



**T.C.**

**SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İŞLETME ANABİLİM DALI**

**STOK KONTROLÜ ve EKONOMİK SİPARİŞ MİKTARI  
MODELLERİNDE YENİ AÇILIMLAR:  
ÖDEMELERDE GECİKMEYE İZİN VERİLMESİ  
DURUMU ve BİR MODEL ÖNERİSİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Harun SULAK**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Abdullah EROĞLU**

**ISPARTA, 2008**

T.C  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
MÜDÜRLÜĞÜ

TEZ SAVUNMASI ve SÖZLÜ SINAV TUTANAĞI

Gönderen : ..... İŞLETME ..... EABD Başkanlığı

Gönderilen : Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü

Enstitü Anabilim Dalımız YÜKSEK LİSANS / DOKTORA Programı öğrencisi  
Harun SULAK ..... tez çalışmalarını sonuçlandırmış ve  
kurulan jüri önünde tezini savunmuştur. Sınav tutanağı aşağıdadır.

Tez Adı Değişikliği YAPILDI/ YAPILMADI

18/04/2008  
Tarih

Prof. Dr. Durmuş ACAR  
Enstitü Anabilim Dalı Başkanı

**SINAV TUTANAĞI:**

Jürimiz Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 25./39. maddesi uyarınca 18.04.2008 Cuma  
günü saat 14.00 de toplanmış ve yukarıda adı geçen öğrencinin Stok Kontrolü ve Şişmanlık Sıparış  
Miktarı Modellemesi Yeni Akademi: Ödeneler de Gecikmeyi İstediği Durumu ve Bir Model Önerisi  
konulu tezini incelemiş ve yapılan sözlü sınav sonunda OYBİRLİĞİ / ÖYÇOKLUĞU ile aşağıdaki karar  
almıştır.

KABUL

RED

DÜZELTME

Tez Sınavı Jürisi	Unvanı, Adı Soyadı	İmza
Başkan	<u>Prof. Dr. Hacı GÖKÇEN</u>	<u>Hacı Gökçen</u>
Üye	<u>Doç. Dr. Murat KARAÖZ</u>	<u>Murat Karaöz</u>
Üye	<u>Prof. Dr. İbrahim GÜNGÖR</u>	<u>İbrahim Güngör</u>
Üye	<u>Doç. Dr. Serif KALAYCI</u>	<u>Serif Kalaycı</u>
Üye	<u>Doç. Dr. Abdullah EROĞLU</u>	<u>Abdullah Eroğlu</u>

Yukarıda adı geçen öğrenci Sınav Tutanağı'nda belirtildiği üzere mezun olmaya **HAK KAZANMIŞTIR / KAZANMAMIŞTIR.**

Gereğini rica ederim.

ENSTİTÜ YÖNETİM KURULU KARARI :

Tarih:

Karar No:

Enstitü Müdürü

MADDE-25 Tez Sınavının tamamlanmasından sonra Jüri tez hakkında salt çoğunlukla "KABUL", "RED", veya "DÜZELTME" kararı verir. Bu karar, Enstitü Anabilim Dalı Başkanlığına tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili Enstitüye tutanakla bildirilir. Tezi reddedilen öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gereğini yaparak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Bu savunma sonunda da tezi kabul edilmeyen öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir. Düzeltme alan öğrenci bir sonraki dönemde kayıt yaptırmak zorundadır.

MADDE-39 Tez Sınavının tamamlanmasından sonra Jüri tez hakkında salt çoğunlukla "KABUL", "RET" veya "DÜZELTME" kararı verir. Bu karar, Anabilim Dalı Başkanlığına tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili Enstitüye tutanakla bildirilir. Tezi reddedilen öğrencinin Yüksek Öğretim Kurumu ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç altı ay içinde gereğini yaparak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Bu savunma sonunda da tezi kabul edilmeyen öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir.

## ÖZET

### STOK KONTROLÜ VE EKONOMİK SİPARİŞ MİKTARI MODELLERİNDE YENİ AÇILIMLAR: ÖDEMELERDE GECİKMEYE İZİN VERİLMESİ DURUMU VE BİR MODEL ÖNERİSİ

**Harun SULAK**

Süleyman Demirel Üniversitesi, İşletme Bölümü  
Doktora Tezi, 160 Sayfa, Nisan 2008

Danışman: Doç. Dr. Abdullah EROĞLU

Stok kontrol modelleri, talebin kesin olarak bilinip bilinmemesine göre deterministik ve olasılıklı modeller olarak ikiye ayrılmaktadır. Deterministik stok kontrol modelleri arasında en yaygın kullanılan modeller Klasik Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı Modelleridir. Bu modellerde ele alınan varsayımların çoğu, gerçek hayatta geçerli olabilen değişik durumları veya içinde bulunulan ekonomik koşulları dikkate almamaktadır. Dolayısıyla, sözü edilen varsayımların gevşetilmesi veya ek yeni varsayımlar yardımıyla, gerçek yaşamla daha tutarlı ve geçerli ekonomik koşulları dikkate alan yeni modeller üretilmiştir. Örneğin, stoksuzluk, öğrenme, enflasyon ve paranın zaman değeri etkileri, stoktaki ürünlerin zamanla bozulması, kusurlu ürün, ödemelerde gecikmeye izin verilmesi gibi yeni açılımlar, bu alanda geniş bir çalışma yelpazesi oluşmasını sağlamıştır.

Bu çalışmada, klasik ekonomik sipariş miktarı modellerinde geçerli olan varsayımlardan bazıları gevşetilerek gelen siparişlerin belli bir oranda kusurlu ürün içerdiği, stoksuzluğa ve ödemelerde belli bir süre gecikmeye izin verildiği durum için yeni bir ekonomik sipariş miktarı modeli elde edilmektedir. Modelde, ödemelerde izin verilen gecikme süresinin iki farklı durumu için optimal değerler ile izin verilen gecikme süresi ve kusurlu ürün oranı arasındaki ilişkiler belirlenmektedir. Ayrıca, geliştirilen model için sayısal örnekler verilmekte ve izin verilen gecikme süresi ve kusurlu ürün oranındaki değişimlerin etkileri duyarlılık analizi ile incelenmektedir. Yapılan analizler sonucu ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça sipariş miktarının azaldığı toplam kârın arttığı fakat kusurlu ürün oranı arttıkça sipariş miktarının arttığı toplam kârın ise azaldığı görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Ekonomik Sipariş Miktarı, Kusurlu Ürün, Ödemelerde Gecikmeye İzin Verilmesi, Stoksuzluk*

## ABSTRACT

### INVENTORY CONTROL AND NEW APPROACHES IN ECONOMIC ORDER QUANTITY MODELS: THE CONDITION OF PERMISSIBLE DELAY IN PAYMENTS AND A MODEL PROPOSAL

**Harun SULAK**

Süleyman Demirel University, Business Administration Department  
Ph. D., 160 Pages, April 2008

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Abdullah EROĞLU

Inventory control models are classified as deterministic and stochastic models upon the condition that the demand is definitely known, or not. Economic Order and Production Quantity models are among the most widely used techniques in deterministic inventory control models. As a result of many unrealistic assumptions embedded in these models, some real life situations and current economic circumstances are not considered. Therefore, by loosening these assumptions and introducing some extra hypotheses, many new models consistent with real life and consider current economic conditions were developed. A vast literature has occurred under these conditions which are known as new approaches such as shortage, effect of learning, inflation and time value of money, deterioration, defective items and permissible delay in payment.

In this study, a new model is proposed in the case of defective items, permissible delay in payments and shortage by loosening some of the assumptions of classical Economic Order Quantity models. For two case of permissible delay in payments, the relationships between permissible delay time, rate of defective item and optimal values are determined. Furthermore, numerical examples are given and analyzed for the developed model. Changes in the optimal values with respect to the rate of defective item and permissible delay in payments are analyzed with sensitivity analysis. Result of the analysis show that while permissible delay of payment increases order quantity decreases and total profit increases. However when rate of defective items increases order quantity increases and total profit decreases.

**Keywords:** *Economic Order Quantity, Defective Items, Permissible Delay in Payments, Shortage*

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT .....	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
KISALTMALAR .....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
GİRİŞ .....	1

### BİRİNCİ BÖLÜM STOK KONTROL MODELLERİ

1. Stok: Tanımı, Çeşitleri, Maliyetleri, Kontrol Sistemleri ve Modelleri .....	5
1.1. Stok Kavramı.....	5
1.2. Stok Çeşitleri .....	6
1.2.1. Hammaddeler .....	7
1.2.2. Yarı İşlenmiş Mallar.....	7
1.2.3. Nihai Mallar .....	8
1.2.4. Hazır Parçalar.....	8
1.2.5. Yardımcı Malzemeler .....	8
1.3. Stok Maliyetleri .....	9
1.3.1. Sipariş Maliyeti .....	10
1.3.2. Üretime Hazırlık (Kurulum) Maliyeti .....	11
1.3.3. Satın Alma Maliyeti .....	11
1.3.4. Üretim Maliyeti .....	11
1.3.5. Stok Bulundurma Maliyeti .....	11
1.3.6. Stok Bulundurmama (Stoksuzluk) Maliyeti .....	13

1.4.	İşletmelerde Stok Bulundurma Nedenleri.....	13
1.4.1.	Belirsizliklere Karşı Hazırlıklı Olma .....	14
1.4.2.	Ölçek Ekonomilerinden Yararlanma.....	15
1.4.3.	Spekülatif Amaçlı Nedenler.....	16
1.4.4.	İşletme Faaliyetlerinin Sürekliliğini Sağlama.....	16
1.5.	Stok Kontrolü ve Yönetimi .....	17
1.6.	Stok Kontrol Sistemleri.....	17
1.6.1.	Bağımsız Talep Altında Stok Kontrol Sistemleri .....	18
1.6.1.1.	Sabit Sipariş Miktarı Sistemi .....	19
1.6.1.2.	Sabit Sipariş Periyodu Sistemi .....	19
1.6.1.3.	Maksimum-Minimum Sistemi .....	20
1.6.2.	Bağımlı Talep Durumunda Stok Kontrol Sistemleri ve MRP .....	21
1.7.	Stok Kontrol Modelleri .....	21
1.7.1.	Deterministik Statik Stok Kontrol Modelleri.....	23
1.7.1.1.	Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli.....	23
1.7.1.2.	Klasik Ekonomik Üretim Miktarı Modeli .....	25
1.7.2.	Deterministik Dinamik Stok Kontrol Modelleri .....	26
1.7.3.	Stokastik (Olasılıklı) Stok Kontrol Modelleri .....	27
1.8.	Deterministik Statik Stok Kontrol Modellerinin Türetilmesi .....	28
1.8.1.	Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli .....	29
1.8.2.	Ekonomik Üretim Miktarı Modeli .....	32
1.8.3.	Stok Tükenmesi Durumunda Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli .....	36
1.8.4.	Stok Tükenmesi Durumunda Ekonomik Üretim Miktarı Modeli .....	42
1.9.	Deterministik Statik Stok Kontrol Modelleri Arasındaki İlişkiler .....	48

## İKİNCİ BÖLÜM

### STOK KONTROL MODELLERİNDE YENİ AÇILIMLAR

<b>2. Stok Kontrol Modellerinde Yeni Açılımlar: Ödemelerde Gecikmeye İzin Verilmesi ve Kusurlu Ürün Durumu .....</b>	<b>50</b>
2.1. Yeni Açılımlar .....	50
2.1.1. Çok Ürün Olması .....	51
2.1.2. Stoksuzluğa İzin Verilmesi.....	52
2.1.3. Stoktaki Ürünün Zaman İçinde Bozulması.....	55
2.1.4. Farklı Talep Fonksiyonları Olması .....	56
2.1.4.1. Talebin Malın Satış Fiyatının Fonksiyonu Olması.....	57
2.1.4.2. Talebin Zamanın Fonksiyonu Olması .....	58
2.1.4.3. Talebin Stok Seviyesinin Fonksiyonu Olması .....	58
2.1.5. Miktar İndirimi.....	59
2.1.6. Üretim Hızının Değişken Olması.....	60
2.1.7. Paranın Zaman Değeri ve Enflasyon Etkisi.....	60
2.1.8. Öğrenme Etkisi .....	61
2.1.9. Ödemelerde Gecikmeye İzin Verilmesi .....	62
2.1.10. Kusurlu (Hatalı) Ürün Olması .....	62
2.2. Ödemelerde Gecikme ve Kusurlu Ürün Durumu: Literatür Taraması.....	63
2.2.1. Ödemelerde Gecikme .....	63
2.2.2. Kusurlu Ürün .....	76

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### YENİ BİR EKONOMİK SİPARİŞ MİKTARI MODEL ÖNERİSİ

<b>3.</b>	<b>Model Önerisi.....</b>	<b>84</b>
3.1.	Kullanılan Simgeler .....	84
3.2.	Varsayımlar .....	85
3.3.	Matematiksel Model .....	87
3.3.1.	I. Durum İçin Modelin Elde Edilmesi .....	92
3.3.2.	II. Durum İçin Modelin Elde Edilmesi.....	96
3.4.	Modelin İşleyişi ile İlgili Şartlar.....	100
3.5.	Birim Kâr Fonksiyonlarının İçbükeylik Testleri .....	102
3.5.1.	I. Durum İçin İçbükeyliğin İspatı.....	103
3.5.2.	II. Durum İçin İçbükeyliğin İspatı .....	104
3.6.	Modelle İlgili Özel Durumlar .....	105
3.6.1.	Eroğlu ve Özdemir (2007) Modeli .....	105
3.6.2.	Salameh ve Jaber (2000) Modeli.....	106
3.6.3.	Maddah ve Jaber (2008) Modeli .....	107
3.6.4.	Stoksuzluk Durumunda Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli .....	109
3.6.5.	Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli .....	109
3.7.	Sayısal Örnekler .....	110
3.7.1.	I. Durum İçin Sayısal Örnek .....	110
3.7.2.	II. Durum İçin Sayısal Örnek.....	112
3.8.	Duyarlılık Analizi .....	113
3.8.1.	Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Değişmesi .....	113
3.8.2.	Kusurlu Ürün Oranının Değişmesi.....	118
3.8.3.	Faiz Oranlarının Değişmesi .....	122



3.8.3.1.	Gecikme Faiz Oranındaki Değişim .....	122
3.8.3.2.	Piyasa Faiz Oranındaki Değişim .....	126
3.8.4.	Ödemelerde izin Verilen Gecikme Süresi ile Kusurlu Ürün Oranının Eşanlı Değişimi .....	129
3.8.4.1.	Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre .....	129
3.8.4.2.	Optimal Sipariş Miktarı .....	131
3.8.4.3.	İzin Verilen Maksimum Stoksuzluk Miktarı .....	132
3.8.4.4.	Birim Zamandaki Toplam Kârın Optimal Değeri .....	134
3.8.4.5.	Optimal Çevrim Süresi .....	136
3.9.	Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Gelecek Çalışmalar ..	137
<b>SONUÇ</b> .....		<b>140</b>
<b>KAYNAKÇA</b> .....		<b>144</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....		<b>160</b>

**KISALTMALAR**

Bkz.	Bakınız
EMQ	Ekonomik Üretim Miktarı (Economic Manufacturing Quantity)
EOQ	Ekonomik Sipariş Miktarı (Economic Order Quantity)
EPQ	Ekonomik Üretim Miktarı (Economic Production Quantity)
s.	sayfa
S	Sipariş Miktarı
STS	Stok Tükenmesi Durumunda Sipariş Miktarı
STÜ	Stok Tükenmesi Durumunda Üretim Miktarı
Ü	Üretim Miktarı
vd.	ve diğerleri

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 1.1.</b> Stok Çeşitleri .....	7
<b>Şekil 1.2.</b> Talebin Yapısına Göre Stok Kontrol Modelleri .....	22
<b>Şekil 1.3.</b> Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli .....	24
<b>Şekil 1.4.</b> Klasik Ekonomik Üretim Miktarı Modeli .....	25
<b>Şekil 1.5.</b> Ekonomik Sipariş Miktarı Modelinde Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi.....	30
<b>Şekil 1.6.</b> Ekonomik Üretim Miktarı Modelinde Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi.....	33
<b>Şekil 1.7.</b> Stok Tükenmesi Durumunda Ekonomik Sipariş Miktarı Modelinde Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi .....	37
<b>Şekil 1.8.</b> Stok Tükenmesi Durumunda Ekonomik Üretim Miktarı Modelinde Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi.....	42
<b>Şekil 2.1.</b> Stoksuzluğa İzin Verilmesi Durumu Altında Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi .....	54
<b>Şekil 2.2.</b> Bozulma Durumu Altında Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi .....	56
<b>Şekil 2.3.</b> Geliştirilen Modelin Literatürdeki Yeri ve Literatüre Katkısı .....	82
<b>Şekil 3.1.</b> Geliştirilen Modelde Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi .....	88
<b>Şekil 3.2.</b> Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Farklı Durumları.....	92
<b>Şekil 3.2b.</b> II. Durum İçin Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi .....	96
<b>Şekil 3.3.</b> Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Optimal Sipariş Miktarı ve Stoksuzluk Miktarı Üzerindeki Etkisi .....	115
<b>Şekil 3.4.</b> Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Birim Zamanda Elde Edilen Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerindeki Etkisi.....	115
<b>Şekil 3.5.</b> Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Optimal Çevrim Süresi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre Üzerindeki Etkisi ....	116
<b>Şekil 3.6.</b> Kusurlu Ürün Oranın Beklenen Değerinin Optimal Sipariş Miktarı ve Stoksuzluk Miktarı Üzerindeki Etkisi .....	119
<b>Şekil 3.7.</b> Kusurlu Ürün Oranın Beklenen Değerinin Birim Zamandaki Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerindeki Etkisi.....	120
<b>Şekil 3.8.</b> Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değerindeki Değişimin Birim Zamandaki Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerindeki Etkisi (Kusurlu Ürün Satış Fiyatının 40 TL Olması Durumu) .....	121

<b>Şekil 3.9.</b> Kusurlu Ürün Oranın Beklenen Değerinin Optimal Çevrim Süresi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre Üzerindeki Etkisi ....	121
<b>Şekil 3.10.</b> Gecikme Faiz Oranın Optimal Sipariş Miktarı ve Stoksuzluk Miktarı Üzerindeki Etkisi .....	124
<b>Şekil 3.11.</b> Gecikme Faiz Oranın Birim Zamandaki Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerindeki Etkisi .....	125
<b>Şekil 3.12.</b> Gecikme Faiz Oranının Optimal Çevrim Süresi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre Üzerindeki Etkisi.....	125
<b>Şekil 3.13.</b> Piyasa Faiz Oranın Optimal Sipariş Miktarı ve Stoksuzluk Miktarı Üzerindeki Etkisi .....	127
<b>Şekil 3.14.</b> Piyasa Faiz Oranın Birim Zamandaki Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerindeki Etkisi .....	127
<b>Şekil 3.15.</b> Piyasa Faiz Oranının Çevrim Süresi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre Üzerindeki Etkisi.....	128
<b>Şekil 3.16.</b> Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri İle Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre Üzerine Etkisi.....	131
<b>Şekil 3.17.</b> Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin.....	132
<b>Şekil 3.18.</b> Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve İzin Verilen Maksimum Stoksuzluk Miktarı Üzerine Etkisi .....	133
<b>Şekil 3.19.</b> Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Birim Zamanda Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerine Etkisi .....	135
<b>Şekil 3.20.</b> Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri İle Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Çevrim Süresi Üzerine Etkisi ...	137

## TABLOLAR DİZİNİ

<b>Tablo 1.1.</b> Deterministik Statik Stok Kontrol Modellerinde Elde Edilen Optimal Değerler .....	49
<b>Tablo 2.1.</b> Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı Modellerinin Temel Varsayımları ve Bu Modellere Getirilen Yeni Açılımlar .....	51
<b>Tablo 3.1.</b> Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresindeki Değişmenin Etkisi .....	113
<b>Tablo 3.2.</b> Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değerindeki Değişmenin Etkisi .....	118
<b>Tablo 3.3.</b> Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değerindeki Değişimin Birim Zamandaki Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerindeki Etkisi (Kusurlu Ürün Satış Fiyatının 40 TL Olması Durumu) .....	120
<b>Tablo 3.4.</b> Gecikme Faiz Oranındaki Değişmenin Etkisi.....	123
<b>Tablo 3.5.</b> Piyasa Faiz Oranındaki Değişmenin Etkisi.....	126
<b>Tablo 3.6.</b> Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri İle Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre Üzerine Eşanlı Etkisi .....	130
<b>Tablo 3.7.</b> Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Optimal Sipariş Miktarı Üzerine Eşanlı Etkisi .....	131
<b>Tablo 3.8.</b> Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri İle Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Maksimum Stoksuzluk Miktarı Üzerine Eşanlı Etkisi.....	133
<b>Tablo 3.9.</b> Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri İle Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Birim Zamanda Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerine Eşanlı Etkisi.....	134
<b>Tablo 3.10.</b> Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri İle Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Optimal Çevrim Süresi Üzerine Eşanlı Etkisi .....	136

## GİRİŞ

Ülkelerin ekonomik anlamda büyümesi ve kalkınması, üretim sonucu sağlanacak gelir artışı ile ölçülmektedir. Ülkeler arasında gelişmişlik düzeyini ortaya koyan bir dizi ölçüt olsa da, gelişmişlik düzeyleri arasındaki anlamlı farklılaşmanın arkasında üretim sürecinde başarılı olma yatmaktadır.

*Üretim* kavramı, salt ülkeler için değil, aynı zamanda işletmeler için de önemli kavramlardan biridir. Çünkü işletme faaliyetleri üretimle başlar ve işletmeler mal ve hizmet üretmek için kurulur.

İşletmeler üretime ilişkin faaliyetlerinde, pek çok kısıt altında bulunmaktadır. Bu kısıtlar içinde fiyat, kalite veya zaman gibi ürünün niteliğinden kaynaklanan ve işletmenin kontrolü altındaki faktörler olabileceği gibi, piyasa ve müşteri talebindeki belirsizlikler gibi işletmenin kontrolü dışında gerçekleşen dışsal faktörler de olabilir. Bu bağlamda, öngörülebilir veya öngörülemez kısıtlar altında, mevcut kaynakları etkin bir biçimde kullanarak *en uygun (optimum)* kararların alınması süreci, işletme yönetiminin temel işlevleri arasındadır.

*İşletme yönetimi*, işletme içerisinde farklı birimlerin eşzamanlı olarak organizasyon ve kontrolü ile de ilgilenmek durumundadır. Bu bağlamda, üretim planlama ve kontrolü, kalite kontrolü, stok kontrolü gibi fonksiyonlar, üretim yönetimiyle doğrudan alakalı olduğu gibi işletme yönetiminin de temel fonksiyonları arasında yer almaktadır. Bunlar içinde *stok kontrolü* fonksiyonu son yıllarda oldukça önem kazanmış olup, bu alanda pek çok değişim ve gelişme yaşanmıştır. Bu duruma bağlı olarak, stoklarla ilgili temel ilke ve stratejilerin belirlenmesinde yetersiz kalan *stok kontrolü* kavramı yerine *stok yönetimi* kavramı kullanılır olmuştur.

*Stok yönetimi*; işletmelerin, üretim, satış ve finans durumlarını göz önüne alarak, işletmenin yapısına uygun en ekonomik stok miktarını belirlemeyi ve stokların bu seviyede tutulmasını amaçlar. Bu nedenle stok yönetiminde stok düzeyleri ve stok hareketleri sürekli olarak kontrol edilir.

İşletmeler açısından stok yönetiminin önemi, maliyetlerin azaltılarak kârın *en çoklaması (maksimize edilmesi)* temelinden ileri gelmektedir. Çünkü işletme için stok bulundurmanın veya bulundurmamanın maliyetleri vardır. Bu bağlamda *stok yönetimi*, stoklara yapılacak *en uygun* yatırım kararlarının alınması amacına hizmet etmektedir. *En uygun* stok seviyesi belirlenirken, stok bulundurma ve bulundurmama olarak tanımlanan iki maliyet unsuru dengelenmeye çalışılır. Bunlardan ilki, stok bulundurma, sermayenin fırsat maliyeti, eskime ve yıpranmalar gibi fazla stok bulundurma sırasında ortaya çıkan maliyetlerdir. Diğeri ise, üretimin azalması veya satış kayıpları gibi stokların yetersiz olması durumunda ortaya çıkacak olan maliyetlerdir. Stok yönetiminde amaç, stok maliyetini oluşturan stok bulundurma ve bulundurmama maliyetleri toplamını en az yapan sipariş veya üretim miktarının belirlenmesidir. Bu amaç için kullanılan pek çok yöntem ve teknik bulunmaktadır.

Her işletme, kendi stok politikasına, üretim şekline, finansal pozisyonuna ve diğer faktörlere bağlı olarak *stok kontrol yöntemleri ve teknikleri* kullanmaktadır. Stok kontrolünde kullanılan bu yöntemler, basit hesap ve gözle kontrolden bilgisayarla çözümü yapılan karmaşık model ve benzeşim tekniklerine (*simülasyon*) kadar geniş bir yelpazede yer alan değişik tarz ve yapıda olabilmektedir. Bu yöntemlerin hangisinin kullanılacağına seçiminde, işletmenin büyüklüğü, stoklarla ilgili maliyetler, talep durumu, stok politikasının taşıdığı önem, insan kaynakları ve bilgi akış sisteminin durumu gibi faktörler önemli rol oynamaktadır.

Stok kontrol yöntemleri içinde sabit sipariş ve üretim miktarı modelleri, yirminci yüzyılın başından itibaren kullanılmasına rağmen, kullanım kolaylığı ve basitliği açısından önemini yitirmemiş, hatta yapılan katkı ve düzenlemelerle oldukça rağbet kazanmış bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. *Klasik Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı modelleri* olarak ele alınan bu modeller, değişik varsayımlar üzerine kurulmaktadır. Bu varsayımlar arasında, talep miktarının sabit ve sürekli olması, gelen siparişlerin tamamının hatasız olması (kusurlu ürün olmaması), ödemelerin malın tesliminde peşin olarak yapılması, enflasyon ve paranın zaman değerinin ihmal edilmesi ve öğrenme etkisinin dikkate alınmaması yer almaktadır. Bu varsayımların gerçek hayattaki olayları açıklamada ve uygulamada yetersiz kalması nedeniyle, zamanla bu varsayımların gevşetilmesi

veya yeni varsayımların eklenmesiyle gerçek hayatla daha tutarlı pek çok yeni model geliştirilmiştir.

1900'lü yılların başında en yalın haliyle ele alınan *Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı* modellerinde, temel varsayımlarının gevşetilmesi ve yeni varsayımların eklenmesi sonucu elde edilen yeni açılımlarla son yıllarda bu alanda büyük bir *çalışma alanı* oluşmuştur. Bu modellere getirilen yeni açılımlardan en önemlileri arasında, gelen siparişlerin bir miktar kusurlu ürün içermesi, stoktaki malların zamanla bozulması, talebin değişken olması (farklı talep fonksiyonları olması), paranın zaman değerinin modellerde içerilmesi, öğrenme ve enflasyon etkisinin dikkate alınması ve ödemelerde belli bir süre gecikmeye izin verilmesi sayılabilir.

Bu çalışmada, bu açılımlardan hareketle yeni bir *Ekonomik Sipariş Miktarı* modeli geliştirilmektedir. Geliştirilen modelde, klasik modellerdeki temel varsayımlardan sipariş sonucu gelen malların kusursuz olduğu ve ödemelerin malın teslimi sırasında peşin yapıldığı varsayımının gevşetilmesiyle kusurlu ürün olması ve ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu ele alınmaktadır. Ayrıca modelde stoksuzluğa da izin verilmektedir. Çalışmanın amacı, bu koşullar altında kârı en çok yapacak ekonomik sipariş miktarının ve konuya ilişkin bazı analizlerin yapılmasına imkân sağlayacak matematiksel bir modelin elde edilmesidir. Bu amaçla çalışmada öncelikle, klasik ekonomik sipariş ve üretim miktarı modelleri ele alınmakta ve bu modellere yapılan yeni açılımlar teori ve *alan yazından* incelenmektedir. Daha sonra stoksuzluk, kusurlu ürün ve ödemelerde gecikme durumunu ele alan yeni bir model geliştirilmektedir. Geliştirilen model için sayısal örnekler verilmekte ve kusurlu ürün oranı ile ödemelerde izin verilen gecikme süresindeki değişimlerin optimal değerler üzerindeki etkisi için duyarlılık analizi yapılmaktadır.

Çalışma, üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, stok kontrol modelleri başlığı altında; stok kavramı, stok çeşitleri, stok maliyetleri, stok bulundurma nedenleri, stok kontrol ve yönetimi, stok kontrol sistemleri ve stok kontrol modellerinden söz edilmektedir. Ayrıca, bu bölümde klasik deterministik stok kontrol modellerinin matematiksel olarak elde edilme yöntemleri de gösterilmektedir.



İkinci bölümde, stok kontrol modellerinde yeni açılımlar başlığı altında; ekonomik sipariş ve üretim miktarı modellerinde yeni açılımlar ve bu açılımlarla ilgili *alan yazında* yapılan çalışmalara yer verilmektedir. Bu açılımlar içinde, çok ürün olması, stoksuzluğa izin verilmesi, stoktaki ürünlerin zamanla bozulması, farklı talep fonksiyonlarının olması, miktar indirimi, üretim hızının değişken olması, paranın zaman değeri ve enflasyon etkisi, öğrenme etkisi, ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ve kusurlu ürün olması durumu ele alınmaktadır. Özellikle, ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu ile kusurlu ürün durumunu ele alan çalışmalar ayrıntılı olarak incelenmektedir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde ise; kusurlu ürün ve ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu altında yeni bir model geliştirilmektedir. Modelde, ayrıca, stoksuzluğa da izin verilmektedir. Geliştirilen model için sayısal örnekler verilmekte ve ödemelerde gecikmeye izin verilen süre ile kusurlu ürün oranındaki değişimlerin etkileri analiz edilmektedir.

Bu çalışmada geliştirilen model bu alanda bu zamana kadar yapılmış çalışmalara yeni açılımlar getirmektedir. Bu cümleden olarak, geliştirilen modelle; stoksuzluk durumunda kusurlu ürün içeren ekonomik sipariş miktarı modellerine ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumunu da ekleyerek yeni bir model elde edilmektedir. Yine, stoksuzluk durumunda ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumunu içeren modellerde kusurlu ürün olması durumunu ele alarak daha kapsamlı bir model geliştirilmektedir. Son olarak da ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ve kusurlu ürün durumunu aynı anda ele alan modele stoksuzluk durumunu ekleyerek bu alanda daha önce yapılmış çalışmalara katkıda bulunmaktadır.

Bu çalışmada elde edilen model; sürekli tedarik durumunu, ürünlerin zamanla bozulması durumunu, paranın zaman değeri ve enflasyon etkisini ve farklı talep fonksiyonlarını içerecek şekilde gelecek çalışmalarla geliştirilebilecektir. Bu yönüyle bu çalışmanın bundan sonra yapılacak çalışmalara ışık tutması ümit edilmektedir.

# BİRİNCİ BÖLÜM

## STOK KONTROL MODELLERİ

### 1. Stok: Tanımı, Çeşitleri, Maliyetleri, Kontrol Sistemleri ve Modelleri

Bir işletmenin etkin ve verimli çalışması için üretimde kullanılan veya satışı yapılan madde ve malzemelerin zamanında ve gereken miktarda tedarik edilmesi gerekmektedir. Her işletme faaliyet alanına göre ya üretimi gerçekleştirmek için veya müşterilerin isteğine cevap verebilmek için elinde bazı madde ve malzemeleri hazır bulundurması gerekmektedir. İşletmenin elinde bulundurduğu bu madde ve malzemelere en genel ifadeyle stok denilmektedir. (Chase vd., 1998: 582) İşletmenin fonksiyonları içerisinde üretim yönetimi fonksiyonunun yeri ne ise üretim fonksiyonları içerisinde de stok kontrolü ve yönetimi o derece önemli bir işleve sahiptir.

Faaliyet koluna göre her işletme farklı türde stok bulundurmaktadır. Üretim ve satış için tedarik edilen veya üretim sonrası nihai ürün olarak elde tutulan stokların işletmeye olan maliyeti ile elde stok bulundurmama maliyetlerinin dengelenmesi esasına dayanan stok yönetiminde, stok kontrolü ve planlaması önem arz etmektedir. Stokların miktar ve zamanlamasını gösteren bir stok politikasının bulunması stok yönetiminin en önemli unsuru olmaktadır. (Tekin, 2003: 2)

#### 1.1. Stok Kavramı

*Stok*, işletme literatüründe, İngilizcedeki “*inventory*” kelimesinin karşılığı olarak Türkçeye çevrilen “*envanter*” kelimesi ile aynı anlamda kullanılmaktadır. Kullanım yerleri açısından ele alındığında *stok* kavramı daha çok üretim aşamasındaki fiziksel ve parasal unsurlar için kullanılırken *envanter* kelimesi ise muhasebede yıl sonlarında fiziksel sayımı yapılan mal stoğunu ifade için kullanılmaktadır. (Kobu, 2005: 341) Bu yönüyle ele alındığında daha geniş ve kapsamlı bir anlamı olan *stok* kavramı *envanter* kavramından ayrılmaktadır. Bu

nedenle bu çalışmanın bütününde, kavram karışıklığına meydan vermemek için *envanter* kavramı yerine *stok* kavramı kullanılmaktadır.

Bir üretim işletmesi ele alındığında en dar anlamıyla *stok*; işletmenin, ileride yapacak olduğu üretimde kullanılacak ya da pazarlaması yapılacak olan hammadde, yarı işlenmiş ve tamamlanmış ürünler toplamına verilen genel bir isimdir. (Muller, 2002: 1) Bir başka ifadeyle, gelecekteki gereksinimleri karşılamak amacıyla depolanan hammadde ya da üretim işlerinin bir tıkanıklık ile karşılaşılmadan ve verimli olarak yürütülmesini sağlamak için işletmenin elde bulundurduğu fiziksel mallar, *stok* kavramı ile nitelendirilmektedir. (Demir ve Gümüšoğlu, 1998: 539) Bu açıdan ele alındığında *stok* kavramı depolanan ve elde bulundurulan fiziksel unsurları içermektedir.

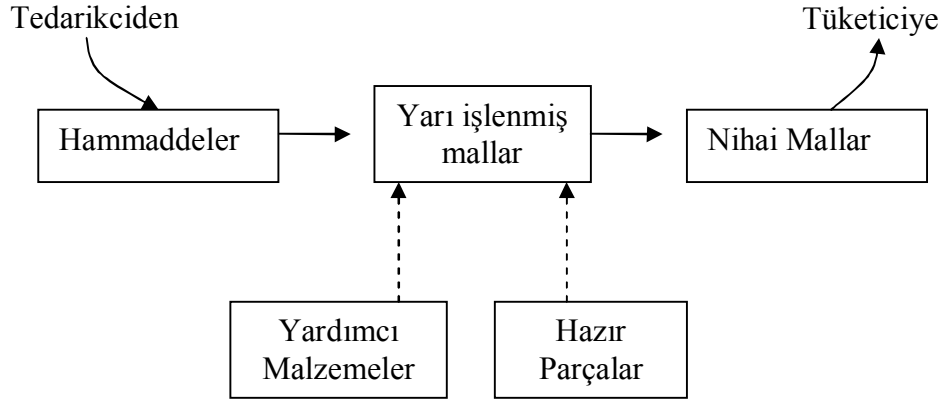
Diğer taraftan, *stok* kavramı, bir üretim sisteminde üretilen mal ve hizmete dolaylı veya dolaysız olarak katılan bütün fiziksel varlıkların parasal tutarı olarak da tanımlanmaktadır. (Tekin, 2003: 2) Bu yönüyle stoklar sadece fiziksel varlıkları değil, onların parasal değerini de içermektedir.

Bu çalışmada kullanılan *stok* kavramı; yukarıdaki tanımların bir sentezi olarak, belli bir zaman noktasında bir organizasyonun elinde bulunan, ölçülebilen ve gözle görülebilen mallar ile bunların parasal değeri şeklinde ele alınmaktadır.

Çalışmanın bu kısmında işletmelerin ellerinde bulundurdukları stok çeşitleri ve maliyetleri konusuna değindikten sonra stok bulundurma nedenleri ile stok kontrol yöntemleri ve modelleri ele alınacaktır.

## 1.2. Stok Çeşitleri

Üretim yapısına bağlı olarak stoklar; en genel sınıflama ile 3 grupta toplanmaktadır. Bunlar: Hammaddeler, yarı işlenmiş mallar ve nihai mallardır. Üretime doğrudan katılmayan ve nihai mal içinde yer almayan bazı stok kalemleri ise doğrudan bu üç stok çeşidinin içinde sayılmazlar. Bunlar hazır parçalar ve yardımcı maddelerdir. (Waters, 1989: 71) Stokların bu şekilde sınıflandırılması Şekil 1.1'de görülmektedir.



**Şekil 1.1. Stok Çeşitleri**

Kaynak: Waters, 1989: 71.

### 1.2.1. Hammaddeler

Nihai üretimi yapılacak malın üretiminde girdi olarak kullanılan ve üretime esas olan maddelerdir. (Gaither, 1992: 396; Tekin, 2003: 7) İşletmenin üretime devam etmesi için gerekli temel girdileri içine alan hammadde kavramı, işletmenin yapısına ve üretimin hangi aşamasında kullandığına bağlı olarak değişebilmektedir. Örneğin bir demir çelik fabrikasında demir filizi hammadde, döküm demir mamul iken, kalorifer radyatörleri üreten bir fabrikada döküm demir hammadde, radyatör dilimleri mamuldür. (Kobu, 2005: 342)

### 1.2.2. Yarı İşlenmiş Mallar

Üretim işlemine giren, üretim işlemleri tamamlanmamış olan ve üretim sistemi içerisinde belirli işlemlere tabi tutulmak üzere bekletilen ve nihai malın ortaya çıkmasında kullanılan esas maddelerdir. (Nahmias, 1997: 213) Yarı işlenmiş mallar, bazı işlemlerden geçtikten sonra nihai mal haline gelirler. Örneğin; otomobil sanayinde, montajı devam eden otomobiller yarı işlenmiş maldır.

### 1.2.3. Nihai Mallar

Üretimi tamamen bitmiş ve satışa hazır olan mallara ait stoklar, nihai mal stoku olarak ifade edilmektedir. Nihai mal, üreticisi tarafından depolanabileceği gibi başka işletmelere girdi olarak veya tüketim için halka da satılabilmektedir. (Gaither, 1992: 397)

### 1.2.4. Hazır Parçalar

Genellikle işletme dışından tedarik edilen ve nihai ürünün bir kısmını oluşturan parça ve malzemelerdir. Bu parçalar civata, somun gibi basit fakat çok kullanılan malzemeler olabileceği gibi elektrik motoru ve dişli kutusu gibi nihai ürünün bir parçasını oluşturan karmaşık mamuller de olabilir. (Kobu, 2005: 343)

### 1.2.5. Yardımcı Malzemeler

Üretimde, bir ürünün meydana getirilmesinde kullanılan fakat onun esasını oluşturmayan maddeler ise yardımcı maddelerdir. Bu malzemeler, mal ve ürünlerin üretimi sırasında hammaddeden -fiziksel ve kimyasal işlemler kullanılarak- nihai mal üretimine kadar geçen süreçte kullanılmaktadır. İşletme malzemesi olarak da ifade edilen bu yardımcı malzemeler, işletmenin faaliyet türü ve içinde bulunduğu sektörün niteliklerine göre farklı özellikler göstermektedirler. Büro malzemeleri, elektrik, gaz, su, petrol, oksijen, maden kömürü birer yardımcı malzeme iken bitkisel yağ üretiminde kullanılan vitaminler, renk verici maddeler, hidrojen gibi maddeler de yardımcı malzeme stoku içerisinde yer almaktadır. (Tekin, 2003: 8)

Burada ele alınan stok çeşitlerinin sınıflandırması üretim yapısına bağlı olarak yapılan en genel sınıflandırmadır. Bunun dışında stoklar, elde bulundurma amaçlarına göre; planlanan dönemde ekonomik etkinliğin sağlanması için talep dalgalanmalarına karşı tutulan *normal dönemsel (cycling) stoklar*, belirsizlik ve risk altında oluşacak aşırı talebi karşılamak için tutulan *emniyet (safety) stokları*, gelecekte beklenmedik durumlara karşı veya fırsatlardan faydalanmak için tutulan *spekülasyon amaçlı stoklar*, stok maliyetleri toplamını minimum yapacak *ekonomik sipariş miktarı stokları* ve üretici ile tüketici arasında taşınan miktarı karşılamak

için oluşturulan *dağıtım stokları* olarak farklı şekillerde de sınıflandırılmaktadır. (Martinich, 1997: 663)

### 1.3. Stok Maliyetleri

Bir işletmede var olan veya olması gereken stoklarla ilgili maliyetlere stok maliyetleri denilmektedir. Stoka sahip olmak başlı başına bir maliyet unsuru iken, stok bulundurmanın ve bulundurmamanın da bazı maliyetleri vardır. Her stok kontrol probleminde amaç bu maliyetler arasındaki denge noktasının bulunmasıdır. Çünkü bu maliyet kalemlerinin bir kısmı stok miktarı arttıkça artmakta, bir kısmı stok miktarı arttıkça azalmakta, bir kısmı ise stok miktarından bağımsız olarak sabit kalmaktadır.

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) Bazı maliyet kalemleri ise stok miktarından bağımsızdır.<sup>1</sup>

Hangi faaliyet alanında olursa olsun her işletmenin karşı karşıya kaldığı bu maliyet kalemleri 4 ana stok maliyeti içerisinde toplanabilir. Bunlar: Sipariş veya üretime hazırlık (kurulum) maliyeti, satın alma veya üretim maliyeti, stok bulundurma maliyeti ve stok bulundurmama (stoksuzluk) maliyetidir. (Chase vd., 1998: 584)

---

<sup>1</sup> Bazı kaynaklarda sipariş ve satın alma maliyetinin sipariş miktarından bağımsız olarak ele alınması ile burada sipariş miktarı ile ters yönlü olarak değişmesi ifadesi bir çelişki gibi görünse de aslında her iki görüşün de bir cihette doğru olduğu söylenebilir. Çünkü stok maliyetlerinin ayrıntılı analizinde bu maliyet kalemlerinin hem sabit hem değişken iki kısımdan oluştuğu görülmektedir. (Zipkin, 2000: 34; Vonderembse ve White, 1991: 651-652) Dolayısıyla bu maliyetlerin sipariş miktarından bağımsız olduğunu söyleyen görüş, stok maliyetlerinin sabit kısmından hareketle bu sonuca ulaşırken, stok miktarı arttıkça bu maliyetlerin azaldığını söyleyen görüş ise bu maliyetlerin değişken kısmını ele almaktadır. Kaynaklar arasındaki görüş farklılıklarına bu noktadan bakmak gerektir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, yapılan sınıflandırmada, çıkış noktası ve yapılan varsayımlar ve kabullerdir. Her görüş ancak kendi varsayımları ve kabulleri çerçevesinde değerlendirildiğinde bir anlam ifade etmektedir.

Bununla birlikte, sipariş ve satın alma maliyeti, daha çok bir malı dışarıdan sipariş ederek satın alıp hiçbir işleme tabi tutmadan satan işletmeler için bir maliyet unsuru iken, üretime hazırlık (kurulum) ve üretim maliyeti ise üretim yapan işletmeler için söz konusu olmaktadır.

Diğer taraftan üretim yapan işletmelerde, üretim için gerekli hammadde ve yardımcı malzemeler için yapılacak siparişin maliyeti de sipariş maliyeti içinde değerlendirilmektedir. (Schroeder, 1993: 584) Fakat genel kullanımda sipariş maliyeti kavramı sadece sipariş usulü ile çalışan işletmeler için kullanılırken, üretim yapan işletmelerin yapmış oldukları sipariş maliyetleri ise üretime hazırlık maliyeti içinde değerlendirilmektedir. Aksi halde üretim yapan işletmeler için hesaplanan toplam maliyet içinde hem sipariş maliyeti hem üretime hazırlık maliyetinin ayrı ayrı ele alınması gerekmektedir.

### 1.3.1. Sipariş Maliyeti

Sipariş maliyeti, yeni bir sipariş verilmesinden siparişin teslim alınmasına kadar geçen süreçte ortaya çıkan maliyetlerdir. Sipariş maliyeti; siparişin düzenlemesi ile ilgili kırtasiye, haberleşme, personel ücreti, kayıt masrafları, kargo, sipariş takibi ve faturaların ödenmesi ile ilgili masraflar ile teslim alma sırasında ortaya çıkan ulaşım, kontrol, teslim alma ve kayıt masrafları gibi masrafların toplamından oluşmaktadır. (Tekin, 2003: 10)

Sipariş maliyeti her sipariş için sabittir. Fakat birim başına sipariş maliyeti sipariş miktarı arttıkça azalmaktadır. Bazı durumlarda ise, sipariş miktarı arttıkça *miktar indirimi* denilen bir indirim de söz konusu olabilmektedir. Bu durumda birim başına düşen sipariş maliyeti *miktar indiriminden* dolayı daha da az olacaktır. Dolayısıyla, bir seferde büyük miktarda alımlar yaparak hem *miktar indirimi* hem de toplam sipariş sayısının azalması nedeniyle toplam sipariş maliyeti de düşecektir. Bununla beraber, bir kalemde çok büyük miktarda mal siparişi vermenin başka stok maliyeti kalemlerini (stok bulundurma ve depolama maliyeti gibi) arttıracığı da göz önüne alınmalıdır. (Kobu, 2005: 346)

### **1.3.2. Üretime Hazırlık (Kurulum) Maliyeti**

Üretim yapan işletmeler için söz konusu olan üretime hazırlık maliyeti, belirli bir ürünü ya da parçayı üretebilmek için makine, donanım ve tesislerin ilgili düzene getirilmesi sırasında yapılan hazırlıklardan dolayı ortaya çıkan maliyetlerdir. Yeni makinelerin kurulması ve test edilmesi sırasında boşa kalan elemanlara ödenecek paralar ve makine kurulum ve test edilmesi için ödenen giderler üretime hazırlık maliyeti içinde değerlendirilmektedir. (Eroğlu, 2002: 2) Bunun yanında üretimin yapılabilmesi için gerekli hammadde, yardımcı malzeme ve işletme malzemesinin siparişi için yapılan masraflar da üretime hazırlık maliyeti içinde ele alınmaktadır. (Schroeder, 1993: 585)

### **1.3.3. Satın Alma Maliyeti**

Bir malı satın almak için gerekli birim değişken maliyettir. (Winston, 1991: 815) İşletme belli bir malı piyasadan satın almak durumunda ise, bu malın her bir birimine ödenen para birim satın alma maliyetidir. Özellikle mal üretimi yapmadan sadece toptan ve perakende satış yapan işletmelerde satın alma maliyeti önemli maliyet kalemleri arasındadır. (Tersine, 1988: 14)

### **1.3.4. Üretim Maliyeti**

Bir malı üretmek için gerekli birim değişken maliyettir. Üretim sırasında sabit ve değişken maliyet olmak üzere iki tür maliyet ortaya çıkmaktadır. İşçilik, hammadde ve diğer üretim giderleri, üretimi yapılan malın değişken maliyet unsurlarıdır ve üretim arttıkça bu maliyetler de artar. Stok politikası belirlenirken üretim maliyeti adı altında sabit maliyetlerden ziyade değişken maliyetler göz önüne alınmaktadır. (Tersine, 1988: 14)

### **1.3.5. Stok 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.



Stok bulundurma maliyetleri; sermayenin fırsat maliyeti, sigorta ve vergiler, kırılma, bozulma, fire ve modası geçme maliyetleri ile depolama maliyeti gibi alt maliyet kalemlerinden oluşmaktadır. (Chase vd., 1998: 584)

Stoklara yatırılan sermayenin *alternatif (fırsat) maliyeti* sermaye maliyetidir. Sermayenin diğer kullanım alanları yerine stoklara yatırılması durumunda alternatif kullanım alanlarının getireceği kazanç sermaye maliyetini meydana getirmektedir. Örneğin; işletmenin sahip olduğu parasal sermayenin stoklara bağlanması yerine belirli bir faiz oranından bankaya yatırılması sonucu elde edilecek faiz, işletme açısından stok bulundurmanın *alternatif maliyetidir*. Özellikle paranın fiyatının (enflasyonun) yüksek olduğu durumlarda stoklara yapılan harcamanın fırsat maliyeti de oldukça yüksek olacaktır. Elde bulundurma maliyeti içinde en yüksek paya sahip olan bu fırsat maliyeti, toplam stok değerinin yaklaşık %10-25 arası kısmını oluşturmaktadır. (Martinich, 1997: 664; Karaöz, 2003: 66)

Depolama maliyeti, depolamanın gerektirdiği ısıtma, kira, aydınlatma, depo personelinin ücreti gibi maliyetlerden oluşmaktadır. Deponun alternatif kullanım imkânının olması durumunda da fırsat maliyeti ortaya çıkacaktır. Depolama maliyetinin bir kısmı sabit iken bir kısmı ise stok miktarına bağlı olarak artmaktadır. Bu maliyetlerden sabit olan kısmı analizlerde ele alınmamakta sadece değişken kısmı kullanılmaktadır. (Dilworth, 1993: 220)

Depolanan malların çoğu, depolama süresinin uzunluğuna bağlı olarak bozulmaktadır. Bozulma ve fire, depolanan malın niteliğine göre değişkenlik göstermektedir. Özellikle raf ömrü çok kısa olan mallar için bozulma ve fire maliyetleri önemli olmaktadır. Modası geçen ürünler, çabuk bozulan gıda ve kan gibi ürünler ile çalıntı ve kırılma sonucu ortaya çıkan maliyetler bozulma ve fire maliyetleri arasında sayılmaktadır. (Schroeder, 1993: 585)

Stoklar, sermaye yatırımları içindeki payının yüksek olması nedeniyle sigortalanmaktadır. Stokların sigortası için yapılan bütün harcamalar, sigorta maliyetleri olarak ele alınmaktadır. Ayrıca elde bulunan stoklar için ödenen, stok miktar ve değerine göre belirlenen vergiler de stok bulundurma maliyeti kapsamında değerlendirilmektedir. (Tekin, 2003: 9)

### 1.3.6. Stok Bulundurmama (Stoksuzluk) Maliyeti

Stok bulundurmama veya bir başka ifade ile stoksuzluk maliyeti, gelen talebi karşılayacak miktarın stokta bulunmamasından dolayı ortaya çıkacak sonuçların maliyetidir. Bu maliyetler arasında, gelen siparişin karşılanamamasından doğan satış kaybı maliyeti, gecikme ile karşılanmasından dolayı gecikme maliyeti ve her ikisi sonucu ortaya çıkan müşteri gözünde itibar kaybı gibi maliyetler sayılabilir. (Nahmias, 1993: 219)

Öte yandan hammadde stoklarında, üretim için gerekli hammaddelerin stokta bulunmaması sonucu aksayan üretimin yol açacağı üretim kaybı, işgücünün atıl kalması ve nihai ürünün talebi karşılayamaması gibi maliyetler de stoksuzluk maliyeti içinde ele alınmaktadır. (Top, 2001: 195; Martinich, 1997: 665)

Stok kontrol problemlerinin öncelikli amacı buraya kadar ele alınan maliyet kalemleri arasında stok bulundurma ve bulundurmama maliyetleri ekseninde bir dengenin kurulmasıdır.

