef y	0,046	0,082	0,162	0,082	0,149	0,11
Hedef z	0,340	0,077	0,392	0,203	0,160	0,29
Hedef t	0,337	0,431	0,057	0,571	0,525	0,27
Hedef m	0,150	0,246	0,355	0,108	0,114	0,24
Tutarlılık	0,091	0,095	0,080	0,076	0,068	

Firma yetkililerinin fikir ve görüşleri doğrultusunda, firma verileri ve yapısı da göz önünde bulundurularak, hedeflere verilmesi gereken ağırlıklar AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) kullanılarak saptanmıştır. AHP' nin kriterleri şirket yetkilisinin yönlendirmeleri ile oluşturulmuş ve kriterler arası önem düzeyleri şirket yetkilisi tarafından değerlendirilmiştir.

$w_1 = 0.08$ (Pozitif yönlü tüm hedefler için)

$w_2 = 0.11$

$w_3 = 0.29$

$w_4 = 0.27$ (Pozitif ve negatif yönlü tüm hedefler için)

$w_5 = 0.24$

İşletmenin toplam 21 hedefi bulunmaktadır ve bu hedeflerden sapmaların ağırlıkları ise yapılan çözüm sonucunda yukarıdaki gibi bulunmuştur.

4.11.2 Hedef Programlama Modeli

Belirlenen kısıtlar ile hedef ve hedeflerin ağırlık değerlerine göre ve yukarıda tanımlanan değişkenler kullanılarak kurulan hedef programlama modeli aşağıda yer almaktadır.

Amaç Fonksiyonu:

$$Z_{min} = \sum_{k=1}^k \sum_{j=1}^j w_j^- d_j^- + w_j^+ d_j^+$$

Hedef kısıtları:

$$\triangleright i_t^a + d_j^- - d_j^+ = I^a \quad (t=1,2,3...k)$$

$$i_t^b + d_j^- - d_j^+ = I^b \quad (t=1,2,3...k)$$

$$i_t^c + d_j^- - d_j^+ = I^c (t=1,2,3\dots k)$$

$$\triangleright h_t \cdot \sum_{t=1}^k i_t^a + h_t \cdot \sum_{t=1}^k i_t^b + h_t \cdot \sum_{t=1}^k i_t^c + d_j^- - d_j^+ = r \cdot p_t^a \cdot \sum_{t=1}^k C_t^a + r \cdot p_t^b \cdot \sum_{t=1}^k C_t^b + r \cdot p_t^c \cdot \sum_{t=1}^k C_t^c$$

$$\triangleright (p_t^a \cdot \sum_{t=1}^k C_t^a + p_t^b \cdot \sum_{t=1}^k C_t^b + p_t^c \cdot \sum_{t=1}^k C_t^c) - (\sum_{t=1}^k (v_t^a \cdot n_t^a + y_t^a \cdot f_t^a) + \sum_{t=1}^k (v_t^b \cdot n_t^b + y_t^b \cdot f_t^b) +$$

$$\sum_{t=1}^k (v_t^c \cdot n_t^c + y_t^c \cdot f_t^c)) - (h_t \cdot \sum_{t=1}^k i_t^a + h_t \cdot \sum_{t=1}^k i_t^b + h_t \cdot \sum_{t=1}^k i_t^c) + d_j^- - d_j^+ = K$$

$$\triangleright i_{t-1}^a + n_t^a + f_t^a - i_t^a + d_j^- - d_j^+ = C_t^a \quad (t=1,2,3)$$

$$i_{t-1}^b + n_t^b + f_t^b - i_t^b + d_j^- - d_j^+ = C_t^b \quad (t=1,2,3)$$

$$i_{t-1}^c + n_t^c + f_t^c - i_t^c + d_j^- - d_j^+ = C_t^c \quad (t=1,2,3)$$

$$\triangleright y_t^a \cdot \sum_{t=1}^k f_t^a + y_t^b \cdot \sum_{t=1}^k f_t^b + y_t^c \cdot \sum_{t=1}^k f_t^c + d_j^- - d_j^+ = M$$

Üretim Kısıtları:

$$\triangleright n_t^a \leq N_t^a \quad (t=1,2,3)$$

$$n_t^b \leq N_t^b \quad (t=1,2,3)$$

$$n_t^c \leq N_t^c \quad (t=1,2,3)$$

$$\triangleright f_t^a \leq F_t^a \quad (t=1,2,3)$$

$$f_t^b \leq F_t^b \quad (t=1,2,3)$$

$$f_t^c \leq F_t^c \quad (t=1,2,3)$$

Pozitiflik Koşulu:

$$n_t^a, n_t^b, n_t^c, f_t^a, f_t^b, f_t^c, i_t^a, i_t^b, i_t^c, d_j^-, d_j^+ \geq 0$$

Sismak Otomotiv A.Ş.'nin üç adet LES ürününe ilişkin stok kontrol yönetimi için ortaya konan hedef programlama modeli firma verilerine göre düzenlendiğinde aşağıdaki modele ulaşılmıştır.

Amaç Fonksiyonu:

$$Z_{min} = 0.08(d_1^+ + d_2^+ + d_3^+ + d_4^+ + d_5^+ + d_6^+ + d_7^+ + d_8^+ + d_9^+) + 0.11(d_{10}^+) + \\ 0.29(d_{11}^-) + 0.27(d_{12}^- + d_{12}^+ + d_{13}^- + d_{13}^+ + d_{14}^- + d_{14}^+ + d_{15}^- + d_{15}^+ + d_{16}^- + d_{16}^+ + \\ d_{17}^- + d_{17}^+ + d_{18}^- + d_{18}^+ + d_{19}^- + d_{19}^+ + d_{20}^- + d_{20}^+) + 0.24(d_{21}^+)$$

Hedef kısıtları:

$$\begin{aligned} i_1^a + d_1^- - d_1^+ &= 50 & i_1^b + d_4^- - d_4^+ &= 50 & i_1^c + d_7^- - d_7^+ &= 50 \\ i_2^a + d_2^- - d_2^+ &= 50 & i_2^b + d_5^- - d_5^+ &= 50 & i_2^c + d_8^- - d_8^+ &= 50 \\ i_3^a + d_3^- - d_3^+ &= 50 & i_3^b + d_6^- - d_6^+ &= 50 & i_3^c + d_9^- - d_9^+ &= 50 \\ 5i_1^a + 5i_2^a + 5i_3^a + 5i_1^b + 5i_2^b + 5i_3^b + 5i_1^c + 5i_2^c + 5i_3^c + d_{10}^- - d_{10}^+ &= 735 \\ 73406 - 125n_1^a - 125n_2^a - 125n_3^a - 110n_1^b - 110n_2^b - 110n_3^b - 120n_1^c - 120n_2^c - 120n_3^c - \\ 135f_1^a - 135f_2^a - 135f_3^a - 120f_1^b - 120f_2^b - 120f_3^b - 130f_1^c - 130f_2^c - 130f_3^c - \\ 5i_1^a - 5i_2^a - 5i_3^a - 5i_1^b - 5i_2^b - 5i_3^b - 5i_1^c - 5i_2^c - 5i_3^c + d_{11}^- - d_{11}^+ &= 33000 \\ 124 + n_1^a + f_1^a - i_1^a + d_{12}^- - d_{12}^+ &= 60 & i_2^b + n_3^b + f_3^b - i_3^b + d_{17}^- - d_{17}^+ &= 88 \\ i_1^a + n_2^a + f_2^a - i_2^a + d_{13}^- - d_{13}^+ &= 34 & 64 + n_1^c + f_1^c - i_1^c + d_{18}^- - d_{18}^+ &= 34 \\ i_2^a + n_3^a + f_3^a - i_3^a + d_{14}^- - d_{14}^+ &= 8 & i_1^c + n_2^c + f_2^c - i_2^c + d_{19}^- - d_{19}^+ &= 80 \\ 109 + n_1^b + f_1^b - i_1^b + d_{15}^- - d_{15}^+ &= 32 & i_2^c + n_3^c + f_3^c - i_3^c + d_{20}^- - d_{20}^+ &= 10 \\ i_1^b + n_2^b + f_2^b - i_2^b + d_{16}^- - d_{16}^+ &= 100 \\ 135f_1^a + 135f_2^a + 135f_3^a + 120f_1^b + 120f_2^b + 120f_3^b + 130f_1^c + 130f_2^c + 130f_3^c + \\ d_{21}^- - d_{21}^+ &= 1250 \end{aligned}$$

Üretim Kısıtları:

$$n_1^a \geq 35 \quad n_2^b \geq 35 \quad n_3^c \geq 35 \quad f_1^a \leq 30 \quad f_3^b \leq 30 \quad f_2^c \leq 30$$

$$\begin{array}{llll}
n_2^a \geq 35 & n_1^c \geq 35 & f_2^a \leq 30 & f_1^c \leq 30 \\
n_3^a \geq 35 & n_2^b \geq 35 & f_3^a \leq 30 & f_2^c \leq 30 \\
n_1^b \geq 35 & n_2^c \geq 35 & f_1^b \leq 30 & f_3^c \leq 30
\end{array}$$

Pozitiflik Koşulu:

$$n_1^a, n_2^a, n_3^a, n_1^b, n_2^b, n_3^b, n_1^c, n_2^c, n_3^c, f_1^a, f_2^a, f_3^a, f_1^b, f_2^b, f_3^b, f_1^c, f_2^c, f_3^c,$$

$$i_1^a, i_2^a, i_3^a, i_1^b, i_2^b, i_3^b, i_1^c, i_2^c, i_3^c \geq 0$$

$$d_1^+, d_1^-, d_2^+, d_2^-, d_3^+, d_3^-, d_4^+, d_4^-, d_5^+, d_5^-, d_6^+, d_6^-, d_7^+, d_7^-, d_8^+, d_8^-,$$

$$d_9^+, d_9^-, d_{10}^+, d_{10}^-, d_{11}^+, d_{11}^-, d_{12}^+, d_{12}^-, d_{13}^+, d_{13}^-, d_{14}^+, d_{14}^-, d_{15}^+, d_{15}^-, d_{16}^+, d_{16}^-,$$

$$d_{16}^+, d_{17}^-, d_{17}^+, d_{18}^-, d_{18}^+, d_{19}^-, d_{19}^+, d_{20}^-, d_{20}^+, d_{21}^-, d_{21}^+ \geq 0$$

"Direksiyon Kutusu" ürünlerinin 3 dönemlik (4'er aylık) üretim stok kontrolü hedef programlama modeli LINGO 11.0 programı ile çözülmüştür. Elde edilen değişken değerleri aşağıdaki Tablo 16'da gösterilmektedir. Firmanın aynı 3 dönemdeki verileriyle çözülen problemi sonucunda ulaşılan hedeflerden sapma değişkenlerinin değerleri ve negatif sapmaları ile pozitif sapmaları Tablo 17'de gösterilmektedir.

Tablo 16: LINGO Çözümü Sonucunda Karar Değişkenlerinin Çözüm Değerleri

Karar Değişkenleri	Değişken Değerleri	Karar Değişkenleri	Değişken Değerleri	Karar Değişkenleri	Değişken Değerleri
i_1^a	0	n_1^a	35	f_1^a	0
i_2^a	0	n_2^a	35	f_2^a	0
i_3^a	27	n_3^a	35	f_3^a	0
i_1^b	65	n_1^b	35	f_1^b	0
i_2^b	0	n_2^b	35	f_2^b	0
i_3^b	0	n_3^b	57	f_3^b	0
i_1^c	45	n_1^c	35	f_1^c	0
i_2^c	0	n_2^c	35	f_2^c	0
i_3^c	10	n_3^c	35	f_3^c	0

Tablo 17: LINGO Çözümü Hedefler ve Sapma Değişkenleri

Hedefler	Sapma Değişkenleri	Negatif Sapmalar (d_j^-)	Pozitif Sapmalar (d_j^+)
Dönemlik stoklama kapasitesini aşmama hedefleri	d_1	50	0
	d_2	50	0
	d_3	23	0
	d_4	0	15
	d_5	50	0
	d_6	50	0
	d_7	5	0
	d_8	50	0
	d_9	40	0
Toplam stoklama maliyetini minimize etme hedefi	d_{10}	0	0
Net karı maksimize etme hedefi	d_{11}	0	0
Dönemlik ürün talebini karşılama hedefi	d_{12}	0	99
	d_{13}	0	1
	d_{14}	0	0
	d_{15}	0	47
	d_{16}	0	0
	d_{17}	31	0
	d_{18}	0	20
	d_{19}	0	0
	d_{20}	0	15
Fazla mesai ile gerçekleştirilen üretim maliyetini minimize etme hedefi	d_{21}	1250	0

Dönemlik stok kapasitesini aşmama hedefleri olan d_1 ile d_9 arasındaki hedeflerin pozitif sapmalarının minimum olması istenmiş ve b ürününün 1. dönemdeki stok kapasitesi hedefi hariç, diğer hedefler başarılmıştır. Toplam stoklama maliyetini minimize etme, net karı maksimize etme ve fazla mesai ile gerçekleştirilen üretim maliyetini minimize etme hedefleri (d_{10} , d_{11} , d_{21}) hiç bir istenmeyen sapma olmadan başarılmıştır. Dönemlik ürün talebini karşılama hedeflerinin (d_{12} ile d_{20} arası) hiç bir pozitif veya negatif sapma olmadan gerçekleşmesini isteyen işletme a ürününün 3. dönemi, b ürününün 2. dönemi, c ürününün 2. dönemi haricinde hedeflerine ulaşamamış ve istenmeyen sapmalar meydana gelmiştir.

SONUÇ

20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren en üst düzeye ulaşan makineleşme, teknolojinin sınırları aşması ve globalleşmenin etkisiyle uluslararası ticaretin derinleşmesi rekabetin yoğun olarak yaşandığı bir piyasa ortamını beraberinde getirmiştir. Rekabetin bu kadar yoğun olarak yaşandığı piyasa ortamlarında hızlı ve verimli karar alabilen işletmeler bir adım öne çıkmaktadır.

Aynı anda birçok fonksiyonu yerine getiren işletmeler, karar alırken de aynı şekilde birden fazla kısıtı ve birden fazla amacı göz önünde bulundurmak zorunda kalmaktadır. İşletmelerin alması gereken kararlar, doğası gereği belirsiz ortamlarda alındığından ve bu belirsizlik ortamı işletmenin geleceğini etkileyeceğinden, kararın isabeti işletmenin başarısını doğrudan ilgilendirmektedir. İşte bu belirsizlik içinde, birden çok amaç göz önünde bulundurularak karar alınması gerektiğinde "Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) Metotları" ile karşılaşılmaktadır.

Bu çalışmada çok amaçlı karar verme metotlarından Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Hedef programlama kullanılarak bir üretim işletmesinin stok kontrol politikasındaki hedefler doyuma ulaştırılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde stok yönetimi kavramından bahsedilmiştir. Stok yönetimi stok bulundurarak üretim yapan işletmeler açısından hayati önemdedir. Stoklara yapılacak eksik veya fazla yatırımlar işletmeyi uzun vadede nakit darboğazına sokacağından veya talepleri karşılamada sorun yaratacağından bu konuda alınacak kararlar işletme için çok büyük önem arz etmektedir. Stok yönetiminde alınacak kararların bu denli önemli olduğundan, bu konu çalışmanın temelini oluşturmaktadır.

Çalışmanın ikinci bölümünde tersine lojistik ve tersine lojistik faaliyetinin geri kazanım seçeneklerinden birisi olan yeniden üretim incelenmektedir. Son yıllarda önemi gitgide artan geri kazanım seçenekleri işletmelere hem daha ucuz fiyata hammadde sağlamasından dolayı kar artışı sağlamakta, hem de çevreye verdiği zararı azaltarak sosyal sorumluluklarını yerine getirme adına bir fırsat sunmaktadır. Yeniden üretim dünyada çok fazla kullanım alanı bulmasına rağmen Türkiye'de hala hak ettiği değeri bulamamaktadır. Bu çalışmadaki amaçlardan bir tanesi de Türkiye'de bu farkındalığı yaratarak endüstride yeniden üretimin kullanılmasını özendirmeaktır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde ise uygulamanın matematiksel model olarak ifade edilmesini sağlayan çok amaçlı karar verme metodlarından hedef programlama incelenmiştir. Hedef programlamadaki amaç birden fazla hedefi aynı anda doyuma ulaştırmaktır. Fazla stoku engellemek adına maksimum stok hedefi, ürünün maliyetine dolayısı ile de fiyatına yansiyarak karı etkileyecek olan toplam stoklama maliyetini minimize etme hedefi, aynı anda ürün fiyatı, talep miktarları, normal mesai ile ve fazla mesai ile üretim maliyetleri ve stoklama maliyetlerini dikkate alan net karı maksimize etme hedefi, stoksuz kalma tehdidi ile karşılaşmadan müşteriden gelen talepleri tamamen karşılama hedefi ve işletmeye ekstra maliyet yükü yüklememek adına fazla mesai ile üretim maliyetini minimize etme hedefi aynı anda doyuma ulaştırılmaya çalışılmıştır. Görüldüğü gibi çalışmanın temeli olan stok kontrol modelinin aynı anda doyuma ulaştırılması gereken bir çok hedefi vardır. Bu şekilde birden fazla hedefin, bir çok kısıt göz önünde bulundurularak doyuma ulaştırılması ancak literatürde sıklıkla uygulama alanı bulan hedef programlama ile gerçekleştirilebilmektedir.