Stok bulundurma ve bulundurmama tercihi ile karşı karşıya olan işletmeleri stok bulundurmaya sevk eden saikler aşağıda ele alınmaktadır.

### 1.4. İşletmelerde Stok Bulundurma Nedenleri

İşletmeler faaliyet alanlarına göre farklı stok kalemleri bulundurmaktadır. Belli bir zaman noktasında işletmenin elinde bulundurduğu stok miktarı ile ihtiyacı olan stok miktarı birbirine eşit olmayabilir. Ancak stok kontrolü ve yönetiminde amaç; işletmenin o anda ihtiyacı olan stok miktarına yetecek kadar malın işletmede bulundurulması, üretim yapan işletme için üretimin kesilmeden devam etmesi, toptancı ve perakendeci bir işletme için ise müşterinin eli boş gönderilmemesidir. (Karaöz, 2003: 62)

İstenilen zamanda ihtiyaç duyulan stokun elde bulunmaması işletme açısından bir maliyet doğururken, elde gerekenden fazla mal bulundurulması da işletme için ayrı bir maliyettir. Öyle ise, bir işletmenin talebi karşılayamayacak kadar stok bulundurmaması ile gereğinden fazla stok bulundurmasının bir maliyeti vardır. dolayısıyla her işletme kendi stok politikası çerçevesinde makul düzeyde stok

bulundurması gerekmektedir. Bu noktada işletmeleri makul düzeyde stok bulundurmaya zorlayan sebeplerin başında *talep ve arzdaki kısa dönem dalgalanmalar* gelmektedir. Arz ve talep arasında kısa dönemdeki belirsizliklerden kaynaklanan sürekli farkların olması, her işletme için (*tam zamanında üretim felsefesiyle çalışan işletmeler için de geçerli olmak üzere*) belli oranda stok bulundurma gerekliliğinin temel nedenidir. (Waters, 1989: 69-70)

Bunun dışında her işletme ölçek ekonomilerinden yararlanma, belirsizliklere karşı hazırlıklı olma, spekülasyon sonucu kâr elde etme ve işletme faaliyetlerinin kesintisiz devam etmesi gibi nedenlerden dolayı stok bulundurmaktadır. Ayrıca, transit olarak uzun bir mesafeye taşınan mallar için, daha fazla stok bulundurmanın kontrol maliyetlerini azaltması nedeniyle ve mevsimsel özelliklere sahip bir talebi olan ürün için önceden birikim yapılması gibi nedenlerle de işletmeler stok bulundurmaktadır. (Martinich, 1997: 661-663; Nahmias, 1993: 213-215, Chase vd., 1998: 583-584)

İşletmelerin stok bulundurma nedenleri ana hatları ile aşağıda ele alınmaktadır.

#### **1.4.1. Belirsizliklere Karşı Hazırlıklı Olma**

İşletmeleri stok bulundurmaya zorlayan en önemli nedenlerden birisi belirsizliklerdir. Belirsizlikler özellikle talep, arz ve ürün tedarik süresinde ortaya çıkmaktadır. Bunlar dışında işletmeler, emek arzında, faktör fiyatlarında ve sermayenin maliyeti olarak faiz oranlarındaki belirsizliklerle de karşı karşıya kalmaktadır. (Nahmias, 1997: 213-214)

Bu tür belirsizlikler altında üretimin kesintisiz devam etmesi veya talebin stoksuzluğa düşmeden karşılanabilmesi için işletmeler ellerinde fazladan stok bulundurmaktadırlar. Belirsizliklere karşı ihtiyacın üzerinde bulundurulan bu stoklara emniyet stoku da denilmektedir. (Schroeder, 1993: 413)

İşletmelerin karşı karşıya olduğu belirsizliklerden biri, işletmenin pazarladığı mallara olan talepte meydana gelen ani artışlardır. Bir mala olan ve önceden kestirilemeyen ani talep artışları stoksuzluk nedeniyle karşılanamaz ise çoğu zaman satış kaybı ve bunun sonucu olarak da müşteri kaybedilebilmektedir. (Karaöz, 2003:

63) Bu nedenle işletmeler müşterilerin isteklerini zamanında karşılamak ve müşterilerini kaybetmemek için mevcut ürünlerinden ihtiyaç fazlası olarak stok bulundurmaktadır.

Önemli belirsizliklerden bir diğeri ise arzdaki belirsizlikler ve arz şoklarıdır. Örneğin; petrol şokları nedeniyle petrol arzının azalması veya afet, kuraklık gibi nedenlerle meydana gelebilecek olan geçici daralmalar arz belirsizliklerin ortaya çıkış nedenidir. Ayrıca her arzın sınırlı bir kapasitesi olması nedeniyle talepteki değişimlere karşı cevap vermesi de sınırlı olmaktadır. Bu nedenle arzdaki bu sınırlılık ve belirsizliklere karşı işletmeler ellerinde stok bulundurmaktadır. (Karaöz, 2003: 63-64)

İşletmelerin karşılaşılabileceği bir diğer belirsizlik ise ürün tedarik süresi ile ilgilidir. Dışarıdan sipariş edilen malların işletmeye ulaştırılması esnasında meydana gelebilecek gecikmelerden dolayı stokların tükenmesi durumu ile karşı karşıya kalmamak ve müşterilerin talebinin böyle bir durumda da karşılanabilmesi amacıyla işletmeler sürekli olarak fazladan emniyet stoku bulundurmaktadır. Bu stok sayesinde talepler stoksuzluğa düşmeden karşılanabilmektedir. (Nahmias, 1997: 186)

#### **1.4.2. Ölçek Ekonomilerinden Yararlanma**

İşletmeler ölçek ekonomilerinin verdiği avantajlardan faydalanmak için tek seferde daha fazla sipariş vererek veya daha fazla üretim yaparak ihtiyaç fazlası miktarı stok olarak bulundurmaktadır.

Sipariş usulü ile çalışan işletmeler için her siparişin, sipariş miktarından bağımsız bir maliyeti vardır. Dolayısıyla her siparişte verilen sipariş miktarı arttıkça birim başına düşen sipariş maliyeti azalmaktadır. Bunun sonucu olarak işletmeler daha fazla miktarda sipariş vermenin avantajından yararlanarak ihtiyaç fazlası miktarı stok olarak tutmaktadırlar. Fakat ihtiyaç fazlası stokun elde bulundurulmasının da bir stok bulundurma maliyeti vardır. (Martinich, 1997: 661)

Diğer taraftan üretim yapan işletmeler için her farklı mal üretiminde üretim hattının değiştirilmesi ve makinelerin yeniden düzenlenerek yeni ürünün üretimine hazırlanması gerekmektedir. Her bir ürün için yapılacak bu üretime hazırlık

(kurulum) işleri için yüksek maliyetler söz konusudur. Dolayısıyla bir işletme yeterli miktarda üretim yapmalıdır ki katlanmış olduğu maliyet rasyonel olsun. Bir başka ifade ile her üretim hattının değişiminde büyük parti hacimlerinde üretim yapmalıdır ki bu sayede birim başına düşen üretime hazırlık maliyeti daha az olsun. (Nahmias, 1997: 213)

Sonuç olarak, bir seferde daha fazla sipariş vererek veya daha fazla üretim yaparak daha fazla stok bulundurmakla işletmeler bazı maliyetlerde düşüşe giderek tasarruf edebilmektedir. Fazla stok bulundurmanın anlamlı olabilmesi için ölçek ekonomilerinden kaynaklanan maliyetlerdeki bu azalışın ilave stok bulundurma maliyetinden daha fazla olması gerekmektedir.

#### **1.4.3. Spekülatif Amaçlı Nedenler**

İşletmeler belirsizliklere hazırlıklı olma ve ölçek ekonomilerinden faydalanma gibi nedenler dışında da stok bulundurma yoluna gitmektedir. Özellikle geleceğe dönük beklentiler, işletmelerin stok bulundurma kararlarını doğrudan etkilemektedir. Örneğin hammadde ya da nihai mal fiyatlarının yakın zamanda artacağı beklentisi karşısında işletmeler, fiyat artışından etkilenmemek veya kârlarını artırmak için normalden daha fazla stok bulundurabilmektedir. (Vonderembse ve White, 1991: 627)

#### **1.4.4. İşletme Faaliyetlerinin Sürekliliğini Sağlama**

İşletmeler bütün bu sayılan nedenlerin dışında üretimlerini devam ettirebilmek için bir miktar stok bulundurmak zorundadır. Aksi halde, üretimin herhangi bir aşamasında aksaklıklar olması durumunda üretimde ve satışta kesilmeler söz konusu olacaktır. Bu durumda, işletme belli bir süre üretimi durdurmak veya ihtiyaç duyduğu ara malını diğer işletmelerden daha pahalıya almak zorunda kalacaktır. Bu durum işletme maliyetlerini artıracığından işletmeler her durumda bir miktar mal stoku bulundurmak zorundadır. (Karaöz, 2003: 64-65)

Bütün bu nedenlerden dolayı işletmelerin stok bulundurmak zorunda oldukları açıktır. Fakat ne kadar stok bulundurulması gerektiği ise işletmenin kullandığı stok kontrol sistemi tarafından belirlenmektedir.

### 1.5. Stok Kontrolü ve Yönetimi

Stok kontrolü; stok miktar ve çeşitlerinin işletmenin tedarik, üretim, satış ve mali imkânlarına göre en rasyonel ve ekonomik bir şekilde belirlenmesi ve yönetimidir. (Tatar, 1973: 51)

Son yıllarda stok kontrolünde önemli değişim ve gelişmeler olmuştur. İşletmelerde stokların üretim sistemi içerisindeki yerinin ve öneminin artması, stokların sadece kontrolünü ele alan stok kontrolü ile başarılı bir stok politikası izlemenin mümkün olmaması sonucunu doğurmuştur. Bu nedenle stokların daha geniş kapsamda ele alındığı stok yönetimine ihtiyaç duyulmuştur. Bu durumun sonucu olarak, *stok kontrolü* kavramı yerine *stok yönetimi* kavramı kullanılır olmuştur. Bu yönüyle *stok yönetimi* aslında stok kontrolünün gerektirdiği fonksiyonları daha kapsamlı ve ilişkili bir biçimde içine almaktadır. (Tekin, 2003: 2)

İşletmelerde başarılı bir yönetim için, iyi planlanmış bir stok yönetimi gereklidir. İşletmenin üretim için kullanacağı hammadde stokunun yeterli olmaması, üretimin durmasına, yüksek faiz ortamında fazla stok bulundurmak, ekonomik kârın azalmasına ve stok bulundurma ve depolama maliyetlerinin artmasına neden olacağından, bir işletmenin faaliyetlerine devam etmesi açısından stok yönetimi oldukça önemlidir. (Tekin, 2003: 4)

Sonuç olarak, ne tür işletme olursa olsun belli bir zaman dilimi içerisinde daha önce ele alınan nedenlerden dolayı stok bulundurmak zorundadır. Elde bulundurulacak bu stokların ne kadar olması gerektiği işletmenin kullandığı stok kontrol sistemleri ve modelleri tarafından belirlenmektedir.

### 1.6. Stok Kontrol Sistemleri

Stok kontrolünün amacı en genel ifadeyle istenilen bir malın ihtiyaç zamanında elde bulundurulmasını sağlamak ve bunu en az maliyetle gerçekleştirmektir. Elde bulundurulacak stok miktarı ile ilgili organizasyon yapısı ve politikaların belirlenmesi stok kontrol sistemi ile sağlanmaktadır. (Chase vd., 1998: 585)

Her işletmenin, büyüklüğüne, yönetim ve organizasyon durumuna, üretim tipine, mali durumuna ve daha birçok faktöre göre oluşturduğu bir stok kontrol sistemi vardır. Uygun stok kontrol sisteminin belirlenmesinde, işletmenin stoklarla ilgili karşı karşıya kaldığı talebin yapısı ayırt edici rol oynamaktadır. (Dilworth, 1993: 201)

İşletmelerde stok yönetiminde genellikle bağımsız talep ve bağımlı talep olmak üzere iki tür talep söz konusudur. Bağımsız talep, ürüne işletme dışı alıcılar tarafından olan taleptir (Nihai ürüne olan talep gibi). Diğer talep türü ise, bağımlı talep olup hammadde talebi, yarı işlenmiş ürün talebi gibi başka bir ürünün talebine bağlı olarak ortaya çıkan ve işletme içinde oluşan taleptir. Bağımsız talep işletme dışı faktörlerce belirlendiğinden sürekli bir yapı sergilerken, bağımlı talep kesikli bir yapı göstermektedir. Talebin yapısındaki bu farklılık uygulanacak stok kontrol sisteminin ve yöntemlerinin de farklı olmasına neden olmaktadır. (Schroeder, 1993: 586)

Bağımsız talep durumunda uygulanan stok kontrol sistemleri üç ana başlık altında toplanabilir. Bunlar; sabit sipariş miktarı, sabit sipariş periyodu ve maksimum-minimum sistemidir. Bağımlı talep durumunda ise Malzeme İhtiyaç Planlaması (*Materials Requirement Planning, MRP*) olarak bilinen teknik en yaygın kullanılan stok kontrol sistemidir.

Çalışmanın bu kısmında stok kontrolü kapsamına giren bu sistemler hakkında kısaca bilgi verilecektir.

### **1.6.1. Bağımsız Talep Altında Stok Kontrol Sistemleri**

Bağımsız talep durumunda kullanılan stok kontrol sistemleri, sabit sipariş miktarı, sabit sipariş periyodu ve maksimum-minimum sistemi başlıkları altında incelenmektedir. Bu sistemler de kendi içinde bazı yöntemleri kullanmaktadır. Bu yöntemlerin seçiminde personel durumu, bilgi akış sistemi, makine ve araç-gereç durumu, bina ve depo kapasiteleri gibi unsurlar göz önüne alınmalıdır. (Kobu, 2005: 351)

### 1.6.1.1. Sabit Sipariş Miktarı Sistemi

Sabit sipariş miktarı sisteminde, stoklar önceden belirlenmiş stok miktarı seviyesine düştüğü zaman sabit oranda sipariş verilmektedir. Bu yöntemde ne zaman sipariş verileceği önceden bilinmemekte fakat ne kadar sipariş verileceği baştan sabit olarak belirlenmektedir. Talep oranının çok dalgalı olmadığı durumlarda uygun bir sistem olan sabit sipariş miktarı sisteminde stok seviyesinin sürekli olarak izlenmesi gerekmektedir. (Waters, 1989: 73)

Sabit sipariş miktarı sistemini kullanan işletmenin, elinde bulundurduğu stok çeşidi ve miktarına göre uygulamada kullanılan farklı yöntemler vardır. Bunlar içinde en basiti çift kutu yöntemi olup daha karmaşık yapılar için ise matematiksel modeller bulunmaktadır.

**Çift Kutu Yöntemi:** Stoklanan madde miktarının az, fakat stok çeşidinin fazla olduğu küçük işletmelerde kullanılan çift kutu yönteminde her çeşit stok için biri asıl diğeri yedek olarak iki kutu bulunmaktadır. Asıl kutudaki stok bittiğinde sipariş verilmekte ve siparişler gelene kadar oluşan talep yedek kutudan karşılanmaktadır. Bu nedenle yedek kutuda tutulan miktar, tedarik süresindeki belirsizlikleri de dikkate alacak şekilde bir sonraki siparişin tedarikine kadar yetecek düzeyde bulunmalıdır. Asıl kutudaki stok bittiğinde sabit miktarda siparişin verildiği bu yöntem sabit sipariş miktarı sisteminin bir uygulaması olarak ele alınmaktadır. (Schroeder, 1993: 608)

### 1.6.1.2. Sabit Sipariş Periyodu Sistemi

Sabit sipariş periyodu sisteminde stoklar belli zamanlarda –sabit zaman dilimlerinde-, örneğin her hafta veya her ay gibi, izlenmekte ve önceden belirlenmiş belli bir stok seviyesi göz önüne alınarak ihtiyaç miktarı kadar sipariş verilmektedir. Bu yöntemde ne zaman sipariş verileceği, bir başka ifade ile siparişler arası süre belli iken verilecek sipariş miktarı talep veya kullanım oranına göre her dönem farklı olmaktadır. (Gaither, 1992: 415-416) Bu nedenle bu sistemde tutulacak emniyet stoku miktarı sabit sipariş miktarı sistemine göre daha çoktur. Bu sistem toptancıların periyodik olarak müşteri ziyareti yaptığı durumlar ile ulaşım maliyetlerinden tasarruf etmek için siparişlerin birleştirildiği durumlarda yaygın



olarak kullanılmaktadır. (Chase vd., 1998: 599) Bu sistemde kullanılan yöntemlere örnek olarak gözle kontrol ve tek kutu yöntemi verilebilir.

**Gözle Kontrol Yöntemi:** Özellikle küçük işletmelerde, depo ve ambardan sorumlu kişiler tarafından uygulanan bir stok kontrol yöntemidir. Stoklanan mallar ilgili kişi veya kişiler tarafından sürekli gözlenmekte ve stokların azalması durumunda sipariş verilmektedir. Kolay, basit ve maliyeti düşük olması nedeniyle üretim kapasitesi küçük işletmeler ile perakendeci işletmelerde gözle kontrol yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. (Tekin, 2003: 12)

**Tek Kutu Yöntemi:** Tek kutu yönteminde kutu olarak nitelenen yer veya raflar periyodik olarak kontrol edilmekte ve doldurulmaktadır. Bu yöntem örnek olarak, süpermarketlerde rafların takibi ile petrolerde 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) Stoksuzluğa düşme riski çok yüksek olan bu yöntem gözle kontrol yöntemi gibi uygulaması kolay basit ve ucuz bir yöntemdir.

### 1.6.1.3. Maksimum-Minimum Sistemi

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 sisteminde* sabit sipariş miktarı sistemi ile sabit sipariş dönemi sistemin bazı özellikleri birleştirilerek daha rasyonel bir stok politikası izlenebilmektedir. (S, s) sistem olarak da nitelenen bu sistemde arzu edilen maksimum stok seviyesi (S) ile minimum stok seviyesi (s) baştan belirlenmektedir. Stoklar sabit zaman aralıklarında, örneğin iki haftada 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)

### 1.6.2. Bağımlı Talep Durumunda Stok Kontrol Sistemleri ve MRP

Bağımsız talep altında stok kontrol yöntemleri içerisinde en yaygın kullanılan yöntem MRP (*Malzeme İhtiyaç Planlaması / Materials Requirement Planning*) yöntemidir. MRP, bir işletmenin tüm imalat faaliyetlerinin planlanması ve kontrolünde kullanılan bir stok kontrol sistemidir. Bu sistemde malzeme, parça ve yarı mamullere olan talep nihai ürüne olan talebe bağlıdır. Nihai ürüne olan talep bilindiğinde üretim sırasında gereken alt montaj ve ürünü oluşturan parça miktarları tam olarak hesaplanabilmektedir. (Çelikçapa, 1999: 139)

MRP'nin birçok türleri geliştirilmiş, denenmiş ve çeşitli ülkelerde değişik üretim süreçlerinde uygulanmıştır. Tüm uygulamalarda izlenen ortak nokta üretim için gerekli makine ve işgücü saatlerinin, malzeme ve parça miktarlarının ve gerek duyulacak enerji miktarının bir çizelge üzerinde programlanmasıdır. Bu program ile her ürün ve onu oluşturan parçaların tam gereksinim duyuldukları zamanın hemen öncesinde üretilmesi veya tedarik edilmesi sağlandığından stok bulundurma ihtiyacı hemen hemen ortadan kalkmaktadır. Böylece üretim aşamasında ara stok miktarı azalacağından stok bulundurma maliyeti de düşmüş olacaktır. (Ayanoglu, 2005: 354)

### 1.7. Stok Kontrol Modelleri

İşletmeler faaliyetlerini yürütmek, müşteri istek ve ihtiyaçlarına anında cevap vermek ve neticesinde de kâr elde edebilmek amacıyla belli bir miktar stok bulundurmaya zorundadır. Bütün stok kontrol problemlerinde amaç; toplam maliyeti minimum yapacak<sup>2</sup> şekilde, her bir üründen ne kadar sipariş edileceğinin ve bu siparişlerin ne zaman verileceğinin belirlenmesidir.<sup>3</sup> (Gaither, 1992: 411)

Bu sorulara cevap bulmak için pek çok yöntem ve model geliştirilmiştir. Gözle kontrolden bilgisayarla çözülen karmaşık modellere kadar geniş bir yelpaze

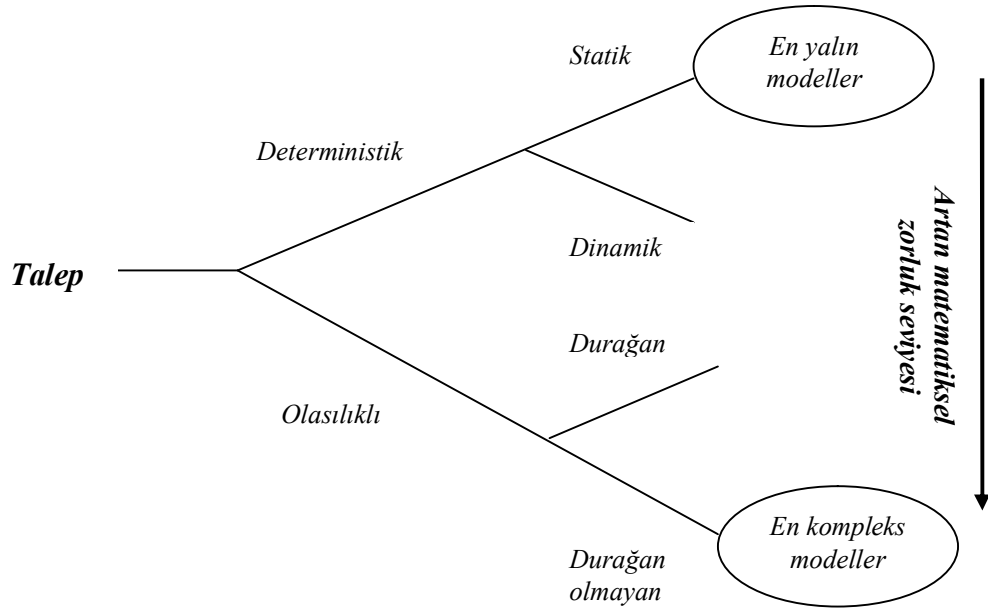
---

<sup>2</sup> Stok kontrol problemlerinde genellikle stok maliyetlerinden hareketle maliyeti en az yapacak modeller ele alınmaktadır. Fakat bazı durumlarda stok kontrol problemi amacı kârı maksimum yapacak şekilde modellenebilir. Zaten maliyetin minimum olması kârın maksimum olmasını da gerektirir. Dolayısıyla bir stok kontrol probleminde maliyeti minimum yapmak ile kârı maksimum yapmak arasında söylem dışında bir fark yoktur.

<sup>3</sup> Üretim yapan işletmeler için düşünüldüğünde bu sorular, "Ne zaman üretime başlayalım?, Ne kadar süre üretilim? ve Ne miktarda üretilim?" şeklinde olacaktır.

oluşturan bu yöntem ve teknikler içinde karmaşık problemlerin çözümü için geliştirilmiş stok kontrol modelleri önemli bir yer tutmaktadır.

Stok kontrol modellerinin sınıflandırmasında temel belirleyici talep değişkenidir. Talebin yapısına göre yapılan sınıflandırmaya göre; stok kontrol modelleri, deterministik ve olasılıklı modeller olarak ikiye ayrılmaktadır. Talebin yapısına bağlı olarak yapılan bu sınıflandırma Şekil 1.2’de verilmektedir.



**Şekil 1.2. Talebin Yapısına Göre Stok Kontrol Modelleri**

Kaynak: Eroğlu, 2003: 6.

Bu sınıflandırmaya göre; talep miktarının kesinlikle bilinmesi durumunda *deterministik modeller* ve talebin olasılıklı dağılıma uyması durumunda da *olasılıklı modellerden* söz edilmektedir.

Deterministik talebin, yani tüketim oranının, zamanla sabit olması durumunu ele alan modeller, *deterministik statik modeller* olarak bilinirken, talep oranının bir dönemden (periyottan) diğerine değişken olması durumunu ele alan modeller ise *deterministik dinamik modeller* olarak nitelendirilmektedir.

Olasılıklı talep durumunda ise; talebin olasılık yoğunluk fonksiyonu zamanla değişmiyorsa *durağan modeller*, olasılık yoğunluk fonksiyonu zamanla değişiyorsa *durağan olmayan modeller* karşımıza çıkmaktadır. (Eroğlu, 2003: 5-6)

Bu modeller içerisinde en yalın ve basit modeller deterministik statik modellerdir. Klasik ekonomik sipariş miktarı ve ekonomik üretim miktarı modelleri yaygın olarak kullanılan deterministik statik stok kontrol modelleri arasındadır. Fakat bu modellerdeki varsayımların gerçek hayattaki birçok problemin çözümünde yetersiz kalması nedeniyle, problem yapısına göre ilave varsayımlarla veya mevcut varsayımların gevşetilmesiyle pek çok yeni model geliştirilmiştir. (Eroğlu, 2003: 125) Yeni açılımlar olarak ele alınan bu modellerde kusurlu ürün durumu, ödemelerde gecikmeye izin verilmesi, enflasyon ve öğrenme etkisi gibi faktörler dikkate alınmaktadır.

Bu çalışmanın amacı yeni açılımlar altında yeni bir ekonomik sipariş miktarı modeli elde etmek olduğu için çalışmanın bu kısmında talebin yapısına göre stok kontrol modelleri ve özellikle klasik deterministik stok kontrol modellerinden bahsedilmektedir. Klasik ekonomik sipariş ve üretim miktarı modellerinin matematiksel olarak türetimi de bu bölümde ele alınmaktadır. Stok kontrol modellerine getirilen yeni açılımlar ise çalışmanın ikinci bölümünde yazın taraması ile birlikte incelenmektedir.

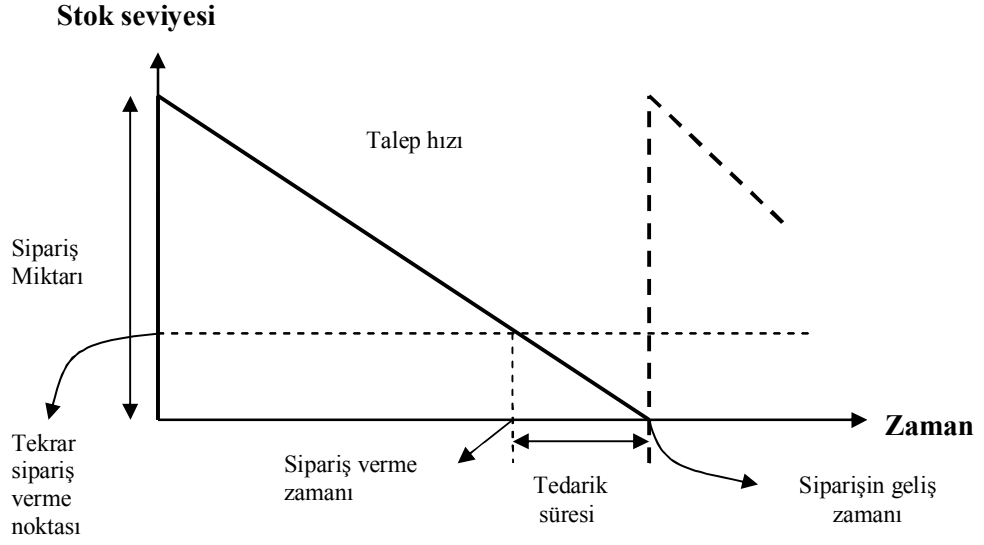
### **1.7.1. Deterministik Statik Stok Kontrol Modelleri**

Deterministik stok kontrol modellerinde talep oranı kesin olarak bilinmektedir. Talep oranının bir periyottan diğerine değişmediği yani zaman içerisinde sabit olduğu durumda elde edilen stok kontrol modelleri deterministik statik modeller olarak bilinmektedir. Bu modeller içinde en yaygın kullanılan modeller Klasik Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı modelleridir.

#### **1.7.1.1. Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli**

Stok kontrol modelleri içinde en eski ve en yaygın kullanılan model Ekonomik Sipariş Miktarı modelidir. İlk olarak 1915'te Ford W. Harris tarafından ortaya konan bu model günümüzde kullanılan pek çok modelin temelini oluşturmaktadır. Kullanımı çok kolay ve basit olan bu teknik pek çok varsayımı da içinde barındırmaktadır. (Zipkin, 2000: 178; Heizer ve Render, 2001: 481)

Ekonomik sipariş miktarı modelinde amaç toplam maliyeti minimum yapacak şekilde ne kadar sipariş verileceğine karar vermektir. Bu modelde stok seviyesinin zamanla değişimi Şekil 1.3'te görülmektedir.



**Şekil 1.3. Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli**

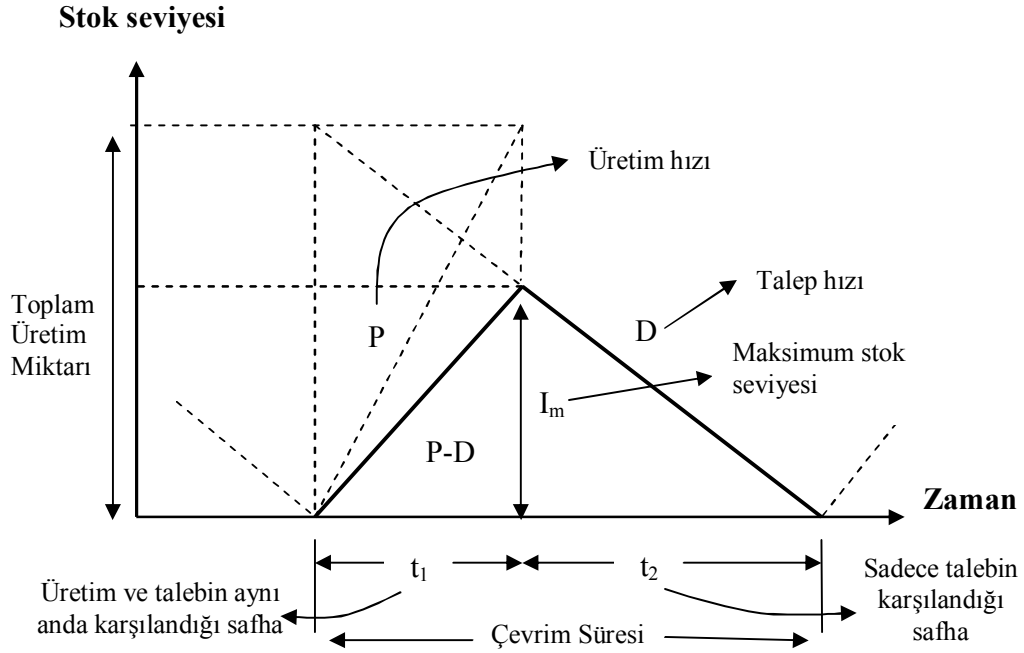
Kaynak: Stevenson, 1993: 594'ten faydalanılarak çizilmiştir.

Ekonomik Sipariş Miktarı modelinde siparişler partiler halinde ve tek seferde teslim alınmaktadır. Daha sonra bu stok sabit bir talep hızı ile azalmaktadır. Siparişler bitmeden yeniden sipariş verme noktasında tekrar sipariş verilmekte ve bu siparişler gelene kadar eldeki stok tükenmektedir. Yeniden sipariş verme noktası, eldeki stokların biteceği zamandan tedarik süresi kadar önce olmaktadır. Bazı modellerde tedarik süresinin sıfır olduğu varsayımı yapıldığından yeniden sipariş verme noktası siparişlerin bittiği zamanla çakışmaktadır. Yani bu durumda sipariş verildiği anda malların teslim edileceği varsayımı geçerli olmaktadır.

Bu model hakkında ayrıntılı bilgi ve nasıl elde edildiği konusu ileride gelecektir.

### 1.7.1.2. Klasik Ekonomik Üretim Miktarı Modeli

Ekonomik Üretim Miktarı modeli, Ekonomik Sipariş Miktarı modelinin üretim yapan işletmelere uyarlanması sonucu elde edilen stok kontrol modelidir.<sup>4</sup> Bu modelde ekonomik sipariş miktarı modelindeki *bütün malların aynı anda teslim alındığı* varsayımı yerine *malların işletme içinde üretildiği* varsayımı altında ne kadar üretim yapılması gerektiği bulunmaktadır. Üretim hızı her zaman talep hızından fazla olup, üretim sürecinde artan stoklar üretimin durmasıyla talebin karşılanmasında kullanılmaktadır. Elde stok kalmayınca üretim tekrar başlamaktadır. Ekonomik üretim miktarı modelinde stok miktarının zamanla değişimi Şekil 1.4'te görülmektedir.



**Şekil 1.4. Klasik Ekonomik Üretim Miktarı Modeli**

Kaynak: Stevenson, 1993: 599 ve Eroğlu, 2003: 10'dan faydalanılarak çizilmiştir.

<sup>4</sup> Üretim yapan işletmeler için stok kontrol problemi; Ne miktarda üretim yapılması gerektiği ve üretimin ne kadar zaman devam etmesi gerektiği şeklindedir. Bu sorulara cevap olarak geliştirilen ekonomik üretim miktarı modeli bazı kaynaklarda ekonomik sipariş miktarı modelinin bir çeşidi olarak ele alınmaktadır. (Gaither, 1992: 423; Chiu, 2003: 427) Bu durumda malların sipariş verildikten sonra zaman içinde sürekli bir akım halinde geldiği (sürekli tedarik edildiği -*non-instantaneous receipt*-) varsayılmakta ve bu modellere *üretim sipariş miktarı modeli* de denilmektedir. (Heizer ve Render, 2001: 489, Chase vd., 1998: 590) Sürekli tedarik durumunda üretim sipariş miktarı modeli ile ekonomik üretim miktarı modeli matematiksel olarak aynıdır. Fark ise, sürekli tedarik durumunda işletme dışarıdan sipariş ettiği malı akım halinde almakta ve bir taraftan satmaktadır. (Stevenson, 1993: 599; Taylor III, 1999: 786, Ouyang vd., 2005: 291)

Bu modelde bir çevrim süresi iki safhadan oluşmaktadır. Birinci safhada üretimle birlikte o dönemde oluşan talep karşılanmaktadır. Bu safha sonunda maksimum stoksuzluğa ulaşılmakta ve üretim durmaktadır. İkinci safhada oluşan talep birinci safhada biriken talep fazlası üretimden karşılanmaktadır. Bu model hakkında ayrıntılı bilgi ve modelin türetilmesi konusu bu bölümün ilerleyen kısımlarında gelecektir.

Üretim teknolojilerinin değişmesi, bilgisayarın ekonomik hayatta kullanılmaya başlanması ve günümüz koşullarıyla bağdaşmayan pek çok varsayımı içinde barındırması nedeniyle Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı modelleri stok politikalarının belirlenmesinde yetersiz kalmaya başlamıştır. Bunun üzerine bu modellerin temel varsayımlarının gevşetilmesi ve yeni varsayımların eklenmesiyle gerçek hayatı temsil gücü daha yüksek pek çok model geliştirilmiştir. Yeni açılımlar olarak nitelenen bu modeller çalışmanın ikinci bölümünde ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

### 1.7.2. Deterministik Dinamik Stok Kontrol Modelleri

Talep oranının zamanla bir periyottan diğerine değişken olma durumuna göre stok kontrol modelleri, *statik (değişmeyen)* veya *dinamik (değişken)* olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Statik modellerde talep miktarı değişmezken, dinamik modellerde talep miktarı bir periyottan diğerine değişmektedir. Bu durumda her bir periyotta ne kadar sipariş verilmesi gerektiği sorusuna cevap olarak üç farklı yaklaşım önerilmektedir. (Silver vd., 1998: 200-201) Bunlar:

**Klasik ekonomik sipariş miktarı modelini kullanmak:** Planlama dönemi boyunca oluşan ortalama talebi kullanarak, her periyot için sabit sipariş miktarı belirlemek en kolay çözüm yoludur. Fakat açıktır ki, ancak talep oranındaki değişkenliğin oldukça düşük olduğu durumlarda bu yolu kullanmak uygun çözümü verecektir. Çünkü talep oranındaki değişkenliğin oldukça düşük olduğu bu durumda her periyotta talep oranının sabit olduğu varsayımı çok fazla (önemli ölçüde) ihlal edilmemiş olmaktadır.

**Duruma uygun geliştirilecek ve kesin sonucu veren matematiksel modelleri kullanmak:** Stoksuzluğa izin verilmemesi durumu altında kesikli zaman değişken talepli dinamik stok kontrol modelleri için optimum sonuç veren bir çözüm yöntemi olarak Wagner-Whitin algoritması<sup>5</sup> gibi bazı özel varsayımlar kümesi altında elde edilecek algoritmalar ile toplam maliyeti minimize eden optimal sipariş miktarı kesin olarak hesaplanabilmektedir. (Eroğlu, 2003: 21)

**Yaklaşık en uygun çözümü veren sezgisel yöntemleri kullanmak:** Talepteki değişimleri mümkün oldukça içine alan fakat karmaşık hesaplamalara girmeyen sezgisel yöntemler, kullanıcıların nispeten daha rahat anlayıp kullanabilecekleri ve kısa zamanda sonuca ulaşabilecekleri çözüm yöntemleridir. Kesin sonucu vermemekle birlikte bu sezgisel yöntemlerin makul sınırlar içerisinde çözüme en yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu konuda geliştirilen en önemli sezgisel yöntemler; Silver-Meal sezgiseli, Lot-for-Lot (L4L) ve en düşük birim maliyet sezgiselidir. (Ho vd., 2006: 1005-1013; Chase vd., 1998: 650-653)

### 1.7.3. Stokastik (Olasılıklı) Stok Kontrol Modelleri

Stok kontrol modellerinde iki temel değişkenden birisi taleptir. Talebin yapısına göre stok kontrol modelleri deterministik ve olasılıklı modeller olarak ikiye ayrılmaktadır. Talebin kesin olarak bilindiği durumda deterministik modeller söz konusudur ve bu modeller yardımıyla en uygun (optimal) sipariş miktarı ve sipariş verme zamanının belirlenmesi oldukça kolaydır. Fakat gerçek hayatta talebin kesin olarak bilinmesi mümkün değildir. Dolayısıyla talepteki rastgele değişimler işletmelerin stoksuzluğa düşmelerine ve bunu önlemek için de ellerinde fazladan stok bulundurmalarına neden olmaktadır. (Ayanoğlu, 2005: 350)

Hem stoksuzluğa düşmenin hem de elde fazla stok bulundurmanın ortaya çıkardığı maliyet artışları, işletmeleri talebin olasılıklı olduğu duruma uygun stok kontrol modelleri geliştirmelerine neden olmuştur. Günümüz modern işletmelerinin tercih ettiği stokastik (olasılıklı) stok kontrol modellerinde talep, rastgele değişken olarak varsayılmakta ve bir olasılık dağılımı yardımıyla tanımlanmaktadır. Talep miktarının hangi dağılıma uyduğu geçmiş talep verileri kullanılarak belirlenmektedir.

<sup>5</sup> Wagner-Whitin algoritmasının temelleri ve ayrıntıları için Bkz: Wagner ve Whitin, 1958: 89-96.



Geliştirilen olasılıklı stok kontrol modelleri *periyodik* ve *sürekli gözden geçirme* durumlarına göre sınıflandırılmaktadır. *Periyodik gözden geçirme modelleri* de kendi içinde *tek periyotlu* ve *çok periyotlu* olarak ikiye ayrılmaktadır. (Martinich, 1997: 686-692; Chase ve Apuilano, 1981: 475-489)

Bu çalışmanın kapsamı deterministik modeller olduğu için olasılıklı modeller hakkında bu kadar açıklama yeterli görülmektedir. Çalışmanın bundan sonraki kısmında deterministik klasik stok kontrol modellerinin matematiksel olarak çıkarımı ve türetimi ele alınmaktadır.

### 1.8. Deterministik Statik Stok Kontrol Modellerinin Türetilmesi

Deterministik statik stok kontrol modellerinde temel varsayım, planlama dönemi boyunca talep miktarının kesinlikle bilindiği ve talep hızının sabit ve sürekli olduğudur. Bu modellerde, planlama dönemi eşit çevrim sürelerinden oluşmakta ve her bir çevrim süresinde eşit miktarda sipariş (tedarik veya üretim siparişi) verilmektedir. Amaç; toplam maliyeti minimum yapan ekonomik sipariş miktarının, diğer bir ifadeyle parti hacminin ve dolayısıyla siparişler arası geçen süre olan çevrim süresinin bulunmasıdır. (Eroğlu, 2002: 7)

Deterministik statik stok kontrol modelleri içinde klasik modeller olarak bilinen dört temel model vardır. Bunlar:

- i. Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli
- ii. Ekonomik Üretim Miktarı Modeli
- iii. Stok Tükenmesi Durumunda Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli
- iv. Stok Tükenmesi Durumunda Ekonomik Üretim Miktarı Modelidir.

Bütün bu modellerde iki önemli fonksiyonel ilişki temel alınmaktadır. (Tersine, 1988: 94, alıntılayan Karaöz, 2003: 79-80) Bunlar:

- i. Stok seviyesi zamanın bir fonksiyonudur. Yani, zamanın bir kesitinde işletme sipariş veya üretimle mal depolamakta ve zamanla bunu tüketmektedir.

- ii. Toplam maliyet; sipariş büyüklüğü ve üretim hızı ile sipariş büyüklüğünü ve üretim hızını etkileyen faktörlerin bir fonksiyonudur. Bir çevrim süresi için, zaman içinde ortaya çıkan maliyet unsurlarından yola çıkarak toplam maliyet fonksiyonu oluşturulmakta ve bu maliyeti minimum yapan sipariş/üretim miktarı ile çevrim süresi hesaplanmaktadır.

Bu iki fonksiyonel ilişki altında yukarıda adı geçen dört klasik stok kontrol modelinin matematiksel türetimi (çıkarması) çalışmanın bu kısmında yapılmaktadır.

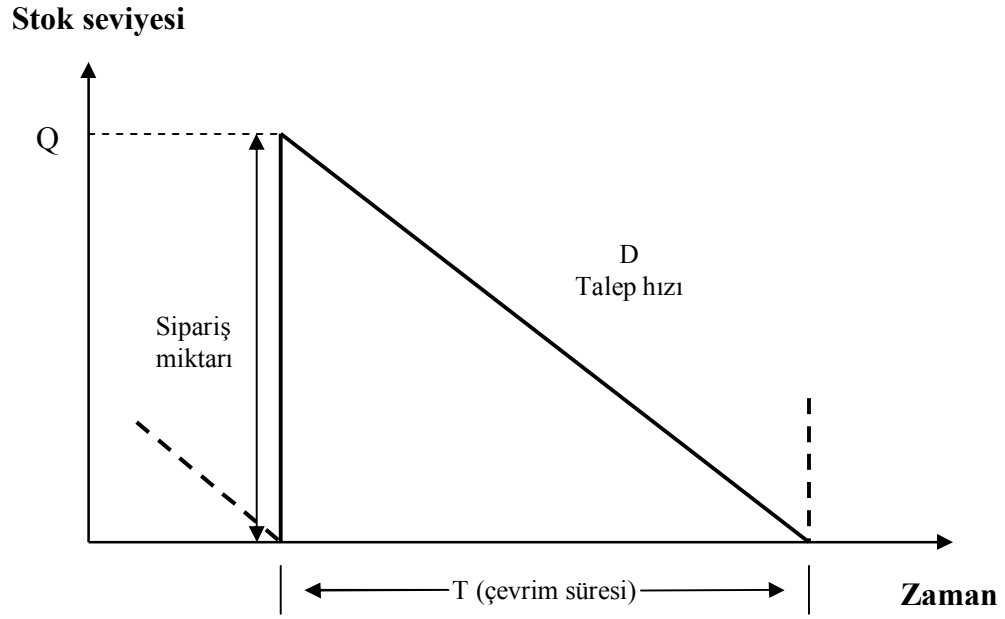
### 1.8.1. Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli

Ekonomik Sipariş Miktarı modeli tüm stok kontrol modellerinin en temel ve yalın halidir. Bu model, sabit sipariş maliyeti ve elde bulundurma maliyetleri arasındaki dengeye dayanmaktadır ve daha karmaşık modellerin temelini oluşturmaktadır. Modelde, sipariş edilen miktar, her bir çevrim süresinin başlangıcında teslim alınmakta ve çevrim süresi boyunca oluşan talep tamamen bu stoktan karşılanmaktadır. Ekonomik Sipariş Miktarı modelinde aşağıdaki varsayımlar yapılmaktadır:

1. Tedarik süresi sabit veya sıfırdır ve sipariş miktarından bağımsızdır.
2. Talep sabit ve süreklidir.
3. Satın alma fiyatı (birim değişken maliyet) sabittir.
4. Stok bulundurma maliyeti stok miktarının doğrusal bir fonksiyonudur.
5. Sipariş maliyeti her sipariş için sabit ve sipariş miktarından bağımsızdır.
6. Stoksuzluğa izin verilmemektedir.

Ekonomik Sipariş Miktarı Modelinin gösterimi Şekil 1.5'te görülmektedir. Her çevrim süresi başında  $Q$  birim kadar sipariş verilmekte ve siparişler anında teslim alınmaktadır (tedarik süresi sıfırdır). Daha sonra bu stok, gelen talebin karşılanmasında kullanılmakta ve  $D$  sabit talep hızıyla düzgün olarak azalmaktadır. Stok seviyesi sıfıra düştüğünde tekrar sipariş verilmektedir.

Modelde kullanılan simgeler şunlardır:



**Şekil 1.5. Ekonomik Sipariş Miktarı Modelinde Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi**

Kaynak: Eroğlu, 2003: 8'den faydalanılarak çizilmiştir.

- $Q$  Sipariş miktarı (adet)
- $D$  Talep hızı (adet/birim zaman)
- $T$  Çevrim süresi (birim zaman)
- $c$  Birim değişken satın alma maliyeti
- $K$  Sipariş maliyeti
- $h$  Birim stok bulundurma maliyeti
- $TC$  Toplam maliyet
- $TCU$  Birim zamandaki toplam maliyet
- $Q^*$  Optimal sipariş miktarı
- $T^*$  Optimal çevrim süresi

Amaç toplam maliyeti minimum yapan ekonomik sipariş miktarı ve çevrim süresinin bulunmasıdır.

Toplam maliyet; sipariş maliyeti, satın alma maliyeti ve stok bulundurma maliyeti toplamından oluşmaktadır.

$$TC = \left( \begin{array}{c} \text{sipariş} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{satın alma} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{stok bulundurma} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right)$$

Bu model için;

$$\text{Sipariş maliyeti} = K$$

$$\text{Satın alma maliyeti} = cQ$$

$$\text{Stok bulundurma maliyeti} = h \frac{QT}{2}$$

olarak yazılır. Buradan toplam maliyet  $TC$  şu şekilde olacaktır:

$$TC = K + cQ + h \frac{QT}{2}$$

Toplam maliyetin çevrim süresine bölünmesiyle birim zamandaki toplam maliyet elde edilir. Buradan; birim zamandaki toplam maliyet ( $TCU$ ) aşağıdaki gibi yazılır.

$$TCU = \frac{K}{T} + \frac{cQ}{T} + h \frac{Q}{2}$$

İki sipariş arasında geçen süre olan çevrim süresi;  $T$ , Şekil 1.5'ten;  $T = \frac{Q}{D}$  olarak yazılır. Bu değer yukarıdaki eşitlikte yerine konulduğunda birim zamandaki toplam maliyet  $TCU(Q)$ ; çevrim süresinden bağımsız olarak sipariş miktarının fonksiyonu şeklinde aşağıdaki gibi olur:

$$TCU(Q) = \frac{K}{\frac{Q}{D}} + \frac{cQ}{\frac{Q}{D}} + h \frac{Q}{2} = \frac{KD}{Q} + cD + h \frac{Q}{2}$$

Birim zamandaki toplam maliyeti minimum yapan optimal sipariş miktarı;  $TCU(Q)$ 'nin  $Q$ 'ya göre 1. türevinin sıfıra eşitlenmesiyle bulunur.

$$\frac{dTCU(Q)}{dQ} = -\frac{KD}{Q^2} + \frac{h}{2} = 0$$

ve buradan, ekonomik sipariş miktarı:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

olarak bulunur. Optimal çevrim süresi ise;  $T = \frac{Q}{D}$  den;

$$T^* = \frac{Q}{D} = \frac{\sqrt{\frac{2KD}{h}}}{D} = \sqrt{\frac{2K}{hD}} \text{ olur.}$$

İkinci türev;  $\frac{d^2 TCU(Q)}{dQ^2} = \frac{2KD}{Q^3} > 0$  olduğundan;  $TCU(Q)$  fonksiyonu

dışbükeydir. Dolayısıyla bu fonksiyonu minimum yapan tek bir  $Q$  değeri vardır.

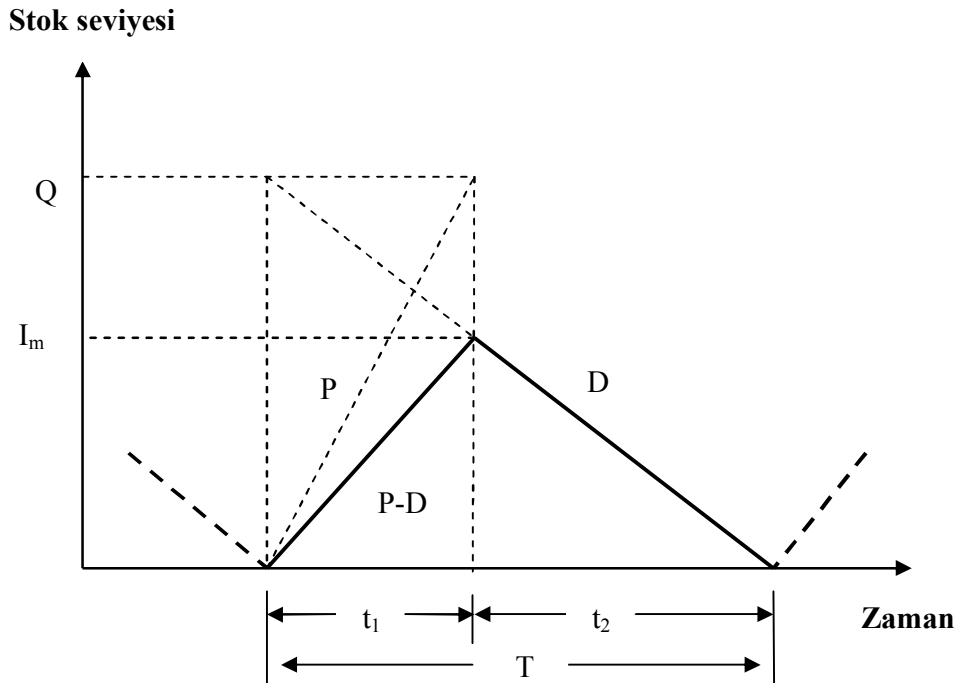
### 1.8.2. Ekonomik Üretim Miktarı Modeli

Parti tipi üretim sistemlerinde aynı türden ürünlerin üretimi toplu olarak belli bir hacimde yapılmaktadır. İşletmelerde üretim planlaması yaparken; en uygun parti büyüklüğünü belirlemek ve üretim maliyetleri minimum yapmak için her bir partide ne kadar mal üretileceği, talep, stok seviyesi ve üretim oranı gibi ilgili veriler dikkate alınarak hesaplanmaktadır. (Tersine, 1988: 121, alıntılıyan Karaöz, 2003: 86)

Ekonomik Sipariş Miktarı modeli, stok miktarının tamamının belli bir zaman noktasında anında elde edildiğini varsaymaktadır. Bu varsayım, dışarıdan satın alınan veya işletme içerisinde başka bölümlerden tedarik edilen tüm stoklar için geçerlidir. Eğer bir işletmede üretim anında karşılanabiliyorsa (veya üretim hızı talep hızından çok yüksekse) planlamada Ekonomik Sipariş Miktarı modeli kullanılmaktadır. Ekonomik Üretim Miktarı modelinde ise Ekonomik Sipariş Miktarı modelinden farklı olarak stokların belli bir zaman süresi içerisinde olduğu kabul edilmektedir. Üretim zaman içerisinde belli süreler içerisinde devam etmektedir ve üretilen ürünlerin bir kısmı ile talep karşılanırken fazla kalan kısım ileride oluşacak talebi karşılamak üzere depolanmaktadır.

Ekonomik Sipariş Miktarı modelinde satın alınan her bir birim malın maliyeti birim satın alma maliyeti olarak ifade edilmekte iken Ekonomik Üretim Miktarı modelinde ise mallar doğrudan işletme tarafından üretilmekte olduğundan birim satın alma maliyetinin yerini birim üretim maliyeti almaktadır. Ayrıca, Ekonomik Üretim Miktarı modelinde ürün tedarik süresinin yerini üretime hazırlık süresi ve sipariş maliyetlerinin yerini ise üretime hazırlık maliyetleri almaktadır. (Karaöz 2003: 86)

Ekonomik Üretim Miktarı modelinde, stok seviyesinin zamana göre değişimi Şekil 1.6'da gösterilmektedir. Ekonomik üretim miktarı modelinde; her bir çevrim süresi iki safhadan oluşmaktadır. Birinci safha ( $t_1$ ), üretimin yapıldığı zaman aralığı, ikinci safha ( $t_2$ ) ise üretimin yapılmadığı zaman aralığıdır. Birinci safhada talep üretimden karşılanmakta ve talep fazlası üretim stokta tutulmaktadır. Burada temel varsayım, üretim hızının talep hızından fazla olmasıdır. İkinci safhada, talep stoktan karşılanmakta, çevrim süresi sonunda stok tükenmekte ve diğer periyoda geçilmektedir.



**Şekil 1.6. Ekonomik Üretim Miktarı Modelinde Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi**

Kaynak: Eroğlu, 2003: 10'dan faydalanılarak çizilmiştir.

Modelde kullanılan simgeler şunlardır:

$t_1$	Çevrim süresi içerisinde üretimin yapıldığı zaman aralığı
$t_2$	Çevrim süresi içerisinde üretimin yapılmadığı zaman aralığı
$T$	Çevrim süresi, $T = t_1 + t_2$
$I_m$	Çevrim süresi içerisindeki maksimum stok miktarı (adet)
$D$	Yıllık talep miktarı (adet)
$P$	Yıllık üretim kapasitesi (adet)
$Q$	Üretim miktarı (adet)
$c$	Birim değişken üretim maliyeti
$K$	Üretime hazırlık maliyeti
$h$	Birim stok bulundurma maliyeti
$Q^*$	Optimal üretim miktarı
$T^*$	Optimal çevrim süresi

olmak üzere Şekil 1.6'dan aşağıdaki eşitlikler yazılabilir.

Üretimin yapıldığı süre olan  $t_1$ :

$$t_1 = \frac{I_m}{P-D} = \frac{Q}{P} \quad \text{ve bu eşitlikten çevrim süresi içerisindeki maksimum}$$

stok seviyesi  $I_m$ :

$$I_m = \left(1 - \frac{D}{P}\right) Q \quad \text{olarak bulunur.}$$

$$1 - \frac{D}{P} = G \quad \text{olarak alınırsa: } I_m = GQ \quad \text{olur.}$$

Çevrim süresi içerisinde üretimin olmadığı zaman aralığı olan  $t_2$ ;

$$t_2 = \frac{I_m}{D} \text{ dir.}$$

Amaç toplam maliyeti minimum yapan ekonomik üretim miktarı ve çevrim süresinin bulunmasıdır.

Toplam maliyet; üretime hazırlık maliyeti, üretim maliyeti ve stok bulundurma maliyeti toplamından oluşmaktadır.

$$TC = \left( \begin{array}{c} \text{üretime hazırlık} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{üretim} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{stok bulundurma} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right)$$

Bu model için;

$$\text{Üretime hazırlık maliyeti} = K$$

$$\text{Üretim maliyeti} = cQ$$

$$\text{Stok bulundurma maliyeti} = h \left( \frac{t_1 I_m}{2} + \frac{t_2 I_m}{2} \right) = h \frac{TI_m}{2} = h \frac{TGQ}{2} \text{ olur.}$$

Buradan toplam maliyet  $TC$  şu şekilde olacaktır:

$$TC = K + cQ + h \frac{TGQ}{2}$$

Toplam maliyetin çevrim süresine bölünmesiyle birim zamandaki toplam maliyet elde edilir. Buradan; birim zamandaki toplam maliyet ( $TCU$ ) aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$TCU = \frac{K}{T} + \frac{cQ}{T} + h \frac{TGQ}{2T} = \frac{K}{T} + \frac{cQ}{T} + h \frac{GQ}{2}$$

Çevrim süresi  $T = \frac{Q}{D}$  olduğundan bu değer yukarıdaki eşitlikte yerine konulduğunda birim zamandaki toplam maliyet,  $TCU(Q)$ , çevrim süresinden bağımsız olarak sipariş miktarının fonksiyonu şeklinde aşağıdaki gibi olur:

$$TCU(Q) = \frac{K}{\frac{Q}{D}} + \frac{cQ}{\frac{Q}{D}} + h \frac{GQ}{2} = \frac{KD}{Q} + cD + h \frac{GQ}{2}$$



Birim zamandaki toplam maliyeti minimum yapan optimal sipariş miktarı;  $TCU(Q)$ 'nin  $Q$ 'ya göre 1. türevinin sıfıra eşitlenmesiyle bulunur.

$$\frac{d TCU(Q)}{dQ} = -\frac{KD}{Q^2} + \frac{hG}{2} = 0$$

ve buradan, ekonomik sipariş miktarı:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{hG}} = \sqrt{\frac{2KD}{h\left(1-\frac{D}{P}\right)}}$$

olarak bulunur. Optimal çevrim süresi ise;  $T = \frac{Q}{D}$  den;

$$T^* = \frac{Q}{D} = \frac{\sqrt{\frac{2KD}{h\left(1-\frac{D}{P}\right)}}}{D} = \sqrt{\frac{2K}{hD\left(1-\frac{D}{P}\right)}}$$

olur.

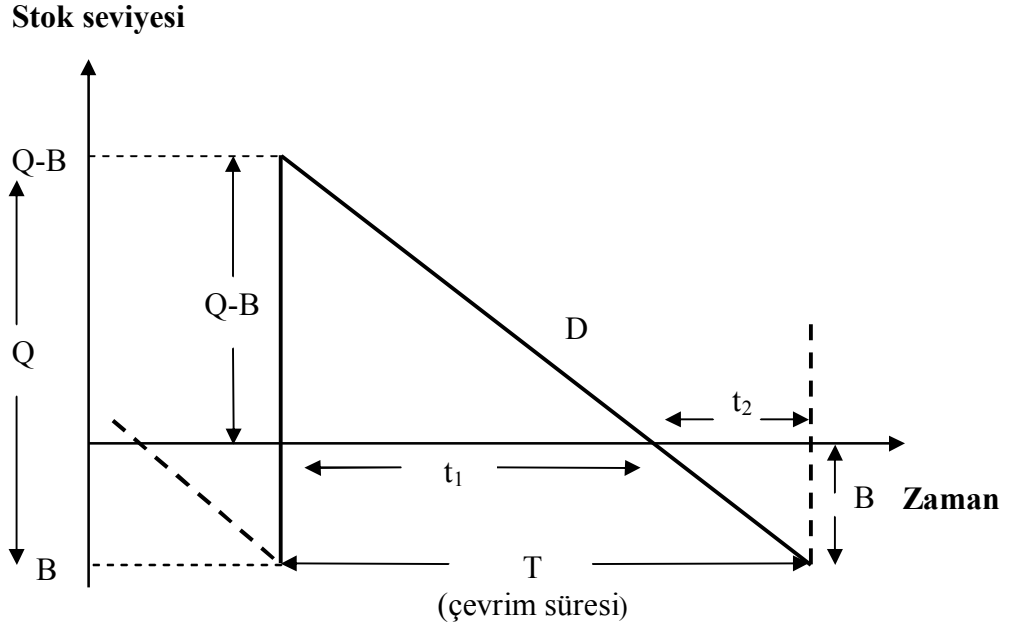
İkinci türev;  $\frac{d^2 TCU(Q)}{dQ^2} = \frac{2KD}{Q^3} > 0$  olduğundan;  $TCU(Q)$  fonksiyonu

dışbükeydir. Dolayısıyla bu fonksiyonu minimum yapan tek bir  $Q$  değeri vardır.

### 1.8.3. Stok Tükenmesi Durumunda Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli

En yalın haliyle ele alınan Ekonomik Sipariş/Üretim miktarı modellerinde stok tükenmesi durumuna izin verilmemektedir. Yani, stokta mal kalmadığı zaman anında yeni sipariş veya üretimin devreye girmesiyle talep bu sipariş ve üretimden karşılanmaktadır. Halbuki ekonomik hayatta her zaman talebin stoktan karşılanması mümkün olmamakta veya bir miktar stoksuzluğa izin verilmesi maliyet açısından daha avantajlı olabilmektedir. Bu durumun göz önüne alınmasıyla, bir çevrim süresi içinde oluşan talebin karşılanamayan kısmı bir sonraki çevrim süresinde karşılanmak üzere ertelenmektedir.

Stok tükenmesine izin veren Ekonomik Sipariş Miktarı modelinin işleyişi Şekil 1.7’de gösterilmektedir.



**Şekil 1.7. Stok Tükenmesi Durumunda Ekonomik Sipariş Miktarı Modelinde Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi**

Kaynak: Eroğlu, 2003: 13'ten faydalanılarak çizilmiştir.

Modelde, bir çevrim süresi iki safhadan oluşmaktadır. Birinci safhada talep stoktan karşılanmakta, ikinci safhada ise oluşan talebin tamamı bir sonraki çevrim süresi başında karşılanmak üzere ertelenmektedir.

Modelde kullanılan simgeler aşağıdaki gibidir:

- $t_1$  Çevrim süresi içerisinde talebin stoktan karşılandığı zaman aralığı
- $t_2$  Çevrim süresi içerisinde stoksuzluğa izin verilen zaman aralığı
- $T$  Çevrim süresi,  $T = t_1 + t_2$
- $D$  Yıllık talep miktarı (adet)
- $Q$  Sipariş miktarı (adet)

$B$	Bir çevrim süresi içerisinde izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı (sonradan karşılanmak üzere ertelenen talep miktarı)
$c$	Birim değişken satın alma maliyeti
$K$	Sipariş maliyeti
$h$	Birim stok bulundurma maliyeti
$\pi$	Birim stoksuzluk maliyeti
$TC$	Toplam maliyet
$TCU$	Birim zamandaki toplam maliyet
$Q^*$	Optimal sipariş miktarı
$B^*$	Maksimum stoksuzluk miktarı
$T^*$	Optimal çevrim süresi

olmak üzere; Şekil 1.7'den aşağıdaki eşitlik ve özdeşlikler elde edilir:

Talebin stoktan karşılandığı süre olan  $t_1$ :

$$t_1 = \frac{Q - B}{D}$$

Stoksuzluğa izin verilen süre olan  $t_2$ :

$$t_2 = \frac{B}{D}$$

Bu iki sürenin toplamı olarak çevrim süresi  $T$ :

$$T = t_1 + t_2 = \frac{Q}{D} \quad \text{olarak yazılır.}$$

Optimal sipariş miktarı ve izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı ile optimal çevrim süresinin bulunması için toplam maliyet fonksiyonunun elde edilmesi gerekmektedir.

Toplam maliyet; sipariş maliyeti, satın alma maliyeti, stok bulundurma maliyeti ve stoksuzluk maliyetlerinin toplamından oluşmaktadır.

$$TC = \left( \begin{array}{c} \text{sipariş} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{satın alma} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{stok bulundurma} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{stoksuzluk} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right)$$

Bu model için;

$$\text{Sipariş maliyeti} = K$$

$$\text{Satın alma maliyeti} = cQ$$

$$\text{Stok bulundurma maliyeti} = h \left[ \frac{t_1(Q-B)}{2} \right] = h \frac{(Q-B)^2}{2D}$$

$$\text{Stoksuzluk maliyeti} = \pi \frac{t_2 B}{2} = \pi \frac{\frac{B}{D} B}{2} = \pi \frac{B^2}{2D} \text{ olur.}$$

Buradan toplam maliyet  $TC$  şu şekilde yazılır:

$$TC = K + cQ + h \frac{(Q-B)^2}{2D} + \pi \frac{B^2}{2D}$$

Toplam maliyetin çevrim süresine bölünmesiyle birim zamandaki toplam maliyet elde edilir. Buradan; birim zamandaki toplam maliyet ( $TCU$ ) aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$TCU(Q, B) = \frac{K}{T} + \frac{cQ}{T} + \frac{h \frac{(Q-B)^2}{2D}}{T} + \frac{\pi \frac{B^2}{2D}}{T} = \frac{K}{T} + \frac{cQ}{T} + h \frac{(Q-B)^2}{2DT} + \pi \frac{B^2}{2DT}$$

$T = \frac{Q}{D}$  değeri yerine konulduğunda birim zamandaki toplam maliyet,

$TCU(Q, B)$ , çevrim süresinden bağımsız olarak sipariş miktarının fonksiyonu şeklinde aşağıdaki gibi olur:

$$TCU(Q, B) = \frac{K}{\frac{Q}{D}} + \frac{cQ}{\frac{Q}{D}} + h \frac{(Q-B)^2}{2D \frac{Q}{D}} + \pi \frac{B^2}{2D \frac{Q}{D}} = \frac{KD}{Q} + cD + \frac{h(Q-B)^2 + \pi B^2}{2Q}$$

Amaç birim zamandaki toplam maliyeti minimum yapan optimal sipariş miktarı ve izin verilen maksimum stoksuzluk miktarının elde edilmesidir. Bu nedenle  $TCU(Q, B)$  fonksiyonunun önce  $B$  değişkenine göre kısmi türevi alınır ve sifıra eşitlenirse;

$$\frac{\partial TCU(Q, B)}{\partial B} = -\frac{h(Q-B)}{Q} + \frac{\pi B}{Q} = 0$$

ve buradan, gerekli işlemler yapılarak izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı:

$$B = \left( \frac{h}{h+\pi} \right) Q \text{ olarak bulunur.}$$

Daha sonra birim zamandaki toplam maliyet fonksiyonu ,  $TCU(Q, B)$ 'nin  $Q$  değişkenine göre kısmi türevi alınır ve sifıra eşitlenirse,

$$\frac{\partial TCU}{\partial Q} = -\frac{KD}{Q^2} + \frac{4h(Q-B)Q - 2[h(Q-B)^2 + \pi B^2]}{4Q^2} = \frac{-2KD + hQ^2 - (h+\pi)B^2}{2Q^2}$$

$$\frac{-2KD + hQ^2 - (h+\pi)B^2}{2Q^2} = 0 \text{ olduğundan; } hQ^2 = 2KD + (h+\pi)B^2 \text{ olur.}$$

Buradan:

$$Q = \sqrt{\frac{2KD + (h+\pi)B^2}{h}} \text{ elde edilir.}$$

Daha önce bulunan  $B$  değeri burada yerine konulursa;

$$Q = \sqrt{\frac{2KD + (h+\pi) \left[ \left( \frac{h}{h+\pi} \right) Q \right]^2}{h}} = \sqrt{\frac{2KD}{h} + \frac{h}{h+\pi} Q^2} \text{ olur.}$$

Her iki tarafın karesi alınıp gerekli işlemler yapıldıktan sonra; stoksuzluk durumunda optimal sipariş miktarı, stoksuzluk miktarından bağımsız olarak:

$$Q^2 = \frac{2KD}{h} + \frac{h}{h+\pi} Q^2 \text{ ve}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2KD}{h}} \sqrt{\frac{h+\pi}{\pi}}$$

olarak bulunur.

$Q$  değeri daha önce elde edilen  $B$  'de yerine konursa; izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı,  $B$  ;

$$B = \left( \frac{h}{h+\pi} \right) Q = \left( \frac{h}{h+\pi} \right) \sqrt{\frac{2KD}{h}} \sqrt{\frac{h+\pi}{\pi}} \quad \text{ve}$$

$$B = \sqrt{\frac{2KDh}{\pi(h+\pi)}}$$

olur. Optimal çevrim süresi ise;  $T = \frac{Q}{D}$  den;

$$T = \frac{\sqrt{\frac{2KD}{h}} \sqrt{\frac{h+\pi}{\pi}}}{D} = \sqrt{\frac{2K}{hD}} \sqrt{\frac{h+\pi}{\pi}}$$

olarak bulunur.

$TCU(Q, B)$  fonksiyonunun dışbükeyliğinin ispatı aşağıdaki Hessian matrisi kullanılarak gösterilebilir.

$$H = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 TCU}{\partial Q^2} & \frac{\partial^2 TCU}{\partial Q \partial B} \\ \frac{\partial^2 TCU}{\partial B \partial Q} & \frac{\partial^2 TCU}{\partial B^2} \end{pmatrix} \quad \text{Hessian matrisi olmak üzere;}$$

Eğer;  $[Q \ B] \times [H] \times \begin{bmatrix} Q \\ B \end{bmatrix} > 0$  olursa;  $TCU$  fonksiyonu dışbükeydir. Buna göre;

$$\frac{\partial^2 TCU}{\partial Q^2} = \frac{KD + 2(h+\pi)B^2}{Q^3}$$

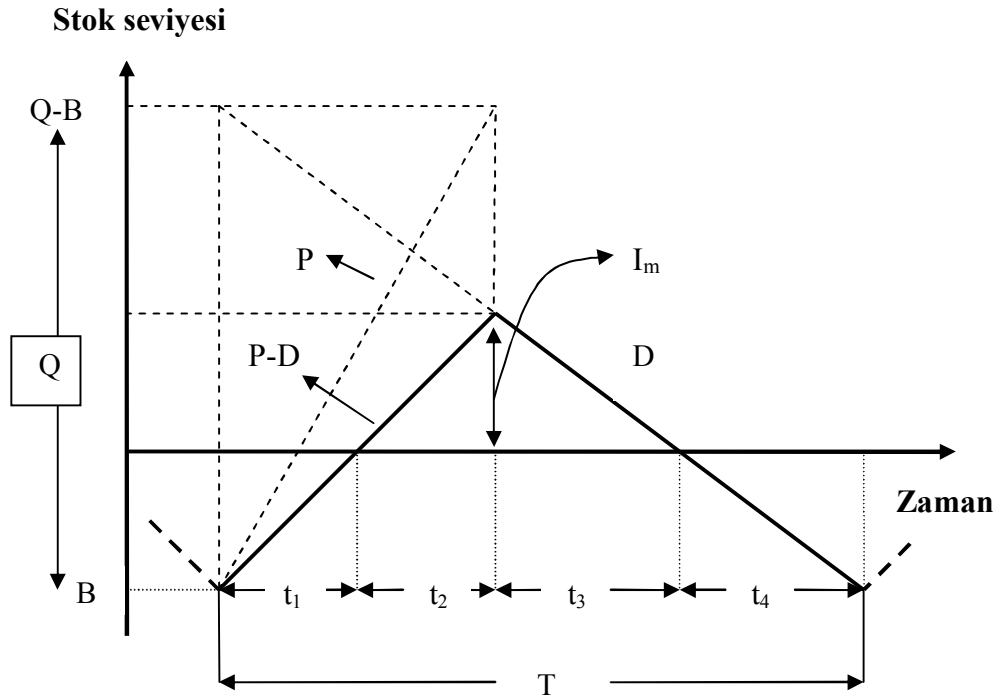
$$\frac{\partial^2 TCU}{\partial B^2} = \frac{h+\pi}{Q}$$

$$\frac{\partial^2 TCU}{\partial Q \partial B} = \frac{-(h+\pi)B}{Q^2}$$

$[Q \ B] \times [H] \times \begin{bmatrix} Q \\ B \end{bmatrix} = \frac{KD + (h + \pi)B^2}{Q} > 0$  olduğundan;  $TCU(Q, B)$  fonksiyonu dışbükeydir. Dolayısıyla bu fonksiyonu minimum yapan tek bir  $(Q, B)$  ikilisi vardır.

#### 1.8.4. Stok Tükenmesi Durumunda Ekonomik Üretim Miktarı Modeli

Stok tükenmesi durumunda Ekonomik Üretim Miktarı modelinin işleyişi Şekil 1.8'de gösterilmektedir.



**Şekil 1.8. Stok Tükenmesi Durumunda Ekonomik Üretim Miktarı Modelinde Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi**

Kaynak: Eroğlu, 2003: 17'den faydalanılarak çizilmiştir.

Modelde bir çevrim süresi dört safhadan oluşmaktadır. Birinci ve ikinci safhalar, üretimin yapıldığı zaman aralıklarını, üçüncü ve dördüncü safhalar ise üretime ara verildiği zaman aralıklarını kapsamaktadır. Birinci safhada ( $t_1$ ), üretim yapılırken öncelikle o anda oluşan talep karşılanmakta, daha sonra talep fazlası üretimden bir önceki çevrim süresinde ertelenen talep karşılanmaktadır. Bu safhanın

sonunda bir önceki çevrim süresinde ertelenen talebin tamamı karşılanmış olmaktadır. İkinci safhada ( $t_2$ ), talep üretimden karşılanmakta ve talep fazlası üretim stokta tutulmaktadır. Bu safhanın sonunda maksimum stok seviyesine ulaşılmaktadır. Üçüncü safhada ( $t_3$ ), üretim yapılmamakta, talep stoktan karşılanmakta ve bu safhanın sonunda eldeki stok tükenmektedir. Dördüncü safhada ( $t_4$ ) ise, oluşan talep, bir sonraki çevrim süresinde karşılanmak üzere ertelenmektedir. Bu safhanın sonunda maksimum stoksuzluğa düşülmektedir.

Modelde kullanılan simgeler aşağıda verilmiştir:

- $t_1$  Çevrim süresi içerisinde üretim devam ederken öncelikle o anda oluşan talebin karşılandığı ve talep fazlası üretimden bir önceki çevrim süresinde ertelenen talebin karşılandığı süre
- $t_2$  Çevrim süresi içerisinde bir önceki dönemden ertelenen talebin tamamı karşılandıktan sonra üretimin durdurulmasına kadar oluşan talebin üretimden karşılandığı ve talep fazlası üretimin stokta tutulduğu süre
- $t_3$  Üretimin durdurulmasından sonra, oluşan talebin stoklardan karşılandığı ve bu zaman dilimi sonunda stokların tükendiği süre
- $t_4$  Stoklar tükendikten sonra, çevrim süresi sonuna kadar oluşan talebin bir sonraki dönemde karşılanmak üzere ertelendiği süre
- $T$  Çevrim süresi,  $T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$
- $I_m$  Çevrim süresi içerisindeki maksimum stok miktarı
- $D$  Yıllık talep miktarı (adet)
- $P$  Yıllık üretim kapasitesi (adet)
- $Q$  Ekonomik üretim miktarı (adet)
- $B$  İzin verilen stoksuzluk miktarı (adet)
- $c$  Birim değişken üretim maliyeti
- $K$  Üretime hazırlık maliyeti



$h$	Birim stok bulundurma maliyeti
$\pi$	Birim stoksuzluk maliyeti
$TC$	Toplam maliyet
$TCU$	Birim zamandaki toplam maliyet
$Q^*$	Optimal üretim miktarı
$B^*$	Maksimum stoksuzluk miktarı
$T^*$	Optimal çevrim süresi

olmak üzere Şekil 1.8'den aşağıdaki eşitlikler yazılabilir:

Üretimin yapıldığı ilk safhada öncelikle o anda oluşan talebin karşılandığı ve talep fazlası üretimden bir önceki çevrim süresinde ertelenen talebin karşılandığı süre olan  $t_1$ :

$$t_1 = \frac{B}{P - D}$$

$t_1$  süresi sonunda bir önceki dönemden ertelenen talebin tamamı karşılanmış olmaktadır. Bu süre sonunda üretim devam ederken oluşan talebin üretimden karşılandığı ve talep fazlası üretimin stokta tutulduğu zaman dilimi olan  $t_2$ :

$$t_2 = \frac{I_m}{P - D}$$

Üretim durduktan sonra, oluşan talebin stoklardan karşılandığı ve stokların tükendiği zaman dilimi olan  $t_3$ :

$$t_3 = \frac{I_m}{D}$$

Stoklar tükendikten sonra, çevrim süresi sonuna kadar oluşan talebin bir sonraki dönemde karşılanmak üzere ertelendiği zaman dilimi olan  $t_4$ :

$$t_4 = \frac{B}{D}$$

Ayrıca;

$$t_1 + t_2 = \frac{B + I_m}{P - D} = \frac{Q}{P} \text{ olduğundan } I_m = \left(1 - \frac{D}{P}\right)Q - B \text{ olarak bulunur.}$$

$$1 - \frac{D}{P} = G \text{ olarak alınırsa: } I_m = GQ - B \text{ olur.}$$

Optimal üretim miktarı ve izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı ile optimal çevrim süresinin bulunması için toplam maliyet fonksiyonunun elde edilmesi gerekmektedir.

Toplam maliyet; üretime hazırlık maliyeti, üretim maliyeti, stok bulundurma maliyeti ve stoksuzluk maliyeti toplamından oluşmaktadır.

$$TC = \left( \begin{array}{c} \text{üretime hazırlık} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{üretim} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{stok bulundurma} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{stoksuzluk} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right)$$

Bu model için;

$$\text{Üretime hazırlık maliyeti} = K$$

$$\text{Üretim maliyeti} = cQ$$

$$\text{Stok bulundurma maliyeti} = h \left( \frac{t_2 I_m}{2} + \frac{t_3 I_m}{2} \right) = h \frac{\frac{PI_m^2}{(P-D)D}}{2} = h \frac{(GQ - B)^2}{2GD}$$

$$\text{Stoksuzluk maliyeti} = \pi \frac{(t_1 + t_4)B}{2} = \pi \frac{\frac{B^2}{P-D} + \frac{B^2}{D}}{2} = \pi \frac{B^2}{2GD}$$

olarak hesaplanır. Burada;  $G = \frac{P-D}{P} = 1 - \frac{D}{P}$  dir.

Buradan toplam maliyet  $TC$  şu şekilde olacaktır:

$$TC = K + cQ + h \frac{(GQ - B)^2}{2GD} + \pi \frac{B^2}{2DG}$$

Toplam maliyetin çevrim süresine bölünmesiyle birim zamandaki toplam maliyet elde edilir. Buradan; birim zamandaki toplam maliyet ( $TCU$ ) aşağıdaki gibi yazılır:

$$TCU = \frac{K}{T} + \frac{cQ}{T} + \frac{h(GQ-B)^2}{2GD} + \frac{\pi B^2}{2DG}$$

$T = \frac{Q}{D}$  değeri yerine konulduğunda birim zamandaki toplam

maliyet,  $TCU(Q, B)$ , çevrim süresinden bağımsız olarak üretim ve stoksuzluk miktarının fonksiyonu şeklinde aşağıdaki gibi olur:

$$TCU(Q, B) = \frac{K}{\frac{Q}{D}} + \frac{cQ}{\frac{Q}{D}} + \frac{h(GQ-B)^2}{2GD} + \frac{\pi B^2}{2DG} = \frac{KD}{Q} + cD + h\frac{GQ}{2} - hB + \frac{h+\pi}{2GQ} B^2$$

Amaç; birim zamandaki toplam maliyetin minimum olmasını sağlayan ekonomik üretim miktarı ile izin verilen maksimum stoksuzluk miktarının elde edilmesidir. Bu nedenle,  $TCU(Q, B)$  fonksiyonunun önce  $B$  değişkenine göre kısmi türevi alınır ve sıfıra eşitlenirse,

$$\frac{\partial TCU}{\partial B} = -h + \frac{h+\pi}{GQ} B = 0 \text{ ve } B = \frac{h}{h+\pi} GQ \text{ olur. } G \text{ değeri yerine yazılırsa}$$

$$B = \frac{h}{h+\pi} \left(1 - \frac{D}{P}\right) Q$$

olarak bulunur.

Daha sonra,  $TCU(Q, B)$  fonksiyonunun  $Q$  değişkenine göre kısmi türevi alınıp sıfıra eşitlenirse:

$$\frac{\partial TCU}{\partial Q} = -\frac{KD}{Q^2} + \frac{hG}{2} - \frac{h+\pi}{2GQ^2} B^2 = 0$$

$B$  yerine  $B = \frac{h}{h+\pi} GQ$  konular ve gerekli işlemler yapılırsa;

$$\frac{KD}{Q^2} + \frac{h+\pi}{2GQ^2} \left( \frac{h}{h+\pi} \right)^2 (GQ)^2 = \frac{hG}{2} \text{ ve buradan; } Q = \sqrt{\frac{2KD}{hG}} \sqrt{\frac{h+\pi}{\pi}} \text{ olur.}$$

$G = 1 - \frac{D}{P}$  olarak yerine yazılırsa;

$$Q = \sqrt{\frac{2KD}{h \left(1 - \frac{D}{P}\right)}} \sqrt{\frac{h+\pi}{\pi}} \text{ olarak elde edilir.}$$

$Q$  değeri daha önce elde edilen  $B$  'de yerine konursa; izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı,  $B$  ;

$$B = \sqrt{\frac{2KDh}{\pi(h+\pi)} \left(1 - \frac{D}{P}\right)} \text{ olur.}$$

Optimal çevrim süresi ise;  $T = \frac{Q}{D}$  den;

$$T = \frac{\sqrt{\frac{2KD}{h \left(1 - \frac{D}{P}\right)}} \sqrt{\frac{h+\pi}{\pi}}}{D} = \sqrt{\frac{2K}{hD \left(1 - \frac{D}{P}\right)}} \sqrt{\frac{h+\pi}{\pi}} \text{ olarak bulunur.}$$

$TCU(Q, B)$  fonksiyonunun dışbükeyliğinin ispatı aşağıdaki Hessian matrisi kullanılarak gösterilebilir.

$$H = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 TCU}{\partial Q^2} & \frac{\partial^2 TCU}{\partial Q \partial B} \\ \frac{\partial^2 TCU}{\partial B \partial Q} & \frac{\partial^2 TCU}{\partial B^2} \end{pmatrix} \text{ Hessian matrisi olmak üzere;}$$

Eğer;  $[Q \ B] \times [H] \times \begin{bmatrix} Q \\ B \end{bmatrix} > 0$  olursa;  $TCU$  fonksiyonu dışbükeydir. Buna göre;

$$\frac{\partial^2 TCU}{\partial Q^2} = \frac{KD}{Q^3} + \frac{(h+\pi)B^2}{GQ^3}$$

$$\frac{\partial^2 TCU}{\partial B^2} = \frac{h + \pi}{GQ}$$

$$\frac{\partial^2 TCU}{\partial Q \partial B} = \frac{-(h + \pi)B}{GQ^2}$$

$$[Q \ B] \times [H] \times \begin{bmatrix} Q \\ B \end{bmatrix} = \frac{KD}{Q} + \frac{2(h + \pi)B^2}{GQ} = \frac{KD}{Q} + \frac{2(h + \pi)B^2}{\left(1 - \frac{D}{P}\right)Q} > 0 \text{ olduğundan;}$$

$TCU(Q, B)$  fonksiyonu dışbükeydir. Dolayısıyla bu fonksiyonu minimum yapan tek bir  $(Q, B)$  ikilisi vardır.

### 1.9. Deterministik Statik Stok Kontrol Modelleri Arasındaki İlişkiler

Deterministik statik stok kontrol modellerinin türetimi sonucu elde edilen optimal sipariş ve üretim miktarı, optimal çevrim süresi ve izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı formülleri Tablo 1.1’de özetlenmektedir.

Bu modeller içinde hem üretim durumunu hem de stok tükenmesi durumunu ele alan STÜ Modeli (*Stok Tükenmesi Durumunda Ekonomik Üretim Miktarı Modeli*) en genel model olduğundan diğer modeller için elde edilen ekonomik sipariş ve üretim miktarı modeli formülleri STÜ modelinden aşağıdaki gibi türetilir:

- a. Stoksuzluk maliyeti sonsuz büyük olursa, yani stoksuzluğa izin verilmediği durumda STÜ modeli Ü Modeli (*Ekonomik Üretim Miktarı Modeli*) haline gelmektedir.

$$\lim_{\pi \rightarrow \infty} Q_{STÜ}^* \rightarrow Q_{\dot{U}}^* \quad \lim_{\pi \rightarrow \infty} T_{STÜ}^* \rightarrow T_{\dot{U}}^* \quad \lim_{\pi \rightarrow \infty} B_{STÜ}^* \rightarrow 0$$

- b. Üretim hızı sonsuz büyük olursa, yani üretimin anlık ve sonsuz olduğu durumda STÜ Modeli, STS Modeli (*Stok Tükenmesi Durumunda Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli*) haline gelmektedir.

$$\lim_{P \rightarrow \infty} Q_{STÜ}^* \rightarrow Q_{STS}^* \quad \lim_{P \rightarrow \infty} B_{STÜ}^* \rightarrow B_{STS}^* \quad \lim_{P \rightarrow \infty} T_{STÜ}^* \rightarrow T_{STS}^*$$

- c. Hem stoksuzluk maliyeti hem üretim hızı her ikisi de birden sonsuz olduğu durumda, yani, stoksuzluğa izin verilmediği ve üretimin anlık olduğu durumda STÜ Modeli, S Modeli (*Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli*) haline gelmektedir.

$$\lim_{\substack{\pi \rightarrow \infty \\ P \rightarrow \infty}} Q_{STÜ}^* \rightarrow Q_S^* \quad \lim_{\substack{\pi \rightarrow \infty \\ P \rightarrow \infty}} T_{STÜ}^* \rightarrow T_S^* \quad \lim_{\substack{\pi \rightarrow \infty \\ P \rightarrow \infty}} B_{STÜ}^* \rightarrow 0$$

**Tablo 1.1. Deterministik Statik Stok Kontrol Modellerinde Elde Edilen Optimal Değerler**

<p><b>Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli (S Modeli)</b></p> $Q_S^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$ $T_S^* = \sqrt{\frac{2K}{hD}}$	<p><b>Ekonomik Üretim Miktarı Modeli (Ü Modeli)</b></p> $Q_U^* = \sqrt{\frac{2KD}{h\left(1-\frac{D}{P}\right)}}$ $T_U^* = \sqrt{\frac{2K}{hD\left(1-\frac{D}{P}\right)}}$
<p><b>Stok Tükenmesi Durumunda Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli (STS modeli)</b></p> $Q_{STS}^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}} \sqrt{\frac{h+\pi}{\pi}}$ $B_{STS}^* = \sqrt{\frac{2KDh}{\pi(h+\pi)}}$ $T_{STS}^* = \sqrt{\frac{2K}{hD}} \sqrt{\frac{h+\pi}{\pi}}$	<p><b>Stok Tükenmesi Durumunda Ekonomik Üretim Miktarı Modeli (STÜ Modeli)</b></p> $Q_{STÜ}^* = \sqrt{\frac{2KD}{h\left(1-\frac{D}{P}\right)}} \sqrt{\frac{h+\pi}{\pi}}$ $B_{STÜ}^* = \sqrt{\frac{2KDh}{\pi(h+\pi)\left(1-\frac{D}{P}\right)}}$ $T_{STÜ}^* = \sqrt{\frac{2K}{hD\left(1-\frac{D}{P}\right)}} \sqrt{\frac{h+\pi}{\pi}}$

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde stok kontrol modellerinde ortaya çıkan yeni açılımlar ele alınmaktadır. Özellikle ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ve kusurlu ürün durumunu ele alan çalışmalar ayrıntılı olarak incelenmekte ve son bölümde ise yeni bir model önerisi yapılmaktadır.

## İKİNCİ BÖLÜM

### STOK KONTROL MODELLERİNDE YENİ AÇILIMLAR

#### 2. Stok Kontrol Modellerinde Yeni Açılımlar: Ödemelerde Gecikmeye İzin Verilmesi ve Kusurlu Ürün Durumu

İşletmelerin üretim ve sipariş kararlarını belirlemede kullandıkları Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı modelleri 20. yüzyılın başından beri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte bu modeller pek çok zayıf yönleri de içinde barındırmaktadır. Bu modellerin en zayıf yönü ise gerçek hayatı tam yansıtmayan varsayımlarıdır. Bu varsayımlardan bazıları; talep ve üretim hızının sabit ve biliniyor olması, ürünlerde bozulma ve hatalı ürün olmaması, tek ürün olması, paranın zaman değeri, enflasyon ve öğrenme etkisinin ihmal edilmesi ve ödemelerin malın teslimi sırasında peşin olarak yapılmasıdır.

Günümüz işletmeleri açısından bakıldığında bu varsayımlarla kurulacak modelin gerçek hayatı temsil etmekten çok uzak olduğu görülmektedir. Bu durumun sonucu olarak bu varsayımların gevşetilmesi veya yeni varsayımların eklenmesiyle gerçek hayatı temsil edebilecek durumlar altında Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı modelleri üzerinde çalışmalar yapılmış ve ortaya geniş bir literatür çıkmıştır.

Çalışmanın bu kısmında önce bu yeni açılımlar genel olarak ele alınmakta ve yapılan çalışmalara değinilmektedir. Daha sonra ise bu çalışmada geliştirilen modele temel teşkil eden ödemelerde izin verilen gecikme durumu ile kusurlu ürün durumu ve bu konuda yapılan çalışmalar ayrıntılı olarak incelenmektedir.

#### 2.1. Yeni Açılımlar

Deterministik statik stok kontrol modellerindeki klasik varsayımlar ile bu varsayımların gevşetilmesi sonucu ortaya çıkan yeni açılımlar özet olarak Tablo 2.1'de sunulmaktadır.

**Tablo 2.1 Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı Modellerinin Temel Varsayımları ve Bu Modellere Getirilen Yeni Açılımlar**

	TEMEL VARSAYIMLAR	YENİ AÇILIMLAR
1	Tek bir ürün söz konusudur.	Birden çok ürün için yeni modeller geliştirilmektedir.
2	Stoksuzluğa izin verilmemektedir.	Stoksuzluğa izin verilmektedir.
3	Stoktaki ürünlerde bozulma söz konusu değildir.	Stoktaki ürünler zamanla bozulmaktadır.
4	Talep miktarı sabittir, sürekli ve kesin olarak bilinmektedir.	Talebin değişken olduğu farklı talep fonksiyonları ele alınmaktadır.
5	Miktar indirimi yapılmamaktadır.	Miktar indirimi yapılmaktadır.
6	Üretim hızı sabittir.	Üretim hızı değişkendir.
7	Paranın zaman değeri ve enflasyon etkisi dikkate alınmamaktadır.	Paranın zaman değeri ve enflasyon etkisi dikkate alınmaktadır.
8	Öğrenme etkisi modellere dahil edilmemektedir.	Öğrenme etkisi modellerde içerilmektedir.
9	Ödemelerde gecikmeye izin verilmemektedir.	Ödemelerde belli bir süre gecikmeye izin verilmektedir.
10	Sipariş sonucu gelen veya üretilen mallar kusursuz ve hatasızdır.	Sipariş sonucu gelen veya üretilen mallar belli bir oranda kusurlu ürün içermektedir.

Bütün yeni açılımlar ve yaklaşımlar bu tablodakilerden ibaret olmamakla beraber esas bakımından temel teşkil eden bu açılımlara ilişkin ayrıntılı bilgi aşağıda verilmektedir.

### 2.1.1. Çok Ürün Olması

Birçok stok kontrol modeli sadece tek bir ürün için stok politikasının belirlenmesi problemi ile ilgilenmektedir. Kullanımı ve uygulanması açısından en yaygın ve sade olan ekonomik sipariş ve üretim miktarı modelleri bu temel varsayımla hareket etmektedir.

Halbuki gerçek hayatta pek çok işletme yüzlerce hatta binlerce ürün ile ilgili kararlar almaktadır. Bu durumda her bir ürün için ayrı bir model geliştirip bunları bir araya getirerek bir stok politikası izlemek oldukça zor hatta imkânsızdır. Bu nedenle birden çok ürün için farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bunlardan ilki *kaynak kısıtlı modellerdir*. Bir diğer yaklaşım olarak ürünlerin gruplandırılarak ya da genel bir toplulaştırması yapılarak stok kontrol politikasının belirlenmesidir. (Nahmias, 1997: 242)



Kaynak kısıtı altında çok ürünlü stok kontrol modellerinde, stok problemi, kısıtlı optimizasyon modeli olarak ele alınmakta ve Lagrange çarpanı yöntemi kullanılarak çözülmektedir. Bu problemlerde hammadde kısıtı, depo yeri kısıtı, makine ve işgücü kapasitesi ve stok yatırımları, kaynak kısıtı olarak ele alınmaktadır. Pek çok uygulamada bir ya da iki kısıt altında bu modeller kullanılmaktadır. (Siper ve Bulfin, 1997: 234)

Tek kısıt altında çok ürünlü stok kontrol problemlerinin çözümü için Rosenblatt ve Rothblum (1990), Maloney ve Klein (1993) ile Ziegler (1982)'in çalışmalarına bakılabilir. Haksever ve Moussourakis (2005) ve Bretthauer vd. (2006) ise çok kısıtlı ve çok ürünlü stok kontrol modellerinin genel çözümü için bir algoritma geliştirmişlerdir.