Dört bölümden oluşan çalışmanın son bölümünde ise, yeniden üretim faaliyeti gerçekleştiren Sismak Otomotiv A.Ş.'nin LES ürün portföyünden 3 ürünün 3 dönemlik stok kontrol politikasını belirleyen 5 ana hedef (toplam 21 hedef) hedef programlama yöntemi ile doyuma ulaştırılmıştır. Ağırlıklı (Weighted) hedef programlama kullanılarak oluşturulan modelin ağırlıkları, çok kriterli karar verme metodlarından AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) kullanılarak belirlenmiştir. AHP'nin karar problemi, modelin amaç fonksiyonu katsayılarının ağırlıklandırılması olarak belirlenmiştir. Karar alternatifleri modele konu olan ana hedeflerdir. Kriterler ise işletme yetkilisinin yeniden üretim faaliyetine ilişkin olarak belirlediği kısıtlamalardır. Karar alternatifleri, her bir kritere göre karşılaştırma matrislerine yerleştirilmiş ve Excel for Windows yardımıyla çözüme ulaşılmıştır. Her bir çözümün tutarlılık oranının 0.1'den küçük olduğundan, yani çözümün tutarlı olduğundan emin olunduktan sonra bulunan ağırlıklar modelin amaç fonksiyonuna eklenerek LINGO 11.0 paket programı ile çözüm gerçekleştirilmiştir. Çözüm sonucunda bulunan değerler Tablo 4.10 ve 4.11'de gösterilmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre işletme dönemlik stoklama kapasitesini aşmama hedefini B ürünü haricinde gerçekleştirmiştir. A ürünü için stoklama kapasitesi 1. ve

2. dönemde tamamen kullanılmış 3. dönem ise 23 birim stoklanmış yani 27 birim hedeften negatif sapma gerçekleşmiştir. B ürünü için 1. dönemde hedeften 15 birim pozitif sapma olmuştur. 2. ve 3. dönem ise herhangi bir sapma meydana gelmeden bütün stoklama kapasitesi kullanılmıştır. C ürünü için ise 1. dönem ve 3. dönemde sırasıyla 5 birim ve 40 birim kullanılmayan stok kapasitesi kalmıştır. Yani işletme 1. dönemde 45 birim, 3. dönemde ise 10 birim stoklamıştır. B ürünü için 2. dönemde herhangi bir sapma olmadan bütün stoklama kapasitesi kullanılmıştır.

Toplam stoklama maliyetini minimize etme ve net karı maksimize etme hedeflerini başaran işletme, herhangi bir sapma meydana gelmeden 3 dönemi tamamlamıştır. Maksimum 735 TL olan stoklama maliyetinin tamamını kullanan işletme bu miktarın üzerine çıkmadan stoklama maliyetini gerçekleştirmiştir. Aynı şekilde 3 ürünün 3 dönemlik satışlarından minimum 33000 TL kar hedefleyen işletme söz konusu karı gerçekleştirmiştir.

İhtiyatlı olmak ve fazla mesai ile üretimi kısıtlamak adına her ay minimum 35 birim normal mesai ile üretim yapan işletme A ve C ürünlerini 3 dönemde 35 birim üretmiştir. B ürünüde ise 1. ve 2. dönemler 35 birim üretim yapılmış 3. dönem ise 57 birim üretilmiştir.

Dönemlik ürün talebini tamamen karşılamayı hedefleyen işletme, pozitif ve negatif bir sapma meydana gelmesini istememektedir. Bu hedefini tam anlamıyla gerçekleştiremeyen işletme A ürününün 1. ve 2. dönemdeki talebinin sırasıyla 99 ve 1 birim üzerine çıkmış, 3. dönemde talep tamamen karşılanmıştır. B ürünüde 1. dönem 47 birim talebin üzerine çıkan işletme, 3. dönem 31 birim talebi karşılayamamıştır. B ürünü için 2. dönemde bütün talep tamamen karşılanmıştır. C ürünüde ise 1. ve 3. dönem sırasıyla 20 ve 15 birim istenilen talebin üzerine çıkılmış, 2. dönem ise talep herhangi bir sapma meydana gelmeden karşılanmıştır.

Normal mesai ile ayda minimum 35 tane üretim yapmak zorunda olan işletme ihtiyatlılık adına gerçekleştirdiği bu durum sayesinde 3 dönem boyunca hiç bir üründen fazla mesai ile üretim yapmak zorunda kalmamıştır. Maksimum 1250 TL ayırdığı fazla mesai ile üretim maliyetini hiç kullanmamıştır.

Görüldüğü gibi bir çok hedefini başarıyla doyuma ulaştıran işletme kısmen başarılı bir seyir izlemektedir. Bir dönemde stok kapasitesini aşan işletme bunun önüne geçebilmek için ya üretimi ve satışı az olan bir ürünün stok kapasitenden

yararlandırılmalı, yada o ürün için tekrar üretim satış planlaması yapıp fazla stoku engellemelidir. Aynı şekilde talebin eksik veya fazla çıkması konusunda da önlem alması gereken işletme fazla arzını değerlendirmek için yeni pazarlar aramalı, eksik talep için ise üretim programını gözden geçirerek gerekli önlemleri almalıdır.

Sonuç olarak hedef programlama ile modellenen stok kontrol problemi hedeflerini başarılı bir şekilde gerçekleştirmiştir. Fakat her çok kriterli karar verme yöntemi gibi hedef programlamada da sonuçlar tahminidir. Yani tahminler geleceğe ilişkin yapıldığında mükemmellikten uzaktır. İşletme yapılan bu çalışmayı dikkate alırken aynı zamanda işletmenin olanaklarını da dikkate alarak kararlarını vermelidir. Çünkü işletme, yeniden üretim işlemini 2011 yılından beri yaptığından, model oluşturulurken çok fazla sayısal veri kullanılmamış, firma mühendislerinin subjektif yargılarından yararlanılmıştır.

Yapılan çalışma hedef programlama ile modellenen stok kontrol politikasının hedeflerini başarılı bir şekilde doyuma ulaştırdığını gözler önüne sermektedir. Bundan sonraki çalışmalarda subjektif yargılardan uzak nicel verilerle işlem gerçekleştirilebilirse, bunun işletmenin uzun vadede hem karına hem de üretim sistemine pozitif katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Abdelaziz, F. B. (2007). Multiple Objective Programming and Goal Programming: New Trends and Applications. *European Journal of Operational Research*. 177(2007): 1520-1522.

Alp, S. (2008). *Doğrusal Hedef Programlama Yöntemi Kullanılarak Kent İçi Otobüsle Toplu Taşıma Sistemi için Bir Model Oluşturulması ve Uygulanması*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi)tanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Amaya, J., Zwolinski, P. ve Brissaud, D. (2010). Environmental Benefits of Parts Remanufacturing: The Truck Injector Case. *17th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering* (ss. 1-6). China. 1-20 Eylül 2010.

Aouni, B. ve Kettani, O. (2001). Goal Programming Model: A Glorious History and A Promising Future. *European Journal of Operational Research*. 133(2001):225-231.

Aras, N., Boyacı, T. ve Verter, V. (2004). The Effect of Categorizing Returned Products in Remanufacturing. *Institute of Industrial Engineers Transactions*. 36(4): 319-331.

Askin, R. G. ve Goldberg, J. B. (2002). *Design and Analysis of Lean Production Systems*. NewYork: John Wiley & Sons.

Axsater, S. (2006). *Inventory Control*. USA: Springer Science+Business Media, LLC.

Batson, R. G. (1989). Financial Planning Using Goal Programming. *Long Range Planning*. 22(5): 112-120.

Bose, D. Chandra (2006). *Inventory Management*. New Delhi: Prentice Hall.

Charnes, A. ve Cooper, W.W. (1961). *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*. New York ve Londra: John Wiley & Sons, Inc.

Charnes, A. ve Cooper, W.W. (1977). Goal Programming And Multiple Objective Optimizations. *European Journal of Operational Research*. 1(1977): 39-54.

Charnes, A. ve Gallegos, A., Li, H. (1996). Robustly Efficient Parametric Frontiers Via Multiplicative DEA For Domestic and International Operations of The Latin American Airline Industry. *European Journal of Operational Research*. 88(3): 525-536.

Chase, R. B., Aquilano, N. J. ve Jacobs, F. R., (1998). *Production and Operations Management: Manufacturing and Services*. Indiana: Irvin/McGraw-Hill.

Chung, C.J. ve Wee, H.M. (2011). Short Life-Cycle Deteriorating Product Remanufacturing in a Green Supply Chain Inventory Control System. *International Journal of Production Economics*. 129(1): 195-203.

Cinemre, N. (2011). *Yöneylem Araştırması*. İstanbul: Evrim Yayınları.

Clegg, A.J. Williams, D.J ve Uzsoy, R. (1995). Production Planning For Companies With Remanufacturing Capability. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers International Symposium Book* (ss.186-191). Orlando. 1-3 Mayıs 1995.