Ürünlerin gruplandırılarak kontrol edilmesi yaklaşımında en yaygın kullanılan yöntem ise ABC yöntemidir. Bu yöntemle stok kalemleri içinde değer bakımından yüksek paya sahip az bir kısım daha fazla önemli olarak belirlenmekte ve daha fazla kontrol edilmektedir. Öte yandan stok kalemlerinin çoğunluğunu oluşturan buna karşın stok değerinin çok azını içinde barındıran azınlık ise daha az önem arz etmektedir. Bu şekilde ürünlerin gruplara ayrılmasının temel amacı, her bir ürün için önem derecesinin belirlenmesidir. Böylece işletmeler hem zamandan hem maliyetten tasarruf ederek stok kontrol işlevlerini ürünleri tek tek kontrol etmekten daha düşük maliyetle yerine getirebilmektedir. (Chase ve Aquilano, 1981: 490)

### **2.1.2. Stoksuzluğa İzin Verilmesi**

Klasik ekonomik sipariş ve üretim miktarı modellerinde stoksuzluğa izin verilmemektedir. Gerçekte ise çoğu durumda talepler zamanında karşılanamamakta ve stoksuzluğa düşülmektedir. Stoksuzluk durumunun iki uç sonucu vardır. Bunlar: karşılanamayan bütün talebin ileride karşılanmak üzere ertelenmesi veya talebin hiç karşılanmaması sonucu satış kaybıdır. Uygulamada ise bu iki uç durum ve bunların bir kombinasyonu olarak, stoksuzluk durumunda bir kısım talep ileride karşılanmak üzere ertelenirken bazı müşteriler ise kaybedilmektedir. (Silver vd., 1998: 234:

Demir ve Gümüšođlu, 1998: 600) Bu durum literatürde *kısmi stoksuzluk* veya *kısmi erteleme* şeklinde ele alınmaktadır.<sup>6</sup>

Stoksuzluk durumunu ele alan çalışmalar incelendiğinde; tam erteleme durumunu ele alan modellere örnek olarak; Elsayed ve Teresi (1983), Grubström ve Erdem (1999), Cardenas-Barron (2001) ve Eroğlu ve Özdemir (2007) çalışmaları verilebilir. Kısmi erteleme durumu ise Abad (1996; 2001), Wee (1999), Skouri ve Papachristos (2002), Giri vd. (2005), San Jose vd. (2005) ve Dye (2007) çalışmalarında ele alınmıştır. Satış kaybı konusu ise Sandbothe ve Thompson'un (1990; 1993) iki ayrı çalışmasında ele alınmaktadır. Padmanabhan ve Vrat (1990) ve Abad (2000; 2003) ise stoksuzluk ve satış kaybı konusunu beraber ele almışlardır.

Sonucu ne şekilde olursa olsun stok bulundurmamanın bir maliyeti vardır ve satış kaybı, müşteri kaybı ve prestij kaybı gibi unsurlar bu maliyet kalemleri arasındadır. Uygulamada bu maliyetlerin hesaplanması oldukça zor ve boyutları da kestirilemediğinden çoğu işletme stoksuzluk durumuna düşmemeyi tercih etmektedir. Bu noktada işletmeler, hatalı ürün çıkması, talep tahminlerindeki hatalar, dağıtımdaki aksaklıklar ve diğer beklenmedik nedenlerle stoksuzluğa düşmemek için emniyet stoku denilen bir miktar stok bulundurmaktadır. Böylece bu işletmeler belli bir stok bulundurma maliyetine katlanarak tam olarak belirleyemedikleri ve beklemedikleri stoksuzluk maliyetinden kurtulmaktadırlar. (Waters, 1989: 77)

Fakat stok bulundurma maliyetlerinin oldukça yüksek olduğu durumlarda stoksuzluğa izin vermek bir politika tercihi olarak karşımıza çıkmaktadır.<sup>7</sup> Örneğın, otomobil satıcıları için müşterinin her istediği otomobilin elde bulundurulması mümkün olmayacağından bazı talepler ileride karşılanmak üzere ertelenebilmektedir.

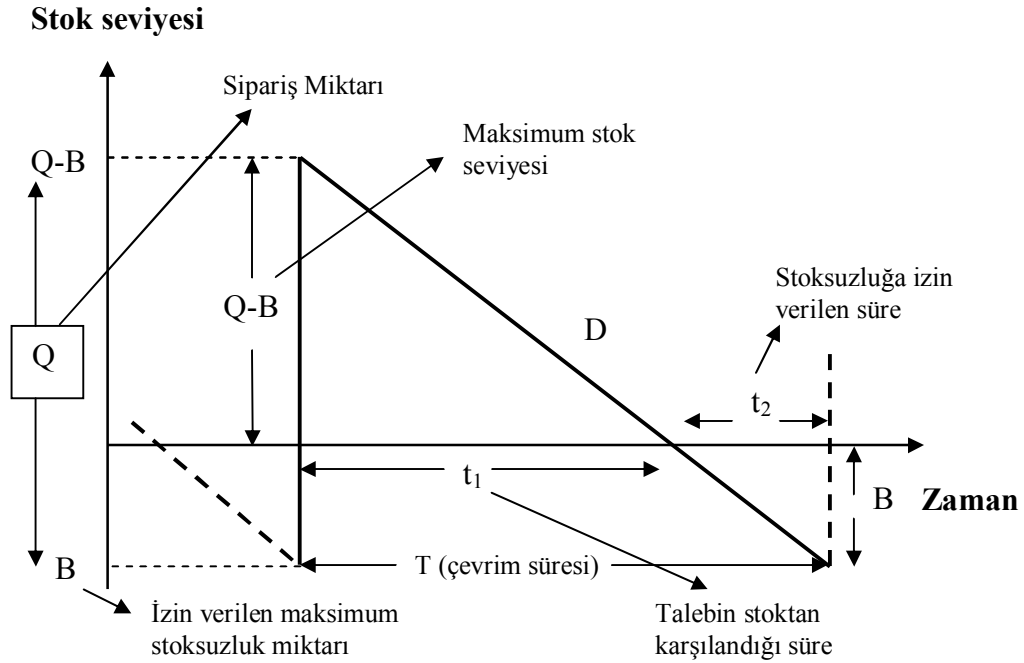
---

<sup>6</sup> *Tam erteleme* denildiğinde, stoksuzluk durumunda karşılanamayan bütün talebin bir sonraki sipariş döneminde karşılanması kastedilmekte, *kısmi ertelemede* ise karşılanamayan talebin bir kısmı satış kaybı olarak yok olmakta kalan kısmı ise bir sonraki sipariştten karşılanmaktadır. Literatürde genelde, *tam erteleme* 'complete backordering' terimi ile *kısmi erteleme* 'partial backordering' terimi ile ve *satış kaybı* ise 'lost sales' terimi ile nitelendirilmektedir.

<sup>7</sup> Bu durumda isteyerek stoksuzluğa düşmek *planlanan stoksuzluk* olarak adlandırılmakta ve bir politika tercihi olarak ele alınmaktadır. Bu çalışmada ele alınan yeni açılımlarda stoksuzluğa izin verilmesi durumu böyle bir politika tercihinin sonucudur. Halbuki talep, arz ve tedarik süresi gibi temel değişkenlerdeki belirsizlikten kaynaklanan ve istenmediği halde gerçekleşen stoksuzluk durumu planlanan stoksuzluktan farklıdır. Gerçek hayatta çok karşılaşılan bu beklenmedik durum karşısında işletmeler ellerinde bir miktar emniyet stoku bulundurmak suretiyle bu tür stoksuzluğun getireceği maliyetlerden kaçınmak istemektedirler. Planlanan stoksuzluk durumu ve ayrıntıları için Bkz: Zipkin, 2000: 39-50.

Stoksuzluk durumunu ele alan ekonomik sipariş ve üretim miktarı modellerinde toplam maliyet stoksuzluk maliyetini de içermektedir. Ayrıca model, stoksuzluk durumunda müşterinin talebini geri çekmeyip bir sonraki siparişin gelmesini beklediğini de varsaymaktadır. Bu durumda karşılanamayan bütün talep bir sonraki dönemin başında karşılanmakta ve satış kaybı söz konusu olmamaktadır. (Evans, 1993: 467-468)

Stoksuzluğa izin verilmesi durumunda ekonomik sipariş miktarı modellerinde stok seviyesinin zamana göre değişimi Şekil 2.1’de görülmektedir.



**Şekil 2.1. Stoksuzluğa İzin Verilmesi Durumu Altında Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi**

Kaynak: Eroğlu, 2003: 13'ten faydalanılarak çizilmiştir.

Stoksuzluğa izin verilmesi durumunda bir çevrim süresi iki parçadan oluşmaktadır.  $t_1$  döneminde talep normal olarak eldeki stoklardan sağlanmakta ve bu süre sonunda eldeki stok tükenmektedir.  $t_2$  döneminde ise oluşan talep bir sonraki siparişle karşılanmak üzere ertelenmektedir. Bir sonraki sipariş geldiğinde, öncelikle bir önceki dönemden stoksuzluk nedeniyle ertelenen talep karşılanmakta kalan

miktar ise maksimum stok miktarı olarak o dönemde oluşan talebin karşılanmasında kullanılmaktadır.

### 2.1.3. Stoktaki Ürünün Zaman İçinde Bozulması

Klasik stok kontrol modelleri malların gelecekteki talepleri karşılamak üzere bozulmadan saklanabildiğini varsaymaktadır. Halbuki bazı mal çeşitleri zamanla bozulabilmekte veya modası geçerek kullanım dışı kalabilmektedir. Örneğin, dayanım ömrü kısa olan meyve ve sebzeler, et, parfüm, alkol, gaz, fotoğraf filmleri gibi mallar normal raf ömürleri içinde bozulabilen mallardır. Bu nedenle -bozulma oranı yeterince küçük değilse- bozulma durumunun ekonomik sipariş miktarı modelleri üzerindeki etkisi de önemli olacaktır. Dolayısıyla bu durumun da stok kontrol modellerinde içerilmesi gerekmektedir. (Goyal ve Giri, 2001: 1)

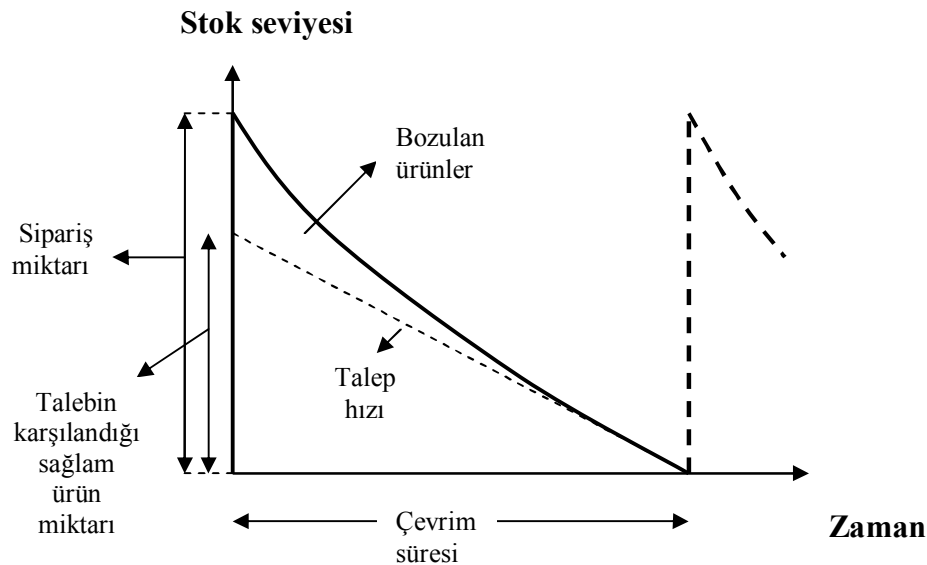
Bozulma durumunu ele alan modellerde stoklanan mallar, modası geçme (obsolescence), bozulma (deterioration) ve bunlar dışındakiler olmak üzere üç ana kategori altında toplanmaktadır. Modası geçme durumu; bir ürün için teknolojideki hızlı değişimler veya yeni ürünün piyasaya girmesi sonucu değerini yitirmesi şeklinde görülürken, bozulma durumu; ürünün hasar görmesi, çürümesi, kuruması ve buharlaşması şeklinde olmaktadır. Bu bozulan ürünler içinde yeşil sebze, kan, fotoğraf filmi gibi malların maksimum kullanım ömrü olup bu mallara kolay bozulur (perishable) mallar denilmektedir. Alkol, gaz ve radyoaktif gibi malların ise belli bir raf ömrü olmayıp bu mallara zamanla miktarları azaldığı için azalan (decaying) mallar denilmektedir. Raf ömrü belirsiz olan mallar ise bozulma ve modası geçme dışındaki gruba girmektedir. (Goyal ve Giri, 2001: 1-2)

Modası geçen ürünler için tekrar sipariş durumu olmadığı için bu mallar için çok fazla stok kontrol modeli geliştirilmemiştir. Bu konuda yapılan çalışmalara örnek olarak Cobbaert ve Oudheusden (1996) ile Beek vd. (1985)'nin çalışmalarına bakılabilir.

Bozulan ürünler için stok kontrol problemleri ile ilgili olarak ise farklı durumlar altında oldukça fazla çalışma yapılmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar

Nahmias (1982), Raafat (1991) ile Goyal ve Giri (2001)'nin çalışmalarında topluca ele alınmıştır.<sup>8</sup>

Bozulma durumu altında ekonomik sipariş miktarı modellerinde stok seviyesinin zaman göre grafiği Şekil 2.2'de görülmektedir.



**Şekil 2.2. Bozulma Durumu Altında Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi**

Kaynak: Hwang ve Shinn, 1997: 541

Bu şekle göre, sipariş sonucu gelen ürünlerin bir kısmı zamanla bozulmaktadır. Mevcut talep bozulmadan sonra sağlam kalan ürünlerden karşılanmaktadır. Talep hızı kesikli çizgi ile, stok seviyesindeki azalış ise koyu eğri çizgi ile gösterilmektedir.

#### 2.1.4. Farklı Talep Fonksiyonları Olması

Stok kontrol modellerinde temel belirleyici değişken olan talebin farklı fonksiyonları altında geliştirilen pek çok model vardır. Klasik modellerde talep miktarı kesin olarak bilinmektedir, bütün periyotlarda sabit ve süreklidir. Uygulamada ise talep fonksiyonu değişken, kesikli ve olasılıklı olabilmektedir.

<sup>8</sup> Bu çalışmalar ve kaynakçaları bozulma durumunu ele alan ve o zamana kadar yapılan çalışmaların bir sınıflaması ve literatür taramasıdır.

Stok kontrol modellerinde talep zamana bağlı olarak değerler alan bir değişkendir ve bu yönüyle bir zaman serisi özelliği göstermektedir. Dolayısıyla bir zaman serisinde bulunan düzey, eğilim, mevsimsellik, devresel hareketler ve tesadüfi değişme gibi unsurlar talep için de geçerlidir ve talebin bir periyottan diğerine değişken ve olasılıklı olmasının nedenleri arasındadır. (Gaither, 1992: 74) Diğer taraftan, malzeme ihtiyaç planlamasında olduğu gibi hammadde ve yarı mamul talebinin nihai mal talebine bağlı olduğu durumlarda talep kesikli bir yapıya sahiptir.

Talebin kesikli ve olasılıklı olması durumu çalışma kapsamında olmadığı için burada sadece talebin sürekli olduğu zaman değişken olması durumu ele alınmaktadır.

Talebin yapısı gereği değişken olmasının bir sonucu olarak (*talebin sabit olduğu varsayımının gevşetilmesiyle*) farklı talep fonksiyonları altında pek çok deterministik ekonomik sipariş ve üretim miktarı modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modeller genel olarak üç başlık altında toplanabilir. (Karaöz, 2003: 101-102) Bunlar:

- Talebin malın satış fiyatına bağlı olduğunu varsayan modeller
- Talebin zamana bağlı olduğunu varsayan modeller
- Talebin stok seviyesine bağlı olduğunu varsayan modeller

Bunlar dışında talebin birden fazla değişkene bağlı olduğu karma modelleri ele alan pek çok çalışma da bulunmaktadır. şimdi farklı talep fonksiyonları altında geliştirilen bu modellere kısaca değinilecektir.

#### **2.1.4.1. Talebin Malın Satış Fiyatının Fonksiyonu Olması**

Talebin malın satış fiyatına bağlı olduğu varsayımı altında yapılan çalışmalarda belli miktarın üzerinde sipariş verme durumunda satıcının fiyat indirimine gitmesi konusu ele alınmış ve düşük fiyatın müşterilerin sipariş miktarını artırdığı görülmüştür.

Talep miktarının malın satış fiyatının fonksiyonu olduğunu ele alan ekonomik sipariş ve üretim miktarı modellerine örnek olarak; Wee (1997), Wee ve Law (2001),

Chen ve Chu (2001), Mondal vd. (2003), You (2006), Dye vd. (2007)'nin çalışmalarına bakılabilir.

#### **2.1.4.2. Talebin Zamanın Fonksiyonu Olması**

Bir mala olan talebin zaman serisi özelliği göstermesi nedeniyle zamanla değişmesi durumu pek çok çalışmada ele alınmıştır. Bu değişimin kaynağı ne olursa olsun talebin dolaylı olarak zamanın bir fonksiyonu olarak ele alınması sonucu farklı stok modelleri geliştirilmiştir.

Bu konuda yapılan çalışmalara örnek olarak Wee (1995), Hariga (1995a, b), Teng (1996), Giri vd. (2000), Sana ve Chaudhuri (2000), Khanra ve Chaudhuri (2003)'nin çalışmaları verilebilir.

#### **2.1.4.3. Talebin Stok Seviyesinin Fonksiyonu Olması**

Bazı durumlarda talep stok seviyesinin bir fonksiyonu olarak da ele alınmaktadır. Özellikle müşterinin görmesi için sergilenen mal miktarı ve çeşidinin veya süpermarketlerde raflardaki malların çok olmasının müşterinin alım tercihini olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir.

Talebin stok seviyesine bağlı olduğu durum için geliştirilen stok modelleri arasında Bhunia ve Maiti (1998), Giri ve Chaudhuri (1998), Chung vd. (2000), Chung (2003), Zhou ve Yang (2005), Urban (2005)'nin çalışmaları sayılabilir.

Yukarıda ele alınan üç durum dışında talebin birden fazla değişkenin fonksiyonu olduğu durum için geliştirilen modellere örnek olarak şu çalışmalara bakılabilir: Urban ve Baker (1997), Data ve Pal (2001), Teng ve Chang (2005), You (2005), You ve Hsieh (2007), Sana ve Chaudhuri (2008)<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Bu çalışmada bu zamana kadar yapılan ve farklı talep fonksiyonlarını içeren çalışmalar özetlenmiştir. Ayrıca çalışmada geliştirilen modelde farklı talep fonksiyonları olarak sabit, zamanla doğrusal, kuadratik ve üssel olarak değişen, stok seviyesine bağlı, satış fiyatına bağlı ve hem satış fiyatına hem stok seviyesine bağlı talep altında deterministik ekonomik sipariş miktarı modeli ele alınmakta ve analiz edilmektedir. Bu yönüyle bu çalışma farklı talep fonksiyonları durumunu ele alan çalışmaların genel halidir.

### 2.1.5. Miktar İndirimi<sup>10</sup>

Klasik ekonomik sipariş miktarı modellerinde birim değişken veya satın alma maliyetinin sipariş miktarından bağımsız olarak sabit olduğu varsayılmaktadır. Halbuki büyük miktarda sipariş verildiği zaman tedarikçi (satıcı) fiyat indirimine gidebilmektedir. Bu fiyat indirimi iki farklı şekilde olmaktadır. Bunlardan ilki, belli bir miktarın üzerinde sipariş veren alıcılar için bu miktara kadar normal fiyat ve bu miktardan sonra ise daha düşük fiyat uygulamasıdır. İkinci durumda ise belli miktarın üzerinde sipariş veren alıcıya tüm ürünlerin daha düşük fiyattan verilmesidir. (Zipkin, 2000: 55-57)

Fiyat indiriminin stok kontrol modellerindeki en önemli ve beklenen etkisi sipariş miktarını artırmasıdır. Tedarikçinin böyle bir alternatif sunmasının sebebi de artan sipariş miktarı sonucu ölçek ekonomilerinin getirdiği avantajdan yararlanmaktır. Böylece fiyat indirimi ile yeni müşteriler için cazip bir fırsat sunulurken mevcut müşterilerin de bir seferde daha fazla sipariş vermesi teşvik edilmektedir. Fiyat indirimi konusu ödemelerde gecikmeye izin verilmesi politikası gibi alternatiflerle karşılaştırılarak pek çok çalışmada ele alınmasına rağmen uygulamada fiyat indirimine gitmenin gerçek nedenleri üzerinde bir görüş birliğine varılamamıştır. (Zipkin, 2000: 58)

Bu konuda yapılan çalışmalara bakıldığında Kim ve Hwang (1988), Abad (1988), Hwang vd. (1990), Burwell vd. (1991), Tersine ve Barman (1991) geleneksel fiyat ve miktar indirimi konusunu ele almışlardır. Daha sonraları ödemelerde gecikmeye izin verilmesi politikası miktar indirimine alternatif bir yaklaşım olarak ele alınmış ve değerlendirilmiştir. Arcelus vd. (2003; 2001), Sheen ve Tsao (2007), Sana ve Chaudhuri (2008) çalışmalarında fiyat indirimi ile ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu birlikte ele alınarak karşılaştırılmaktadır.

---

<sup>10</sup> Bazı kaynaklarda fiyat indirimi şeklinde de geçmektedir. Asıl olan fiyat indirimi olmakla birlikte fiyat indirimine sebep ise belli miktarın üzerinde sipariş verilmesidir. Dolayısıyla miktar indiriminden kasıt belli miktarın üzerinde alım yapma durumunda fiyat indirimine gidileceğidir. Bu nedenle fiyat indirimi ve miktar indirimi birbiri yerine kullanılabilir.



### 2.1.6. Üretim Hızının Değişken Olması

Klasik modellerde özellikle ekonomik üretim miktarı modellerinde dönem içindeki birim üretim hızının sabit olduğu varsayılmaktadır. Gerçek hayatı tam olarak yansıtmadığından bu varsayımın gevşetilmesiyle üretim hızının değişken olabileceği gerçeğinden hareketle pek çok yeni model geliştirilmiştir. Bu modellerde üretim hızının öğrenme ile, zaman içinde, stok seviyesine ve talebe bağlı olarak değiştiği kabul edilmektedir. (Karaöz, 2003: 98)

Stok kontrol modelleri üzerine yapılan bu çalışmalar incelendiğinde üretim hızının zamana bağlı olduğu durum Balkhi ve Benkherouf (1996), Balkhi (1999), Goyal ve Giri (2003) çalışmalarında ele alınmıştır.

Chowdhury ve Sarker (2001), Sharma (2006; 2004) ve Silver (1995) çalışmalarında, üretimin talebe bağlı olarak değiştiği durumu incelemişlerdir. Bhunia ve Maiti (1998; 1999), Kar vd. (2001) ve Su ve Lin (2001) ise üretim hızının taleple birlikte eldeki stok seviyesine de bağlı olduğu durum için ekonomik üretim miktarı modelleri geliştirmişlerdir.

Öğrenmenin üretim hızı üzerindeki etkileri de pek çok çalışmada ele alınmıştır. (Jaber ve Bonney, 1999<sup>11</sup>; 2003; Alamri ve Balkhi, 2007) Bu çalışmalarda üretimde öğrenme nedeniyle zaman içinde birim üretim maliyetlerinin azalacağı kabul edilmekte dolayısıyla öğrenmenin kaçınılmaz olduğu ve bu nedenle birim üretim hızının öğrenme etkisi nedeniyle sabit olamayacağı vurgulanmaktadır.

### 2.1.7. Paranın Zaman Değeri ve Enflasyon Etkisi

Klasik stok kontrol modellerinde enflasyon ve paranın zaman değeri etkileri dikkate alınmamaktadır. Bunun nedeni olarak da enflasyonun maliyet ve fiyatlar üzerindeki etkisinin çok fazla olmadığına inanılmasıdır. (Ray ve Chaudhuri, 1997: 171) Halbuki özellikle ülkemizde ve Asya, Rusya, Güney Amerika'da yaşanan finansal krizler sonucu pek çok ülkenin yüksek enflasyondan etkilenmesi ve bu ülkelerde paranın alım gücünün düşmesi, enflasyon ve paranın zaman değeri

---

<sup>11</sup> Bu çalışma, öğrenmenin stok kontrol modelleri üzerindeki etkilerini ele alan ve 1999 yılına kadar yapılan çalışmaların bir özeti ve literatür taramasıdır.

etkilerinin stok kontrol modellerinde ele alınmasına ve bu konuda çalışmalar yapılmasına neden olmuştur. (Chung ve Lin, 2001: 68)

Ekonomik sipariş miktarı modelleri üzerinde enflasyonun etkileri ilk olarak Buzacott (1975) ve Misra (1975; 1979) tarafından ele alınmıştır. Daha sonraları pek çok araştırmacı bu çalışmalardan hareketle paranın zaman değeri, farklı enflasyon oranları, sonlu tedarik durumu, bozulma ve stoksuzluk gibi farklı durumlar altında pek çok yeni model geliştirmişlerdir. Bu çalışmalar içinde Sarker ve Pan (1994), Hariga ve Ben-Daya (1996), Moon ve Lee (2000), Moon vd. (2005), Hou (2006) çalışmalarına bakılabilir.

Yapılan çalışmalarda gelecekteki nakit akımlarının bugünkü değerinin bulunmasında kullanılan *net şimdiki değer (net present value)* ve *iskonto edilmiş nakit akışı (discounted cash flow)* gibi yaklaşımlar kullanılarak maliyet ve fiyat unsurları faiz ve enflasyon etkilerinden arındırılmaktadır. (Eroğlu 2002: 31)

### 2.1.8. Öğrenme Etkisi

Klasik stok kontrol modellerinde özellikle ekonomik üretim miktarı modellerinde öğrenmenin etkisi modellere dahil edilmemektedir. Bu modellerde hazırlık ve birim üretim sürelerinin sabit ve üretim miktarından bağımsız olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayım ancak üretimin sadece makineler tarafından yapıldığı durumda geçerlidir. Fakat bir üretim sisteminde makineler yanında insan işgücü de kullanılmaktadır ve tekrarlanan işlerde bir işçinin performansının zamanla iyileştiği gözlenmektedir. Bu durum *öğrenme eğrisi*<sup>12</sup> olarak nitelendirilmekte ve tekrarlanan işlemlerde her bir birimi üretmek için gerekli çabanın azalması şeklinde

<sup>12</sup> Öğrenme eğrisi, tekrarlanan işlerde kazanılan deneyim sonucu üretilen miktar ile birim üretim süresi arasındaki ilişkiyi matematiksel olarak ifade eden eğridir. İlk olarak bir hava üssünde uçakların montajındaki çalışmalarda dikkat çeken öğrenme olayına göre; dördüncü uçağı üretmek için gerekli işçi-saat miktarının ikinci uçağı üretmek için gerekli işçi-saat miktarının %80'i olduğu ve bu ilişkinin sekizinci uçak ile dördüncü uçak ve on altıncı uçak ile sekizinci uçak, ... , arasında da mevcut olduğu saptanmıştır. Bu ilişkiyi en genel haliyle ilk formüle eden Wright (1936) şu şekilde ifade etmiştir.

$Y_j = Y_1 j^b$  Burada;  $Y_j$  :  $j$ . Birimi üretmek için gerekli süre,  $Y_1$  : ilk birimi üretmek için gerekli süre,  $b$  : öğrenme katsayısı,  $b = \frac{\log p}{\log 2}$ ,  $p$  : öğrenme oranı,  $0 < p \leq 1$  olmaktadır. Bu eşitlikte üretilen birim

sayısı sonsuz olarak artırılırsa son birimin üretim süresi sıfıra yakınsamaktadır. Bundan dolayı bu eşitliğe Wright öğrenme eğrisi denilmektedir. (EROĞLU, 2003: 27)

açıklanmaktadır. Diğer bir ifadeyle üretim miktarı arttıkça hazırlık ve birim üretim sürelerinde dolayısıyla maliyetlerde öğrenmenin etkisiyle bir azalma meydana gelmektedir. (Eroğlu 2002: 49)

Öğrenmenin ekonomik üretim miktarı modelleri üzerindeki etkisi ilk olarak Keachie ve Fontana (1966) tarafından ele alınmış ve bu güne kadar üzerinde oldukça fazla çalışma yapılmıştır.

Sule (1978) ekonomik üretim miktarı modellerinde öğrenme etkisi yanında unutmaya etkisini dikkate alarak yeni bir model geliştirmiştir. Salameh vd. (1993) öğrenmenin toplam maliyet ve sipariş miktarı üzerindeki etkilerini Wright öğrenme eğrisini kullanarak analiz etmişlerdir. Jaber ve Bonney (1996) bu çalışmayı unutmaya etkilerini de ekleyerek geliştirmişlerdir. Daha sonra Jaber ve Bonney (1999) öğrenmenin stok kontrol modelleri üzerindeki etkileri üzerine yapılan çalışmalarla ilgili kapsamlı bir literatür taraması yapmışlardır. Karaöz (2003) öğrenme etkisi altında beş farklı ekonomik üretim miktarı modeli geliştirmiştir. Bunlar dışında stok kontrol modellerinde öğrenme etkisini içeren çalışmalardan Jaber ve Bonney (2003) ile Alamri ve Balkhi (2007) çalışmalarına bakılabilir.

### **2.1.9. Ödemelerde Gecikmeye İzin Verilmesi**

Klasik Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı modellerinde ödemelerin malın teslimi sırasında peşin olarak yapıldığı varsayılmaktadır. Uygulamada ise ödemelerde bir miktar gecikmeye izin verilmektedir.

Ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu yalın haliyle ve farklı varsayımlarla birlikte literatürde pek çok çalışmada ele alınmıştır. Bu çalışmada geliştirilen modelin de temel varsayımlarından birisi olan ödemelerde gecikmeye izin verilmesi konusunda yapılan çalışmalar ve sonuçları bu kısmın devamında ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

### **2.1.10. Kusurlu (Hata) Ürün Olması**

Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modellerinde temel varsayımlardan birisi de sipariş sonucu gelen ürünlerin tamamının kusursuz ve hatasız olduğudur. Halbuki

gerçek hayatta bu varsayımın tam olarak sağlanması mümkün değildir. Çünkü hem üretim aşamasında hem üretimden sonra taşıma ve nakliye sırasında ortaya çıkan olumsuzluklar sonucu bazı ürünler kusurlu ve hatalı duruma düşmektedir.

Kusurlu ürün durumu literatürde pek çok çalışmada ele alınmıştır. Bu çalışmada geliştirilen modelin ikinci ayağını ve temel varsayımını oluşturan kusurlu ürün durumu üzerinde yapılan çalışma ve sonuçları bu kısmın devamında ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

## **2.2. Ödemelerde Gecikme ve Kusurlu Ürün Durumu: Literatür Taraması**

Klasik ekonomik sipariş miktarı modellerinde ele alınan ve gerçek hayatta bağdaşmayan pek çok temel varsayım vardır. Bunlardan birisi, ödemelerin malın teslimi sırasında peşin olarak yapıldığı bir diğeri ise sipariş sonucu gelen bütün ürünlerin sağlam ve kusursuz olduğudur. Halbuki gerçek hayatta ödemelerde belli bir süre gecikmeye izin verilmekte ve gelen siparişler belli bir oranda kusurlu ürün içermektedir. (Zipkin, 2000: 58; Salameh ve Jaber, 2000: 60; Huang, 2007: 911; Eroğlu ve Özdemir, 2007: 544) Bu durumun sonucu olarak pek çok çalışmada ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ve kusurlu ürün durumu ayrı ayrı ele alınmış ve pek çok özel durumun da göz önüne alınmasıyla yeni modeller geliştirilmiştir. Hem ödemelerde gecikme hem de kusurlu ürün durumunu ele alan sadece bir tek çalışma ve model bulunmaktadır.

Çalışmanın bu kısmında, ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ve kusurlu ürün durumunu ele alan çalışmalar<sup>13</sup> incelenmektedir.

### **2.2.1. Ödemelerde Gecikme**

Klasik ekonomik sipariş miktarı modellerinde ele alınan ve ödemelerin malın teslimi sırasında peşin olarak yapıldığı varsayımının gevşetilmesiyle ödemelerde belli bir süre gecikmeye izin verilmesi durumu altında pek çok çalışma yapılmış ve bu alanda ortaya büyük bir literatür çıkmıştır.

---

<sup>13</sup> Dolayısıyla çalışmanın bu kısmı, geliştirilen modelin teorik çerçevesini oluşturan daha önceden yapılan çalışmalar ve geliştirilen modellerin literatür taraması niteliğindedir.

Bütün bu çalışmalarda, ödemelerde belli bir süre gecikmeye izin verildiği varsayılmaktadır. Uygulamada sıklıkla karşılaşılan bu durumda satıcılar müşterilerine borçlarını ödemeleri için belli bir süre (örneğin 30 gün) kadar gecikmeye izin vermektedir. Genellikle bu süre içerisinde borcunu ödeyen müşterilerin ödemelerine herhangi bir ekstra ödeme ve faiz tahakkuk etmemektedir. Dolayısıyla alıcılar, bu süre içerisinde yaptıkları satışlardan elde ettikleri parayı gelir getirici işlerde kullanarak örneğin faize yatırarak bir gelir elde etmektedir. Bu nedenle, alıcılar ödemelerini izin verilen gecikme süresinin sonuna kadar ertelemektedir. Fakat, ödemelerin tamamı bu süre sonuna kadar ödenmezse kalan miktar için belli bir faiz oranından gecikme faizi alınmaktadır. (Chung, 1998: 49)

Ödemelerde gecikmeye izin verilmesinin hem satıcı hem alıcı için birçok getirisi vardır.

Ödemelerde gecikmeye izin verilmesinin satıcılara sağladığı iki önemli getirisinden birisi; ödemelerde gecikmeye izin verilmesinin yeni müşterileri cezp etmesidir. Çünkü müşteriler için bu gecikme, fiyat indirimi türünden, bir nevi peşin fiyatına vadeli almak gibi bir fırsat sunmaktadır. Bu durumda müşteriler bir seferde daha fazla<sup>14</sup> satın aldıklarında dolaylı olarak satın alma maliyetleri azalacağından daha fazla sipariş vereceklerdir. (Liao ve Chen, 2003: 245) Ayrıca, ödemelerde izin verilen gecikmenin avantajından yararlanmak isteyen alıcılar ödemelerini daha düzenli yapacağından; satıcı, alıcılarda olan parasını daha rahat toplayabilecektir. Böylece ödenmeyen satışlar da azalmış olacaktır.

Satıcılar için ödemelerde gecikmeye izin vermenin ikinci getirisi; talepte meydana gelecek dalgalanmaların bu politika ile en aza indirilebilmesidir.<sup>15</sup> Yani, talebin az olduğu dönemlerde ödemelerde gecikmeye izin vererek talebi canlı tutmakla talepteki mevsimsel ve dönemsel dalgalanmaların önüne geçilebilmektedir. (Chang ve Teng, 2004: 471)

---

<sup>14</sup> Satıcı için bu politikanın kârlı olması ancak artan satışların en azından ortaya çıkacak fırsat maliyetini karşılayacak kadar fazla olmasıyla mümkündür.

<sup>15</sup> Aslında satıcılar için ödemelerde gecikmeye izin vermenin en temel amacı nihai ürüne olan talebi uyarmak ve canlı tutmaktır. (Abad ve Jaggi, 2003: 116)

Fakat, ödemelerde gecikmeye izin vermenin satıcılara –sermayenin fırsat maliyeti gibi- bir maliyeti ayrıca bu maliyete ilave olarak -alacakların tahsil edilememesi gibi- risk boyutu da vardır. (Teng, 2002: 915)

Alıcılar açısından bakıldığında, izin verilen gecikme süresi içerisinde ödeme yapmadıkları için satmış oldukları mallardan elde ettikleri geliri mevduat hesabında değerlendirerek belli oranda faiz geliri elde etmektedir. Bu nedenle alıcılar ödemelerini, izin verilen gecikme süresinin sonuna kadar erteleyerek bu kazanımlarını en yüksek seviyede tutmak istemektedir. (Huang, 2007: 911-912)

Bunun yanında, ödemelerde gecikmeye izin verilmesi, dolaylı olarak alıcıların satın alma ve stok bulundurma maliyetini de azaltmaktadır. Çünkü bu dönemde elde tutulan stoklara yapılacak ödeme ve sermaye yatırımı ertelendiği için sermayenin fırsat maliyeti daha az olacaktır.

Öte yandan ödemelerde gecikmeye izin vermenin alıcıya maliyeti; kredi dönemi sonunda ödemeler yapılmadığında, daha yüksek faiz oranından uygulanacak gecikme cezasıdır.<sup>16</sup> (Huang, 2006: 1578; Ouyang vd., 2005: 292Teng, 2002: 916; Chung, 1998: 49-50)

Çalışmanın bundan sonraki kısmında 1970’li yılların başından bu zamana kadar ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu altında geliştirilen ekonomik sipariş ve üretim miktarı modelleri ele alınacaktır.

Ödemelerde gecikmeye izin verilmesi konusu literatürde farklı ifadeler altında incelemeye konu olmuştur. Kredi dönemi (*trade credit, credit period*) veya kredi politikası (*credit policy*) ve ödemelerde gecikmeye izin verilmesi (*permissible delay in payment*) şeklinde ele alınan bu konu üzerinde son 30 yılda oldukça fazla çalışma yapılmıştır. Öz olarak aynı konuyu ele alan bu iki yaklaşım<sup>17</sup> altında yapılan bu çalışmalar aşağıda ele alınmaktadır.

<sup>16</sup> Bazı kaynaklarda bu faiz oranı, elde bulundurulacak stoklar için sermayenin fırsat maliyeti olarak da ele alınmaktadır. (Shinn ve Hwang, 2003 :38; Chang ve Dye, 2001: 345)

<sup>17</sup> İfade olarak bu konunun ilk çalışılmaya başlanması (Halley ve Higgins, 1973) tarafından *kredi dönemi veya politikası* şeklinde olmuştur. 1985 yılında Goyal’ın çalışması ile *ödemelerde gecikmeye izin verilmesi* terimi aynı paralelde kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonraları yapılan çalışmalarda hem kredi dönemi veya politikası hem de ödemelerde gecikmeye izin verilmesi kavramı eş anlamlı olarak aynı mana ve durumu ifade etmek için kullanılmıştır. Dolayısıyla bu çalışmaların birbirinden ifade tarzı dışında bir farkı bulunmamaktadır.

*Kredi dönemi veya kredi politikası* altında ekonomik sipariş miktarı modelleri ilk olarak Haley ve Higgins (1973) tarafından ele alınmıştır. Halley ve Higgins (1973) çalışmalarında talebin sabit olduğu durumda alıcının ilave stok yatırımı için kredi politikasına başvurduğu varsayımından hareketle yeni bir ekonomik sipariş miktarı modeli geliştirmişlerdir. Bu durumda maliyet minimizasyonu açısından sipariş miktarı ile ödeme zamanının eşanlı olarak modellenip belirlenmesi gerektiğini göstermişlerdir. Modelde kredi dönemi için belli bir süre tayin edilmemekte ve ödeme zamanı ile optimal sipariş miktarı bağımlı değişken olarak ele alınmaktadır.

Daha sonra Kingsman (1983), alıcıya sipariş tutarını ödemesi için tanınan sürenin iki şekilde olabileceğini öne sürmüştür. Ona göre ödemeler ya belli bir süre içinde (malın tesliminden sonra 30 gün içinde) veya malın teslimini izleyen ayın belli bir gününe kadar (örneğin; malın teslimi Mart ayı içerisinde herhangi bir günde yapılmışsa ödemeler Nisan ayının 15'ine kadar) yapılması gerekmektedir. Böylece satıcı açısından düzenlenecek faturaların her ayın aynı günü olması uyum açısından tercih edilmektedir. Alıcı için de siparişlerin aylık olarak verilmesi daha uygun görülmektedir. Kingsman (1983) uygulamada sıklıkla karşılaşılan fakat üzerinde fazla çalışılmayan ikinci durum altında sipariş politikasının belirlenmesine yardımcı olacak bir model geliştirmiştir. Geliştirilen modelde ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumunda optimal sipariş miktarı artmaktadır. Model, toplam maliyet açısından ele alındığında klasik modeller ile karşılaştırıldığında çok fazla bir tasarruf sağlanmamakla birlikte uygulama ile daha tutarlı olması ve klasik modellerdeki katı varsayımlara ihtiyaç duymayan bir model olması açısından önemli bir katkı sağlamaktadır.

Goyal (1984), Kingsman (1983) modelini ele aldığı çalışmasında bazı düzeltmelerde bulunmuştur. Bu düzeltmelerden biri Kingsman (1983) modelinde eşit olarak ele alınan borçlanma ve borç verme faiz oranlarının birbirinden farklı olduğu diğeri ise ele alınmayan stok bulundurma maliyetinin fırsat maliyeti dışındaki maliyet unsurlarının da modele dahil edilmesi gerektiğidir.

Chapman vd. (1984), Kingsman (1983) çalışmasının devamı niteliğinde olan çalışmalarında stok kontrol modellerinde kredi politikasının önemi ve etkileri üzerinde durmakta ve Kingsman (1983) modeline bazı katkılarda bulunmaktadır.

Kredi dönemi uzunluğunun dört farklı durumu için yaptıkları analiz sonucunda kredi dönemi uzunluğu arttıkça toplam maliyetin azaldığını optimal sipariş miktarının ise arttığını göstermişlerdir.

Davis ve Gaither (1985) ile Arcelus ve Srinivasan (1992) bazı mallar için veya normalden daha fazla sipariş veren alıcılar için bir defaya mahsus ödemelerde gecikmeye izin verildiği durumda optimal sipariş miktarını belirlemek için bir model geliştirmişlerdir. Altı senaryo altında optimal sipariş miktarının analiz edildiği Davis ve Gaither (1985) modelinde elde edilen sipariş miktarının stok bulundurma maliyeti ve talepteki değişmelere karşı oldukça duyarlı olduğu fakat sipariş maliyeti ve birim satın alma maliyetindeki değişmelerden çok fazla etkilenmediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca bir defaya mahsus verilen kredilerin birim satın alma maliyetini, optimal çevrim süresini azalttığını göstermişlerdir.

Daellenbach (1986), kredi dönemini ele alan Halley ve Higgins (1973), Kingsman (1983) ve Chapman vd. (1984) çalışmalarının belli koşullar altında uygulanabileceğini ve buldukları sonuçların her zaman geçerli olmadığını ancak bazı koşullar sağlandığında geçerli olacağını ortaya atmıştır. Daellenbach (1986)'a göre; kredi politikası durumunda optimal sipariş miktarı -yukarıdaki çalışmalarda elde edilen sonuçların aksine- klasik modellerde elde edilen değerlerden daha yüksek değil daha düşük çıkmaktadır.

Daha sonra Ward ve Chapman (1987), Daellenbach (1986)'ın daha önceki yapılan çalışmalara yaptığı eleştirilere cevap vermiş ve yanıldığı noktaları izah etmişlerdir. Bu çalışma üzerine Daellenbach (1988), Ward ve Chapman (1987) tarafından 1986 yılındaki çalışmasına getirilen üç farklı eleştiriye ayrı ayrı cevap vererek yanlış anlaşılmasının sebeplerini açıklamıştır.

Ödemelerde izin verilen gecikme süresinin ekonomik sipariş miktarı modeli üzerindeki etkilerini teorik olarak ele alan ve inceleyen ilk çalışma Goyal (1985)'in çalışmasıdır. Bu model ile Goyal (1985) ödemelerde izin verilen gecikme süresinin optimal sipariş miktarının arttığı toplam maliyetin ise azaldığı sonucuna varmıştır. Goyal (1985) çalışmasında, birim satın alma maliyetinin birim satış fiyatına eşit olduğu varsayılmaktadır. Dave (1985) bu varsayımın çok gerçekçi olmadığını ve satış fiyatının alış fiyatından her zaman bir miktar daha fazla olduğunu belirterek



Goyal (1985) modeline itiraz etmiştir. Aynı durum daha sonra Teng (2002)'in makalesinde de ele alınmış fakat Dave (1985)'in bu bakış açısı literatürde pek ilgi görmemiş ve bahsedilmemiştir.

Chand ve Ward (1987), Goyal (1985) modelini klasik EOQ çerçevesinde tekrar incelemişler ve farklı sonuçlar elde etmişlerdir.

Shah vd. (1988) Goyal (1985) modelini stoksuzluğa izin verecek şekilde geliştirerek yeni bir model elde etmişlerdir.

Mandal ve Phaujdar (1989) Goyal (1985) modelinde satışlar sonucu elde edilen faiz gelirini göz önüne alarak ödemelerde gecikmeye izin veren yeni ekonomik sipariş miktarı modelleri geliştirmişlerdir.

Chen ve Chuang (1999), Bregman (1992), Rachamadugu (1989) ve Chung (1989) kredi dönemi altında optimal stok politikasının belirlenmesinde ıskonto edilmiş nakit akışı (*discounted cash-flow*) yaklaşımını kullanmışlardır.

Ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu, bozulma durumu ile birlikte pek çok çalışmada ele alınmıştır. Bunlar içinde; Shah (1993) ile Aggarwal ve Jaggi (1995), Goyal (1985) modelini bozulma durumunu da içerecek şekilde geliştirmişlerdir. Chu vd. (1998), Aggarwal ve Jaggi (1995) çalışmasına bir düzeltme olarak stok modellerinde toplam maliyet fonksiyonlarının dışbükeyliğinin sağlanması üzerinde durmaktadır. Buradan hareketle Aggarwal ve Jaggi (1995) modelinde elde edilen toplam maliyet fonksiyonunun parçalı-dışbükey özelliğine sahip olduğu ispat edilmektedir.

Kim vd. (1995), Shinn (1997) ve Abad ve Jaggi (2003) talebin satış fiyatının bir fonksiyonu olduğu durumda<sup>18</sup> alıcı ve satıcı için kârı maksimum yapacak optimum kredi politikası geliştirmişlerdir. Kim vd. (1995), çalışmalarında borç verme ve borç alma maliyetini birbirine eşit kabul ederken Shinn (1997)'in çalışmasında bu varsayım gevşetilerek uygulamada daha sık görülen borçlanma oranının borç alma oranına eşit veya daha yüksek olduğu gerçeği göz önüne alınmakta ve kredi döneminin uzunluğunun sipariş miktarını etkilediği sonucuna

---

<sup>18</sup> Talep oranı sabit fiyat esnekliğine sahip olup, talebin satış fiyatının azalan bir fonksiyonu olduğu varsayılmaktadır.

ulaşmaktadır. Abad ve Jaggi (2003) ise aynı problemi alıcı-satıcı işbirliği çerçevesinde değerlendirerek daha kapsamlı bir model elde etmişlerdir.

Khouja ve Mehrez (1996) bozulma durumu altında, satıcıların farklı kredi politikaları uygulamasının optimal sipariş miktarı üzerindeki etkilerine değinmişlerdir. Dört farklı durum için ele aldıkları kredi politikalarında politika tercihi olarak kredi döneminin sipariş miktarından bağımsız veya kredi döneminin sipariş miktarının bir fonksiyonu olduğu iki durumu ayrı ayrı incelemişlerdir.

Shah ve Sreehari (1996) depo kapasitesinin sınırlı olması ve ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumunda bozulan ürünler için yeni bir model geliştirmişlerdir.