Cook, W.D. (1984). Goal Programming and Financial Planning Models for Highway Rehabilitation. *The Journal of the Operational Research Society*. 35(3): 217-223.

Cooper, W.W., Lelas, V. ve Sueyoshi, T. (1997). Goal Programming Models And Their Duality Relations For Use In Evaluating Security Portfolio And Regression Relations. *European Journal of Operational Research*. 98(2): 431-443.

Çetin, H. (2008). *PERT Modellerinin Hedef Programlama ile Hızlandırılması ve İnşaat Sektörüne Bir Uygulama*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Deckro, R. F. ve Hebert, J. E. (1984). Goal Programming Approaches to Solving Linear Decision Rule Based Aggregate Production Planning Models. *The Institute Of Industrial Engineers Transactions*. 16(4): 308-315.

Demir, H. ve Gümüsoğlu, Ş. (2009). *Üretim Yönetimi (İşlemler Yönetimi)*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.

Demirel, N. Ö. ve Gökçen, H. (2008). Geri Kazanımlı İmalat Sistemleri İçin Lojistik Ağı Tasarımı: Literatür Araştırması. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* 33(4): 903-912.

Dilworth, J. B. (1993). *Production and Operations Management: Manufacturing and Services*. NewYork: McGraw-Hill, Inc.

Dowlatsahi, S. (2005). A Strategic Framework For The Design and Implementation of Remanufacturing Operations in Reverse Logistics. *International Journal of Production Research*. 43(16): 3455-3480

Dyer, J. S. (1972). *Interactive Goal Programming*. Management Science. 19(1): 62-70.

Evren, R. ve Ülengin, F. (1992). *Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası.

Ferrer, G. ve Ketzenberg, M.E. (2004). Value of Information in Remanufacturing Complex Products. *Institute of Industrial Engineers Transactions*. 36(4): 265-277.

Ferrer, G. ve Whybark, D.C. (2000). From Garbage to Goods: Successful Remanufacturing Systems and Skills. *Business Horizons*. 43(6): 55-64.

Fleischemann, M. (2000). *Quantitative Models for Reverse Logistics*. Unpublished PhD. Thesis. Rotterdam: Erasmus University of Rotterdam.

Fleischemann, M. (2001). Reverse Logistics Network Structures and Design. *Erim Reports Series Research in Management*, ERS-2001-52-LIS.

Fleischemann, M., Beullens, P., Bloemhof-Ruwaard, J.M. ve Van Wassenhove, L.N. (2001). The Impact of Product Recovery on Logistics Network Design. *Production and Operations Management*. 10(2): 156-173

Franke, C., Basdere, B., Ciupek, M. ve Seliger S. (2006). Remanufacturing of Mobile Phones-Capacity, Program and Facility Adaptation Planning. *International Journal of Management Science*. 34(2006): 562-570.

Galbreth, M.R. ve Blackburn, J.D. (2010). Optimal Acquisition Quantities in Remanufacturing with Condition Uncertainty. *Production and Operations Management Society*. 19(1): 61-69.

Gen, M., Ida, K., Tsujimura, Y. ve Kim, C. E. (1993). Large-Scale 0–1 Fuzzy Goal Programming and Its Application to Reliability Optimization Problem. *Computers and Industrial Engineering*. 24(4): 539–549.

Golany, B., Yadin, M. ve Learner, O. (1991). A Goal Programming Inventory Control Model Applied At a Large Chemical Plant. *Production and Inventory Management Journal*. 32(1): 16-24.

Guide, V.D. ve Jayaraman, V. (2000). Product Acquisition Management: Current Industry Practice and A Proposed Framework. *International Journal of Production Research*. 38(16): 3779-3800.

Guide, V.D.R. ve Van Wassenhove, L.N. (2001). Managing Product Returns for Remanufacturing. *Production and Operations Management*. 10(2): 142-155.

Guide, V.D.R., Jayaraman, V. ve Srivastava, R. (1999). The Effect of Lead Time Variation on The Performance of Disassembly Release Mechanisms. *Computer and Industrial Engineering*. 36(1999): 759-779.

Guide, V.D.R., Srivastava, R. ve Kraus, M.E. (1998). Proactive Expediting Policies for Recoverable Manufacturing. *Journal of The Operational Research Society*. 49(1998): 479-491.

Guide, V.D.R., Teunter, R.H. ve Van Wassenhove, L.N. (2003). Matching Demand and Supply to Maximize Profits from Remanufacturing. *Institute for Operations Research and The Management Science*. 5(4): 303-316.

Gungor, A. ve Gupta, S.M. (1999). Issues in Environmentally Conscious Manufacturing and Product Recovery: A Survey. *Computers and Industrial Engineering*. 36(1999): 811-853

Gürler, İ. (2007). The Analysis and Impact of Remanufacturing Industry Practices. *International Journal of Contemporary Economics and Administrative Sciences*. 1(1): 25-39.

Gürler, İ. (2010). *Yeniden Üretim Sürecinde Tasarım, Planlama, Lojistik Faaliyetlerinin İncelenmesi ve Türkiye Açısından Değerlendirilmesi*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Heizer, J. H. ve Render, R. (2006). *Principles of Operations Management*. Portland: Pearson Prentice Hall.

Huang, Z., Zhang, G. ve Meng, L. (2012). Research on Coordination Strategy of Remanufacturing Closed-Loop Supply Chain Based on Quantity Discount. *Advances in Intelligent and Soft Computing*. 137(2012): 639-649.

Ignizio, J. P. (1976). *Goal Programming and Extensions*. USA: D.C. Heath and Company.

Ignizio, J. P. (1978). A Review of Goal Programming: A Tool for Multiobjective Analysis. *The Journal of The Operational Research Society*. 29(11): 1109-1119.

Ignizio, J. P. (1983). A Note on Computational Methods in Lexicographic Linear Goal Programming. *Operational Research Society*. 34(6): 539-542.

Ignizio, J. P. (1989). On The Merits and Demerits of Integer Goal Programming. *Operational Research Society*. 40(8): 781-785.

Ignizio, J. P. ve Cavalier, T. M. (1994). *Linear Programming*. USA: Prentice-Hall.

Ignizio, J. P. ve Romero, C. (2003). *Goal Programming*. Elsevier Science. 2(1):489-500.

Inderfurth, K. ve Van der Laan, E. (2001). Leadtime Effects and Policy Improvement for Stochastic Inventory Control with Remanufacturing. *International Journal of Production Economics*. 71(1-3): 381-390.

Jääskeläinen, V. (1969). A Goal Programming Model of Aggregate Production Planning. *The Scandinavian Journal of Economics*. 71(1): 14-29.

Jaber, M.Y. ve El Saadany, A.M.A. (2011). An Economic Production and Remanufacturing Model with Learning Effects. *International Journal of Production Economics*. 131(2011): 115-127.

Jones, D. ve Tamiz, M. (2010). *Practical Goal Programming*. Londra: Springer Science+Business Media.

Jones, D., Tamiz, M. ve Ries, J. (2010). *New Developments in Multiple Objective and Goal Programming*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Kaçtıoğlu, S. ve Şengül, Ü. (2010). Erzurum Kenti Ambalaj atıklarının Geri Dönüşümü İçin Tersine Lojistik Ağı Tasarımı ve Bir Karma Tamsayılı Programlama Modeli. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*. 24(1): 89-112

Karademir, Ö., Engin, O. ve Fırlı, N. (2005). Yeniden Üretimin Faydaları ve Ekonomi Üzerindeki Etkileri. 5. *Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu Kitabı* (ss. 527-532). Düzenleyen İstanbul Ticaret Üniversitesi. İstanbul. 25-27 Kasım 2005.

Keskin, R. (2011). Hedef Programlama. *Yöneylem Araştırması* (ss. 175-203). Editör: Vahap Tecim. İstanbul: Lisans Yayıncılık.

Kiesmüller, G.P. (2003). Optimal Control of A One Product Recovery System with Leadtimes. *International Journal of Production Economics*. 81-82(2003): 333-340.

Killough, L. N. ve Souders, T.L. (1973). A Goal Programming Model for Public Accounting Firms. *The Accounting Review*. 48(2): 268-279

Klausner, M. ve Hendrickson, C.T. (2000). Reverse-Logistics for Production Product Take-Back. *Institute for Operations Research and The Management Science*. 30(3): 156-165.

Kobu, B. (2003). *Üretim Yönetimi*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.

Kongar, E. ve Gupta, S. M. (2000). A Goal Programming Approach to the Remanufacturing Supply Chain Model. *Environmentally Conscious Manufacturing*. 4193(1): 167-178.

Krikke, H.R., Van Harten, A. ve Schuur, P.C. (1998). On A Medium Term Product Recovery and Disposal Strategy for Durable Assembly Products. *International Journal of Production Research*. 36(1): 111-139.