Jamal vd. (1997) Aggarwal ve Jaggi (1995) modeline stoksuzluğa izin verme durumunu da eklemişler ve yeni bir model elde etmişlerdir. Geliştirdikleri modelde ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça optimal sipariş miktarı ve çevrim süresi artmakta izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı ile toplam maliyet azalmaktadır.

Hwang ve Shinn (1997), Shinn (1997) tarafından ele alınan ve talep oranının satış fiyatının fonksiyonu olduğu durum için geliştirilen modeli üssel bozulma durumu altında ele alarak ödemelerde gecikmeye izin veren bir stok sistemi modeli geliştirmişlerdir.

Chung (1998), Goyal (1985) modelinde elde edilen sonuçlar için daha basit ve kullanışlı bir teorem ortaya koyarak Goyal (1985)'ın açıkladığı çözüme kısa yoldan ulaşacak bir yöntem elde etmiştir.

Salameh ve Noueihed (1999) kredi politikasının optimal stok politikası üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında paranın zaman değeri altında yeni bir sipariş miktarı modeli geliştirmişlerdir. Ele aldıkları modelde piyasa faiz oranı ile tedarikçinin alıcıya uyguladığı gecikme faiz oranının iki farklı durumu altında ödemelerin ne zaman yapılması gerektiğine karar verilebilmektedir.

Jamal vd. (2000), Jamal vd. (1997) çalışmasında ele alınmayan optimal ödeme zamanı da modele eklemişlerdir. Böylece geliştirdikleri modelle alıcının toplam maliyetini minimum yapan ödeme zamanı da elde edilebilmektedir.

Liao vd. (2000) ile Sarker vd. (2000) bozulma durumu yanında enflasyon etkisini de modele dahil etmişlerdir. Liao vd. (2000) çalışmalarında talebin stok miktarına bağlı olduğu varsayımını yapmaktadır.

Chung vd. (2001), Hwang ve Shinn (1997) modeline bazı katkılarda bulunarak bu modeli daha kullanışlı hale getirmişlerdir.

Chang ve Dye (2001) ile Ouyang vd. (2005) benzer bir modeli kısmi stoksuzluk durumu için geliştirmişlerdir. Chang ve Dye (2001) bu çalışmalarında ödemelerde izin verilen gecikme süresinin çevrim süresi ve talebin pozitif stoktan (stoksuzluğa düşmeden) karşılandığı süre ile doğru orantılı toplam maliyet ile ters orantılı olarak değiştiğini göstermişlerdir.

Chang vd. (2001), bozulan ürünler için geliştirdikleri modelde daha önceki çalışmalarda sabit olarak alınan talep oranının zamanın lineer fonksiyonu olduğu durum için bir ekonomik sipariş miktarı modeli geliştirmişlerdir.

Schawky ve Ebu-Al-Ata (2001), ortalama stok düzeyi ve kredi dönemi ile ilgili kısıtlar altında ekonomik üretim miktarı modelini geometrik programlama ve Lagrange yaklaşımını kullanarak çözmüşlerdir.

Teng (2002) ise Goyal (1985) modelinde ele alınan birim maliyet ile birim satış fiyatının eşitliği varsayımını kaldırarak, ele alınan problem için kapalı formda daha kolay bir analitik çözüm geliştirmiştir.

Ouyang vd. (2002) nakit indirimi ve ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumunu aynı anda ele alan bir ekonomik sipariş miktarı modeli ortaya koymuşlardır.

Shinn ve Hwang (2003), Chang (2004) ve Chung vd. (2005) ödemelerde izin verilen gecikme süresinin sipariş miktarına, talebin ise satış fiyatına bağlı olması durumunda optimal satış fiyatı ve sipariş miktarının eşanlı olarak belirlenmesine imkan veren bir algoritma geliştirerek yeni birer model elde etmişlerdir.

Chung ve Huang (2003) ödemelerde izin verilen gecikme durumunu ekonomik üretim miktarı modellerine uyarlayarak optimal stok politikası için etkin bir çözüm geliştirmişlerdir.

Arcelus vd. (2003) bozulan ürünler için kredi politikası uygulaması yerine fiyat indirimi uygulamasının avantaj ve dezavantajlarını ele almışlardır.

Huang (2003), kredi dönemi altında ekonomik sipariş miktarı için geliştirilen modellerde tek düzey olarak ele alınan kredi döneminden hareketle iki düzeyli kredi dönemi şeklinde yeni bir model geliştirmiştir. Tedarik zinciri açısından ele alınan bu modelde, satıcının (*toptancı veya tedarikçi*) alıcılara (*perakendeci*) kredi dönemi olarak ödemelerde gecikmeye izin vermesi birinci düzey kredilendirme olarak kabul edilirken alıcının (*perakendeci*) da müşterilerine ikinci düzey kredilendirme olarak belli bir süre kredi dönemi önerdiği varsayılmaktadır. Bu şekilde her üç tarafın – toptancı, perakendeci ve alıcı- da bu politikanın avantajlarından yararlanabileceği ifade edilmektedir. Ayrıca modelde toptancının perakendeciye tanıdığı ödemelerde gecikme süresinin perakendecinin kendi müşterilerine tanıdığı gecikme süresinden daha fazla olduğu varsayımı yapılmaktadır.<sup>19</sup>

Chang vd. (2003) ile Chung ve Liao (2004; 2006) kredi döneminin sipariş miktarına bağlı olduğu varsayımını bozulan ürünler için ele almışlardır. Chang (2004), aynı problemi enflasyon etkisini de dikkate alarak çözmüştür.

Huang (2004a) bir başka makalesinde ise kredi politikası uygulaması altında *Ekonomik Üretim Miktarı* için bir model geliştirmiştir. Daha sonra Huang (2007a) aynı modeli iki düzeyli gecikme durumuna genişleterek yeni bir model elde etmiştir.

Huang (2004b), kredi döneminin sipariş miktarına bağlı olduğu durum için ekonomik sipariş miktarı modeli geliştirmiştir. Bu modelde optimal değerlerin elde edilmesinde türev kullanılmamıştır.<sup>20</sup>

Huang (2004c); Goyal (1985) ve Teng (2002)'in elde etmiş olduğu modelleri türev kullanmadan çözecek bir yöntem geliştirerek optimal çözüm değerlerine ulaşmıştır.

---

<sup>19</sup> Aksi halde perakendeci bu politika ile faiz geliri elde edemeyecektir. Dolayısıyla bu politika yani iki düzeyli kredilendirme politikasını uygulamak perakendeci açısından rasyonel olmayacaktır.

<sup>20</sup> Türev kullanmama sebebi olarak ise matematik ve türev alma kavramları konularında yeterli bilgisi olmayan öğrencilerin stok teorisini anlamalarını kolaylaştırmak olduğunu beyan etmiştir. Stok modellerinin elde edilmesinde türev kullanılmaması hakkında ayrıntılı bilgi ve bu konuda yapılan çalışmalar için Bkz: Grubbström ve Erdem, 1999: 529-530. Cárdenas-Barrón, 2001: 289-292.

Chang ve Teng (2004) ve Huang ve Chung (2003) kredi dönemini ele aldıkları çalışmalarında erken ödemelerde nakit indirimi (*cash discount*) konusunu ekleyerek yeni bir model geliştirmişlerdir.

Teng vd. (2005) bozulan ürünler için geliştirdikleri modelde talebin satış fiyatının azalan bir fonksiyonu olduğunu ve satış fiyatının alış fiyatından yüksek olduğunu kabul etmişlerdir. Modelde daha önceki çalışma (Liao vd. (2000), Jamal vd. (1997), Aggarwal ve Jaggi (1995), Goyal (1985)) sonuçlarının aksine ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça çevrim süresi ve sipariş miktarı azalmaktadır.

Hou ve Lin (2005) kredi dönemi altında bozulan ürünler için enflasyon ve miktar indirimini ele alan bir ekonomik sipariş miktarı modeli geliştirmişlerdir. Enflasyonun toplam kâr üzerinde etkisinin oldukça fazla olduğu bu modelde planlama ufku boyunca verilecek sipariş sayısı ile sipariş miktarı arasındaki ilişki belirlenmektedir. Buna göre planlama döneminde verilen sipariş sayısı arttıkça ödemelerde izin verilen gecikme süresi ne olursa olsun optimal çevrim süresi ve sipariş miktarı azalmaktadır.

Ouyang vd. (2005), kredi dönemi problemine nakit indirimi konusunu da eklemişler ve her ikisini de sürekli tedarik durumu<sup>21</sup> için analiz etmişlerdir. Buna göre satıcı sadece kredi dönemi önermemekte aynı zamanda alıcıların ödemelerini daha önce yapmalarını teşvik için nakit indirimi teklifi de sunmaktadır.

Daha sonra Huang (2006) iki düzeyli kredi durumu için ele aldığı aynı modele, depo kısıtı ile satış fiyatı ve alış maliyetinin farklı olduğu varsayımını ekleyerek türev kullanmadan optimal sonucu verecek bir yaklaşım getirmiştir.

Chen ve Ouyang (2006) Jamal vd. (1997) tarafından ele alınan problemi - bulanık mantık çerçevesinde- elde bulundurma maliyeti ile faiz oranlarının bulanık olduğu varsayımı altında ele alarak daha tutarlı bir sonuca ulaşmışlardır.

---

<sup>21</sup> Burada geçen sürekli tedarik durumu işletmenin ihtiyaç duyduğu malı tek seferde elde etmek yerine belli oranda sürekli tedarik ettiğini ifade etmektedir. Bu durum aslında üretim yapan işletmeler için ihtiyaç duyulan malın işletme içinde belli bir üretim hızı ile üretildiği varsayımına daha uygundur. Bazı çalışmalarda, daha önce de değinildiği gibi, ekonomik üretim miktarı modeli, ekonomik sipariş miktarı modelinin bir varsayımının gevşetilmesiyle elde edilmiş bir çeşiddir. Bu nedenle bu çalışmada da ekonomik üretim miktarı modeli denilmemiş ve sürekli tedarik durumu altında ibaresi kullanılmıştır.

Song ve Cai (2006), çalışmalarında Jamal vd. (2000) çalışmasında elde edilen çözüm yolunun yanlış olduğunu belirterek modelin doğru şeklini elde etmişlerdir.

Jaber (2006), ekonomik sipariş miktarı modellerinde bazı gizli maliyetlerin hesaplanamaması ve bu nedenle analize katılmaması nedeniyle eksik ve yanlış sonuçlara ulaşıldığını ifade etmekte ve bu maliyetlerin tahmin edilmesinde termodinamik yasalarından faydalanılabileceğini ortaya koymaktadır. Termodinamik yasalarındaki *entropi* kavramından hareketle ortaya attığı *entropi maliyeti* kavramını ve fiziksel yasaların stok teorisinde uygulanabilirliğini ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu altında ekonomik sipariş miktarı modelinin elde edilmesinde kullanarak göstermiştir.

Jaber ve Osman (2006), tedarik zinciri içerisinde alıcı ve satıcının işbirliği yaparak ekonomik sipariş miktarını belirledikleri durum için birleştirilmiş ekonomik sipariş miktarı modeli geliştirmişlerdir. Bu modelde daha önceki çalışmalardan farklı olarak ödemelerde izin verilen gecikme süresi veri olarak değil karar değişkeni olarak ele alınmaktadır. Sonuç olarak birleştirilmiş model ile iki taraftan en az birinin toplam maliyetinin bağımsız durumdaki maliyetlerinden daha düşük olduğu görülmüştür.

Yang ve Wee (2006) benzer durumu bozulan ürünler için incelemişler ve işbirliği durumunda her iki tarafın da kazanacağı bir model geliştirmişlerdir. Modelde ayrıca talebin satış fiyatının fonksiyonu olduğu varsayılmıştır.

Chung ve Huang (2006) ödemelerde gecikmeye izin verilmesi yanında kusurlu ürün durumunu da modele dahil ederek yeni bir ekonomik sipariş miktarı modeli elde etmişlerdir. Chung ve Huang (2006) geliştirdikleri modelde Goyal (1985) ile Salameh ve Jaber (2000) modelini birleştirmişlerdir. Bu model ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ve kusurlu ürün durumunu aynı anda ele alan ilk ve tek çalışma olması yönüyle önem arz etmektedir.

Liao (2007a), Huang (2004a)'ın çalışmasına katkıda bulunarak yeni bir açılım getirmektedir. Buna göre, alıcı kredi dönemi boyunca kazandığı gelir ile kredi dönemi sonunda borcunun bir kısmını ödemekte, geri kalan kısmını ise bankadan alacağı borç ile ödemektedir. Bundan önceki çalışmalarda ise kredi dönemi sonunda kalan miktar için gecikme faizinin alındığı varsayımı yapılmaktadır.

Liao (2007b), Chang vd. (2003)'nin ele aldıkları problemin analizinin eksik olduğunu belirterek bu problem için alternatif bir yaklaşım ile daha basit bir çözüm yolu geliştirmiştir.

Huang (2007b) ödemelerde gecikmeye izin verme literatüründe *ödemelerde kısmi gecikmeye izin verilmesi* durumunu ilk defa ele alarak daha önceki çalışmalara yeni bir açılım getirmiştir. Huang (2007b) bu çalışmasında, ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumunu ele alan diğer çalışmalarda *belli bir sipariş miktarının üzerinde sipariş verilmesi durumunda ödemelerde tam gecikmeye izin verileceği aksi halde izin verilmeyeceği* varsayımı<sup>22</sup> yerine *sipariş miktarı belirlenen miktarın altında olması durumunda da kısmi gecikmeye izin verilebileceğini* ifade etmektedir.

Chen ve Kang (2007), tedarik zinciri açısından ele aldıkları çalışmalarında satıcı ve alıcı arasında belli bir anlaşma olduğu durum için her iki tarafın maliyet avantajını sağlayacak birleştirilmiş stok kontrol modelleri elde etmişlerdir. Üç model önerisinin yapıldığı çalışmada ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumunda satıcı ve alıcının ortak bir modelle kendileri için optimal olan sipariş miktarı ve sipariş sayısını bulmaya imkan veren bir model geliştirilmiştir.

Chung ve Huang (2007), Huang (2003)'ün elde ettiği modele depo kısıtı ve bozulma durumunu ekleyerek daha kapsamlı bir model elde etmişlerdir.

Sheen ve Tsao (2007) taşıma ücretleri için miktar indirimi ile kredi politikası konusunu birlikte ele almışlardır. Çalışmada kârı maksimum yapan satıcı tarafından verilecek kredi döneminin uzunluğu ve alıcının satış fiyatı ile sipariş miktarının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca nakliye ücretlerindeki indirimin bu değişkenler üstündeki etkisi de incelenmektedir.

Liao (2008), optimal tedarik süresi için geliştirdiği stok kontrol modelinde ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumunda erken ödemeler için nakit indirimi konusunu ele almıştır. Bu çalışmanın diğer benzer çalışmalardan farklı yönü ise; izin

---

<sup>22</sup> Buraya kadar ele alınan ve ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumunu inceleyen diğer çalışmalar incelendiğinde –Huang (2007b)'ün diğer çalışmalarda geçerli olduğunu ifade ettiği- bu varsayımın açık olarak ifadesine rastlanmamıştır. Fakat, Huang (2007b)'ün çalışmasında ilk defa ele alınan kısmi gecikme durumu ile, böyle bir varsayımın diğer çalışmalarda gizil (saklı) olduğu ve dolaylı olarak ifade edilmiş olduğu söylenebilir. Bazı çalışmalarda izin verilen gecikme süresinin sipariş miktarına bağlı olması varsayımı, pek çok çalışmada izin verilen gecikme süresinin sipariş miktarından bağımsız olduğu varsayımının bir açılımı olarak görülebilir ve kısmi gecikme varsayımı da bu çerçevede değerlendirilebilir.

verilen gecikme süresi çevrim süresinden kısa ise, alıcı ödemelerini çevrim süresi sonunda yapmakta ve bu sürenin sonuna kadar elde ettiği satış gelirini faiz hesabında değerlendirmektedir. Çevrim süresi sonunda elde ettiği gelirin tamamı ile satıcıya olan borcunu ödemekte ve kalan borcunu ise satış yaptıkça elde ettiği gelirle ödemektedir. Borcun çevrim süresi sonuna kadar ertelenmesi bu çalışmayı diğerlerinden ayıran temel unsurdur.

Sana ve Chaudhuri (2008) Liao vd. (2000) çalışmalarında ele alınan problemi farklı talep fonksiyonları altında ele alarak daha genel bir çerçevede incelemiştir. Bu çalışmada ekonomik sipariş miktarı modelleri, talebin; sabit, zamanla doğrusal artan, kuadratik artan, üssel olarak değişen, satış fiyatına bağlı, sipariş miktarına bağlı, hem satış fiyatı hem sipariş miktarına bağlı olması gibi farklı durumları için elde edilmektedir.

Jaggi vd. (2008), Huang (2007a) tarafından ele alınan iki düzeyli kredi dönemi altındaki çalışmaya müşterilerin talebinin kredi dönemine bağlı olduğu<sup>23</sup> varsayımını ekleyerek yeni bir model elde etmişlerdir.

Tsao ve Sheen (2008) dinamik fiyatlandırma tekniği kullanarak bozulan ürünler için ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu altında stok politikası geliştirmişlerdir. Çalışmalarında ayrıca, fiyat indirimi, kupon uygulaması ve bedava ürünler gibi *özendirme (promosyon)* stratejilerinin etkilerini de ele almışlardır. Bu etkiler altında kârı maksimum yapacak optimal fiyat, promosyon ve tedarik politikalarını sağlayan dinamik algoritmalar geliştirmişlerdir.

Bu çalışmalar dışında ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ve kredi dönemi altında elde edilen olasılıklı modeller de bulunmaktadır. Çalışmanın kapsamı deterministik modeller olduğu için stokastik modeller çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

---

<sup>23</sup> Pek çok çalışmada kredi dönemi uzunluğunun talebe bağlı olduğu kabul edilirken, bu çalışmada talebin kredi dönemine bağlı olduğu durum ele alınmaktadır. Bu yönüyle bu çalışma benzer çalışmalardan ayrılmaktadır.



### 2.2.2. Kusurlu Ürün

Klasik Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı modellerinde temel varsayımlardan birisi de sipariş sonucu gelen veya işletme içinde üretilen ürünlerin tamamının kusursuz ve hatasız olduğudur. Hâlbuki gerçek hayatta bu varsayımın tam olarak sağlanması mümkün değildir. Çünkü hem üretim aşamasındaki belirsizliklerden kaynaklanan nedenlerle hem de üretimden sonra taşıma ve nakliye sırasında ortaya çıkan olumsuzluklar sonucu kusurlu ve hatalı ürünler olabilmektedir.

Bu zamana kadar stok kontrol modelleri üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, kusurlu ürün durumunu ele alan pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların çoğu üretim sürecindeki aksaklıklardan kaynaklanan kusurlu ürün üretimi ve bu durumu ortadan kaldırmak için üretim sürecinin izlenmesi ve bakımı konusu üzerinde dururken bir kısım çalışmalarda da sipariş sonucu gelen ürünlerin belli bir oranda kusurlu ürün içerdiği konusu ele alınmaktadır.

Çalışmanın bu kısmında kusurlu ürün ve üretim durumunu ele alan ve bu zamana kadar geliştirilen modeller ve açılımları hakkında kısaca bilgi verilmektedir.

Üretim süreci sonucu üretilen malların bir kısmının kusurlu ve hatalı olması kaçınılmazdır. Çünkü üretim süreci belli bir zaman normal şekilde kusursuz üretim yaparken belirsizlikten kaynaklanan kalite ve verim düşüklüğü ile makine ve donanımda görülen arızalar sonucu bir noktadan itibaren kusurlu ürün üretmeye başlamaktadır. Bu kusurlu ürünler tekrar işlenip veya tamirden geçip kusursuz hale gelebileceği gibi defolu olarak düşük fiyattan satılabilmekte veya tamamen işe yaramaz olanlar hurdaya ayrılmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmaların çoğunda optimal ekonomik üretim miktarının bulunması ile sürecin optimal izleme ve bakım planlaması birlikte değerlendirilmektedir.

Rosenblatt ve Lee (1986), üretim sisteminin bir süre (*bu süre rassal bir değişkendir*) kusursuz ürün üretmesi, fakat daha sonra belli oranda kusurlu ürün üretmeye başlaması varsayımı altında yeni bir ekonomik üretim miktarı modeli geliştirmişlerdir. Sistemin kontrol dışı kalıp kusurlu ürün üretmeye başlayınca kadar geçen sürenin üssel dağılıma uyduğu varsayılmaktadır. Ayrıca kusurlu ürünler aynı üretim sürecinde belli bir maliyet ile tekrar işlenebilmektedir.

Modelden elde edilen optimal ekonomik üretim miktarı klasik ekonomik üretim miktarı modelinde elde edilen değerden daha düşük olarak bulunmuştur.

Porteus (1986) kusurlu ürünlerin klasik ekonomik sipariş miktarı üzerindeki etkilerini ele aldığı çalışmasında bir birim ürünün üretimi esnasında sürecin belli bir olasılıkla kontrol dışı kaldığı varsayımından hareket etmektedir. Süreç kalite geliştirme ve üretime hazırlık maliyetinin düşürülmesi konularını beraber ele aldığı çalışmasında Porteus (1986), üretime hazırlık maliyetlerini düşürmenin ve sürecin kalitesini artırmanın sipariş miktarını, üretilen kusurlu ürün miktarını ve dolayısıyla yıllık maliyeti azalttığı sonucuna varmıştır. Chand (1989), Porteus (1986) modelini öğrenmenin üretime hazırlık (kurulum) sıklığı ve süreç kalitesi üzerinde etkilerini de içerecek şekilde geliştirmiştir.

Lee ve Rosenblatt (1987), kusurlu üretimi ele aldıkları çalışmalarına sürecin izlenmesi ve bakımı durumunu da ekleyerek, yeni bir model geliştirmişlerdir. Modelde sistemin bakımı için kontrol ve izleme çizelgesi ile ekonomik üretim miktarının belirlenmesi eşanlı olarak elde edilmektedir. Optimal üretim miktarının belirlenmesi ve hangi aralıklarla sistemin gözden geçirilmesi gerektiği problemini ele alan bu modelde, izleme çizelgesi ve zamanlamasının eşit periyotlar halinde yapılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Cheng (1991) kusurlu üretim altında ve birim üretim maliyetinin talebe bağlı olduğu durum için yeni bir ekonomik sipariş miktarı modeli elde etmiştir. Geometrik programlama şeklinde formüle ettiği problem için Cheng (1991) kapalı formda optimal çözüm değerleri elde etmiştir.

Hariga ve Daya (1998), sistemin kontrol dışı kalmasına kadar geçen süre için genel dağılımları ve buna ek olarak optimal maliyet değerleri için dağılıma özgü ve dağılımdan bağımsız sınır değerlerini elde etmişlerdir. Daha sonra bu değerlerin hem üssel dağılım hem Weibull dağılım için geçerliliğini göstermişler ve duyarlılık analizlerini yapmışlardır.

Benzer şekilde, Kim ve Hong (1999), Rosenblatt ve Lee (1986) modelini, sistemin kontrol dışı kalıp kusurlu ürün üretmeye başlayıncaya kadar geçen sürenin dağılımının herhangi bir dağılıma uyabileceği varsayımını ekleyerek geliştirmişlerdir.

Lin (1999), ekonomik üretim miktarı modeli olarak geliştirdiği modelinde hem üretimde kusurlu ürün durumunu hem de hammadde ile ilgili kaynak kısıtını beraber ele almaktadır. Modelin amacı hammadde ve bitmiş ürün maliyetini minimum yapacak ekonomik üretim miktarının bulunmasıdır. Modelde ayrıca sistemin kontrol dışı kalmasına kadar geçen ortalama süre ile kusurlu ürün oranının üretime hazırlık maliyetinin bir fonksiyonu olduğu varsayılmaktadır.

Hayek ve Salameh (2001) kusurlu üretim durumunu ele alan çalışmalarında kusurlu ürün oranının birim dağılıma uyduğu ve kusurlu ürünlerin tekrar işlenerek kusursuz ürün haline getirildiğini varsaymışlardır. Geliştirdikleri modelde kusurluluk oranı rassal bir değişken olup üretim sırasında ortaya çıkan kusurlu ürünler, üretim durduktan sonra tekrar işlenerek kusursuz hale getirilmektedir. Ayrıca model stoksuzluğa izin vermektedir.

Ouyang vd. (2002) kalite iyileştirme konusunu, üretime hazırlık maliyeti ve tedarik süresinin kısaltılması durumu altında ele almışlardır. Kısmi stoksuzluğa izin verdikleri modelde tedarik süresi değişken olup bu sürenin normal dağılıma uyduğu durum ile dağılımdan bağımsız durumları için optimal değerler elde edilmiştir.

Chung ve Hou (2003), Rosenblatt ve Lee (1986) ile Kim ve Hong (1999) çalışmalarını temel alarak yeni bir model geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri modelde ayrıca stoksuzluğa da izin verilmektedir. Optimal çevrim süresi ve bu süre için sınır değerlerinin elde edildiği bu modelde sistemin kontrol dışı kalmasına kadar geçen sürenin ortalaması ve varyansı bilinen herhangi bir dağılıma uyduğu varsayılmaktadır. Chen ve Lo (2006) aynı modele kusurlu ürünler için tamir garantisi ve garanti maliyetleri konusunu ekleyerek yeni bir model elde etmişlerdir.

Wang ve Sheu (2003) ekonomik üretim miktarı modelini stoksuzluk durumu altında ve sistemin kontrol dışı kalması için geçen sürenin genel dağılımlara uyduğu varsayımı altında yeniden ele almışlar ve farklı durumlar altında optimal parti hacmi için temel özellikler ve sınır değerleri elde etmişlerdir.

Chan vd. (2003)'nin kusurlu üretim durumu için geliştirdikleri üç ekonomik üretim miktarı modelinde; üretilen ürünler %100 inceleme ve ayıklama sürecinden geçmekte ve kusursuz ürünler, kusurlu ürünler ve defolu ürünler olarak ayrılmaktadır. Bu ayırma işlemi ise ürünlerin normal dağılıma uyduğu varsayımı

altında yapılmaktadır. Buna göre, kalite özellikleri belirlenen sınırların dışında kalan ürünler defolu olarak nitelenmektedir. Defolu ürünler içinde üst sınırın dışında kalanlar hurdaya ayrılmakta alt sınırın altında kalanlar ise tekrar işlemden geçirilerek kaliteli ürün durumuna gelmektedir. Kalite özellikleri belirlenen sınırlar içinde kalan fakat kusurlu olan ürünler ise düşük fiyattan satılmaktadır. Bu yönüyle, hurdaya ayırma, düşük fiyattan satma ve tekrar işleme durumlarını tek bir modelde göstermekle bu çalışma diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

Chiu (2003), Hayek ve Salameh (2001) modeline bazı eklemelerde bulunmuştur. Chiu (2003) modelinde farklı olarak kusurlu ürünlerin hepsi yerine bir kısmının tekrar işlenerek kusursuz ürün haline geldiği bir kısmının ise hiç işlem görmeden indirimli fiyattan satıldığı varsayılmaktadır.

Eroğlu vd. (2004) ise kusurlu ürünleri yeniden işleme almak yerine indirimli fiyattan satmanın daha uygun olduğunu ifade ederek yeni bir ekonomik üretim miktarı modeli geliştirmişlerdir. Bu modelde kusurluluk oranının tekdüze dağılıma uyduğu ve kusurlu ürünlerin üretim durunca indirimli fiyattan satıldığı ve stoksuzluğa izin verildiği varsayımları yapılmaktadır.

Hou ve Lin (2004), Rosenblatt ve Lee (1986) modeline kalite iyileştirme durumunu da ekleyerek yeni bir model elde etmişlerdir. Bu modelde kalite iyileştirme için yapılan sermaye yatırımının süreç kalitesi ve çevrim süresi üzerindeki etkileri incelenmektedir.

Üretim sürecinin kusurlu ürün üretmesi durumunda sistemin tekrar kontrol altına alınması için optimal bakım ve izleme çizelgesinin ve ekonomik üretim miktarı modelinin elde edilmesi konusu ayrıca Lee ve Rosenblatt (1989), Lin vd. (1991), Lee ve Park (1991), Liou vd. (1994), Rahim (1994), Tseng (1996), Makis (1998), Makis ve Fung (1998), Ben-Daya (1999; 2002), Ben-Daya ve Makhdoum (1998), Wang ve Sheu (2001), Sheu ve Chen (2004) ve Lin vd. (2003) çalışmalarında ele alınmaktadır.

Üretim sürecinin bazı nedenlerle kesilmesi sonucu üretimde yaşanan aksaklıklar da kusurlu üretim konusu kapsamında ele alınmaktadır. Buna göre, makinelerin arızalanması ve tamiri gibi üretimi aksatan konular altında pek çok ekonomik üretim miktarı modeli geliştirilmiştir. Bu modellere örnek olarak

Groenevelt vd. (1992a; 1992b), Berg vd. (1994), Srinivasan ve Lee (1996), Chung (1997), Liu ve Cao (1999) ve Chakraborty (2008)'in çalışmalarına bakılabilir.

Kusurlu ürün durumu, sipariş sonucu gelen ürünlerin belli bir oranda kusurlu ürün içermesi şeklinde ekonomik sipariş miktarı modellerinde de ele alınmıştır. Bu durumda sipariş sonucu gelen her parti ürün, inceleme ve ayıklama sürecinden geçirilerek kusurlu ürünler belirlenmekte ve ayrılmaktadır. Bu kusurlu ürünler tekrar işlenerek veya tamir edilerek kusursuz hale gelebileceği gibi, o haliyle indirimli fiyattan da satılabilmektedir. Farklı durumlar altında kusurlu ürün durumunda geliştirilen ekonomik sipariş miktarı modelleri aşağıda ele alınmaktadır.

Schwaller (1988) gelen sipariş içindeki kusurlu ürün oranının bilindiği ve bu ürünler için sabit ve değişken inceleme ve ayıklama maliyetlerinin olduğu varsayımı altında ekonomik sipariş miktarı modeli elde etmiştir.

Zhang ve Gerchak (1990), sipariş edilen ürünlerin rassal bir oranının kusurlu olduğu durum için optimal sipariş miktarı ve inceleme politikasını aynı anda ele alan bir model geliştirmişlerdir. Modelde, kusurlu ürünlerin tekrar kullanılmadığını ve kusursuz ürünler ile değiştirilmesi gerektiği öne sürülmektedir. Çözüm sonucunda optimal sipariş miktarında çok fazla değişim (artış) olmasına rağmen amaç fonksiyonu değerinin (toplam maliyetin) çok az arttığı saptanmıştır.

Salameh ve Jaber (2000), geliştirdikleri modelde sipariş sonucu gelen partilerin belli bir oranda kusurlu ürün içerdiğini ve kusurluluk oranının rassal olarak tekdüze dağılıma uyduğu varsayımını yapmışlardır. Modelde, gelen siparişler %100 inceleme sürecinden geçmekte ve tespit edilen kusurlu ürünler indirimli fiyattan tek parti halinde satılmaktadır. Sonuç olarak, kusurlu ürün durumunda kusurluluk oranı arttıkça ekonomik sipariş miktarı da artmaktadır.

Salameh ve Jaber (2000) modeli alan yazında büyük ilgi görmüş ve pek çok çalışmada tekrar ele alınarak geliştirilmiştir. İlk olarak, Cardenes-Barron (2000) Salameh ve Jaber (2000) modelinin formülasyonundaki bir yanlışlığı düzeltmişlerdir.

Goyal ve Cardenes-Baron (2002), Salameh ve Jaber (2000) modeli üzerinde çalışmışlar ve optimal sipariş miktarının bulunmasında daha basit ve uygulaması daha kolay yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu şekilde daha basit bir yolla elde

ettikleri optimal değerler, Salameh ve Jaber (2000) tarafından elde edilen değerlerle karşılaştırıldığında birbirine çok yakın olduğu, beklenen kâr değerlerindeki sapmaların da ihmal edilecek kadar küçük olduğu sonucuna varılmıştır.

Chang (2004), Salameh ve Jaber (2000) modelini bulanık küme teorisi kullanarak geliştirmiş ve kusurluluk oranı ile talep oranının bulanık değişkenler olduğu varsayımı altında ekonomik sipariş miktarı modeli elde etmiştir.

Huang (2004), Salameh ve Jaber (2000) modelini tedarik zinciri açısından ele alarak alıcı ve tedarikçinin toplam maliyetini minimum yapacak birleştirilmiş bir model geliştirmiştir. Salameh ve Jaber (2000) tarafından kullanılan çözüm tekniği ile elde edilen optimal değerler karşılaştırıldığında toplam maliyetin birleştirilmiş modelde daha düşük olduğu görülmektedir.

Papachristos ve Konstantaras (2006), Salameh ve Jaber (2000) ile Chan vd. (2003) çalışmalarını tekrar ele alarak bu çalışmalarda elde edilen modeller için stoksuzluk durumuna düşmemeyi sağlayacak gerek ve yeter koşullarını ortaya koymuşlardır.

Wee vd. (2007) ile Eroğlu ve Özdemir (2007) Salameh ve Jaber (2000) modeline stoksuzluğa izin verilmesi durumunu ekleyerek yeni bir model geliştirmişlerdir. Wee vd. (2007)'nin modelinde gelen sipariş ile bir önceki dönemden karşılanamayan talebin anında karşılandığı varsayılırken Eroğlu ve Özdemir (2007) modelinde ise bir önceki dönemde karşılanamayan talebin yeni gelen siparişin incelenip kusurlu ürünler ayrıldıkça geriye kalan kusursuz ürünlerden karşılandığı varsayımı yapılmaktadır. Bu yönüyle Wee vd. (2007) modelindeki mantıksal bir hata Eroğlu ve Özdemir (2007) modelinde doğru şekliyle ele alınmaktadır.

Maddah ve Jaber (2008), Salameh ve Jaber (2000) modelini tekrar ele almış ve modeldeki eksik ve hataları düzeltmişlerdir.<sup>24</sup> Düzeltilmiş modelde daha önce Salameh ve Jaber (2000) tarafından elde edilen modelin çözümü için daha basit ve kısa eşitlikler elde edilmiştir. Ayrıca Maddah ve Jaber (2008)'in çalışmasında, tespit

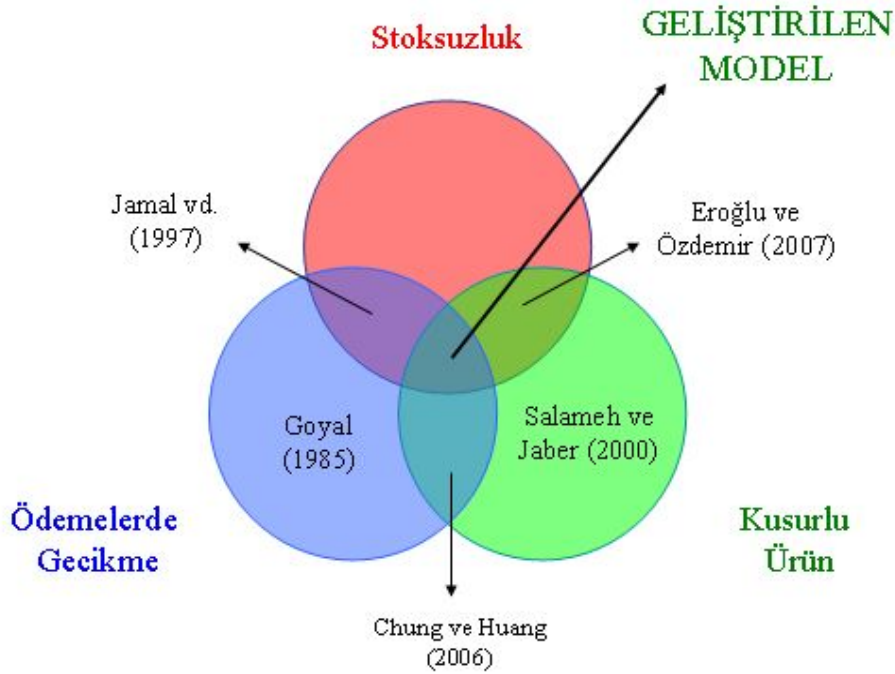
---

<sup>24</sup> Salameh ve Jaber modelindeki en önemli yanlış birim zamandaki toplam kâr fonksiyonunun beklenen değerinin elde edilmesinde yenileme ödül teoreminin kullanılmamasıdır. Bu çalışma ile ilgili ayrıntılı bilgi ileride geliştirilen modelin özel durumları altında gelecektir.

edilip ayrılan kusurlu ürünlerin tek seferde nakliyesi yerine toplulaştırılarak belli bir miktara ulaştığında gönderilmesi konusu ele alınarak gönderme zamanının belirlenmesi için de bir model elde edilmiştir. Bu yönüyle bu çalışma kusurlu ürün durumu altında ekonomik sipariş miktarı modeli konusunda yapılmış çalışmalara yeni bir bakış açısı getirmektedir.

Hem ödemelerde gecikmeye izin verilmesi hem de kusurlu ürün durumunu aynı anda ele alan modeller ise son yıllarda çalışılmaya başlanmıştır. Bu konuda yapılan ve literatüre geçen tek çalışma Chung ve Huang (2006) tarafından geliştirilen ekonomik sipariş miktarı modelidir. Geliştirilen modelde ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça optimal sipariş miktarı, toplam kâr ve çevrim süresi artmaktadır. Diğer taraftan kusurlu ürün oranı arttıkça optimal sipariş miktarı artmakta, çevrim süresi ve toplam kâr ise azalmaktadır.

Çalışmanın son bölümünde ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ve kusurlu ürün durumu altında yeni bir ekonomik sipariş miktarı modeli geliştirilmektedir. Geliştirilen modelin literatürdeki yeri ve literatüre katkısı Şekil 2.3'te gösterilmektedir.



**Şekil 2.3. Geliştirilen Modelin Literatürdeki Yeri ve Literatüre Katkısı**

Geliştirilen model temel olarak kusurlu ürün durumu için geliştirilen Salameh ve Jaber (2000) modeli ile ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumunu ilk analiz eden Goyal (1985) modellerinin üzerine bina edilmektedir. Modelde stoksuzluğa da izin verilmesi yönüyle bu çalışmada geliştirilen model Chung ve Huang (2006), Eroğlu ve Özdemir (2007) ile Jamal vd. (1997) modellerinin devamı niteliğinde olup stoksuzluğa ve ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ile kusurlu ürün durumunu aynı anda ele almaktadır.

Dolayısıyla geliştirilen model ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ve kusurlu ürün durumunu birlikte ele alan çalışmalar için yapılan en son çalışma olarak literatüre katkı sağlama amacını taşımaktadır.



# ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

## YENİ BİR EKONOMİK SİPARİŞ MİKTARI MODEL ÖNERİSİ

### 3. Model Önerisi

Bu çalışmada ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ve kusurlu ürün durumunu aynı anda ele alan ayrıca stoksuzluğa da izin veren bir model geliştirilmektedir. Geliştirilen model için sayısal örnekler verilmekte ve ödemelerde gecikme süresi ile kusurlu ürün oranındaki değişimlerin optimal değerler üzerindeki etkileri duyarlılık analizi yardımıyla araştırılmaktadır.

#### 3.1. Kullanılan Simgeler

$Q$	sipariş miktarı (birim / çevrim süresi)
$B$	stoksuzluk miktarı (birim / çevrim süresi)
$D$	yıllık talep miktarı (birim / yıl)
$p$	sipariş miktarı içindeki kusurlu ürün oranı (rassal değişken)
$f(p)$	kusurlu ürün oranının olasılık yoğunluk fonksiyonu
$K$	her bir sipariş için sipariş maliyeti
$c$	birim değişken maliyet
$s$	kusursuz ürünler için birim satış fiyatı
$v$	kusurlu ürünler için birim satış fiyatı ( $v < s$ )
$h$	birim stok bulundurma maliyeti (ödenecek faiz veya sermayenin fırsat maliyeti hariç)
$\pi$	birim stoksuzluk maliyeti
$x$	birim zamanda ürün inceleme oranı
$d$	birim ürün inceleme maliyeti
$T$	çevrim süresi (yıl)

$M$	ödemelerde izin verilen gecikme süresi (yıl)
$t$	kusurlu ürünlerin incelenmesi için geçen süre
$t_1$	önceki periyotta oluşan stoksuzluk durumunun siparişin gelmesi ile kusurlu ürünler tespit edilip ayrıldıktan sonra geriye kalan kusursuz ürünlerden karşılandığı süre
$t_2$	stoksuzluk durumu karşılandıktan sonra stoktaki ürünlerin incelenmesi işleminin tamamlanmasına kadar geçen süre, $t - t_1$
$t_3$	kusurlu ürünlerin tamamının tespit edilip stoktan çıkarıldıktan sonra talebin normal olarak stoktan karşılandığı süre
$t_4$	stoksuzluğa izin verilen süre
$F$	siparişin gelmesiyle talebin; gelen siparişle, stoksuzluk durumuna düşmeden normal olarak stoktan karşılanabildiği süre (yıl)
$I_e$	yıllık faiz oranı (mevduat hesabı için)
$I_o$	izin verilen gecikme süresi sonunda ödenmeyen miktar için -gecikme cezası olarak- yıllık faiz oranı
$Q^*$	optimal sipariş miktarı
$B^*$	izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı
$T^*$	optimal çevrim süresi (yıl)
$E(.)$	beklenen değer işlemcisi

### 3.2. Varsayımlar

1. Her bir çevrim süresi için talep bilinmektedir. Talep hızı sabit ve süreklidir.
2. Stok seviyesi belli bir düzeye düştüğünde yani tekrar sipariş verme noktasında sipariş verilmektedir. Siparişin verilmesi ile teslim alınması arasında geçen tedarik süresi sabit ve gecikmelerin olmadığı

varsayılmaktadır. Tedarik süresi uzunluğunun toplam maliyet üzerinde doğrudan etkisinin olmadığı kabul edilmektedir.

3. Tek kalem ürün partiler<sup>25</sup> halinde sipariş verilmektedir. Satın alma fiyatı birim başına  $c$  olup, sipariş maliyeti  $K$  'dır.
4. Sipariş sonucu gelen her parti bir miktar kusurlu ürün içermektedir. Kusurluluk oranı,  $p$  , rassal bir değişken olup tekdüze dağılıma uymaktadır ve  $f(p)$  gibi belli bir olasılık yoğunluk fonksiyonuna sahiptir. Dağılımın ranjı  $[a,b]$  olup,  $0 \leq a < b \leq 1$  'dir.
5. Her partideki  $Q$  kadar ürün, birim zamanda  $x$  birim inceleme oranı ile %100 inceleme sürecinden geçirilerek kusurlu ürünler tespit edilip ayrılmaktadır. Ayrılan kusurlu ürünler, inceleme süreci sonunda tek parti halinde indirimli fiyattan satılmaktadır. (Bu inceleme süresi içinde tespit edilen kusurlu ürünler için stokta kaldığı süre kadar stok bulundurma maliyeti söz konusudur.) Bu ürünler için satış fiyatı olan  $v$  , kusursuz ürünler için satış fiyatı olan  $s$  'den daha düşüktür. ( $v < s$ )
6. Stoksuzluğa (elde bulundurmamaya) izin verilmektedir. Çevrim süresi için izin verilen maksimum stoksuzluk miktarının tamamı, bir sonraki sipariş geldikten sonra kusurlu ürünler incelenip ayrıldıkça geriye kalan kusursuz ürünlerden karşılanmaktadır.
7. Gelen siparişin içindeki kusurlu ürünler için inceleme oranı,  $x$  , talep oranından yeterince büyüktür.<sup>26</sup> Yani, kusurlu ürünlerin incelendiği süre içerisinde kusurlu ürünlerin ayıklanmasından sonra geriye kalan kusursuz ürünler, talebi rahatlıkla karşılamaya yetmektedir. Ayrıca, inceleme oranının yeterince büyük olmasının sonucu olarak; inceleme süresi,  $t$  , ödemelerde izin verilen gecikme süresi  $M$  'den her durumda daha kısadır.

---

<sup>25</sup> Burada kullanılan *parti* sözcüğü ile bir siparişte verilen ve teslim alınan toplam ürün miktarı kastedilmektedir ve İngilizcedeki *lot* kelimesinin karşılığı olarak ifade edilmektedir.

<sup>26</sup> Bu varsayımın genel olarak geçerli olabilmesi için; satın alınan veya üretilen bütün ürünleri çok kısa zamanda inceleyip, kusurlu olanları ayırabilecek otomatik bir makineye sahip olmak gerekmektedir.

8. Ödemelerde belli bir süre gecikmeye izin verilmektedir.
9. Ödemelerde izin verilen gecikme süresinin bitimine kadar geçen sürede satılan ürünlerden elde edilen satış geliri piyasa faiz oranından, ( $I_e$ ), vadeli mevduat hesabına yatırılmakta ve faiz geliri elde edilmektedir. İzin verilen gecikme süresinin sonunda, toplam sipariş tutarı ödenmektedir. Ödenmeyen sipariş tutarı için belli bir faiz oranında, ( $I_o$ ), gecikme cezası uygulanmaktadır. Gecikme cezası olarak ele alınan bu faiz oranı, ( $I_o$ ), piyasa faiz oranı, ( $I_e$ )'ye eşit veya daha yüksektir. ( $I_o \geq I_e$ )<sup>27</sup>

### 3.3. Matematiksel Model

Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modellerinde, sipariş sonucu gelen ürünlerin tamamının sağlam olduğu bir başka ifade ile hatalı ürün bulunmadığı ve ödemelerin malın tesliminde peşin olarak yapıldığı varsayılmaktadır. Bu çalışmada geliştirilen ekonomik sipariş miktarı modelinde ise, klasik modellerden farklı olarak, gelen siparişlerin kusurlu ürün içerdiği ve ödemelerde belli bir süreye kadar gecikmeye izin verildiği durum analiz edilecektir.

Bu iki varsayımın gevşetilmesiyle ortaya çıkan iki temel çalışma vardır. Kusurlu ürün durumunu ele alan Salameh ve Jaber (2000) modeli ile ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumunu ele alan Goyal (1985) modelidir. Chung ve Huang (2006) geliştirdikleri modelde her iki durumu birlikte ele alarak optimal çevrim süresi ve optimal parti büyüklüğünü veren bir model ortaya koymuşlardır. Fakat onlar çalışmalarında stoksuzluk durumunu ele almamışlardır. Bu çalışmada önerilen modelde kusurlu ürün ve ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu ile birlikte stoksuzluğa da izin verilmektedir. Bu çalışma bu yönüyle bu konuyu ele alan çalışmaların en genel halini ortaya koymaktadır.

<sup>27</sup> Bazı çalışmalarda bu iki faiz oranının birbirine eşit olduğu varsayımı yapılmıştır. Goyal (1985) Bu durumda sermayenin fırsat maliyeti olarak görülen bu değer piyasa faiz oranına eşit kabul edilmesi işletme için bir fon kaynağı olarak görülebilir. Yani, alıcı izin verilen gecikme süresi sonunda klan borcunu piyasa faiz oranından borçlanarak kapatabilmektedir. Çoğu çalışmada ise bu faiz oranı alıcının ödemelerde gecikmeye izin verilen süre sonunda ödemediği miktar için toptancıya ödemek zorunda olduğu gecikme cezasının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Dolayısıyla zamanında ödenmeyen borcun maliyeti olarak maliyet kalemleri içinde değerlendirilmektedir.



Her gelen parti  $p$  oranında kusurlu ürün içerdiğinden,  $t_1$  döneminde inceleme sürecinden geçen kusursuz ürün oranı  $(1-p)$ 'dir. Bu kusursuz ürünlerin bir kısmı  $t_1$  dönemindeki normal talebin karşılanmasında, geriye kalan kısmı ise bir önceki dönemde stoksuzluk nedeniyle karşılanamayan talebin karşılanmasında kullanılmaktadır. Önceki dönemde karşılanamayan bu talebin  $t_1$  döneminde karşılanma oranı;

$(1-p)x - D = (1-p - D/x)$  olmaktadır. (Şekil 3.1'de bu oran  $A$  ile ifade edilmiştir.)

$t$  dönemi sonunda, sipariş sonucu gelen bütün ürünler inceleme sürecinden geçmiş olup, ayrılan kusurlu ürünler,  $pQ$ , tek parti halinde satılarak stoktan çıkmaktadır.  $t_3$  döneminde oluşan talep, kusurlu ürünlerin stoktan ayrılmasıyla geriye kalan kusursuz ürünlerden karşılanmaktadır.  $t_3$  dönemi sonunda elde stok kalmamaktadır. Bir sonraki sipariş gelene kadar geçen  $t_4$  döneminde stoksuzluğa izin verilmekte ve biriken bu talep bir sonraki periyotta gelecek olan sipariştten karşılanmaktadır.

Modelin anlamlılığı ve analizi için modelin genelinde kullanılacak olan bazı eşitliklerin ve çıkarımların önceden elde edilmesi gerekmektedir. Şekil 3.1'e göre modelin genelinde kullanılacak bu eşitlikler ve çıkarımlar aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

İki sipariş arasında geçen süre çevrim süresi veya bir periyot olarak ele alınmaktadır. Her bir çevrim süresindeki toplam talep, kusursuz ürünlerden karşılandığı için; çevrim süresi, bir periyottaki kusursuz ürünlerin birim zamandaki talebe bölünmesiyle hesaplanabilir. Buna göre kusursuz ürün miktarı ve çevrim süresi aşağıdaki gibi olacaktır:

$Q$  : sipariş miktarı,  $p$  : kusurlu ürün oranı, ve  $N(Q, p)$  : bir partideki kusursuz ürün miktarını göstermek üzere;

$$N(Q, p) = Q - pQ = (1-p)Q \quad (1)$$

Çevrim süresi:

$$T = \frac{(1-p)Q}{D} \quad (2)$$

Kusurluluk oranı,  $p$ , rassal bir değişken olduğundan, çevrim süresinin beklenen değeri:

$$E(T) = \frac{[1-E(p)]Q}{D} \quad (3)$$

olarak yazılabilir.

Stoksuzluğa izin verilen maksimum miktar  $B$  olup, bu miktarın gelen siparişle karşılanması için geçen süre,  $t_1$ :

$$t_1 = \frac{B}{Ax} \quad (4)$$

Burada;  $A = 1 - p - D/x$  dir. Diğer taraftan  $t_1$  döneminde, o dönemde gelen talebin kusursuz ürünlerden karşılanması durumunda ise,  $t_1$ :

$$t_1 = \frac{Q-Z}{(1-p)x} \quad (5)$$

$Z$  değeri (4) ve (5) no'lu eşitlikler kullanılarak aşağıdaki gibi elde edilir.

$$Z = Q - \frac{(1-p)B}{A} \quad (6)$$

Her bir sipariş sonucu gelen  $Q$  miktar ürün için gerekli inceleme ve ayıklama süresi  $t$  ise:

$$t = \frac{Q}{x} \quad (7)$$

Geçmiş dönemden kalan stoksuzluk durumunun karşılanmasından sonra inceleme süresinin bitimine kadar geçen süre  $t_2$  olup, Şekil 3.1'den bu süre  $t - t_1$ 'dir.

Buradan  $t_2$ :

$$t_2 = t - t_1 = \frac{Z - Z_1 - pQ}{D} \quad (8)$$

(8) no'lu eşitlikte;  $t$ ,  $t_1$  ve  $Z$  değerleri yerine konulup çözüldüğünde  $Z_1$  değeri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$Z_1 = AQ - B \quad (9)$$

Talebin normal olarak stoktan karşılandığı süre,  $t_3$ :

$$t_3 = \frac{Z_1}{D} = \frac{AQ - B}{D} \quad (10)$$

Bir sonraki sipariştten karşılanmak üzere stoksuzluğa izin verilen süre,  $t_4$ :

$$t_4 = \frac{B}{D} \quad (11)$$

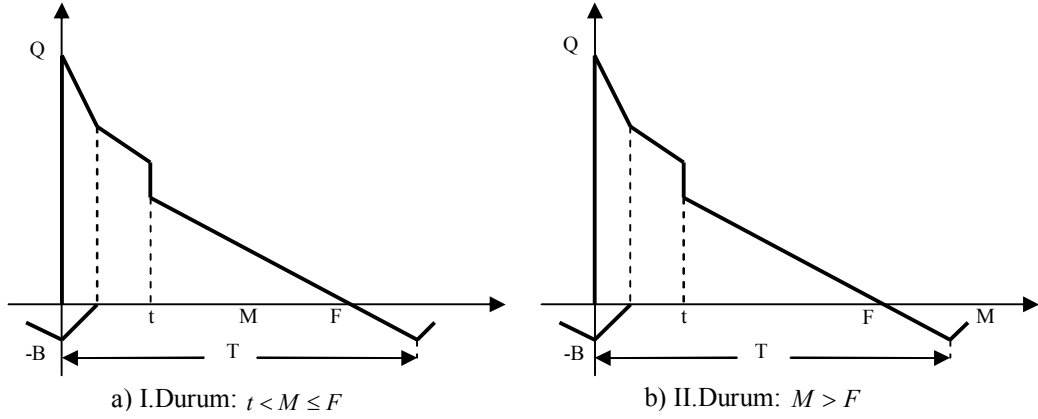
olarak bulunur.

Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modellerinde ödemelerin malın teslimi sırasında peşin olarak yapıldığı varsayılmaktadır. Oysa, gerçek hayatta ödemelerde bir miktar gecikmeye izin verilmektedir. Bu noktadan hareketle bu çalışmada ele alınan modelde ödemelerde gecikmeye izin verilmesi varsayımı altında iki durum ortaya çıkmaktadır. Bunlar:

**i. I. Durum:** ( $t < M \leq F$ ) Ödemelerde gecikmeye izin verilen sürenin; inceleme süresi  $t$ 'den daha büyük, fakat talebin stoksuzluğa düşmeden normal olarak stoktan karşılanabildiği süre olan  $F$ 'den daha küçük veya eşit olduğu durum. (Şekil 3.2a)



ii. II. Durum: (  $M > F$  ) Gecikmeye izin verilen sürenin; talebin stoksuzluğa düşmeden normal olarak stoktan karşılanabildiği süre olan  $F$  'den daha büyük olduğu durum. (Şekil 3.2b)



Şekil 3.2. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Farklı Durumları

Ödemelerde gecikmeye izin verilmesi sonucu ortaya çıkan bu iki durum yukarıda elde edilen eşitlik ve çıkarımlar kullanılarak aşağıda analiz edilecektir.

### 3.3.1. I. Durum İçin Modelin Elde Edilmesi

Ödemelerde gecikmeye izin verilen sürenin, talebin stoksuzluğa düşmeden normal olarak stoktan karşılanabildiği  $F$  döneminden daha kısa, kusurlu ürünlerin incelenmesi için geçen süre  $t$ 'den daha büyük olduğu durum için, stok seviyesinin zamana göre değişimi Şekil 3.2'nin a) panelinde görülmektedir. Amaç toplam kârı en çok yapacak sipariş miktarı ve izin verilecek maksimum stoksuzluk miktarını hesaplayacak modeli elde etmektir.

Toplam kâr; toplam gelir ile toplam maliyet arasındaki fark olduğundan,  $TR_1(Q, B)$ ,  $TC_1(Q, B)$  ve  $TPU_1(Q, B)$ , I. durum ( $t < M \leq F$ ) için sırasıyla; toplam gelir, toplam maliyet ve birim zamandaki toplam karı göstermek üzere:

Toplam gelir; kusursuz ürünlerin satışından elde edilen gelir, kusurlu ürünlerin satışından elde edilen gelir ve ödemelerde izin verilen gecikme süresi içerisinde elde edilen faiz geliri toplamından oluşmaktadır. Buradan:

$$\text{Toplam Gelir} = \left( \begin{array}{c} \text{kusursuz ürün} \\ \text{satış geliri} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{kusurlu ürün} \\ \text{satış geliri} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{faiz} \\ \text{geliri} \end{array} \right) \quad (12)$$

$$\begin{aligned} TR_1(Q, B) &= s(1-p)Q + vpQ + \frac{sDM^2I_e}{2} + vpQ(M-t)I_e \\ &= s(1-p)Q + vpQ + \frac{sDM^2I_e}{2} + vpQ(M-Q/x)I_e \end{aligned} \quad (13)$$

Toplam maliyet ise; çevrim süresi başına sipariş maliyeti, satın alma maliyeti, inceleme maliyeti, stok bulundurma maliyeti, stoksuzluk maliyeti ve ödemelerde izin verilen gecikme süresi dolduktan sonra ödenmeyen miktar için hesaplanacak faiz (gecikme cezası) toplamından oluşmaktadır. Buna göre:

$$\begin{aligned} \text{Toplam Maliyet} &= \left( \begin{array}{c} \text{sipariş} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{satın alma} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{inceleme} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{stok bulundurma} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right) \\ &\quad + \left( \begin{array}{c} \text{stoksuzluk} \\ \text{maliyeti} \end{array} \right) + \left( \begin{array}{c} \text{gecikme} \\ \text{cezası} \end{array} \right) \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} TC_1(Q, B) &= K + cQ + dQ + h \left[ \frac{t_1(Q+Z)}{2} + \frac{(t-t_1)(Z+Z_1+pQ)}{2} + \frac{t_3Z_1}{2} \right] \\ &\quad + \frac{\pi(t_1+t_4)B}{2} + c \left( \frac{(1-p)Q - B - DM}{2} \right) (T-t_4-M)I_o \end{aligned} \quad (15)$$

İlgili değişkenler yerine konup gerekli sadeleştirmeler yapılırsa;  $TC_1(Q, B)$  fonksiyonu birbirine eşit iki farklı eşitlik şeklinde aşağıdaki gibi elde edilir.<sup>28</sup>

$$\begin{aligned} TC_1(Q, B) &= K + \frac{cDM^2I_o}{2} + cMI_oB - c(1-p)MI_oQ + (c+d)Q \\ &\quad - \frac{(1-p)(h+cI_o)}{D}QB + \frac{cI_o}{2D}B^2 + \frac{(h+\pi)}{2D} \frac{(1-p)}{(1-p-D/x)}B^2 \\ &\quad + \frac{h}{2D} \left[ \frac{D(2-D/x)}{x} + (1-p-D/x)^2 \right] Q^2 + \frac{(1-p)^2cI_o}{2D}Q^2 \end{aligned} \quad (16a)$$

<sup>28</sup> Bu iki eşitlik arasındaki fark ise stok bulundurma maliyetinin hesaplanmasında ortaya çıkmaktadır. Çünkü: (16a)'daki stok bulundurma maliyeti olan

$\frac{h}{2D} \left[ \frac{D(2-D/x)}{x} + (1-p-D/x)^2 \right]$ ,nın eşdeğeri (16b)'de  $\frac{h}{2} \left[ \frac{(1-p)^2}{D} + \frac{2p}{x} \right]$ ,dir.

$$\begin{aligned}
TC_1(Q, B) = & K + \frac{cDM^2I_o}{2} + cMI_oB - c(1-p)MI_oQ + (c+d)Q \\
& - \frac{(1-p)(h+cI_o)}{D}QB + \frac{cI_o}{2D}B^2 + \frac{(h+\pi)}{2D} \frac{(1-p)}{(1-p-D/x)}B^2 \\
& + \frac{h}{2} \left[ \frac{(1-p)^2}{D} + \frac{2p}{x} \right] Q^2 + \frac{(1-p)^2cI_o}{2D}Q^2
\end{aligned} \tag{16b}$$

Kusurlu ürün oranı  $p$ , rassal bir değişken olduğundan, çevrim süresi ve toplam kâr değerleri de rassal olacaktır. Bu durumda birim zamandaki toplam kârın beklenen değeri; toplam gelir ile toplam maliyetin beklenen değerleri farkının çevrim süresinin beklenen değerine bölünmesiyle hesaplanabilir. Yenileme ödül teoremi<sup>29</sup> (*renewal reward theorem*) olarak bilinen bu yöntemle birim zamandaki toplam kârın beklenen değeri aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$E(TPU_1) = \frac{E(TR_1) - E(TC_1)}{E(T)} \tag{17}$$

olmak üzere, toplam gelir, toplam maliyet ve çevrim süresinin beklenen değerleri aşağıdaki gibidir:

$$E(TR_1) = sE_1Q + vE(p)Q + vE(p)MI_eQ - \frac{vE(p)I_eQ^2}{x} + \frac{sDM^2I_e}{2} \tag{18}$$

$$\begin{aligned}
E(TC_1) = & \frac{hE_4 + cE_5I_o}{2D}Q^2 - \frac{(h+cI_o)E_1}{D}BQ + \frac{(h+\pi)E_2 + cI_o}{2D}B^2 \\
& - cME_1I_oQ + (c+d)Q + cMI_oB + \frac{cDM^2I_o}{2} + K
\end{aligned} \tag{19}$$

---

<sup>29</sup> *Yenileme ödül teoremi*, birim zamanda ortalama kazancın beklenen değerinin hesaplanmasında kullanılan bir yöntemdir. Müşterilerin bir kuyruğa geliş zamanları veya bir üretim sürecinde meydana gelen makine arızalarının oluş zamanının modellenmesinde iki oluş zamanı arasındaki zaman olasılıklı bir yapı sergilemektedir. Bu zaman farklarının toplamı kümülatif dağılım fonksiyonuna sahip olup bu sürece yenileme süreci (*renewal process*) denilmektedir. Her bir zaman diliminde elde edilen kazanç ile bu zaman dilimleri olasılıklı bir yapıya sahip olduğundan birim zamanda ortalama kazancın beklenen değerinin hesaplanmasında *yenileme ödül teoremi* kullanılmaktadır. Bu teoreme göre ortalama kazancın beklenen değeri toplam kazancın beklenen değerinin zaman dilimleri toplamının beklenen değerine bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Bu çalışmada da birim zamandaki toplam kârın beklenen değerinin hesaplanmasında bu teoremden faydalanılmaktadır. Aksi halde bulunan beklenen değerler yanlış olacaktır. Nitekim Salameh ve Jaber (2000) modelindeki bu tür bir yanlışlık Maddah ve Jaber (2007) tarafından düzeltilmiştir. Eroğlu ve Özdemir (2007) modelinde de kullanılan *yenileme ödül teoremi* hakkında ayrıntılı bilgi için bkz: ROSS, 1996: Bölüm 3; Batabyal, 2007: 253-257.

$$E(T) = \frac{E_1 Q}{D} \quad (20)$$

Bu eşitliklerde;

$$E_1 = E(1-p) = 1 - E(p)$$

$$E_2 = E\left(\frac{1-p}{1-p-D/x}\right)$$

$$E_3 = E[(1-p-D/x)^2]$$

$$E_4 = \frac{D(2-D/x)}{x} + E_3$$

$$E_5 = E[(1-p)^2] \text{ olarak alınmaktadır.}$$

Bu ifadeler, (17) no'lu eşitlikte yerine konulursa; birim zamandaki toplam kârın beklenen değeri aşağıdaki gibi bulunur:

$$\begin{aligned} E(TPU_1) &= \frac{E(TR_1) - E(TC_1)}{E(T)} \\ &= \left[ s + cMI_o + \frac{vE(p)(1+MI_e) - c - d}{E_1} \right] D \\ &\quad - \left[ \frac{vE(p)I_e D}{x} + \frac{hE_4 + cE_5 I_o}{2} \right] \frac{Q}{E_1} - [(h + \pi)E_2 + cI_o] \frac{B^2}{2E_1 Q} \\ &\quad - \left[ (cI_o - sI_e)D^2 M^2 + 2KD \right] \frac{1}{2E_1 Q} - \frac{cMI_o DB}{E_1 Q} + (h + cI_o)B \end{aligned} \quad (21)$$

Amaç; birim zamandaki toplam kârın beklenen değerini en çok yapan sipariş miktarı ve izin verilecek maksimum stoksuzluk miktarının bulunmasıdır. Birim zamandaki beklenen kâr fonksiyonu,  $E(TPU_1)$ , bazı kısıtlar altında içbükey olduğundan<sup>30</sup>, bu kısıtlar altında (21) no'lu eşitliğin sipariş miktarı  $Q$  ve stoksuzluk miktarı  $B$ 'ye göre kısmi türevleri alınıp ayrı ayrı sıfıra eşitlemek suretiyle optimal sipariş büyüklüğü (parti hacmi) ve izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı aşağıdaki gibi elde edilir:

<sup>30</sup> Beklenen kâr fonksiyonlarının içbükeylik testleri Bölüm 3.5'te ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

$$Q_1^* = \sqrt{\frac{[(h + \pi)E_2 + cI_o]B^2 + 2cMI_oDB + (cI_o - sI_e)D^2M^2 + 2KD}{\frac{2vE(p)I_eD}{x} + cE_5I_o + hE_4}} \quad (22)$$

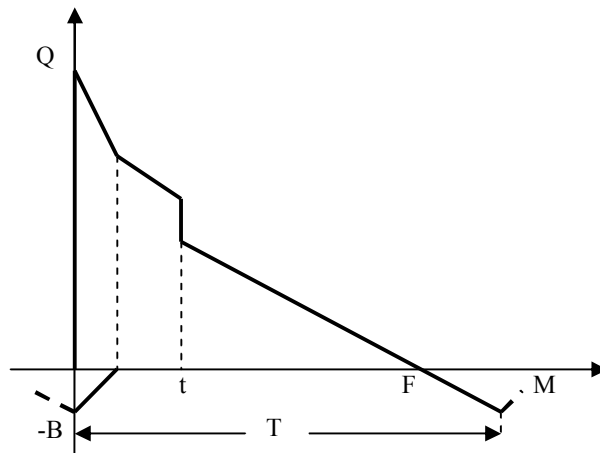
$$B_1^* = \frac{(h + cI_o)E_1Q_1^* - cMI_oD}{(h + \pi)E_2 + cI_o} \quad (23)$$

$B_1^*$  değeri (22) no'lu eşitlikte yerine konur ve eşitlik tekrar düzenlenirse;  $Q_1^*$  değeri stoksuzluk miktarından bağımsız olarak aşağıdaki gibi bulunur:

$$Q_1^* = \sqrt{\frac{2KD + (cI_o - sI_e)(DM)^2 - \frac{(cMI_oD)^2}{(h + \pi)E_2 + cI_o}}{hE_4 + cE_5I_o + \frac{2vE(p)I_eD}{x} - \frac{(h + cI_o)^2 E_1^2}{(h + \pi)E_2 + cI_o}}} \quad (24)$$

### 3.3.2. II. Durum İçin Modelin Elde Edilmesi

Gecikmeye izin verilen sürenin, talebin stoksuzluğa düşmeden normal olarak stoktan karşılanabildiği süre olan  $F$  'den daha büyük olduğu durumda stok seviyesinin zamana göre değişimi Şekil 3.2b panelinde gösterilmiştir.



b) II. Durum:  $M > F$

Şekil 3.2b. II. Durum İçin Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi

$TR_2(Q, B)$ ,  $TC_2(Q, B)$  ve  $TPU_2(Q, B)$ , II. durum ( $M > F$ ) için sırasıyla; toplam gelir, toplam maliyet ve birim zamandaki toplam karı göstermek üzere, aşağıdaki eşitlikler yazılabilir.

Toplam gelir; kusursuz ürünlerin satışından elde edilen gelir, kusurlu ürünlerin satışından elde edilen gelir ve ödemelerde izin verilen gecikme süresi içerisinde elde edilen faiz geliri toplamından oluşmaktadır. Buradan:

$$\text{Toplam Gelir} = \begin{pmatrix} \text{kusursuz ürün} \\ \text{satış geliri} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{kusurlu ürün} \\ \text{satış geliri} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{faiz} \\ \text{geliri} \end{pmatrix} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} TR_2(Q, B) &= s(1-p)Q + vpQ + \frac{s[(1-p)Q - B](t + t_3)I_e}{2} \\ &+ s[(1-p)Q - B](M - t_3 - t)I_e + vpQ(M - t)I_e \end{aligned} \quad (26)$$

$t$  ve  $t_3$  değerleri yerlerine konulup tekrar düzenlenirse;

$$\begin{aligned} TR_2(Q, B) &= s(1-p)Q + vpQ + vMI_e pQ - \frac{vI_e p}{x} Q^2 + sMI_e(1-p)Q \\ &+ \frac{sI_e(1-p)QB}{D} - \frac{sI_e(1-p)^2}{2D} Q^2 - sMI_e B - \frac{sI_e}{2D} B^2 \\ &= [s(1-p) + vp](1 + MI_e)Q - \left[ \frac{vpI_e}{x} + \frac{sI_e(1-p)^2}{2D} \right] Q^2 \\ &+ \frac{sI_e(1-p)QB}{D} - sMI_e B - \frac{sI_e}{2D} B^2 \end{aligned} \quad (27)$$

Toplam maliyet ise; çevrim süresi başına sipariş maliyeti, satın alma maliyeti, izleme maliyeti, stok bulundurma maliyeti ve stoksuzluk maliyeti toplamından oluşmaktadır. Buna göre:

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} \text{Toplam} \\ \text{Maliyet} \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} \text{sipariş} \\ \text{maliyeti} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{satın alma} \\ \text{maliyeti} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{inceleme} \\ \text{maliyeti} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \text{stok bulundurma} \\ \text{maliyeti} \end{pmatrix} \\ &+ \begin{pmatrix} \text{stoksuzluk} \\ \text{maliyeti} \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (28)$$

$$TC_2(Q, B) = K + cQ + dQ + h \left[ \frac{t_1(Q + Z)}{2} + \frac{(t - t_1)(Z + Z_1 + pQ)}{2} + \frac{t_3 Z_1}{2} \right] + \frac{\pi(t_1 + t_4)B}{2} \quad (29)$$

İlgili değişkenler yerine konulup gerekli sadeleştirmeler yapıldıktan sonra;  $TC_2(Q, B)$  fonksiyonu birbirine eşit iki farklı eşitlik şeklinde aşağıdaki gibi elde edilir:

$$TC_2(Q, B) = K + cQ + dQ + \frac{h}{2D} \left[ \frac{D(2 - D/x)}{x} + (1 - p - D/x)^2 \right] Q^2 + \frac{(h + \pi)(1 - p)}{2D(1 - p - D/x)} B^2 - \frac{h(1 - p)}{D} QB \quad (30a)$$

$$TC_2(Q, B) = K + cQ + dQ + \frac{h}{2} \left[ \frac{(1 - p)^2}{D} + \frac{2p}{x} \right] Q^2 + \frac{(h + \pi)(1 - p)}{2D(1 - p - D/x)} B^2 - \frac{h(1 - p)}{D} QB \quad (30b)$$

Çevrim süresi rassal bir değişken olduğundan, I. Durumda olduğu gibi, birim zamanda beklenen toplam kâr aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$E(TPU_2) = \frac{E(TR_2) - E(TC_2)}{E(T)} \quad (31)$$

olmak üzere, toplam gelir, toplam maliyet ve çevrim süresinin beklenen değerleri aşağıdaki gibidir:

$$E(TR_2) = sE_1Q + vE(p)Q + vE(p)MI_eQ + sE_1MI_eQ - \frac{vE(p)I_e}{x} Q^2 - \frac{sE_5I_e}{2D} Q^2 + \frac{sE_1I_eQB}{D} - sMI_eB - \frac{sI_e}{2D} B^2$$

$$E(TR_2) = [sE_1 + vE(p)] (1 + MI_e)Q - \left[ \frac{vI_eE(p)}{x} + \frac{sI_eE_5}{2D} \right] Q^2 + \frac{sI_eE_1}{D} QB - sMI_eB - \frac{sI_e}{2D} B^2 \quad (32)$$

$$E(TC_2) = K + (c+d)Q + \frac{hE_4}{2D}Q^2 + \frac{(h+\pi)E_2}{2D}B^2 - \frac{hE_1}{D}QB \quad (33)$$

$$E(T) = \frac{E_1Q}{D} \quad (34)$$

Bu eşitliklerde;

$$E_1 = E(1-p) = 1 - E(p)$$

$$E_2 = E\left(\frac{1-p}{1-p-D/x}\right)$$

$$E_3 = E[(1-p-D/x)^2]$$

$$E_4 = \frac{D(2-D/x)}{x} + E_3$$

$$E_5 = E[(1-p)^2] \text{ olarak alınmaktadır.}$$

Bu ifadeler, (31) no'lu eşitlikte yerine konulursa; birim zamandaki toplam kârın beklenen değeri aşağıdaki gibi bulunur:

$$E(TPU_2) = \frac{E(TR_2) - E(TC_2)}{E(T)}$$

$$\begin{aligned} E(TPU_2) = & \left[ \left( s + \frac{vE(p)}{E_1} \right) (1 + MI_e) - \frac{(c+d)}{E_1} \right] D - \left[ \frac{vE(p)I_e D}{xE_1} + \frac{hE_4 + sE_5 I_e}{2E_1} \right] Q \\ & + hB + sI_e \left( 1 - \frac{MD}{E_1 Q} \right) B - \left[ \frac{(h+\pi)E_2 + sI_e}{2E_1 Q} \right] B^2 - \frac{KD}{E_1 Q} \end{aligned} \quad (35)$$

Amaç; birim zamandaki toplam kârın beklenen değerini en çok yapan sipariş miktarı ve maksimum stoksuzluk miktarının bulunmasıdır. Birim zamandaki beklenen kâr fonksiyonu,  $E(TPU_2)$  içbükey olduğundan (Bkz: Bölüm 3.5.2), kârı en çok yapan bir tek  $(Q, B)$  ikilisi vardır. (35) no'lu eşitliğin sipariş miktarı  $Q$  ve stoksuzluk miktarı  $B$  'ye göre kısmi türevleri alınıp ayrı ayrı sıfıra eşitlemek



suretiyle birim zamandaki toplam kârı en çok yapan optimal sipariş büyüklüğü (parti hacmi) ve izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı aşağıdaki gibi elde edilir:

$$Q_2^* = \sqrt{\frac{[(h + \pi)E_2 + sI_e]B^2 + 2sMI_eDB + 2KD}{\frac{2vE(p)I_eD}{x} + hE_4 + sE_5I_e}} \quad (36)$$

$$B_2^* = \frac{(h + sI_e)E_1Q_2^* - sMI_eD}{(h + \pi)E_2 + sI_e} \quad (37)$$

$B_2^*$  değeri (36) no'lu eşitlikte yerine konur ve eşitlik tekrar düzenlenirse;  $Q_2^*$  değeri stoksuzluk miktarından bağımsız olarak aşağıdaki gibi bulunur:

$$Q_2^* = \sqrt{\frac{2KD - \frac{(sMI_eD)^2}{(h + \pi)E_2 + sI_e}}{\frac{2vE(p)I_eD}{x} + sE_5I_e + hE_4 - \frac{(h + sI_e)^2 E_1^2}{(h + \pi)E_2 + sI_e}}} \quad (38)$$

### 3.4. Modelin İşleyişi ile İlgili Şartlar

Modelin anlamlılığı ve geçerliliği için aşağıdaki ifade ve eşitliklerin sağlandığı varsayılmaktadır.

- $N(Q, p)$ , bir partideki kusursuz ürün miktarı,  $p$  kusurlu ürün yüzdesi ve  $Q$  sipariş miktarı olmak üzere;

$$N(Q, p) = Q - pQ = (1 - p)Q \text{ olacaktır.}$$

- Her bir sipariş sonucu gelen toplam ürün,  $Q$  ve birim zamanda ürün inceleme oranı,  $x$  olmak üzere; inceleme süresi:

$$t = Q/x \text{ olur.}$$

- $t$  süresi içerisinde stoksuzluğa düşmemek için her partideki kusursuz ürün miktarı zamanın her anında talep edilen miktardan fazla olmalıdır. Yani;

$N(Q, p) \geq Dt$  olmalıdır.  $t$  yerine  $Q/x$  yazılır ve eşitsizlik tekrar düzenlenirse;

$$p \leq 1 - D/x \text{ olur.}$$

$p$  rassal değişken olduğundan beklenen değer kullanılması daha uygun olacaktır;

$$E(p) \leq 1 - D/x \text{ olmalıdır.}$$

• Ayrıca, bir önceki dönemden kalan stoksuzluğun ortadan kaldırılabilmesi için:

- Birim zamandaki izleme oranı yıllık talep oranından yeterince büyük olmalıdır. Yani;  $x \gg D$
- Stoksuzluğun kusursuz ürünlerden karşılanma hızı pozitif olmalıdır. Yani;  $Ax > 0$  olmalıdır. Buradan:  $xE(1 - p - D/x) > 0$  yazılabilir.  $x$  her zaman pozitif olacaktır  $E(1 - p - D/x) > 0$  ve  $E(p) < 1 - D/x$  olmalıdır. (Bu koşul -yukarıda ele alındığı gibi- stoksuzluğa düşmeme koşuludur)

• İnceleme süresi  $t$ , geçmiş dönemden kalan stoksuzluk miktarının karşılandığı zamanın beklenen değeri  $E(t_1)$ 'den büyük veya en azından eşit olmalıdır. Yani;

$$t \geq E(t_1) \text{ olmalıdır.}$$

Aksi halde, çevrim süresi sonunda stoksuzluğun bir kısmı karşılanamadan diğer periyoda kalabilir.

• Diğer taraftan,  $T$  dönemi (çevrim süresi) boyunca, her parti içindeki kusursuz ürün miktarı talep miktarına eşittir. Yani;

$$[1 - E(p)]Q = DT \quad \text{Buradan; } Q = \frac{DT}{E_1} \text{ olmalıdır.}$$

• Ayrıca inceleme süresi  $t$ , talebin normal olarak stoktan karşılanabildiği  $F$  döneminden yeterince küçüktür. Yani,;

$t \ll F$  olmalıdır.

• İki durum için elde edilen, optimal ekonomik sipariş miktarı ( $Q^*$ ) ile izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı ( $B^*$ ) değerlerinin pozitif olması gerektiğinden modelin geçerliliği için aşağıdaki 2 koşulun da sağlanması gerekmektedir:

$$1. \quad B_1^* = \frac{(h + cI_o)E_1Q_1^* - cMI_oD}{(h + \pi)E_2 + cI_o} \geq 0 \quad \text{Buradan:} \quad (h + cI_o)E_1Q_1^* \geq cMI_oD$$

$$Q_1^* \geq \frac{cMI_oD}{(h + cI_o)E_1} \quad \text{ve} \quad \sqrt{\frac{2KD + (cI_o - sI_e)D^2M^2}{\frac{2vE(p)I_eD}{x} + hE_4 + cE_5I_o}} \geq \frac{cMI_oD}{(h + cI_o)E_1}$$

$$2. \quad B_2^* = \frac{(h + sI_e)E_1Q_2^* - sMI_eD}{(h + \pi)E_2 + sI_e} \geq 0 \quad \text{Buradan:} \quad (h + sI_e)E_1Q_2^* \geq sMI_eD$$

$$Q_2^* \geq \frac{sMI_eD}{(h + sI_e)E_1} \quad \text{ve} \quad \sqrt{\frac{2KD}{\frac{2vE(p)I_eD}{x} + hE_4 + sE_5I_e}} \geq \frac{sMI_eD}{(h + sI_e)E_1}$$

### 3.5. Birim Kâr Fonksiyonlarının İçbükeylik Testleri

Optimizasyon problemlerinde maksimize veya minimize edilen fonksiyonların tek bir çözüm değerinin olabilmesi için bu fonksiyonların içbükey (*maksimizasyon problemlerinde*) veya dışbükey (*minimizasyon problemlerinde*) olmaları ve hangi koşul ve kısıtlar altında içbükeyliğin veya dışbükeyliğin sağlandığının bilinmesi gerekmektedir. Ele alınan problem iki değişkenli bir maksimizasyon problemi ise içbükeylik koşulu için öncelikle ikinci türevlerin alınması gerekmektedir.

$$\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2}, \quad \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} \quad \text{ve} \quad \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x \partial y} \quad \text{ikinci türevler olmak üzere; } f(x, y)$$

fonksiyonun içbükeyliği iki farklı yöntemle araştırılabilir. Bunlar:

i. Hessian matrisi kullanılarak. Şöyle ki;

$$H = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y \partial x} & \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2} \end{pmatrix} \text{ Hessian matrisi olmak üzere; Eğer;}$$

$$[x \ y] \times [H] \times \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} < 0 \text{ olursa; } f(x,y) \text{ fonksiyonu içbükeydir.}$$

Dolayısıyla bu fonksiyonu maksimum yapan yalnız bir tane  $(x,y)$  ikilisi vardır. (Eroğlu ve Özdemir, 2007: 548-549)

$$\text{ii. } \left( \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x \partial y} \right)^2 - \left( \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2} \right) \left( \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} \right) \geq 0 \text{ ve } \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2} \geq 0 \text{ ile}$$

$\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} \geq 0$  eşitsizliklerinden biri veya her ikisi de birden sağlanıyorsa;

$f(x,y)$  fonksiyonu içbükeydir. Dolayısıyla bu fonksiyonu maksimum yapan yalnız bir tane  $(x,y)$  ikilisi vardır. (Wee vd., 2007: 9)

Bu çalışmada elde edilen birim kâr fonksiyonlarının içbükeylik testleri Hessian matrisi kullanılarak yapılmaktadır.

### 3.5.1. I. Durum İçin İçbükeyliğin İspatı

Aşağıdaki Hessian matrisini ele alalım.

$$H_1 = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 E(TPU_1)}{\partial Q^2} & \frac{\partial^2 E(TPU_1)}{\partial Q \partial B} \\ \frac{\partial^2 E(TPU_1)}{\partial B \partial Q} & \frac{\partial^2 E(TPU_1)}{\partial B^2} \end{pmatrix}$$

$$\text{Eğer; } [Q \ B] \times [H_1] \times \begin{bmatrix} Q \\ B \end{bmatrix} < 0 \text{ olursa; } E(TPU_1) \text{ fonksiyonu içbükeydir.}$$

Buna göre;

$$\frac{\partial^2 E(TPU_1)}{\partial Q^2} = - \left[ \frac{2KD + (cI_o - sI_e)D^2M^2 + [(h + \pi)E_2 + cI_o]B^2 + 2cMI_oDB}{Q^3E_1} \right]$$

$$\frac{\partial^2 E(TPU_1)}{\partial B^2} = - \left[ \frac{(h + \pi)E_2 + cI_o}{QE_1} \right]$$

$$\frac{\partial^2 E(TPU_1)}{\partial Q \partial B} = \frac{\partial^2 E(TPU_1)}{\partial B \partial Q} = \frac{[(h + \pi)E_2 + cI_o]B + cMI_oD}{Q^2E_1}$$

$$[Q \ B] \times [H_1] \times \begin{bmatrix} Q \\ B \end{bmatrix} = - \left[ \frac{2KD + (cI_o - sI_e)D^2M^2}{QE_1} \right] < 0$$

Yukarıdaki eşitsizlikte  $2KD + (cI_o - sI_e)D^2M^2 > 0$  olursa  $E(TPU_1)$  fonksiyonu içbükey olacaktır. Ancak bu koşul altında,  $E(TPU_1)$  fonksiyonunu maksimum yapan yalnız bir adet  $Q^*$  ve  $B^*$  değeri vardır.

### 3.5.2. II. Durum İçin İçbükeyliğin İspatı

[H]; Hessian matrisi olmak üzere;

$$H_2 = \begin{pmatrix} \frac{\partial^2 E(TPU_2)}{\partial Q^2} & \frac{\partial^2 E(TPU_2)}{\partial Q \partial B} \\ \frac{\partial^2 E(TPU_2)}{\partial B \partial Q} & \frac{\partial^2 E(TPU_2)}{\partial B^2} \end{pmatrix}$$

Eğer;  $[Q \ B] \times [H_2] \times \begin{bmatrix} Q \\ B \end{bmatrix} < 0$  olursa;  $E(TPU_2)$  fonksiyonu içbükeydir.

Buna göre;

$$\frac{\partial^2 E(TPU_2)}{\partial Q^2} = - \left[ \frac{((h + \pi)E_2 + sI_e)B^2 + 2sMI_eDB + 2KD}{Q^3E_1} \right]$$

$$\frac{\partial^2 E(TPU_2)}{\partial B^2} = - \left[ \frac{(h + \pi)E_2 + sI_e}{QE_1} \right]$$

$$\frac{\partial^2 E(TPU_2)}{\partial Q \partial B} = \frac{\partial^2 E(TPU_1)}{\partial B \partial Q} = \frac{[(h + \pi)E_2 + sI_e]B + sMI_eD}{Q^2E_1}$$

$$[Q \ B] \times [H_2] \times \begin{bmatrix} Q \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2KD \\ QE_1 \end{bmatrix} < 0 \text{ olduğundan, } E(TPU_2) \text{ fonksiyonu}$$

bütün  $Q$  ve  $B$  değerleri için içbükeydir. Bu durumda  $E(TPU_2)$  fonksiyonunu maksimum yapan yalnız bir tane  $(Q^*, B^*)$  ikilisi vardır.

### 3.6. Modelle İlgili Özel Durumlar

Bu çalışmada geliştirilen model, bu alanda bu zamana kadar yapılmış çalışmaların en genel halidir. Bir başka ifade ile daha önce geliştirilmiş olan kusurlu ürün ve ödemelerde gecikmeye izin verilmesi varsayımını içeren ekonomik sipariş miktarı modelleri bu çalışmada geliştirilen modelin özel durumlarıdır. Bu modellerden bir kısmı aşağıda ele alınmaktadır.

#### 3.6.1. Eroğlu ve Özdemir (2007) Modeli

Eroğlu ve Özdemir (2007) kusurlu ürün durumunda stoksuzluğa izin veren bir model geliştirmişlerdir. Modellerinde ödemelerde gecikmeye izin verilmemektedir. Bu çalışmada geliştirilen modelde, eğer ödemelerde gecikmeye izin verilme varsayımı yapılmazsa, bir başka ifade ile ödemeler sipariş teslimi sırasında peşin olarak yapılırsa; bu durumda modelde  $M = 0$  dolayısıyla  $I_o = I_e = 0$  olacağından; modeldeki (23) ile (37) no'lu eşitliklerdeki  $B_1$  ile  $B_2$  ve (24) ile (38) no'lu eşitliklerdeki  $Q_1$  ile  $Q_2$  eşitlikleri aşağıdaki gibi olur.

$$B_1^* = B_2^* = B^* = \frac{hE_1Q^*}{(h + \pi)E_2} \quad (39)$$

$$Q_1^* = Q_2^* = Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h \left[ E_4 - \frac{hE_1^2}{(h + \pi)E_2} \right]}} \quad (40)$$

Bu sonuçlar, ödemelerde gecikmeye izin verilme durumunu ele almayan Eroğlu ve Özdemir (2007)'in bulduğu sonucun aynısıdır. Fakat simgesel gösterimde,

onlar; stoksuzluk miktarı için  $B$  yerine  $w$ , sipariş miktarı için ise  $Q$  yerine  $y$  kullanmışlardır.

### 3.6.2. Salameh ve Jaber (2000) Modeli

Kusurlu ürün durumunu ele alarak analiz eden çalışmalardan birisi de Salameh ve Jaber'in (2000) ekonomik sipariş miktarı modelidir. Kusurlu ürün durumunun en yalın haliyle ele alındığı çalışmada stoksuzluğa ve ödemelerde gecikmeye izin verilmemektedir.

Bu çalışmada geliştirilen modelde stoksuzluk maliyeti sonsuz ve ödemelerde de gecikmeye izin verilmediği durum ele alınır, yani; ödemelerde gecikmeye ve stoksuzluğa izin verilmezse, Salameh ve Jaber'in geliştirdiği modelin temel çıkarımları elde edilir. Fakat elde edilen optimal sipariş miktarları birbirinden farklıdır. Bu farklılığın sebebi ise; Salameh ve Jaber (2000)'in birim zamandaki toplam kârın beklenen değerini hesaplarken yenileme ödül teoremini kullanmamalarıdır.

Eğer bu çalışmada da beklenen değerler hesaplanırken yenileme ödül teoremi kullanılsaydı, bulunan optimal değerler birbirinin aynısı olacaktı. Çünkü, bu çalışmadaki (13) ile (27) no'lu  $TR_1$  ve  $TR_2$  eşitlikleri ile (16b) ile (30b) no'lu  $TC_1$  ve  $TC_2$  eşitlikleri, stoksuzluğa ve ödemelerde gecikmeye izin verilmeme varsayımı altında ( $M = B = 0$  dolayısıyla  $I_o = I_e = 0$  ve  $\pi = \infty$ <sup>31</sup> olacağından) aşağıdaki eşitliklere indirgenir.

$$TR_1(Q, B) = TR_2(Q, B) = TR(Q, B) = s(1-p)Q + vpQ \quad (41)$$

$$TC_1(Q, B) = TC_2(Q, B) = TC(Q, B) = K + cQ + dQ + \frac{h}{2} \left[ \frac{(1-p)^2}{D} + \frac{2p}{x} \right] Q^2 \quad (42)$$

---

<sup>31</sup> Burada stoksuzluk maliyetinin sonsuz olmasının nedeni, stoksuzluğa izin verilmeme varsayımının geçerli olması içindir. Bu şekilde stoksuzluk maliyetinin sonsuz alınması ile maliyetin minimum yapılması amaçlanan bir problemde stoksuzluğa düşülmeyecektir.

Bu eşitliklerde  $Q$  yerine  $y$  ve  $D$  yerine  $Q(1-p)/T$ <sup>32</sup> kullanıldığında Salameh ve Jaber (2000) modelindeki (4) ve (5) no'lu eşitliklere<sup>33</sup> ulaşılır. Bu eşitliklerden birim zamanda toplam kârın beklenen değerini hesaplarken Salameh ve Jaber (2000) yenileme ödül teoremi yöntemini kullanmadıklarından buldukları optimal değerler bu çalışmada elde edilen değerlerden farklı çıkmaktadır.

### 3.6.3. Maddah ve Jaber (2008) Modeli

Salameh ve Jaber (2000) modeli, Maddah ve Jaber (2008) tarafından tekrar ele alınmış ve modeldeki eksik ve hatalar düzeltilmiştir. Buna göre Salameh ve Jaber modelindeki en önemli yanlış birim zamandaki toplam kâr fonksiyonunun beklenen değerinin elde edilmesinde *yenileme ödül teoreminin* kullanılmamasıdır. Yenileme ödül teoremine göre birim zamanda toplam kârın beklenen değeri:

$$E[TPU(y)] = \frac{E[TP(y)]}{E[T]} \text{ dir.}$$

Buradan; Salameh ve Jaber (2000) modelindeki birim zamanda toplam kârın beklenen değeri ve optimal sipariş miktarının düzeltilmiş formülü Maddah ve Jaber (2008) çalışmasında şu şekilde elde edilmektedir:

$$E[TPU(y)] = \frac{\left[ s(1-E[p]) + vE(p) - c - d \right] D - \frac{KD}{y} - hy \left( \frac{E[(1-p)^2]}{2} + \frac{E(p)D}{x} \right)}{1-E[p]} \quad (43)$$

<sup>32</sup> Salameh ve Jaber yaptıkları analizde toplam gelir ve toplam maliyeti çevrim süresi cinsinden ifade etmişlerdir. Bu çalışmada ise toplam gelir ve toplam maliyet fonksiyonları  $Q$ ,  $B$  cinsinden yazılmıştır. Özdeşliğin sağlanması için  $D$  yerine  $\frac{(1-p)Q}{T}$  kullanılmıştır. Burada;  $(1-p)Q = DT$  olduğundan  $D = \frac{(1-p)Q}{T}$  olur.

<sup>33</sup> Salameh ve Jaber (2000) çalışmasında elde ettikleri (4) ve (5) no'lu eşitlikler:  $TR(y) = sy(1-p) + vpy$  (4) ve  $TC(y) = K + cy + dy + h \times \left( \frac{y(1-p)T}{2} + \frac{py^2}{x} \right)$  (5)



$$y^* = \sqrt{\frac{2KD}{h \left[ E \left[ (1-p)^2 \right] + \frac{2E(p)D}{x} \right]}} \quad (44)$$

Bu çalışmada geliştirilen modelde stoksuzluğa ve ödemelerde gecikmeye izin verilmeme varsayımı altında (  $M = I_o = I_e = B = 0$  ve  $\pi = \infty$  ) olacağından modeldeki (21) ve (35) no'lu  $E(TPU_1)$  ve  $E(TPU_2)$  ile (24) ve (38) no'lu  $Q_1^*$  ve  $Q_2^*$  eşitlikleri aşağıdaki gibi elde edilir<sup>34</sup>:

$$E(TPU_1) = E(TPU_2) = E[TPU(Q, B)] = \left[ sE_1 + vE(p) - c - d \right] \frac{D}{E_1} - h \left[ \frac{E_5}{2} + \frac{E(p)D}{x} \right] \frac{Q}{E_1} - \frac{KD}{E_1 Q} \quad (45)$$

$$Q_1^* = Q_2^* = Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{hE_5 + \frac{2E(p)D}{x}}} \quad (46)$$

Bu sonuçlar Maddah ve Jaber (2008) tarafından elde edilen (43) ve (44) no'lu eşitliğin aynısıdır.<sup>35</sup> Dolayısıyla Maddah ve Jaber (2008) modeli -Salameh ve Jaber (2000) modelinin düzeltilmiş haliyle- bu çalışmada geliştirilen modelin özel bir durumudur.

<sup>34</sup> Bu çalışmada geliştirilen modelde  $E(TPU_1)$  ve  $E(TPU_2)$  eşitliklerinin hesaplanmasında (16a) ve (30a) no'lu eşitliklerdeki toplam maliyet ifadeleri kullanılmaktadır. Burada ise, Maddah ve Jaber (2008) modeli ile tutarlılığın sağlanması için  $E(TPU_1)$  ve  $E(TPU_2)$  eşitliklerinin hesaplanmasında (16a) ve (30a) no'lu eşitliklerin özdeşi olan (16b) ve (30b) no'lu eşitlikler kullanılmaktadır.

<sup>35</sup> Fark sadece simgesel gösterimde olup, bu çalışmada önerilen modelde sipariş miktarı için  $y$  yerine  $Q$  ve  $E(1-p)$  ile  $E \left[ (1-p)^2 \right]$  yerine  $E_1$  ve  $E_5$  kullanılmaktadır.

### 3.6.4. Stoksuzluk Durumunda Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli

Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modellerinde stoksuzluğa izin verilmesi durumu da bu çalışmada geliştirilen modelin özel bir durumu olarak elde edilebilir. Çünkü, bu çalışmada geliştirilen modelde eğer; kusurlu ürün ve ödemelerde gecikmeye izin verme varsayımları geçerli değilse, yani  $p = M = 0$  ise  $I_e = I_o = 0$ ,  $E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = E_5 = 1$  ve  $x = \infty$  olacaktır.<sup>36</sup> Bu durumda; (23) ile (37) ve (24) ile (38) no'lu eşitlikler stoksuzluk durumuna izin veren klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modelinde elde edilen aşağıdaki eşitliklere indirgenecektir:

$$B_1^* = B_2^* = B^* = \frac{hQ^*}{(h + \pi)} \quad (47)$$

$$Q_1^* = Q_2^* = Q^* = \sqrt{\frac{2KD(h + \pi)}{h\pi}} = \sqrt{\frac{2KD}{h} \frac{(h + \pi)}{\pi}} \quad (48)$$

Bu sonuçlar stoksuzluğa izin veren klasik ekonomik sipariş miktarı için bulunan optimal sipariş miktarı ile izin verilen maksimum stoksuzluk miktarının aynıdır. Dolayısıyla stoksuzluk durumuna izin veren klasik ekonomik sipariş miktarı modeli bu çalışmada geliştirilen modelin özel durumudur.