Kumar, M., Vrat, P. ve Shankar, R. (2004). A Fuzzy Goal Programming Approach For Vendor Selection Problem İn A Supply Chain. *Computers and Industrial Engineering*. 46(1): 69-85.

Kumar, S. ve Malegeant, P. (2006). Strategic Alliance in A Closed-Loop Supply Chain, A Case Of Manufacturer and Eco-Non-Profit Organization. *Technovation*. 26(2006): 1127–1135.

Küçük, O. (2009). *Stok Yönetimi, Amprik Bir Yaklaşım*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Kvanli, A. H. (1980). Financial Planning Using Goal Programming. *Omega*. 8(2): 207-218.

Kwak, N. K. ve Lee, C. (1997). A Linear Goal Programming Model for Human Resource Allocation in a Health-Care Organization. *Journal of Medical Systems*. 21(3): 129-140.

Kwak, N.K., Schniederjans, M.J. ve Warkentin, K.S. (1991). An Application Of Linear Goal Programming To The Marketing Distribution Decision. *European Journal of Operational Research*. 52(3): 334-344.

Lee, S. M. (1972). *Goal Programming for Decision Analysis*. Philedelphia: Auerbach Publishers

Lee, S. M. ve Moore, L. J. (1975). *Introduction to Decision Science*. New York: Petrocelli/Charter.

Lee, S. M. ve Nicely, R. E. (1974). Goal Programming for Marketing Decisions: A Case Study. *Journal of Marketing*. 38(1): 24-32.

Lee, S. M., Clayton, E. R. ve Taylor, B.W. (1978). A Goal Programming Approach To Multi-Period Production Line Scheduling. *Computers and Operations Research*. 5(3): 205-211.

Leunga, S. C. H., Wub, Y. ve Laib, K. K. (2003). Multi-Site Aggregate Production Planning With Multiple Objectives: A Goal Programming Approach. *Production Planning and Control: The Management of Operations*. 14(5): 425-436.

Li, J., Gonzales, M. ve Zhu, Y. (2009). A Hybrid Simulation Optimization Method for Production Planning of Dedicated Remanufacturing. *International Journal of Production Economics*. 117(2009): 286-301.

Linton, J.D. (2008). Assessing The Economic Rationality of Remanufacturing Products. *The Journal of Product Innovation Management*. 25(2008): 287-302.

Lojistik Dünyası, Stok Bulundurma Nedenleri, 2011, <http://www.lojistikdunyasi.com/stok-bulundurma-nedenleri.html>. (25.04.2013)

Mabee, D.G., Bommer, M. ve Keat, W.D. (1999). Design Charts for Remanufacturing Assessment. *Journal of Manufacturing Systems*. 18(5): 358-366.

Mahadevan, B., Pyke, D.F. ve Fleischmann, M. (2003). Periodic Review, Push Inventory Policies for Remanufacturing. *European Journal of Operational Research*. 151(3): 536-551.

Mathirajan, M. ve Ramanathan, R. (2007). A (0–1) Goal Programming Model for Scheduling The Tour of A Marketing Executive. *European Journal of Operational Research*. 179(2): 554-566.

McGovern, S.M. ve Gupta, S.M. (2007). A Balancing Method and Genetic Algorithm for Disassembly Line Balancing. *European Journal of Operational Research*. 179(3): 692-708.

Min, H. (1988). The Dynamic Expansion and Relocation of Capacitated Public Facilities: A Multi-Objective Approach. *Computers and Operations Research*. 15(3): 243-252.

Min, H. (1989). A Model-Based Decision Support System for Locating Banks. *Information and Management*. 17(4): 207-215.

Muller, M. (2003). *Essentials of Inventory Management*. NewYork: American Management Association.

Muller, M. (2011). *Essentials of Inventory Management*. NewYork: American Management Association.

Naeem, M.A., Dias, D.J., Tibrewal, R., Chang, P.C. ve Tiwari, M.K. (2012). Production Planning Optimization for Manufacturing and Remanufacturing System in Stochastic Environment. *Journal of Intelligent Manufacturing*. DOI 10.1007/s10845-011-0619-0.

Nahmias, S. (2009). *Production and Operations Analysis*. NewYork: McGraw Hill/Irwin.

Nenes, G., Panagiotidou, S. ve Dekker, R. (2010). Inventory Control Policies for Inspection and Remanufacturing of Returns: A Case Study. *International Journal of Production Economics*. 125(2): 300-312.

Östlin, J., Sundin, E. ve Björkman, M. (2008). Importance of Closed-Loop Supply Chain Relationships for Product Remanufacturing. *International Journal of Production Economics*. 115(2008): 336-348.

Özdemir, A. (2005). Kobi'lerin Stok Kontrol Yönetiminde Hedef Programlama Modelinin Uygulanması. 2. *KOBİ'ler ve Verimlilik Kongre Kitabı*(ss.561-568), Düzenleyen İstanbul Kültür Üniversitesi, Milli Prodüktivite Merkezi ve KOSGEB. İstanbul. 02-03 Aralık 2005.

Öztürk A. (2009). *Yöneylem Araştırması*. 12.Baskı, Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.

Padmanabhan, G. ve Vrat, P. (1990). Analysis of Multi-Item Inventory Systems Under Resource Constraints: A Non-Linear Goal Programming Approach. *Engineering Costs and Production Economics*. 20(2): 121-127.

Parkinson, H.J. ve Thompson, G. (2003). Analysis and Taxonomy of Remanufacturing Industry Practice. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*. 217(3): 243-256.

Plossl, G. W. ve Wight, O. W. (1967). *Production and Inventory Control: Principles and Techniques*. USA: Prentice-Hall Inc.

Pramanik, S. ve Roy, T. K. (2008). Multiobjective Transportation Model with Fuzzy Parameters: Priority based Fuzzy Goal Programming Approach. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*. 8(3): 40-48.

Price, W.L. ve Gravel, M. (1984). Solving Network Manpower Problems with Side Constraints. *European Journal of Operational Research*. 15(2): 196-202.

Rao, S. S. (1987). Multi-Objective Optimization of Fuzzy Structural Systems. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*. 24(6): 1157–1171.

Ray, R. (2010). *Supply Chain Management for Retailing*. New Delhi: McGraw Hill.

Reid, R.D., Sanders, N.R. (2010). *Operations Management An Integrated Approach*. Asia: John Wiley & Sons, Inc.

Roger, D.S. ve Tibben-Lembke, R.S. (1998). *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*. ABD: Reverse Logistics Executive Council.

Romero, C. (2004). A General Structure of Achievement Function for A Goal Programming. *European Journal of Operational Research*. 153(2004): 675-686.

Saaty, T. L. ve Sodenkamp, M. (2010). The Analytic Hierarchy and Analytic Network Measurement Processes: The Measurement of Intangibles. *Handbook of Multicriteria Analysis* (ss.91-166). Editors: Constantin Zopounidis and Panos M. Pardalos. Berlin: Springer Press.

Sarker, R., Mohammadian, M. ve Yao, X. (2002). *Evolutionary Optimization*. USA: Kluwer Academic Optimization.

Savaskan, R.C., Bhattacharya, S. ve Van Wassenhove, L.N. (2004). Closed-Loop Supply Chain Models with Product Remanufacturing. *Institute for Operations Research and The Management Science*. 50(2): 239-252.

Schniederjans, M.J. ve Hong, S. (1996). Multiobjective concurrent engineering: a goal programming approach. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions*. 43(2): 202-209.

Schroeder, R. G. (1993). *Operations Management: Decision Making in the Operations Function*. NewYork: McGraw-Hill, Inc.

Selim, H., Araz, C. ve Özkarahan, İ., (2008). Collaborative Production–Distribution Planning in Supply Chain: A Fuzzy Goal Programming Approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 44(3): 396-419.

Sengupta, S. (1981). Goal Programming Approach to a Type of Quality Control Problem. *The Journal of the Operational Research Society*. 32(1): 207-211.

Shah, P. (2005). *Optimizing Usage of Recycled Material in A Remanufacturing Environment*. Unpublished Master Thesis. Newyork: The State University of Newyork.

Sharda, R. ve Musser, K.D. (1986). Financial Futures Hedging Via Goal Programming. *Management Science*. 32(8): 933-947.

Sharma, P. H. ve Sharma D. K. (2006). A Multi-Objective Decision-Making Approach For Mutual Fund Portfolio. *Journal of Business and Economics Research*. 4(6): 13-24.

Silver, E. A., Pyke, D. F. ve Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. NewYork: John Wiley & Sons.

Sismak LES Tanıtım Broşürü. (2012).

Sismak, Hakkımızda, <http://www.sismak.com/tr/hakkimizda>. (18.03.2013).

Souza, G.C., Ketzenberg, M.E. ve Guide V.D.R. (2002). Capacitated Remanufacturing with Service Level Constraints. *POMS Series in Technology and Operations Management*. 11(2002): 231-248.

Stevenson, W. J. (1999). *Production/Operations Management*. NewYork: Irvin McGraw-Hill, Inc.