### 3.6.5. Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli

Bu çalışmada geliştirilen Ekonomik Sipariş Miktarı modelinde eğer; kusurlu ürün, stoksuzluk ve ödemelerde gecikmeye izin verme varsayımları geçerli değilse, yani  $p = B = M = I_e = I_o = 0$  ve  $x = \pi = \infty$  ise: (23) ile (37) ve (24) ile (38) no'lu eşitlikler klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modelinde elde edilen aşağıdaki eşitliklere indirgenecektir:

---

<sup>36</sup> Ödemelerde gecikmeye izin verilmediği durumda  $M = 0$  dolayısıyla faiz oranları  $I_e = I_o = 0$  olacaktır. Kusurlu ürün olmadığı durumda ise  $p = 0$  olacağından rassal kusurluluk oranı  $p$ 'ye bağlı beklenen değerler de  $E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = E_5 = 1$  olacaktır. Öte yandan; inceleme oranı  $x$ 'in sonsuz olmasının sebebi, inceleme süresinin sıfır olmasıdır. Çünkü, eğer kusurlu ürün olmadığı varsayılırsa, kusurlu ürünler için inceleme de gerekmeyeceğinden inceleme süresi  $t = Q/x = 0$  dolayısıyla inceleme oranı  $x$  de sonsuz olacaktır.

$$B_1^* = B_2^* = B^* = 0 \quad (49)$$

$$Q_1^* = Q_2^* = Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}} \quad (50)$$

Dolayısıyla klasik ekonomik sipariş miktarı modeline yapılan ilave varsayım ve katkılarla bu çalışmada geliştirilen model pek çok modeli içine alan genel bir model olarak görülebilir.

Sonuç olarak; yukarıda ele alınan 5 model (Eroğlu ve Özdemir (2007), Salameh ve Jaber (2000), Maddah ve Jaber (2008), Stoksuzluk Durumuna İzin Veren Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modeli ve Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modeli) bu çalışmada elde edilen modelin özel durumları olarak gösterilmektedir.

### 3.7. Sayısal Örnekler

Modelin geçerliliği aşağıdaki iki sayısal örnekle gösterilmektedir.

#### 3.7.1. I. Durum İçin Sayısal Örnek

Talebi karşılamak için verilen sipariş sonucu gelen her parti bir miktar kusurlu ürün içermektedir. Her bir partideki kusurlu ürün oranı tek düze dağılıma uymaktadır ve aşağıdaki olasılık yoğunluk fonksiyonuna sahiptir.<sup>37</sup>

$$f(p) = \begin{cases} 10, & 0 \leq p \leq 0.1 \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

Yıllık talep miktarı 5000 birim olup, yıllık ürün inceleme oranı 60000 birimdir. Her bir sipariş için sipariş maliyeti 400 TL dir. Birim stok bulundurma ve stoksuzluk maliyetleri ise sırasıyla 4 ve 6 TL'dir. Birim satın alma, ürün inceleme maliyetleri sırasıyla 35 ve 1 TL'dir. Kusursuz ve kusurlu ürünlerin birim satış fiyatları da sırasıyla 60 ve 25 TL'dir. Ödemelerde izin verilen gecikme süresi ise 30

---

<sup>37</sup>  $a = 0$ ,  $b = 0.1$  için;  $0 \leq a < b \leq 1$  ve  $f(p)$  ise  $[a, b]$  aralığındadır.

gündür. Mevduat hesabı için faiz oranı ve piyasa faiz oranı<sup>38</sup> sırasıyla %12 ve %15'tir. Buna göre modelin parametreleri aşağıdaki gibi yazılabilir:

$D = 5,000$  birim,  $x = 60,000$  birim,  $K = 400$  TL,  $h = 4$  TL,  $\pi = 6$  TL,  $c = 35$  TL,  $d = 1$  TL,  $s = 60$  TL,  $v = 25$  TL,  $M = 30$  gün =  $30/360$ <sup>39</sup> yıl =  $0.083$  yıl,  $I_e = 0.12$ ,  $I_o = 0.15$ .

Kusurlu ürün oranının rassal olması nedeniyle ilgili beklenen değerler;  $E(p) = 0.05$ ,  $E_1 = 0.95$ ,  $E_2 = 1.357752$ ,  $E_3 = 0.490833$ ,  $E_4 = 0.928333$ ,  $E_5 = 0.903333$  olarak hesaplanmıştır.<sup>40</sup>

Bu veriler ve parametreler kullanılarak optimal sipariş büyüklüğü, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı, optimal çevrim süresi ve birim zamandaki toplam kârın beklenen değeri aşağıdaki gibi bulunur:

$$Q_1^* \cong 960 \text{ birim}$$

$$B_1^* \cong 386 \text{ birim}$$

<sup>38</sup> Burada ele alınan piyasa faiz oranı, ödemelerde izin verilen gecikme süresi sonunda ödenmeyen satış tutarları için tahakkuk eden ve alıcının satıcıya ödediği gecikme cezası olarak görülmektedir. Daha önce de geçtiği gibi bu oran elde kalan stoklara yapılan yatırımın alternatif maliyeti olarak sermayenin fırsat maliyeti şeklinde anlaşılabilirdiği gibi, ödenmeyen tutarın bankadan borç alınarak ödenmesi durumunda da borçlanma faiz oranı olarak anlaşılabilir.

<sup>39</sup> Hesaplamalarda yıl 360 gün ve ay 30 gün olarak ele alınmaktadır.

$$^{40} f(p) \begin{cases} \frac{1}{b-a} & a < p < b \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases} \text{ olmak üzere; } E(p) = \frac{1}{b-a} \int_a^b p dp = \frac{b+a}{2} \text{ ve}$$

$$E_1 = E(1-p) = 1 - E(p) = 1 - \frac{b+a}{2}$$

$$E_2 = E\left(\frac{1-p}{1-p-D/x}\right) = 1 - \frac{1}{b-a} (D/x) \ln\left(\frac{(1-D/x)-b}{(1-D/x)-a}\right)$$

$$E_3 = E(1-p-D/x)^2 = (1-D/x)^2 + \frac{b^2 + ab + a^2}{3} - (1-D/x)(b+a)$$

$$E_4 = D/x(2-D/x) + E_3 = D/x(2-D/x) + (1-D/x)^2 + \frac{b^2 + ab + a^2}{3} - (1-D/x)(b+a)$$

$$E_5 = (1-p)^2 = 1 - (b+a) + \frac{b^2 + ab + a^2}{3} \text{ olur. } a = 0 \text{ ve } b = 0.1 \text{ değerleri için beklenen değerler}$$

$E(p) = 0.05$ ,  $E_1 = 0.95$ ,  $E_2 = 1.357752$ ,  $E_3 = 0.490833$ ,  $E_4 = 0.928333$ ,  $E_5 = 0.903333$  olarak hesaplanır.

$$T_1^* = 0.182 \text{ yıl} \cong 66 \text{ gün}$$

$$E\left[TPU_1(Q_1^*, B_1^*)\right] \cong 114,420 \text{ TL}$$

Bu değerler için; talebin -stoksuzluğa düşmeden- normal olarak stoktan karşılandığı süre olan  $F$  değeri,  $F = 0.105$  yıl  $\cong 38$  gün olarak bulunur. Dolayısıyla ele alınan I. durum için ödemelerde izin verilen gecikme süresi  $M (=30)$ , bu  $F (=38)$  süresinden kısa olduğundan, bu örnekle elde edilen değerler I. durum için optimal değerlerdir. Bu değerler modelin anlamlılığı için gerek ve yeter şartları sağlamaktadır.

### 3.7.2. II. Durum İçin Sayısal Örnek

Birinci durum için ele alınan veriler geçerli olmak üzere, ödemelerde gecikmeye izin verilen sürenin 30 gün yerine 60 gün alınması durumunda (Bu durumda  $M = \frac{60}{360} = 0.166$  olur.) toplam kârı maksimum yapan optimal ekonomik sipariş miktarı, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı, çevrim süresi ve birim zamandaki toplam kârın beklenen değeri aşağıdaki gibi bulunur:

$$Q_2^* \cong 715 \text{ birim}$$

$$B_2^* \cong 89 \text{ birim}$$

$$T_2^* = 0.136 \text{ yıl} \cong 49 \text{ gün}$$

$$E\left[TPU_2(Q_2^*, B_2^*)\right] \cong 116,941 \text{ TL}$$

Bu değerler için, talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre,  $F = 0.118$  yıl  $\cong 43$  gün olarak bulunmuştur. Dolayısıyla modelde ele alınan ödemelerde izin verilen gecikme süresi  $M (=60)$ , bu  $F (=43)$  süresinden daha büyük olduğundan bu örnekle elde edilen değerler II. Durum için optimal değerlerdir. Bu değerler modelin anlamlılığı için gerek ve yeter şartları sağlamaktadır.

### 3.8. Duyarlılık Analizi

Bu çalışmada geliştirilen modeldeki optimal değerlerin, ilgili parametrelerdeki değişimler karşısında ne yönde ve nasıl değiştikleri duyarlılık analizi kullanılarak incelenmektedir. Özellikle temel değişkenlerden kusurlu ürün oranı ile ödemelerde izin verilen gecikme süresinin optimal değerler üzerine etkisi ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Bunun dışında faiz oranlarındaki değişmelerin etkileri ile ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile kusurlu ürün oranının aynı anda değişmesi durumunun optimal değerler üzerine etkisi de analiz edilmektedir.

#### 3.8.1. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Değişmesi

Ödemelerde izin verilen gecikme süresinin farklı değerleri için elde edilen optimal değerler Tablo 3.1’de özetlenmiştir.<sup>41</sup>

**Tablo 3.1. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresindeki Değişimin Etkisi**

<i>M</i>	<i>Q*</i> (birim)	<i>B*</i> (birim)	<i>E(TPU)*</i> (TL)	<i>F</i> (gün)	<i>T*</i> (gün)
<b>10</b>	1,037	517	113,453	34	71
<b>15</b>	1,026	489	113,666	35	70
<b>20</b>	1,009	457	113,897	36	69
<b>25</b>	987	423	114,148	37	68
<b>30</b>	960	386	114,420	38	66
<b>35</b>	927	345	114,715	39	63
<b>40</b>	<b>889</b>	<b>301</b>	<b>115,498</b>	<b>39</b>	<b>61</b>
<b>45</b>	<b>855</b>	<b>253</b>	<b>115,824</b>	<b>40</b>	<b>59</b>
<b>50</b>	<b>816</b>	<b>203</b>	<b>116,171</b>	<b>41</b>	<b>56</b>
<b>55</b>	<b>769</b>	<b>148</b>	<b>116,542</b>	<b>42</b>	<b>53</b>
<b>60</b>	<b>715</b>	<b>89</b>	<b>116,941</b>	<b>43</b>	<b>49</b>

( $D = 5,000$  birim,  $x = 60,000$  birim,  $K = 400$  TL,  $h = 4$  TL,  $\pi = 6$  TL,  $c = 35$  TL,  $d = 1$  TL,  $s = 60$  TL,  $v = 25$  TL,  $E(p)=0.05$ ,  $I_e=0.12$ ,  $I_o = 0.15$ )

<sup>41</sup> Çevrim süresi, ödemelerde izin verilen gecikme süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılanabildiği süreler model analizinde yıllık olarak ele alınırken tablo ve grafiklerde gün olarak karşılıkları kullanılmaktadır. Bu şekilde karşılaştırmaların ve analizlerin daha anlamlı ve kolay yapılacağı düşünülmektedir. “0.083 yıl” yerine “30 gün” şeklinde kullanılması hem anlaşılması noktasında hem de karşılaştırmalarda kolaylık sağlayacağı aşikardır. Bu bağlamda; ödemelerde izin verilen gecikme süresinin 10, 15, ..., 60 gün olarak alınması uygun görülmüştür. İzin verilen gecikme süresinin sıfır olması durumu özel bir durum olup beraberinde bazı varsayımları da gerektirdiğinden buradaki tablo ve grafiklerde ele alınmamış, gerekli varsayımlarıyla birlikte ilgili analizin sonunda yer almıştır. Ele alınmayan bir diğer durum olan izin verilen gecikme süresinin 5 gün olması ise modelin geçerliliği için gerek ve yeter şartlardan olan “ödemelerde izin verilen gecikme süresinin her durumda kusurlu ürünler için gerekli olan inceleme süresinden yeteri kadar büyük olması” varsayımının sağlanması amacıyla tablo ve grafiklerde analize dahil edilmemiştir.

Tablo 3.1’de ilk sütun; ödemelerde izin verilen gecikme süresini ( $M$ ), ikinci sütun; optimal sipariş miktarını ( $Q^*$ ), üçüncü sütun; izin verilen maksimum stoksuzluk miktarını ( $B^*$ ), dördüncü sütun; birim zamanda elde edilen toplam kârın beklenen değerini ( $E(TPU)^*$ ), beşinci sütun; talebin stoksuzluğa düşmeden normal olarak eldeki stoktan karşılandığı süreyi ( $F$ ) ve son sütun ise iki sipariş arasında geçen süre olan optimal çevrim süresini ( $T^*$ ) göstermektedir. Tabloda koyu ile yazılan optimal değerler model analizinde ele alınan II. duruma ( $M > F$ ) uyan değerlerdir.<sup>42</sup>

Buna göre; diğer değişkenler sabitken, ödemelerde izin verilen gecikme süresinin optimal sipariş miktarı, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı ve optimal çevrim süresi ile ters yönlü olarak fakat birim zamanda elde edilen toplam kârın beklenen değeri ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ile doğru orantılı olarak değiştiği görülmektedir.

Ödemelerde izin verilen gecikme süresinin optimal değerler ve bazı değişkenler üzerine etkisi ayrıca aşağıdaki grafiklerde gösterilmektedir.

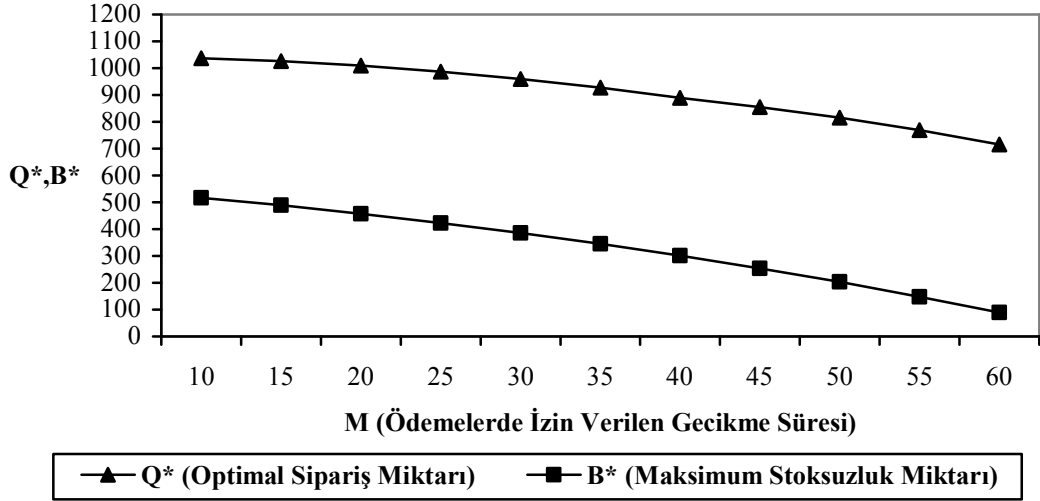
Şekil 3.3’te görüldüğü gibi, ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça optimal sipariş miktarı ve izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı azalmaktadır.

Bu durum daha önceki çalışmalarda da tespit edilen ve beklenen bir bulgu olup, izin verilen gecikme süresinin getirisinden daha fazla yararlanmak isteyen müşterilerin daha az ve daha sık sipariş verecekleri olgusunu doğrulamaktadır.

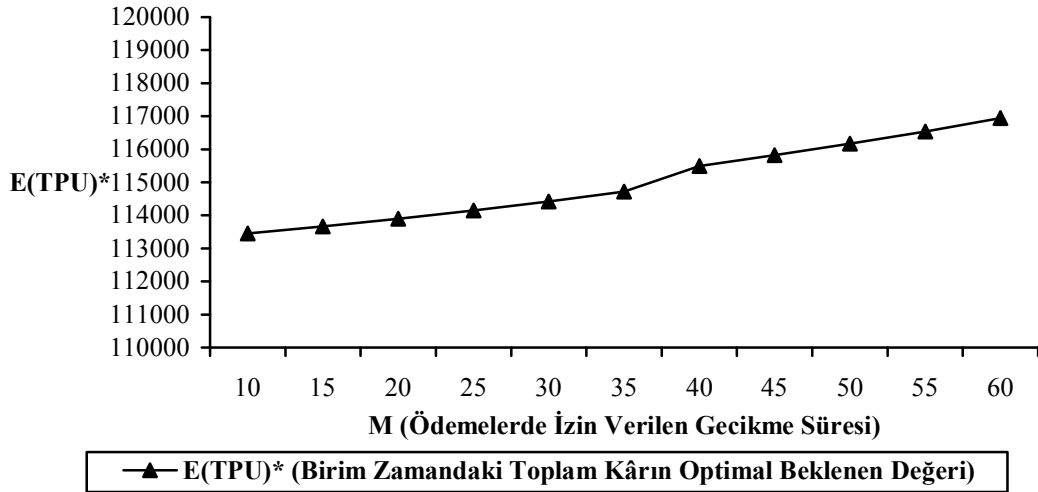
Ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile birim zamanda elde edilen toplam kâr doğru orantılı olup, aralarındaki ilişki Şekil 3.4’te gösterilmektedir. Buna göre; izin verilen gecikme süresi arttıkça birim zamanda elde edilen toplam kârın beklenen değeri de artmaktadır. Dolayısıyla alıcılar için ödemelerde izin verilen gecikme süresi ne kadar uzun olursa o oranda kârları da fazla olacaktır.

---

<sup>42</sup> Bir başka ifade ile ödemelerde izin verilen gecikme süresinin talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süreden daha büyük olduğu durum için elde edilen sonuçlardır. Dolayısıyla ödemelerde izin verilen gecikme süresinin her bir değeri için elde edilen optimal değerler bu çalışmada geliştirilen modelle ilgili sayısal bir örneği de temsil etmektedir. Hatta  $M = 30$  için elde edilen değerler 3.7.1’deki I. durum için verilen sayısal örnekte elde edilen değerleri gösterirken  $M = 60$  satırındaki değerler ise 3.7.2’deki II. durum için verilen sayısal örnekte elde edilen değerleri göstermektedir.



**Şekil 3.3. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Optimal Sipariş Miktarı ve Stoksuzluk Miktarı Üzerindeki Etkisi**



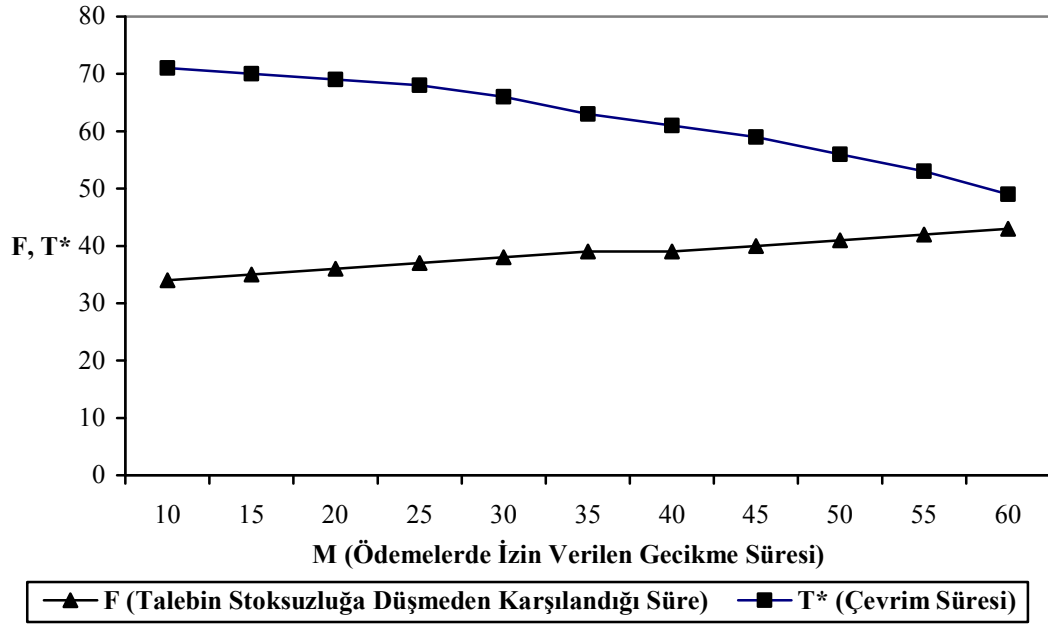
**Şekil 3.4. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Birim Zamanda Elde Edilen Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerindeki Etkisi**

Şekil 3.4'teki grafikte ödemelerde izin verilen gecikme süresinin 35 gün olduğu değerden sonra bir kırılma görülmektedir. Bunun nedeni bu noktaya kadar ödemelerde izin verilen gecikme süresinin talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süreden daha düşük olması nedeniyle elde edilen değerlerin model analizinde ele alınan birinci duruma ( $M \leq F$ ) uyması bu noktadan sonra ise izin verilen gecikme süresinin talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süreyi aşmasıyla ikinci duruma



(  $M > F$  ) uymasdır. Dolayısıyla her iki durum için elde edilen toplam kâr fonksiyonları birbirinden farklı olduğundan bu noktada bir kırılma gerçekleşmektedir.

Şekil 3.5'te, ödemelerde izin verilen gecikme süresinin artmasıyla optimal çevrim süresinin azaldığı fakat talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı sürenin ise arttığı görülmektedir.



**Şekil 3.5. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Optimal Çevrim Süresi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre Üzerindeki Etkisi**

Optimal çevrim süresinin izin verilen gecikme süresi arttıkça azalmasının sebebi yukarıda da geçtiği gibi gecikme süresinin getirilerinden daha fazla faydalanmak isteyen müşterilerin daha az sipariş ve dolayısıyla daha sık sipariş vermek istemelerinin bir sonucudur. Talebin stoksuzluğa düşmeden stoktan karşılandığı sürenin artması ise Tablo 3.1'den de görüleceği üzere, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarındaki düşüşün optimal sipariş miktarındaki düşüşten daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü bir önceki dönemden karşılanamayan stoksuzluk miktarında aynı dönem için sipariş miktarına nispeten daha fazla düşüşün olması elde bulunan stok miktarının bir önceki döneme nispeten daha fazla olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle izin verilen gecikme süresi

arttıkça talebin stoksuzluğa düşmeden -normal olarak- stoktan karşılandığı süre olan  $F$  artmaktadır.

Son olarak, ödemelerde gecikmeye izin verilmediği durum ele alınacak olursa; (geliştirilen modelde  $M = 0$  olarak alınırsa), bu durumda ödemeler malın tesliminde peşin olarak yapılacağından herhangi bir faiz geliri ve gecikme faiz cezası da ortaya çıkmayacaktır. Dolayısıyla modelde  $M = 0$  olması durumunda  $I_o = I_e = 0$  olacaktır. (Bu durum Eroğlu ve Özdemir (2007) modelinde incelenmekte olup bu çalışmada geliştirilen modelin özel bir durumu olarak ele alınmaktadır.) Sayısal örneklerde kullanılan veriler ele alınırsa yani;

$D = 5,000$  birim,  $x = 60,000$  birim,  $K = 400$  TL,  $h = 4$  TL,  $\pi = 6$  TL,  $c = 35$  TL,  $d = 1$  TL,  $s = 60$  TL,  $v = 25$  TL olursa optimal değerler şu şekilde elde edilecektir.

$$Q^* = Q_1^* = Q_2^* \cong 1,310 \text{ birim}$$

$$B^* = B_1^* = B_2^* \cong 454 \text{ birim}$$

$$T^* = T_1^* = T_2^* = 0.249 \text{ yıl} \cong 90 \text{ gün}$$

$$E[TPU^*(Q^*, B^*)] = E[TPU_1(Q_1^*, B_1^*)] = E[TPU_2(Q_2^*, B_2^*)] \cong 113,892 \text{ TL}$$

Burada elde edilen optimal değerler  $I_e = I_o = 0$  varsayımı altında hesaplandığı için Tablo 3.1'deki değerlerle karşılaştırılamamaktadır. (*Tablo 4.1'de  $I_e = 0.12$  ve  $I_o = 0.15$  alınmaktadır.*) Bu nedenle ödemelerde izin verilen gecikme süresinin sıfır olması durumu yukarıdaki tablo ve grafiklerde analize dahil edilmemiş burada müstakil olarak ele alınmıştır.

Özetle, diğer değişkenler sabit ve veri iken, ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça birim zamanda elde edilen toplam kârın beklenen değeri ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre artmakta fakat optimal sipariş miktarı, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı ve optimal çevrim süresi azalmaktadır.

### 3.8.2. Kusurlu Ürün Oranının Değişmesi

Kusurlu ürün oranının farklı beklenen değerleri için elde edilen optimal değerler Tablo 3.2’de verilmektedir. Analizlerde kusurlu ürün oranının beklenen değeri için  $0 < E(p) < 0.46$  aralığında 0.05, 0.10, ..., 0.40 değerleri kullanılmaktadır.<sup>43</sup>

**Tablo 3.2. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değerindeki Değişmenin Etkisi**

$E(p)$	$Q^*$ (birim)	$B^*$ (birim)	$E(TPU)^*$ (TL)	$F$ (gün)	$T^*$ (gün)
0.05	960	386	114,419	38	66
0.10	998	376	111,222	38	65
0.15	1,035	364	107,633	37	63
0.20	1,070	348	103,579	37	62
0.25	1,101	329	98,964	36	59
0.30	1,128	306	93,666	35	57
0.35	1,148	278	87,523	34	54
0.40	1,159	244	80,322	33	50

$D = 5,000$  birim,  $x = 60,000$  birim,  $K = 400$  TL,  $h = 4$  TL,  $\pi = 6$  TL,  $c = 35$  TL,  $d = 1$  TL,  $s = 60$  TL,  $v = 25$  TL,  $M = 30$  gün = 0.083 yıl,  $I_e = 0.12$ ,  $I_o = 0.15$ .

Tablo 3.2’ye göre, kusurlu ürün oranı ile optimal sipariş miktarının doğru orantılı diğer değişkenlerin ise ters orantılı olarak değiştiği gözlenmektedir. Bir başka ifade ile kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça optimal sipariş miktarı azalmakta fakat izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı, birim zamandaki toplam

<sup>43</sup> Salameh ve Jaber (2000) çalışmalarında yaptıkları duyarlılık analizinde kusurlu ürün oranı için  $0 \leq p \leq 1 - D/x$  aralığını kullanmışlardır. Burada ele alınan sayısal örnekte  $D = 5000$  ve  $x = 60000$

olduğundan  $0 \leq p \leq 0.916$  olur. Öte yandan,  $f(p) = \begin{cases} \frac{1}{b}, & 0 < p < b \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$  olmak üzere, kusurlu ürün

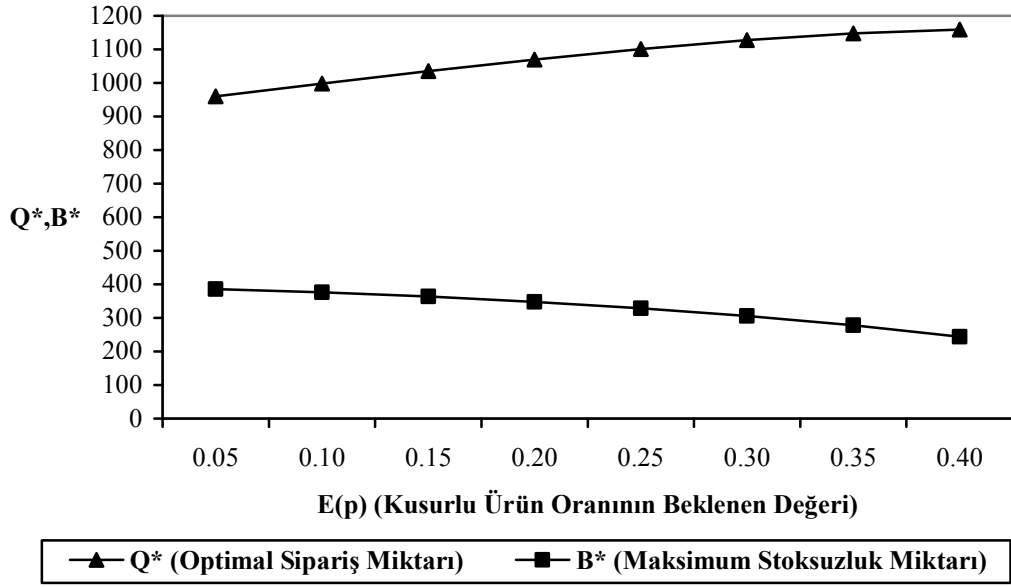
oranının alabileceği maksimum değer  $b$  olup kusurlu ürün oranının beklenen değeri  $E(p) = \frac{b}{2}$  dir.

Buna göre kusurlu ürün için üst sınır  $b = 0.916$  olarak alınırsa kusurlu ürün oranının beklenen değeri için  $0 \leq E(p) \leq 0.46$  olur. Bu nedenle bu çalışmada kusurlu ürün oranının beklenen değerinin optimal değerler üzerine etkisi araştırılırken  $E(p)$  ’nin 0.05, 0.10, ..., 0.40 değerleri kullanılmaktadır. Bazı çalışmalarda (Örneğin: Bknz; Eroğlu ve Özdemir, 2007: 548) kusurluluk oranı için yapılan duyarlılık analizi, kusurluluk oranının üst sınırı olan  $b$  değerine göre de yapılmaktadır. Kusurlu ürün oranının sıfır olması durumu ise tablo ve grafiklerde dahil edilmemiştir. Bunun sebebi, bu değerlerin sıfır alınması durumunda kusurlu ürün oranına bağlı bazı değişkenlerin dolayısıyla da optimal değerlerin tanımsız olarak hesaplanmasıdır.

karın optimal beklenen değeri, optimal çevrim süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden normal olarak stoktan karşılandığı süre ise azalmaktadır.

Kusurlu ürün oranının beklenen değerindeki değişimin her bir değişken üzerindeki etkisi aşağıdaki grafiklerden de izlenebilmektedir.

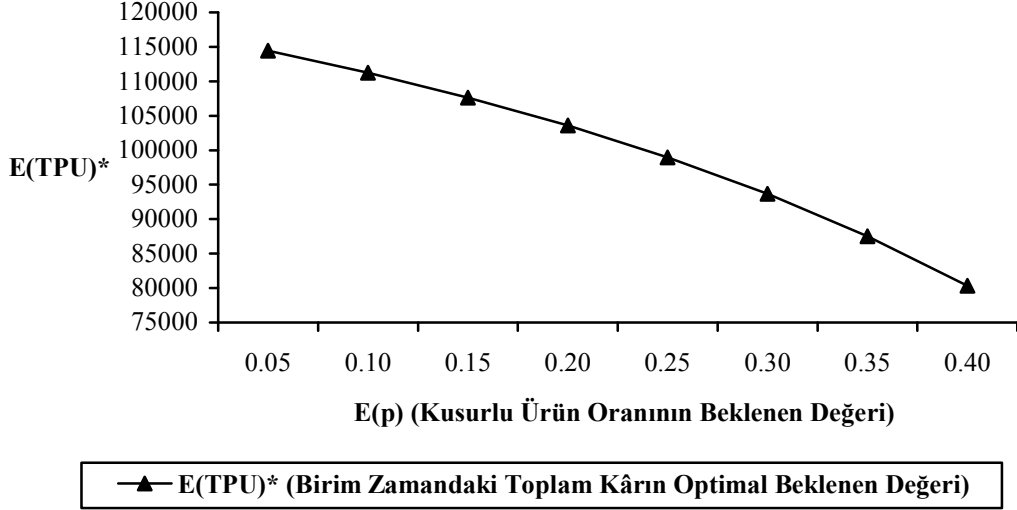
Şekil 3.6'da, kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça optimal sipariş miktarının arttığı, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarının ise azaldığı görülmektedir.



**Şekil 3.6. Kusurlu Ürün Oranın Beklenen Değerinin Optimal Sipariş Miktarı ve Stoksuzluk Miktarı Üzerindeki Etkisi**

Şekil 3.7'de, kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değerinin azaldığı görülmektedir. Toplam kârdaki bu azalış iki sebepten kaynaklanmaktadır. Birincisi, kusurlu ürün miktarının artması ile tespit edilen kusurlu ürünlerin belli bir zaman stokta tutulmaları sırasında ortaya çıkan depolama maliyetlerindeki artış, ikincisi ise kusurlu ürünlerin düşük fiyattan satılmasıdır. Dolayısıyla toplam kârdaki azalışın büyüklüğü –diğer değişkenler sabitken- stok bulundurma maliyeti ile kusurlu ürünlerin satış fiyatına bağlıdır. Hatta bu iki faktördeki değişim toplam kârı ters yönlü olarak etkilediğinden, etkilerin

şiddetine göre bazı değerler için kusurlu ürün oranı arttıkça toplam kâr da artabilecektir.



**Şekil 3.7. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değerinin Birim Zamandaki Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerindeki Etkisi**

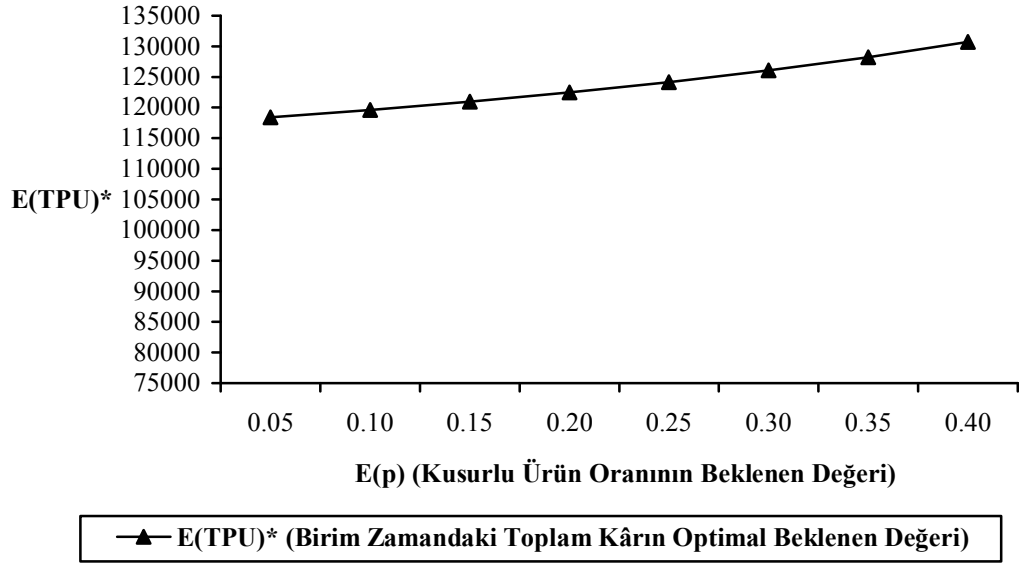
Örneğin; diğer değişkenler sabitken kusurlu ürün oranının 25 TL yerine 40 TL olması durumunda kusurlu ürün oranındaki artışın birim zamanda toplam kârın optimal beklenen değerini artırdığı Tablo 3.3'te ve Şekil 3.8'de gösterilmektedir.<sup>44</sup>

**Tablo 3.3. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değerindeki Değişimin Birim Zamandaki Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerindeki Etkisi (Kusurlu Ürün Satış Fiyatının 40 TL Olması Durumu)**

$E(p)$	$E(TPU)^*$ (TL)	$E(p)$	$E(TPU)^*$ (TL)
<b>0.05</b>	118,399	<b>0.25</b>	124,161
<b>0.10</b>	119,623	<b>0.30</b>	126,059
<b>0.15</b>	120,975	<b>0.35</b>	128,221
<b>0.20</b>	122,478	<b>0.40</b>	130,708

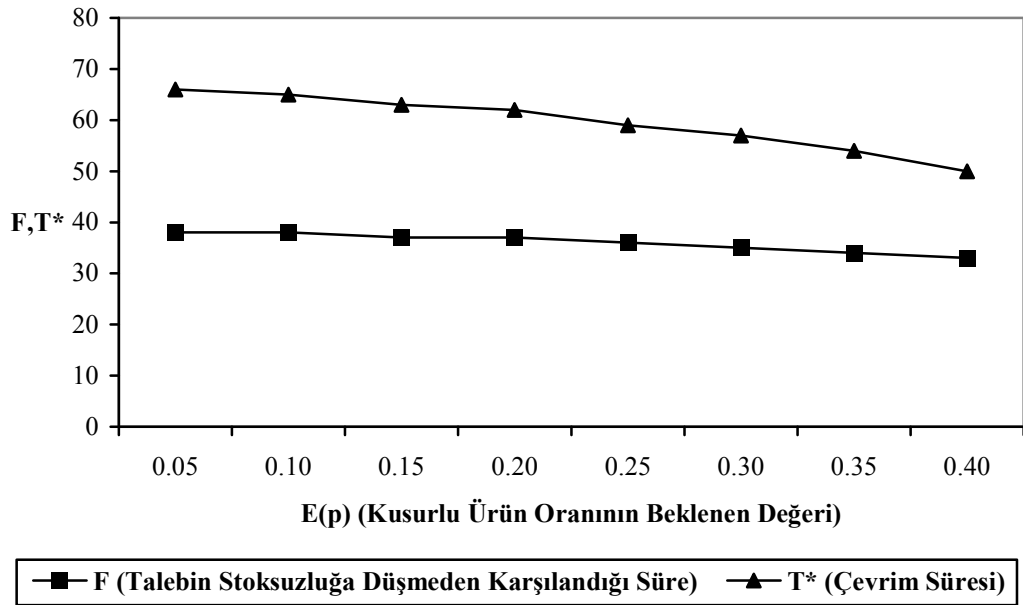
D = 5,000 birim,  $x = 60,000$  birim, K = 400 TL, h = 4 TL,  $\pi = 6$  TL, c = 35 TL, d = 1 TL, s = 60 TL, v = 40 TL, M = 30 gün = 0.083 yıl,  $I_c = 0.12$ ,  $I_o = 0.15$ .

<sup>44</sup> Buradan çıkarılabilecek en önemli sonuç, yapılan analizlerin yorumlanması ve değerlendirilmesinin ancak kendi varsayım ve kabulleri çerçevesinde yapılabileceği ve dolayısıyla genel bir yargıya ulaşılamayacağıdır. Bu nedenle çalışmanın bundan sonraki kısmında da ele alınacak analiz ve değerlendirmelere bu noktadan bakmak gerektir. Bu cümleden olarak, yukarıda ele alınan kusurlu ürün oranının toplam kâr üzerindeki etkisinde, "kusurlu ürün oranının artması toplam kârı azaltır" sonucu genel bir sonuç değildir. Bu sonuç ilgili değişkenlerin veri değerleri altında elde edilmiş özel bir sonuç olup bu değişkenlerin değeri değiştiğinde sonuç da değişebilmektedir.



**Şekil 3.8. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değerindeki Değişimin Birim Zamandaki Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerindeki Etkisi (Kusurlu Ürün Satış Fiyatının 40 TL Olması Durumu)**

Kusurlu ürün oranının beklenen değerindeki değişimin optimal çevrim süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden normal olarak stoktan karşılandığı süre üzerindeki etkisi Şekil 3.9’da görülmektedir.



**Şekil 3.9. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değerinin Optimal Çevrim Süresi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre Üzerindeki Etkisi**

Kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça hem optimal çevrim süresinin hem de talebin normal olarak stoktan karşılandığı sürenin azaldığı görülmektedir. Fakat optimal çevrim süresindeki düşüşün talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süreye nispetle daha fazla olduğu Şekil 3.9'dan anlaşılmaktadır. Başka bir açıdan ele alındığında, kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça çevrim süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre birbirine yaklaşmaktadır.

Sonuç olarak, diğer değişkenler sabit ve veri iken, kusurlu ürün oranının beklenen değeri artarken optimal sipariş miktarını artmakta bunun dışındaki diğer değişkenler (izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı, birim zamanda toplam kârın optimal beklenen değeri, optimal çevrim süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre) ise azalmaktadır.

### **3.8.3. Faiz Oranlarının Değişmesi**

Bu çalışmada geliştirilen modelde iki tür faiz oranı kullanılmaktadır. Bunlar: gecikme faiz oranı ve piyasa faiz oranıdır. Gecikme faiz oranı; satıcı tarafından alıcıya uygulanan ve ödemelerde izin verilen gecikme süresi sonunda ödenmeyen tutar için tahakkuk eden faiz oranıdır. Piyasa faiz oranı ise alıcının ödemelerde izin verilen gecikme süresi içinde satmış olduğu ürünlerden elde ettiği geliri izin verilen gecikme süresi sonuna kadar piyasada işleterek gelir elde ettiği faiz oranıdır. Bu çalışmada; piyasa faiz oranının gecikme faiz oranına eşit veya daha düşük olduğu varsayımı yapılmaktadır.

Bu iki faiz orandaki değişimin optimal değerler üzerine etkisi ayrı ayrı ele alınacaktır.

#### **3.8.3.1. Gecikme Faiz Oranındaki Değişim**

Tablo 3.4'te gecikme cezası olarak ele alınan faiz oranındaki değişimin optimal değerler üzerine etkisi verilmektedir.

Tablo 3.4 incelendiğinde gecikme cezası olarak satıcı tarafından alıcıya uygulanan faiz oranı arttıkça optimal sipariş miktarı, birim zamanda toplam kârın optimal beklenen değeri, talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ile optimal

çevrim süresi azalmakta sadece izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı artmaktadır.<sup>45</sup>

**Tablo 3.4. Gecikme Faiz Oranındaki Değişimin Etkisi**

$I_o$	$Q^*$ (birim)	$B^*$ (birim)	$E(TPU)^*$ (TL)	% değişim $E(TPU)^*$	% değişim $Q^*$ (-)	$F$ (gün)	$T^*$ (gün)
0,15	960	386	114,420	-----	-----	38	66
0,16	957	386	114,418	0.00	0.38	38	65
0,17	953	386	114,415	0.00	0.35	37	65
0,18	950	386	114,413	0.00	0.33	37	65
0,19	947	387	114,411	0.00	0.31	37	65
0,20	944	387	114,409	0.00	0.29	37	65
0,21	942	387	114,408	0.00	0.28	37	64
0,22	939	387	114,406	0.00	0.26	36	64
0,23	937	388	114,404	0.00	0.25	36	64
0,24	935	388	114,403	0.00	0.24	36	64
0,25	933	388	114,401	0.00	0.22	36	64
0,26	931	388	114,400	0.00	0.21	36	64
0,27	929	388	114,399	0.00	0.20	36	64
0,28	927	389	114,397	0.00	0.19	35	63
0,29	925	389	114,396	0.00	0.19	35	63

D = 5,000 birim, x = 60,000 birim, K = 400 TL, h = 4 TL,  $\pi$  = 6 TL, c = 35 TL, d = 1 TL, s = 60 TL, v = 25 TL, M = 30 gün = 0.083 yıl, E(p) = 0,05,  $I_c$  = 0.12

Tablo 3.4'ten görüldüğü üzere gecikme faiz oranındaki artış optimal değerleri çok fazla değiştirmemektedir. Optimal değerlerden sipariş miktarı ve birim zamandaki toplam kârın beklenen değeri üzerinde gecikme faiz oranındaki değişimlerin anlamlı bir etkisinin olup olmadığını anlamak için daha önceki tablolara ilaveten bu tabloda ve bir sonraki tabloda optimal sipariş miktarı ve birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değerlerindeki yüzde değişimler de ele alınmaktadır.

Yüzde değişimlere baktığımızda gecikme faiz oranındaki değişimlerin birim zamanda toplam kârın optimal beklenen değerini çok fazla değiştirmedeği yani

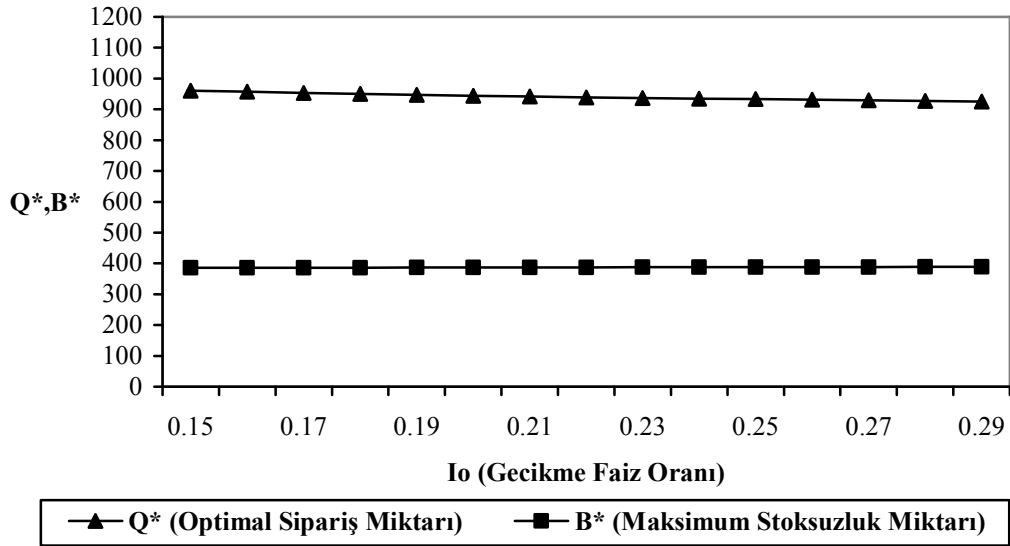
<sup>45</sup> Benzer sonuçlar Sarker vd. (2000) çalışmasında da elde edilmiştir. Onlar amaç olarak toplam maliyetin en küçükleme (minimizasyon) problemini ele aldıklarından gecikme faiz oranı arttıkça toplam maliyetin arttığı sonucuna ulaşmışlardır. Kârın en çoklaması (maksimizasyon) açısından bakıldığında toplam maliyetin artması toplam kârın azalması demektir.



anlamli bir etkisinin olmadigi, optimal siparis miktarinda ise %1'in altinda bir azalisha neden olduğu görülmektedir.

Diğer değişkenler üzerinde de anlamli bir etkisi bulunmayan gecikme faiz oranının her bir değişken üzerindeki ayrı ayrı etkisi görsel olarak aşağıdaki grafiklerden de izlenebilir.

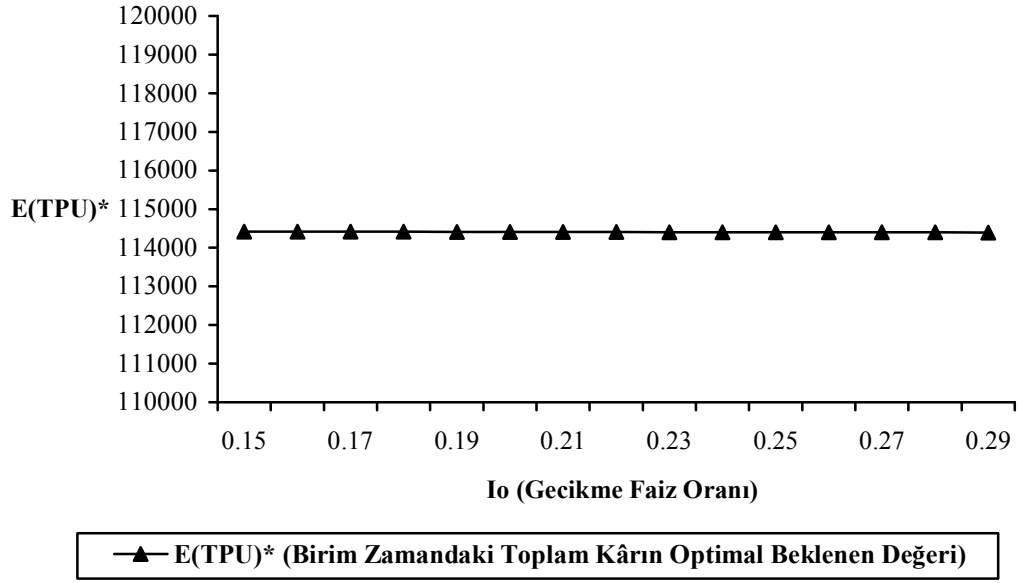
Şekil 3.10'a bakıldığında gecikme faiz oranındaki artışı optimal sipariş miktarını az da olsa azalttığı fakat izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı üzerinde anlamli bir etkisinin olmadigi gözlenmektedir.