Stock, J. R. ve Lambert, D. M. (2001). *Strategic Logistic Management*. NewYork: McGraw-Hill Irwin.

Sulak, H. (2008). *Stok Kontrolü ve Ekonomik Sipariş Miktarı Modellerinde Yeni Açılımlar: Ödemelerde Gecikmeye İzin Verilmesi Durumu ve Bir Model Önerisi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Şengül, Ü. (2010). *Tersine Lojistik Ağ Tasarımında Karma Tamsayılı Programlama Modeli Ve Ambalaj Atıkları Geri Dönüşümü İçin Bir Uygulama*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Taha, H. A. (2000). *Yöneylem Araştırması*. Çev. Ş. Alp Baray ve Şakir Esnaf. İstanbul: Literatür Yayınları.

Takahashi, K., Morikawa, K., Takeda, M. D. ve Mizuno, A. (2007). Inventory Control for A Markovian Remanufacturing System With Stochastic Decomposition Process. *International Journal of Production Economics*. 108(1-2): 416-425.

Tang, O. ve Grubbström, R.W. (2005). Considering Stochastic Lead Times in A Manufacturing/ Remanufacturing System with Deterministic Demands and Returns. *International Journal of Production Economics*. 93-94(2005): 285-300.

Tanyaş, M. ve Baskak, M. (2008). *Üretim Planlama ve Kontrol*. İstanbul: Başak Ofset.

Taylor, B.W. (2002). *Introduction to Management Science*. New Jersey: Prentice Hall.

Tekin, M. (2006). *Üretim Yönetimi Cilt II*. Konya: Günay Ofset

Thierry, M., Salomon, M., Van Nunen, J. ve Van Wassenhove, L. (1995). Strategic Issues in Product Recovery Management. *California Management Review*. 37(2): 114-135.

Tibben-Lembke, R.S. ve Rogers, D.S. (2002). Differences Between Forward and Reverse Logistics in A Retail Environment. *Supply Chain Management An International Journal*. 7(5): 271-282.

Top, A. (2006). *Üretim Yönetimi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Tsai, W. H. ve Hung, S. J. (2009). A Fuzzy Goal Programming Approach for Green Supply Chain Optimisation Under Activity-Based Costing and Performance Evaluation with A Value-Chain Structure. *International Journal of Production Research*. 47(18): 4991-5017.

Tütek, H. H., Gümüsoğlu, Ş. ve Özdemir, A. (2012). *Sayısal Yöntemler Yönetisel Yaklaşım*. İstanbul: Beta Basım A.Ş.

Van der Laan, E. ve Salomon, M. (1997). Production Planning and Inventory Control with Remanufacturing and Disposal. *European Journal of Operational Research*. 102(2): 264-278.

Van der Laan, E., Dekker, R. ve Salomon, M. (1996). Product Remanufacturing and Disposal: A Numerical Comparison of Alternative Control Strategies. *International Journal of Production Economics*. 45(1996): 489-498.

Van der Laan, E., Salomon, M., Dekker, R. ve Wassenhove, L.V. (1999). Inventory Control in Hybrid Systems with Remanufacturing. *Management Science*. 45(5): 733-747.

Van der Laan, E.A. ve Teunter, R.H. (2006). Simple Heuristics for Push and Pull Remanufacturing Policies. *European Journal of Operational Research*. 175(2006): 1084-1102.

Viale, D.J. (1996). *Basics of Inventory Management: From Warehouse to Distribution Center*. ABD: Crisp Learning.

Welling, P. (1977). A Goal Programming Model for Human Resource Accounting in A CPA Firm. *Accounting, Organizations and Society*. 2(4): 307-316.

Wey, W. M. ve Wu, K. Y. (2007). Using Analitic Network Process Priorities with Goal Programming in Resource Allocation in Transportation. *Mathematical and Computer Modelling*. 46(7-8): 985–1000.

Winston, W.L. (2004). *Operations Research, Applications and Algorithms*. Fourth Edition. ABD:Duxbury Press.

Wise, K. ve Perushek, D.E. (2000). Goal Programming as a Solution Technique for the Acquisitions Allocation Problem. *Library and Information Science Research*. 22(2): 165-183.

Yenersoy, G. (1990). *Malzeme Yönetimi Sistemleri*. İstanbul: Ma-pa Yayınları

Yılmaz, E. (2005). Amaç Programlama Tekniği Ve Orman Kaynakları Planlamasına Uygulanması Örnekleri. *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 11(1): 113-149.

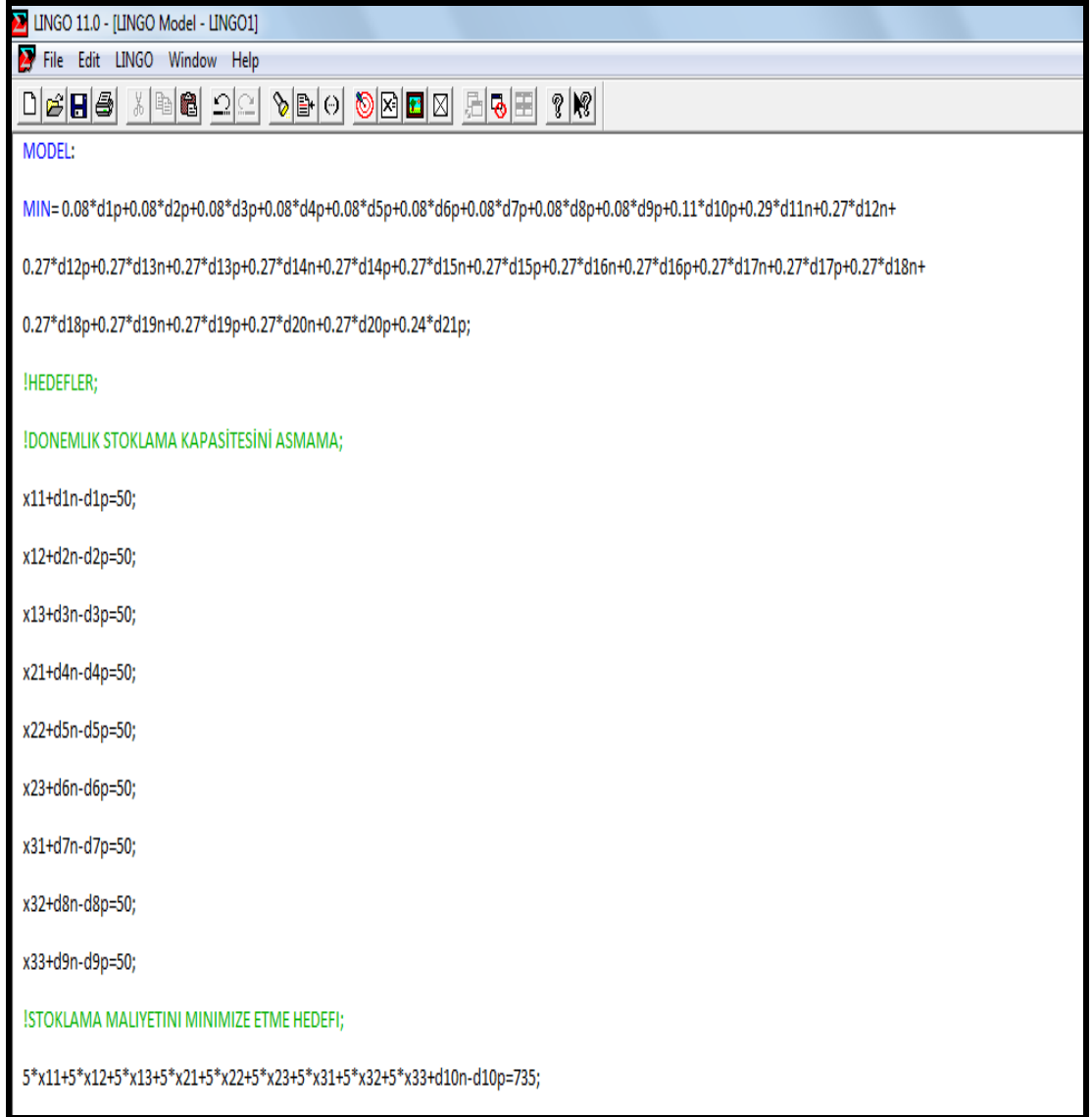
Yüksel, H. ve Çelikoğlu, C.C. (2004). Yeniden Üretim Faaliyetlerinin Planlanması ve Kontrolü İçin Bir Yöntem Önerisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 6(3): 152-166.

Zhou, L., Naim, M.M., Tang, O. ve Towill, D.R. (2006). Dynamic Performance of A Hybrid Inventory System with A Kanban Policy in Remanufacturing Process. *Omega*. 34(6): 585-598.

Zwolinski, P., Lopez-Ontiveros, M.A. ve Brissaud, D. (2006). Integrated Design of Remanufacturable Products Based on Product Profiles. *Journal of Cleaner Production*. 14(2006): 1333-1345

EKLER

EK 1: LINGO 11.0 Paket Program Model Verileri Giriş Ekran Görüntüleri



```
MODEL:

MIN= 0.08*d1p+0.08*d2p+0.08*d3p+0.08*d4p+0.08*d5p+0.08*d6p+0.08*d7p+0.08*d8p+0.08*d9p+0.11*d10p+0.29*d11n+0.27*d12n+
0.27*d12p+0.27*d13n+0.27*d13p+0.27*d14n+0.27*d14p+0.27*d15n+0.27*d15p+0.27*d16n+0.27*d16p+0.27*d17n+0.27*d17p+0.27*d18n+
0.27*d18p+0.27*d19n+0.27*d19p+0.27*d20n+0.27*d20p+0.24*d21p;

!HEDEFLER;

!DÖNEMLIK STOKLAMA KAPASİTESİNİ ASMAMA;

x11+d1n-d1p=50;

x12+d2n-d2p=50;

x13+d3n-d3p=50;

x21+d4n-d4p=50;

x22+d5n-d5p=50;

x23+d6n-d6p=50;

x31+d7n-d7p=50;

x32+d8n-d8p=50;

x33+d9n-d9p=50;

!STOKLAMA MALİYETİNİ MINİMİZE ETME HEDEFİ;

5*x11+5*x12+5*x13+5*x21+5*x22+5*x23+5*x31+5*x32+5*x33+d10n-d10p=735;
```

LINGO 11.0 - [LINGO Model - LINGO1]

File Edit LINGO Window Help

!NET KARI MAKSİMİZE ETME HEDEFİ;

$-125*y_{11}-125*y_{12}-125*y_{13}-110*y_{21}-110*y_{22}-110*y_{23}-120*y_{31}-120*y_{32}-120*y_{33}-$

$135*z_{11}-135*z_{12}-135*z_{13}-120*z_{21}-120*z_{22}-120*z_{23}-130*z_{31}-130*z_{32}-130*z_{33}-5*x_{11}-5*x_{12}-5*x_{13}-$

$5*x_{21}-5*x_{22}-5*x_{23}-5*x_{31}-5*x_{32}-5*x_{33}+d_{11n}-d_{11p}=-40406;$

!DÖNEMLİK ÜRÜN TALEBİNİ KARŞILAMA HEDEFİ;

$y_{11}+z_{11}-x_{11}+d_{12n}-d_{12p}=-64;$

$x_{11}+y_{12}+z_{12}-x_{12}+d_{13n}-d_{13p}=34;$

$x_{12}+y_{13}+z_{13}-x_{13}+d_{14n}-d_{14p}=8;$

$y_{21}+z_{21}-x_{21}+d_{15n}-d_{15p}=-77;$

$x_{21}+y_{22}+z_{22}-x_{22}+d_{16n}-d_{16p}=100;$

$x_{22}+y_{23}+z_{23}-x_{23}+d_{17n}-d_{17p}=88;$

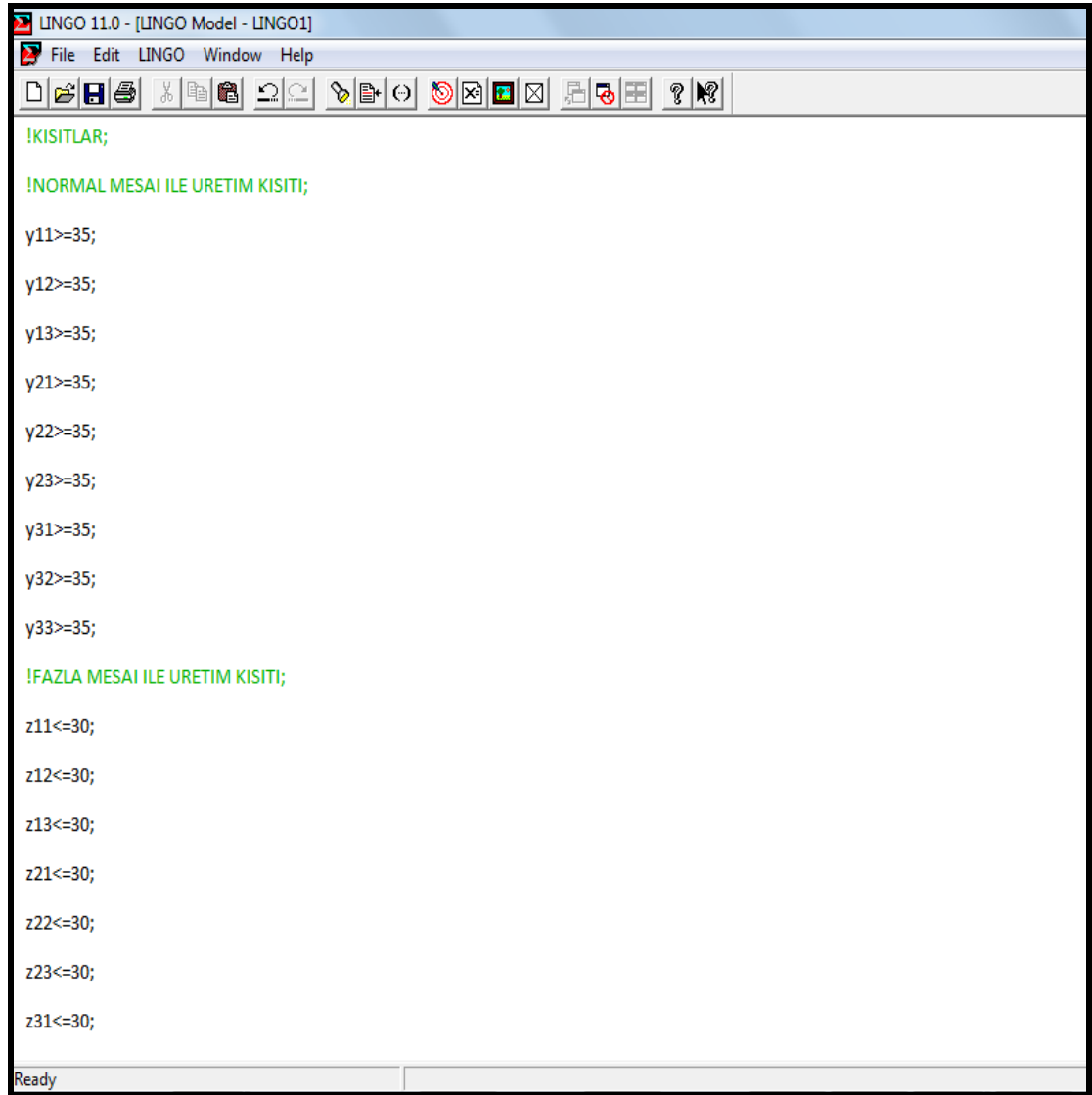
$y_{31}+z_{31}-x_{31}+d_{18n}-d_{18p}=-30;$

$x_{31}+y_{32}+z_{32}-x_{32}+d_{19n}-d_{19p}=80;$

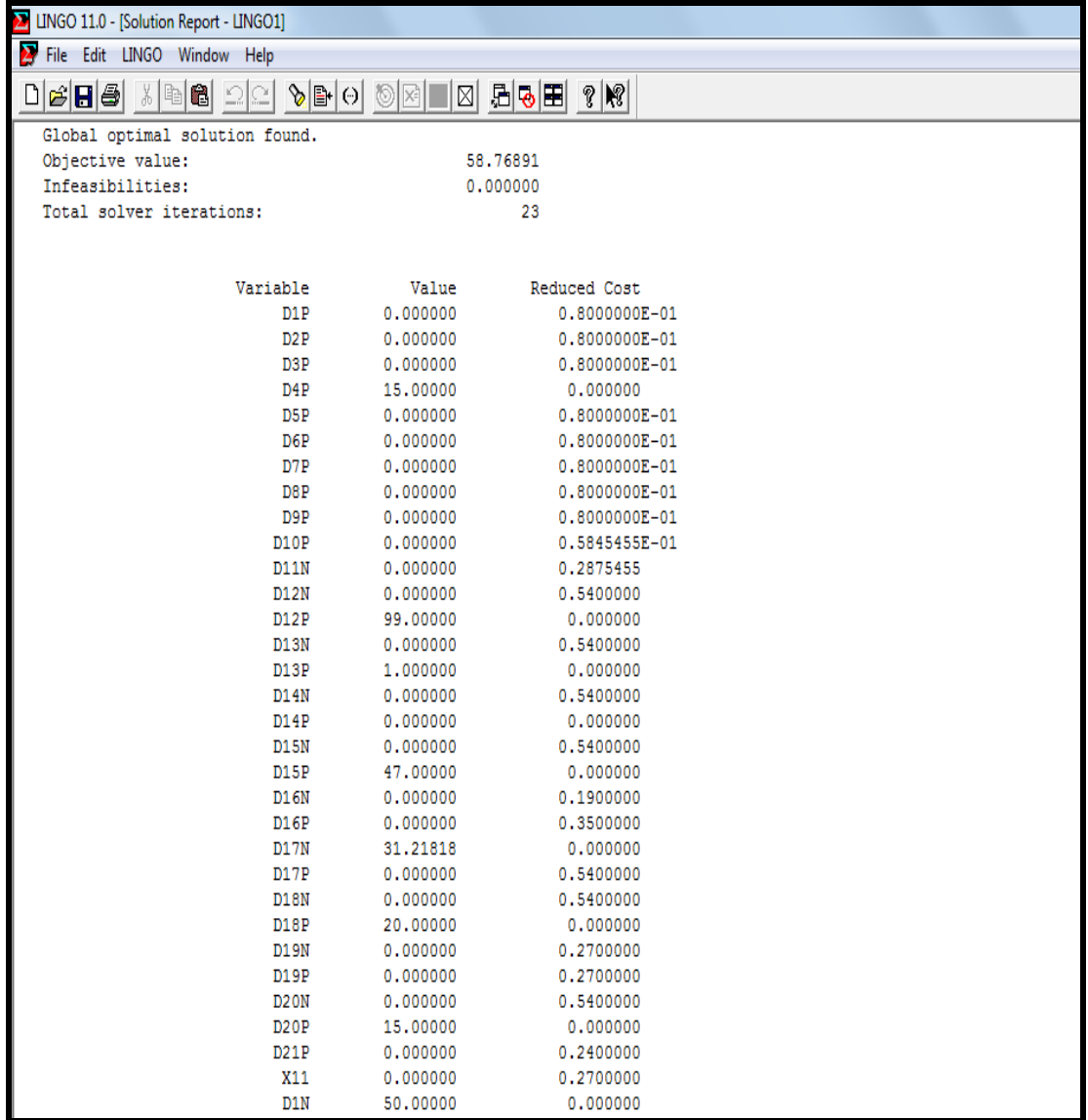
$x_{32}+y_{33}+z_{33}-x_{33}+d_{20n}-d_{20p}=10;$

!FAZLA MESAI İLE ÜRETİM MALİYETİNİ MINİMİZE ETME HEDEFİ;

$135*z_{11}+135*z_{12}+135*z_{13}+120*z_{21}+120*z_{22}+120*z_{23}+130*z_{31}+130*z_{32}+130*z_{33}+d_{21n}-d_{21p}=1250;$



EK 2: LINGO 11.0 Çözüm Raporu Çıktıları Ekran Görüntüleri



The screenshot displays the LINGO 11.0 [Solution Report - LINGO1] window. The menu bar includes File, Edit, LINGO, Window, and Help. The toolbar contains various icons for file operations, editing, and solving. The main text area shows the following information:

Global optimal solution found.
Objective value: 58.76891
Infeasibilities: 0.000000
Total solver iterations: 23

Variable	Value	Reduced Cost
D1P	0.000000	0.8000000E-01
D2P	0.000000	0.8000000E-01
D3P	0.000000	0.8000000E-01
D4P	15.00000	0.000000
D5P	0.000000	0.8000000E-01
D6P	0.000000	0.8000000E-01
D7P	0.000000	0.8000000E-01
D8P	0.000000	0.8000000E-01
D9P	0.000000	0.8000000E-01
D10P	0.000000	0.5845455E-01
D11N	0.000000	0.2875455
D12N	0.000000	0.5400000
D12P	99.00000	0.000000
D13N	0.000000	0.5400000
D13P	1.000000	0.000000
D14N	0.000000	0.5400000
D14P	0.000000	0.000000
D15N	0.000000	0.5400000
D15P	47.00000	0.000000
D16N	0.000000	0.1900000
D16P	0.000000	0.3500000
D17N	31.21818	0.000000
D17P	0.000000	0.5400000
D18N	0.000000	0.5400000
D18P	20.00000	0.000000
D19N	0.000000	0.2700000
D19P	0.000000	0.2700000
D20N	0.000000	0.5400000
D20P	15.00000	0.000000
D21P	0.000000	0.2400000
X11	0.000000	0.2700000
D1N	50.00000	0.000000

LINGO 11.0 - [Solution Report - LINGO1]		
File Edit LINGO Window Help		
X12	0.000000	0.2700000
D2N	50.00000	0.000000
X13	27.00000	0.000000
D3N	23.00000	0.000000
X21	65.00000	0.000000
D4N	0.000000	0.8000000E-01
X22	0.000000	0.8000000E-01
D5N	50.00000	0.000000
X23	0.000000	0.5400000
D6N	50.00000	0.000000
X31	45.00000	0.000000
D7N	5.000000	0.000000
X32	0.000000	0.5400000
D8N	50.00000	0.000000
X33	10.00000	0.000000
D9N	40.00000	0.000000
D10N	0.000000	0.5154545E-01
Y11	35.00000	0.000000
Y12	35.00000	0.000000
Y13	35.00000	0.000000
Y21	35.00000	0.000000
Y22	35.00000	0.000000
Y23	56.78182	0.000000
Y31	35.00000	0.000000
Y32	35.00000	0.000000
Y33	35.00000	0.000000
Z11	0.000000	0.6013636
Z12	0.000000	0.6013636
Z13	0.000000	0.6013636
Z21	0.000000	0.5645455
Z22	0.000000	0.2145455
Z23	0.000000	0.2454545E-01
Z31	0.000000	0.5890909
Z32	0.000000	0.3190909
Z33	0.000000	0.5890909
D11P	0.000000	0.2454545E-02
D21N	1250.000	0.000000

LINGO 11.0 - [Solution Report - LINGO1]		
File Edit LINGO Window Help		
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	58.76891	-1.000000
2	0.000000	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	0.000000	0.000000
5	0.000000	0.8000000E-01
6	0.000000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000
9	0.000000	0.000000
10	0.000000	0.000000
11	0.000000	0.5154545E-01
12	0.000000	-0.2454545E-02
13	0.000000	0.2700000
14	0.000000	0.2700000
15	0.000000	0.2700000
16	0.000000	0.2700000
17	0.000000	-0.8000000E-01
18	0.000000	-0.2700000
19	0.000000	0.2700000
20	0.000000	0.000000
21	0.000000	0.2700000
22	0.000000	0.000000
23	0.000000	-0.5768182
24	0.000000	-0.5768182
25	0.000000	-0.5768182
26	0.000000	-0.5400000
27	0.000000	-0.1900000
28	21.78182	0.000000
29	0.000000	-0.5645455
30	0.000000	-0.2945455
31	0.000000	-0.5645455
32	30.00000	0.000000
33	30.00000	0.000000
34	30.00000	0.000000
35	30.00000	0.000000
36	30.00000	0.000000
37	30.00000	0.000000
38	30.00000	0.000000
39	30.00000	0.000000

For Help, press F1

EK 3: AHP Çözümünün gerçekleştirildiği Excel for Windows Ekran Görüntüleri

AHP Çözümleri - Microsoft Excel

Giriş Ekle Sayfa Düzeni Formüller Veri Gözden Geçir Görünüm

Kes Kopyala Yapıştır Biçim Boyacı Pano

Calibri 16 A⁺ A⁻

K T A

Yazı Tipi

Hizalama

Metni Kaydır

Birleştir ve Ortala

Genel

Sayı

Koşullu Biçimlendirme Tablo Olarak Biçimlendir Hücre Stilleri Ekle Sil Hücreler

R18

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1		x	y	z	t	w			x	y	z	t	w	
2	x	1	3	0,2	0,25	2		x	0,09	0,143	0,07	0,09	0,245	0,127930119
3	y	0,333	1	0,167	0,2	0,167		y	0,03	0,048	0,058	0,072	0,02	0,045758453
4	z	5	6	1	1	2		z	0,46	0,286	0,349	0,359	0,245	0,340053871
5	t	4	5	1	1	3		t	0,37	0,238	0,349	0,359	0,367	0,336558319
6	w	0,5	6	0,5	0,33	1		w	0,05	0,286	0,174	0,12	0,122	0,149699239
7		10,83	21	2,867	2,7833	8,167			1	1	1	1	1	
8														
9														
10														
11		Tutarlılık						W	D	E	Lamda	CI	CI/RI	
12		1	3	0,2	0,25	2		0,128	0,72	5,603	1,121	0,102	0,091	
13		0,333	1	0,167	0,2	0,167		0,046	0,24	5,187	1,037			
14		5	6	1	1	2		0,340	1,89	5,559	1,112			
15		4	5	1	1	3		0,337	1,87	5,545	1,109			
16		0,5	6	0,5	0,33	1		0,150	0,77	5,147	1,029			
17											5,408			
18														

AHP1 AHP2 AHP3 AHP4 AHP5 Kriterler Ağırlıklar

Hazır