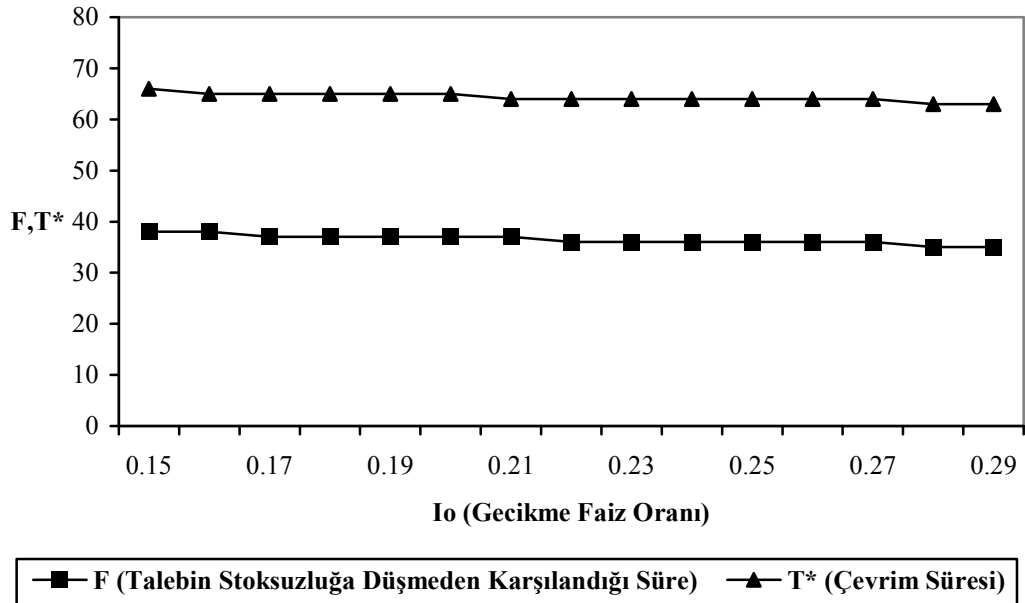
**Şekil 3.10. Gecikme Faiz Oranının Optimal Sipariş Miktarı ve Stoksuzluk Miktarı  zerindeki Etkisi**

Benzer Şekilde, birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değerinin gecikme faiz oranındaki değişmelere karşı duyarsız olduğu, anlamli bir değişim olmadigi, Şekil 3.11'den görülmektedir.

Şekil 3.12'den optimal çevrim süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı sürenin gecikme faiz oranındaki değişmeler karşısında çok az değiştiği görülmektedir. Değişimin yönü negatif olup, gecikme faiz oranı arttıķa optimal çevrim süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre azalmaktadır.



**Şekil 3.11. Gecikme Faiz Oranının Birim Zamandaki Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerindeki Etkisi**



**Şekil 3.12. Gecikme Faiz Oranının Optimal Çevrim Süresi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre Üzerindeki Etkisi**

Kısaca ifade etmek gerekirse, gecikme faiz oranındaki artışın optimal değerler üzerinde anlamlı bir etkisi olmamakla birlikte optimal sipariş miktarı, optimal çevrim süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süreyi az da olsa azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

### 3.8.3.2. Piyasa Faiz Oranındaki Değişim

Piyasa faiz oranındaki değişimin optimal değerler üzerine etkisi Tablo 3.5'te görülmektedir.

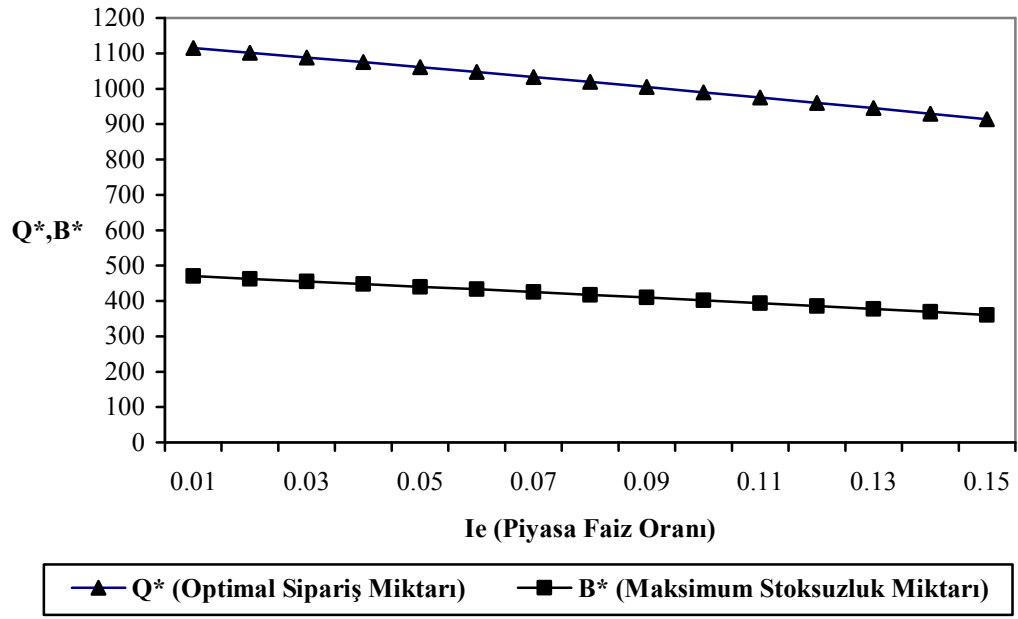
**Tablo 3.5. Piyasa Faiz Oranındaki Değişimin Etkisi**

$I_e$	$Q^*$ (birim)	$B^*$ (birim)	$E(TPU)^*$ (TL)	% değişim $E(TPU)^*$	% değişim $Q^*$ (-)	$F$ (gün)	$T^*$ (gün)
<b>0,01</b>	1,115	470	113,791			42	76
<b>0,02</b>	1,102	462	113,845	0.04	1.2	42	75
<b>0,03</b>	1,088	455	113,899	0.04	1.2	42	74
<b>0,04</b>	1,075	448	113,954	0.04	1.2	41	74
<b>0,05</b>	1,061	440	114,010	0.04	1.3	41	73
<b>0,06</b>	1,047	433	114,066	0.04	1.3	40	72
<b>0,07</b>	1,033	425	114,123	0.05	1.3	40	71
<b>0,08</b>	1,019	417	114,181	0.05	1.4	40	70
<b>0,09</b>	1,005	410	114,239	0.05	1.4	39	69
<b>0,10</b>	990	402	114,299	0.05	1.5	39	68
<b>0,11</b>	975	394	114,359	0.05	1.5	38	67
<b>0,12</b>	960	386	114,420	0.05	1.5	38	66
<b>0,13</b>	945	377	114,482	0.05	1.6	37	65
<b>0,14</b>	929	369	114,545	0.05	1.6	37	64
<b>0,15</b>	914	360	114,609	0.05	1.7	37	63

$D = 5,000$  birim,  $x = 60,000$  birim,  $K = 400$  TL,  $h = 4$  TL,  $\pi = 6$  TL,  $c = 35$  TL,  $d = 1$  TL,  $s = 60$  TL,  $v = 25$  TL,  $M = 30$  gün = 0.083 yıl,  $E(p) = 0.05$ ,  $I_o = 0.15$

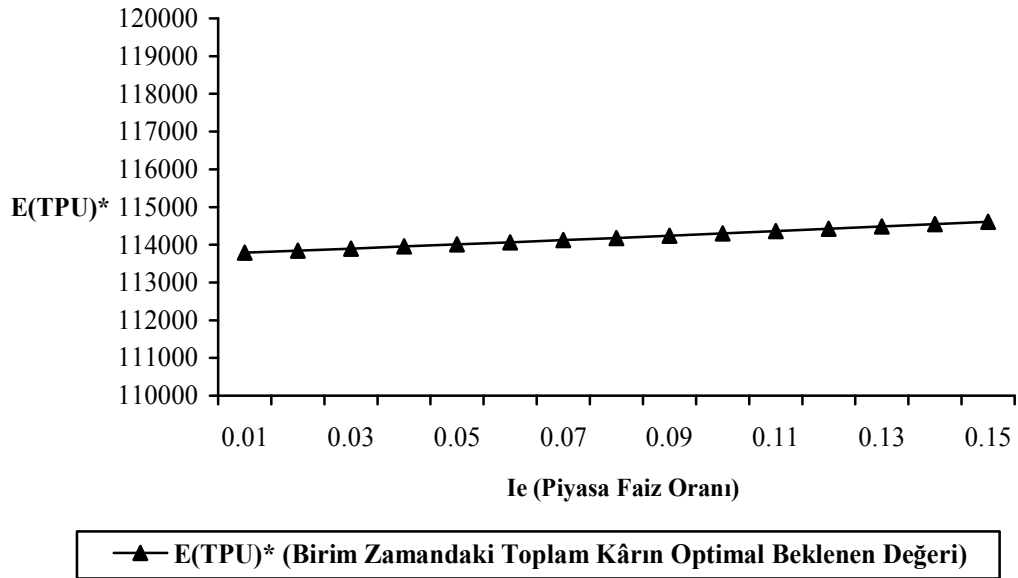
Tablo 3.5 incelendiğinde, piyasa faiz oranı arttıkça sadece birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değeri artmakta optimal sipariş miktarı, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı, talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ile optimal çevrim süresi azalmaktadır.<sup>46</sup> Yüzde değişimlerin de gösterildiği tablodan, piyasa faiz oranındaki değişimin optimal çevrim süresi üzerinde anlamlı etkisinin olduğu fakat birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değeri üzerinde ise çok fazla etkisinin olmadığı anlaşılmaktadır. Bu etkiler aşağıdaki grafiklerde daha net olarak görülebilmektedir.

<sup>46</sup> Bu sonuçlar Chang ve Teng (2004) tarafından elde edilen sonuçların aynısıdır. Dolayısıyla yapılan çalışmanın sonuçları önceki çalışma sonuçlarını desteklemektedir.



**Şekil 3.13. Piyasa Faiz Oranın Optimal Sipariş Miktarı ve Stoksuzluk Miktarı Üzerindeki Etkisi**

Şekil 3.13'te piyasa faiz oranının optimal sipariş miktarı ve izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı üzerindeki etkileri görülmektedir. Buna göre piyasa faiz oranı arttıkça optimal sipariş miktarı ile stoksuzluk miktarı azalmaktadır.

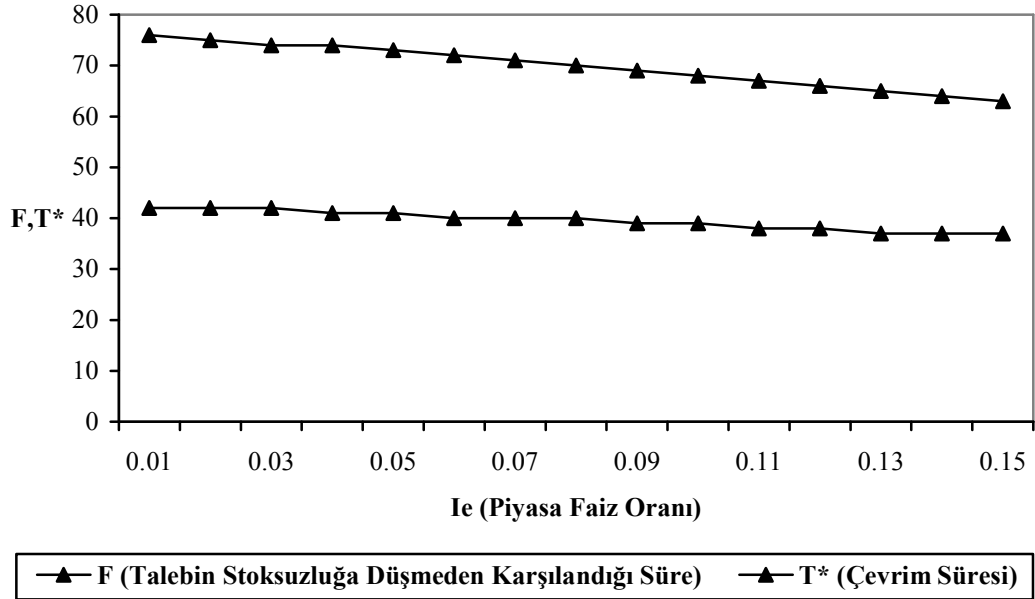


**Şekil 3.14. Piyasa Faiz Oranın Birim Zamandaki Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerindeki Etkisi**

Bu durum, ödemelerde izin verilen gecikme süresinde olduğu gibi, alıcıları daha az miktarda ve daha sık sipariş vermeye teşvik etmekle bu piyasa faiz oranının getirisinden daha fazla yararlanmak istemelerinin bir sonucudur.

Diğer taraftan piyasa faiz oranının artması nedeniyle toplam kârın artması beklenir. Her ne kadar piyasa faiz oranı arttıkça birim zamandaki toplam kârın beklenen değeri artsa da Şekil 3.14'ten de görüldüğü üzere bu etkinin çok da anlamlı olmadığı söylenebilir.

Piyasa faiz oranının optimal çevrim süresi ile talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre üzerindeki etkisi Şekil 3.15'te görülmektedir. Bu şekle göre piyasa faiz oranı arttıkça optimal çevrim süresi ile talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre azalmaktadır.



**Şekil 3.15. Piyasa Faiz Oranının Çevrim Süresi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre Üzerindeki Etkisi**

Her iki faiz oranının etkisi ele alındığında piyasa faiz oranının optimal değerler üzerindeki etkisinin gecikme cezası faiz oranının etkisinden daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışmanın bundan sonraki kısmında modelde ele alınan temel değişkenlerden ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile kusurlu ürün oranının eşanlı değişimlerinin optimal değerler üzerindeki etkileri üç boyutlu olarak analiz edilecektir.

### **3.8.4. Ödemelerde izin Verilen Gecikme Süresi ile Kusurlu Ürün Oranının Eşanlı Değişimi**

Burada ele alınacak analizler yukarıda elde edilen sonuçların farklı bir açıdan ele alınmasından başka bir şey değildir. Fakat optimal değerlerdeki değişmeyi ayrı ayrı ele alması ve elde edilen sonuçların model analizinde incelenen iki durumdan hangisine örnek olduğunu göstermesi açısından daha öz ve anlaşılır sonuçlar vermesi nedeniyle burada tekrar değinilecektir. Bu bağlamda ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile kusurlu ürün oranının eşanlı değişimleri sonucu ortaya çıkan optimal sipariş miktarı, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı, birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değeri, optimal çevrim süresi ile talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süredeki değişimler ayrı başlıklar altında incelenecektir.

#### **3.8.4.1. Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre**

Bu çalışmada geliştirilen modelde iki durum analiz edilmiştir. Bunlar: ödemelerde izin verilen gecikme süresinin talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süreden daha küçük veya eşit olduğu durum ( $M \leq F$ ) ile ödemelerde izin verilen gecikme süresinin talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süreden daha büyük olduğu durum ( $M > F$ )'dur. Dolayısıyla talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı sürenin analizi ile elde edilen optimal değerler modelde ele alınan iki farklı durum için geçerli olan farklı örnekleri göstermektedir.

Tablo 3.6'da ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile kusurlu ürün oranının beklenen değerinin farklı değerleri için elde edilen talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süreler görülmektedir. Tabloda koyu ile gösterilen süreler model analizinde ele alınan II. Duruma uyan değerlerdir. Diğerleri ise I. Duruma uyan değerleri göstermektedir.

**Tablo 3.6. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri İle Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşıldığı Süre Üzerine Etkisi**

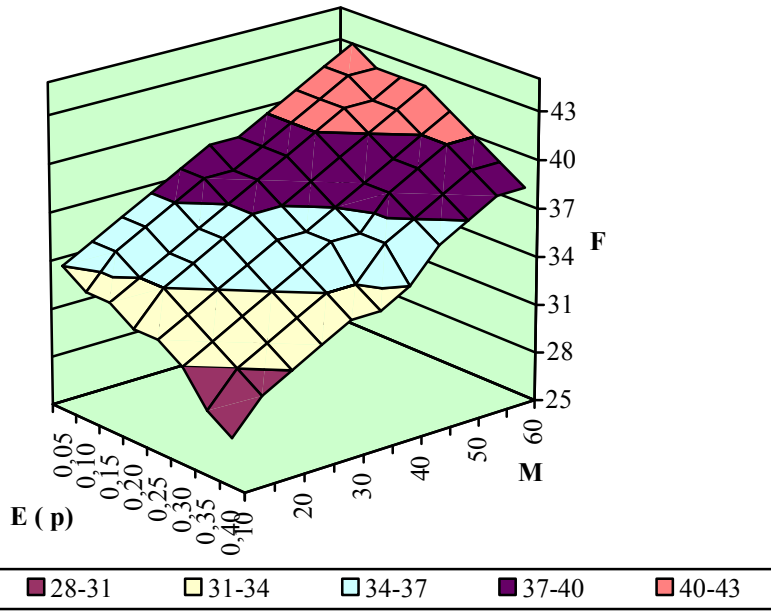
<b>M \ Ep</b>	<b>0,05</b>	<b>0,10</b>	<b>0,15</b>	<b>0,20</b>	<b>0,25</b>	<b>0,30</b>	<b>0,35</b>	<b>0,40</b>
<b>10</b>	34	33	33	32	32	31	29	28
<b>15</b>	35	35	34	34	33	32	31	30
<b>20</b>	36	36	35	35	34	33	32	31
<b>25</b>	37	37	36	36	35	34	33	32
<b>30</b>	38	38	37	37	36	35	34	33
<b>35</b>	39	38	38	37	36	36	<b>34</b>	<b>33</b>
<b>40</b>	<b>39</b>	<b>39</b>	<b>39</b>	<b>38</b>	<b>37</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>34</b>
<b>45</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>37</b>	<b>36</b>
<b>50</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>39</b>	<b>38</b>	<b>37</b>
<b>55</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>38</b>
<b>60</b>	<b>43</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>41</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>38</b>

$D = 5,000$  birim,  $x = 60,000$  birim,  $K = 400$  TL,  $h = 4$  TL,  $\pi = 6$  TL,  $c = 35$  TL,  $d = 1$  TL,  $s = 60$  TL,  $v = 25$  TL,  $I_e = 0.12$ ,  $I_o = 0.15$

Bu tablodan anlaşıldığına göre kusurlu ürün oranının 0.35 ve 0.40 olduğu durum ile ödemelerde izin verilen gecikme süresinin 35 gün olması durumunda II. Durum geçerli olmaktadır. Ödemelerde izin verilen gecikme durumunun 40 gün ve daha fazla olması durumunda ise kusurlu ürün oranının beklenen değerinin bütün değerleri için II. Duruma uyan sonuçlar elde edilmektedir. Söz konusu ayırım bundan sonra ele alınacak diğer tablolarda geçerli olup koyu ile gösterilen değerler II. Durumu temsil etmektedir.

Tablo 3.6 incelendiğinde talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça artmakta buna mukabil, kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça azalmaktadır.

Şekil 3.16'da ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile kusurlu ürün oranının beklenen değerindeki değişimin talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre üzerindeki eşanlı etkisi üç boyutlu grafik şeklinde gösterilmektedir. Bu şekle göre talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre en yüksek değerine ödemelerde izin verilen gecikme süresinin en büyük değeri ile kusurlu ürün oranının beklenen değerinin en düşük değerinde ulaşmaktadır.



**Şekil 3.16. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri İle Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre Üzerine Etkisi**

### 3.8.4.2. Optimal Sipariş Miktarı

Ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile kusurlu ürün oranının beklenen değerindeki eşanlı değişimler karşısında optimal sipariş miktarının aldığı değerler Tablo 3.7’de yer almaktadır.

**Tablo 3.7. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Optimal Sipariş Miktarı Üzerine Etkisi**

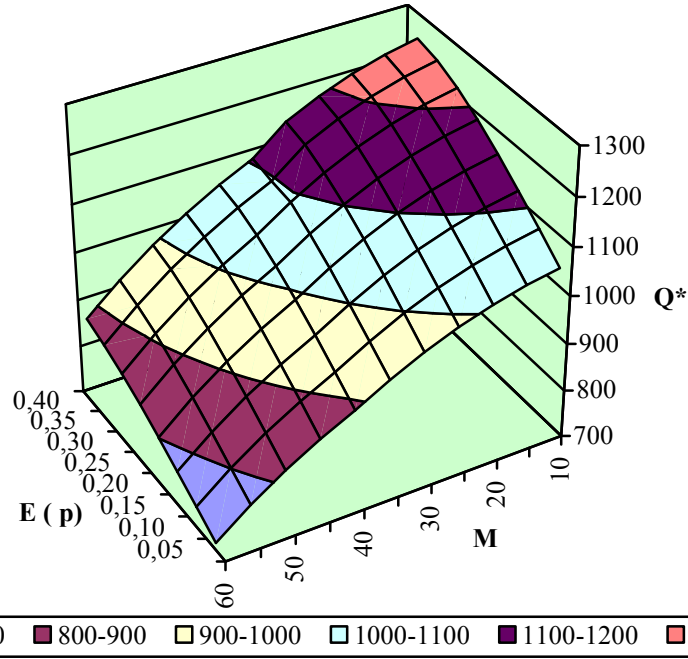
M \ E <sub>p</sub>	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
10	1,037	1,078	1,118	1,155	1,189	1,217	1,238	1,249
15	1,026	1,066	1,105	1,142	1,175	1,204	1,225	1,236
20	1,009	1,049	1,087	1,124	1,157	1,184	1,205	1,216
25	987	1,026	1,064	1,100	1,132	1,159	1,180	1,191
30	960	998	1,035	1,069	1,101	1,128	<b>1,148</b>	<b>1,159</b>
35	927	963	999	1,033	1,063	1,090	<b>1,095</b>	<b>1,104</b>
40	<b>889</b>	<b>925</b>	<b>959</b>	<b>991</b>	<b>1,020</b>	<b>1,044</b>	<b>1,062</b>	<b>1,072</b>
45	<b>855</b>	<b>890</b>	<b>923</b>	<b>954</b>	<b>982</b>	<b>1,006</b>	<b>1,024</b>	<b>1,034</b>
50	<b>816</b>	<b>848</b>	<b>880</b>	<b>910</b>	<b>938</b>	<b>961</b>	<b>979</b>	<b>990</b>
55	<b>769</b>	<b>801</b>	<b>831</b>	<b>860</b>	<b>886</b>	<b>909</b>	<b>927</b>	<b>939</b>
60	<b>715</b>	<b>745</b>	<b>773</b>	<b>801</b>	<b>826</b>	<b>848</b>	<b>866</b>	<b>880</b>

D =5,000 birim, x = 60,000 birim, K = 400 TL, h = 4 TL,  $\pi$  = 6 TL, c = 35 TL, d = 1 TL, s = 60 TL, v = 25 TL,  $I_c$  =0.12 ,  $I_o$  =0.15



Bu tablodan optimal sipariş miktarının değişimi hakkında iki önemli sonuca ulaşılabilmektedir. Bu sonuçlardan birisi ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça optimal sipariş miktarının azalmasıdır. Diğeri ise, kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça optimal sipariş miktarının artmasıdır.

Bu iki sonuç birleştirildiğinde ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile kusurlu ürün oranının beklenen değerinin eşanlı değişmesi durumunda, ödemelerde izin verilen gecikme süresi azaldıkça ve kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça optimal sipariş miktarının arttığı görülmektedir. Dolayısıyla ödemelerde izin verilen gecikme süresinin en az, kusurlu ürün oranının beklenen değerinin ise en çok olduğu durumda optimal sipariş miktarı maksimum olacaktır. Bu durum Şekil 3.17’de üç boyutlu olarak gösterilmektedir.



**Şekil 3.17. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Optimal Sipariş Miktarı Üzerine Etkisi**

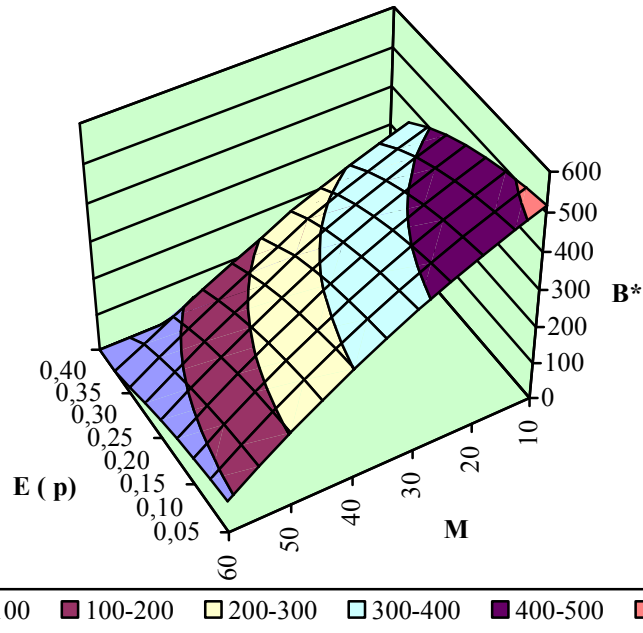
### 3.8.4.3. İzin Verilen Maksimum Stoksuzluk Miktarı

Tablo 3.8 ve Şekil 3.18’de ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile kusurlu ürün oranının beklenen değerindeki eşanlı değişimler sonucu izin verilen maksimum stoksuzluk miktarının seyri görülmektedir.

**Tablo 3.8. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri İle Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Maksimum Stoksuzluk Miktarı Üzerine Etkisi**

M \ E <sub>p</sub>	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
10	517	507	493	475	454	428	396	357
15	489	478	464	447	426	401	370	331
20	457	447	434	417	396	371	341	304
25	423	413	400	384	364	340	311	275
30	386	376	364	348	329	306	278	244
35	345	336	324	310	291	269	236	203
40	301	292	280	265	247	224	197	166
45	253	245	234	220	202	181	156	127
50	203	195	185	172	155	136	112	85
55	148	141	132	120	105	87	66	42
60	89	83	74	64	51	35	16	--- <sup>47</sup>

D = 5,000 birim, x = 60,000 birim, K = 400 TL, h = 4 TL, π = 6 TL, c = 35 TL, d = 1 TL, s = 60 TL, v = 25 TL, I<sub>e</sub> = 0.12, I<sub>o</sub> = 0.15



**Şekil 3.18. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve İzin Verilen Maksimum Stoksuzluk Miktarı Üzerine Etkisi**

<sup>47</sup> Ödemelerde izin verilen gecikme süresinin en yüksek değeri olan 60 gün ve kusurlu ürün oranının beklenen değerinin en fazla olduğu 0.40 değerlerinde ise izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı -4 olarak hesaplanmıştır. Fakat bu değer modeldeki varsayımları ve özellikle pozitif olma koşulunu sağlamadığı için analiz dışında bırakılmıştır.

Tablo 3.8'e göre kusurlu ürün oranının beklenen değeri ile ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça maksimum stoksuzluk miktarı azalmaktadır.

Şekil 3.18'e göre kusurlu ürün oranının beklenen değeri ile ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça izin verilen maksimum stoksuzluk miktarının azaldığı görülmektedir. İzin verilen maksimum stoksuzluk miktarının en yüksek değerine ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile kusurlu ürün oranının beklenen değerinin en küçük değerlerinde ulaşılmaktadır.

#### 3.8.4.4. Birim Zamandaki Toplam Kârın Optimal Değeri

Tablo 3.9'da kusurlu ürün oranının beklenen değeri ile ödemelerde izin verilen gecikme süresinin aynı anda değişmesi durumunda birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değerinin değişimi verilmektedir.

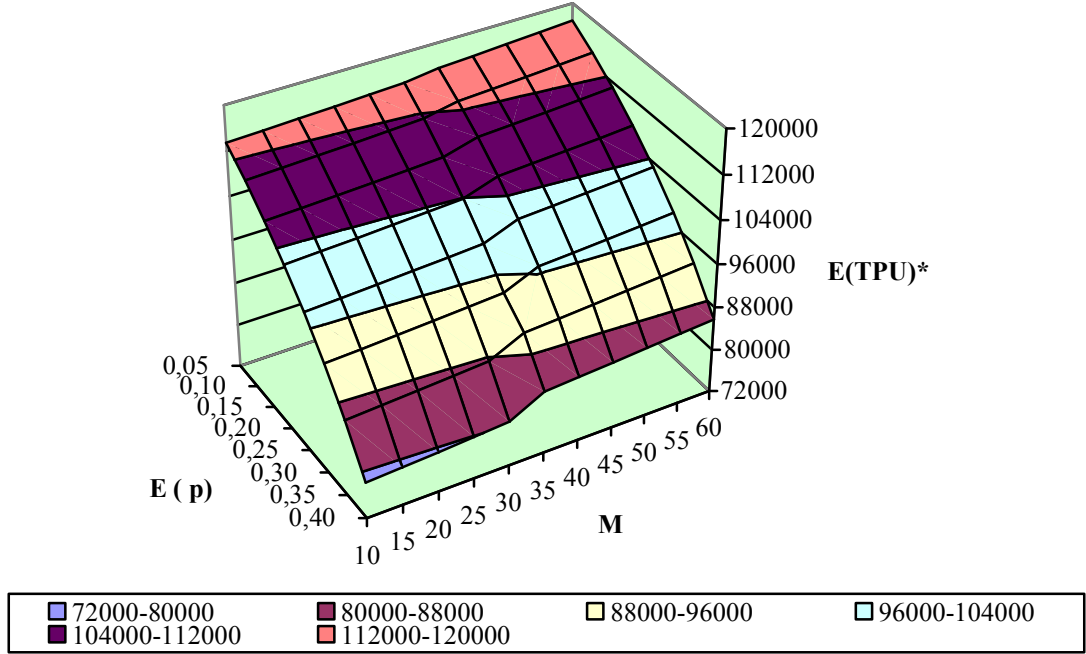
**Tablo 3.9. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri İle Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Birim Zamanda Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerine Etkisi**

<b>M \ Ep</b>	<b>0.05</b>	<b>0.10</b>	<b>0.15</b>	<b>0.20</b>	<b>0.25</b>	<b>0.30</b>	<b>0.35</b>	<b>0.40</b>
<b>10</b>	113,453	110,199	106,547	102,419	97,719	92,320	86,057	78,707
<b>15</b>	113,666	110,426	106,789	102,679	97,998	92,623	86,389	79,074
<b>20</b>	113,897	110,671	107,050	102,958	98,298	92,948	86,743	79,464
<b>25</b>	114,148	110,936	107,331	103,258	98,620	93,295	87,121	79,880
<b>30</b>	114,420	111,223	107,634	103,580	98,965	93,667	87,524	80,323
<b>35</b>	114,715	111,532	107,961	103,927	99,335	94,064	<b>90,525</b>	<b>83,580</b>
<b>40</b>	<b>115,498</b>	<b>112,760</b>	<b>109,601</b>	<b>105,945</b>	<b>101,697</b>	<b>96,735</b>	<b>90,904</b>	<b>83,994</b>
<b>45</b>	<b>115,824</b>	<b>113,085</b>	<b>109,928</b>	<b>106,279</b>	<b>102,042</b>	<b>97,099</b>	<b>91,293</b>	<b>84,418</b>
<b>50</b>	<b>116,171</b>	<b>113,428</b>	<b>110,271</b>	<b>106,627</b>	<b>102,401</b>	<b>97,474</b>	<b>91,694</b>	<b>84,855</b>
<b>55</b>	<b>116,542</b>	<b>113,791</b>	<b>110,632</b>	<b>106,991</b>	<b>102,774</b>	<b>97,864</b>	<b>92,108</b>	<b>85,306</b>
<b>60</b>	<b>116,941</b>	<b>114,180</b>	<b>111,016</b>	<b>107,375</b>	<b>103,166</b>	<b>98,271</b>	<b>92,539</b>	<b>85,774</b>

D = 5,000 birim, x = 60,000 birim, K = 400 TL, h = 4 TL,  $\pi$  = 6 TL, c = 35 TL, d = 1 TL, s = 60 TL, v = 25 TL,  $I_e$  = 0.12,  $I_o$  = 0.15

Tablo değerleri incelendiğinde birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değeri; kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça azalmakta fakat ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça artmaktadır.

Şekil 3.19’da birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değerinin üç boyutlu grafiği gösterilmektedir.



**Şekil 3.19. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Birim Zamanda Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerine Etkisi**

Bu grafikten anlaşıldığına göre en yüksek optimal toplam kâr, en düşük kusurlu ürün oranının beklenen değeri ile en yüksek ödemelerde izin verilen gecikme süresi değerinin kesişiminde ortaya çıkmaktadır. Bir başka ifade ile birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değeri ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile doğru orantılı, kusurlu ürün oranının beklenen değeri ile ters orantılı olarak değişmektedir.

Tablo 3.19 ve Şekil 3.19’den çıkarılabilecek bir diğer sonuç da, birim zamandaki toplam kârın kusurlu ürün oranının beklenen değerine karşı daha duyarlı olduğu, ödemelerde izin verilen gecikme süresi karşısında ise çok fazla değişmediğidir. Dolayısıyla ödemelerde izin verilen gecikme süresi ne kadar artsa da kusurlu ürün oranının beklenen değeri azalmadıkça toplam kârda önemli bir artış olmamaktadır.

### 3.8.4.5. Optimal Çevrim Süresi

Optimal çevrim süresinin ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile kusurlu ürün oranındaki değişimler karşısında aldığı değerler Tablo 3.10'da görülmektedir.

**Tablo 3.10. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri İle Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Optimal Çevrim Süresi Üzerine Etkisi**

<b>M \ E<sub>p</sub></b>	<b>0,05</b>	<b>0,10</b>	<b>0,15</b>	<b>0,20</b>	<b>0,25</b>	<b>0,30</b>	<b>0,35</b>	<b>0,40</b>
<b>10</b>	71	70	68	67	64	61	58	54
<b>15</b>	70	69	68	66	63	61	57	53
<b>20</b>	69	68	67	65	62	60	56	53
<b>25</b>	68	66	65	63	61	58	55	51
<b>30</b>	66	65	63	62	59	57	54	50
<b>35</b>	63	62	61	59	57	55	<b>51</b>	<b>48</b>
<b>40</b>	<b>61</b>	<b>60</b>	<b>59</b>	<b>57</b>	<b>55</b>	<b>53</b>	<b>50</b>	<b>46</b>
<b>45</b>	<b>59</b>	<b>58</b>	<b>56</b>	<b>55</b>	<b>53</b>	<b>51</b>	<b>48</b>	<b>45</b>
<b>50</b>	<b>56</b>	<b>55</b>	<b>54</b>	<b>52</b>	<b>51</b>	<b>48</b>	<b>46</b>	<b>43</b>
<b>55</b>	<b>53</b>	<b>52</b>	<b>51</b>	<b>50</b>	<b>48</b>	<b>46</b>	<b>43</b>	<b>41</b>
<b>60</b>	<b>49</b>	<b>48</b>	<b>47</b>	<b>46</b>	<b>45</b>	<b>43</b>	<b>41</b>	<b>38</b>

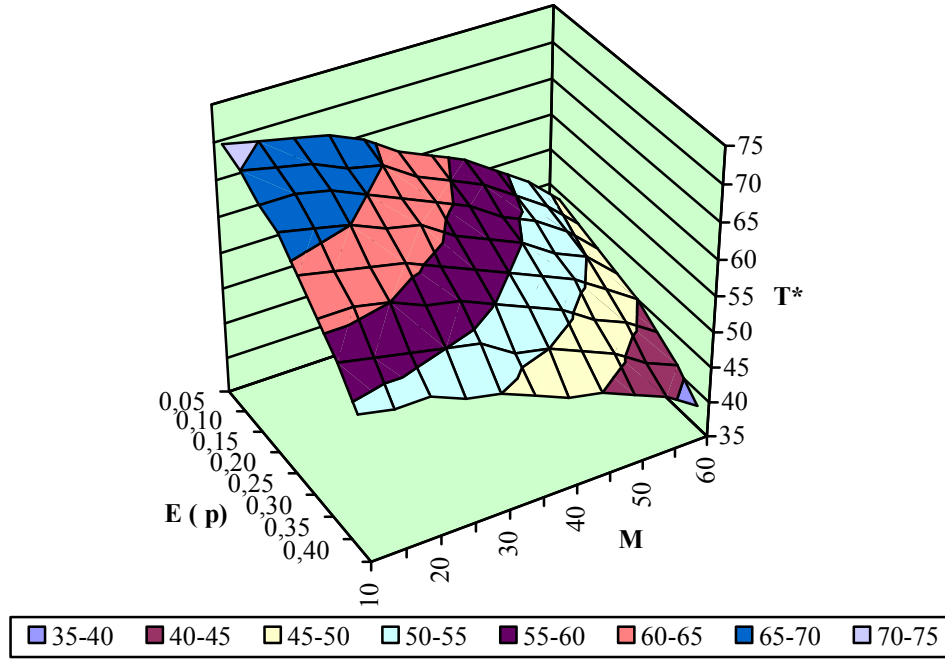
$D = 5,000$  birim,  $x = 60,000$  birim,  $K = 400$  TL,  $h = 4$  TL,  $\pi = 6$  TL,  $c = 35$  TL,  $d = 1$  TL,  $s = 60$  TL,  $v = 25$  TL,  $I_c = 0.12$ ,  $I_o = 0.15$

Bu tablodan, kusurlu ürün oranının beklenen değeri ile ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça optimal çevrim süresinin azaldığı anlaşılmaktadır.

Şekil 3.20'de bu durumun üç boyutlu grafiği gösterilmektedir.

Buna göre çevrim süresi en yüksek değerine ödemelerde izin verilen gecikme süresinin ve kusurlu ürün oranının beklenen değerinin en az olduğu zaman ulaşmaktadır.

İzin verilen gecikme süresi ile kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça çevrim süresi de azalmaktadır. Burada çevrim süresinin azalmasında etkili olan unsurlar; ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça bu gecikme süresinin avantajından daha fazla faydalanmak için ve yine kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça kusursuz ürünler azalacağından mevcut talebi karşılamak için daha sık sipariş verilmesidir.



**Şekil 3.20. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri İle Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Çevrim Süresi Üzerine Etkisi**

### 3.9. Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Gelecek Çalışmalar

Bu çalışmada geliştirilen modelde elde edilen optimal değerlerin ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile kusurlu ürün oranındaki değişimler karşısındaki değişimleri duyarlılık analizi ile analiz edilmiştir. Ayrıca faiz oranlarındaki değişimin optimal değerler üzerine etkisi de incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- Ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça optimal sipariş miktarı, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı ve optimal çevrim süresi azalmakta, birim zamanda elde edilen toplam kârın beklenen değeri ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre artmaktadır. Bu sonuçlar daha önce bu konuda yapılmış çalışmaların çoğunda elde edilen sonuçlarla tutarlıdır.<sup>48</sup> Dolayısıyla bu çalışmada geliştirilen modelin sonuçları teori ile desteklenmektedir.

<sup>48</sup> Optimal sipariş miktarı ve çevrim süresinin ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile ters orantılı olduğu sonucuna ulaşan çalışmalardan bir kısmı şunlardır: Liao ve Chen (2003), Teng vd. (2005), Teng (2005), Ouyang (2006) ve Liao (2008). Ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça toplam maliyetin azaldığı dolaylı olarak da toplam kârın arttığı sonucu ise Jamal vd. (2000), Sarker vd. (2000) Chang ve Teng (2004), Chung ve Huang (2006) ve Liao (2008) çalışmalarında gösterilmektedir.

- Kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça optimal sipariş miktarı artmakta fakat izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı, birim zamandaki toplam karın optimal beklenen değeri, optimal çevrim süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden normal olarak stoktan karşılandığı süre ise azalmaktadır.<sup>49</sup>
- Piyasa faiz oranının artması durumunda ise sadece birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değeri artmakta optimal sipariş miktarı, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı, talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ile optimal çevrim süresi azalmaktadır.<sup>50</sup>
- Ödenmeyen sipariş tutarı için tahakkuk eden gecikme faiz oranındaki değişimler ele alındığında gecikme faiz oranı arttıkça optimal sipariş miktarı, birim zamanda toplam kârın optimal beklenen değeri, talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ile optimal çevrim süresi azalmakta sadece izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı artmaktadır.<sup>51</sup> Yüzde değişimler ele alındığında ise optimal değerlerdeki bu değişimin çok da anlamlı olmadığı söylenebilir.

Kusurlu ürün oranının beklenen değeri ile ödemelerde izin verilen gecikme süresinin eşanlı değişimlerinin optimal değerler üzerindeki etkisinin incelenmesiyle benzer sonuçlar farklı bakış açılarından elde edilmiş ve daha öz ve anlaşılır sonuçlara ulaşılmıştır. Buna göre:

- Talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça artmakta buna mukabil, kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça azalmaktadır. Bir başka ifade ile talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre ile ödemelerde izin verilen gecikme süresi doğru

---

<sup>49</sup> Bu sonuçlar daha önceki çalışma sonuçları ile (Salameh ve Jaber (2000), Eroğlu vd., (2004), Eroğlu ve Özdemir (2007) tutarlı olup bu çalışmada geliştirilen modelin sonuçlarının teoriyle desteklendiğini ortaya koymaktadır.

<sup>50</sup> Bu sonuçlar Chang ve Teng (2004) tarafından elde edilen sonuçların aynısıdır. Dolayısıyla yapılan çalışmanın sonuçları önceki çalışma sonuçlarını desteklemektedir.

<sup>51</sup> Benzer sonuçlar Sarker vd. (2000) çalışmasında da elde edilmiştir. Onlar amaç olarak toplam maliyetin en küçüklemesi (minimizasyon) problemini ele aldıklarından gecikme faiz oranı arttıkça toplam maliyetin arttığı sonucuna ulaşmışlardır. Kârın en çoklaması (maksimizasyon) açısından bakıldığında toplam maliyetin artması toplam kârın azalması demektir.

orantılı, kusurlu ürün oranının beklenen değeri ise ters orantılı olarak değişmektedir.

- Benzer şekilde, birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değeri; ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça artmakta kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça azalmaktadır.
- Optimal sipariş miktarı ise ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça azalmakta, kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça artmaktadır.
- İzin verilen maksimum stoksuzluk miktarı ile ödemelerde izin verilen gecikme süresi ve kusurlu ürün oranının beklenen değeri ters yönlü olarak değişmektedir. Yani ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı azalmaktadır.
- Aynı şekilde ödemelerde izin verilen gecikme süresi ve kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça optimal çevrim süresi azalmaktadır.

Bu çalışmada geliştirilen modelle elde edilen sonuçlar daha önceki çalışma sonuçlarını desteklemektedir. Önceki çalışmalarda ayrı ayrı ele alınan farklı durumlar bu çalışmada geliştirilen modelde aynı anda analiz edilmesi bu çalışmayı önceki çalışmalardan farklı kılmaktadır. Bu cümleden olarak, geliştirilen model; stoksuzluğa ve ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ile kusurlu ürün durumunu aynı anda ele alması açısından bu alanda daha önce yapılmış çalışmaların en son şekli olarak literatüre katkıda bulunmaktadır.

Bu çalışmada elde edilen modelde klasik modellerdeki varsayımların çoğu aynen kabul edilmiştir. Örneğin, stoktaki ürünlerin zamanla bozulacağı gerçeği, farklı talep fonksiyonlarının olması, paranın zaman değeri ve enflasyon etkisi ve sürekli tedarik durumu gibi gerçek hayatta karşılaşılabilen pek çok durum göz ardı edilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada elde edilen model, ürünlerin zamanla bozulması durumunu, paranın zaman değeri ve enflasyon etkisini ve farklı talep fonksiyonlarını içerecek şekilde gelecek çalışmalarla geliştirilebilecektir.



## SONUÇ

Bir işletmenin etkin ve verimli çalışması için üretimde kullanılan, satışı yapılan madde ve malzemelerin zamanında ve gereken miktarda sağlanması gerekmektedir. Her işletme, faaliyet alanları temelinde, üretimi gerçekleştirmek veya müşterilerin isteğine cevap verebilmek için elinde bazı madde ve malzemeleri hazır bulundurması gerekmektedir. İşletmenin sözü edilen amaçlar çerçevesinde elinde bulunan madde ve malzemelere en genel ifadeyle stok denilmektedir. İşletmenin fonksiyonları içerisinde üretim yönetimi fonksiyonu ne kadar önemli ise, üretim fonksiyonları içerisinde stok kontrolü ve yönetimi o kadar önemlidir.

Her işletme faaliyet koluna göre farklı türde stok bulundurmaktadır. Üretim ve satış için sağlanan veya üretim sonrası nihai ürün olarak elde tutulan stokların işletmeye olan maliyeti ile elde stok bulundurmamanın maliyetlerinin dengelenmesi temeline dayanan stok yönetiminde, stok kontrolü ve planlaması son derece yaşamsal bir öneme sahiptir. Bu çerçevede, stok kontrol ve planlamasının ana amacı olarak, stokların miktar ve zamanlamasını gösteren stok politikasının belirlenmesi gösterilebilir. Bu amacın gerçekleştirilmesi için gerekli olan yöntemlerin belirlenip kullanılması gerekmektedir. Stokların niteliği, talebin özelliği, temin süresi gibi faktörler, uygulanacak stok sistemi ve yöntemlerinin belirlenmesi sürecine ışık tutmaktadır. En iyi stok yönetim sistemi, işletmenin amaçlarına göre ve işletmenin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde dengeli bir stok bulundurmayı öngörmektedir.

Bu çerçevede denilebilir ki, işletmeler faaliyetlerini yürütmek, müşteri istek ve ihtiyaçlarına anında cevap vermek ve neticesinde de kâr elde edebilmek amacıyla belli bir miktar stok bulundurmak zorundadır. Bütün stok kontrol problemlerinde amaç, toplam maliyeti minimum yapacak şekilde, her bir üründen ne kadar sipariş edileceğinin ve bu siparişlerin ne zaman verileceğinin belirlenmesidir.

Bu sorulara cevap bulmak için pek çok yöntem ve model geliştirilmiştir. Gözle kontrol gibi oldukça basit yöntemlerden başlayarak, bilgisayarla çözülen karmaşık modellere kadar geniş bir yelpaze oluşturan bu yöntem ve teknikler, farklı sınıflandırmalara tabi tutulmaktadır. Stok kontrolü için geliştirilen bu yöntem ve

teknikler içinde, karmaşık problemlerin çözümü için geliştirilmiş stok kontrol modelleri önemli bir yer tutmaktadır.

Stok kontrol modellerinin sınıflandırmasında temel belirleyici, talep değişkenidir. Talebin yapısına göre yapılan sınıflandırmaya göre, stok kontrol modelleri, deterministik ve olasılıklı modeller olarak ikiye ayrılmaktadır. Deterministik modeller içerisinde en yaygın kullanılanları ise, ekonomik sipariş ve üretim miktarı modelleridir.

Klasik ekonomik sipariş ve üretim miktarı modellerindeki varsayımların gerçek hayattaki birçok problemin çözümünde yetersiz kalması nedeniyle, problem yapısına göre, ilave varsayımlarla veya mevcut varsayımların gevşetilmesiyle pek çok yeni model geliştirilmiştir. Yeni açılımlar olarak ele alınan bu yaklaşımlarda çok ürün olması, kusurlu ürün, ödemelerde gecikmeye izin verilmesi, stoktaki ürünlerin bozulması, öğrenme, enflasyon ve paranın zaman değeri etkileri gibi farklı durumlar analiz edilmektedir.

Bu çalışmada, bu yeni açılımlardan hareketle yeni bir ekonomik sipariş miktarı modeli geliştirilmektedir. Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, işletmelerde stok ve stok kontrol modelleri başlığı altında; stok kavramı, stok çeşitleri, stok maliyetleri, stok bulundurma nedenleri, stok kontrol ve yönetimi, stok kontrol sistemleri ve stok kontrol modellerinden söz edilmektedir. Ayrıca, bu bölümde, klasik deterministik stok kontrol modellerinin matematiksel olarak elde edilme yolu da gösterilmektedir.

İkinci bölümde, stok kontrol modellerine yeni açılımlar başlığı altında; ekonomik sipariş ve üretim miktarı modellerinde yeni açılımlar ve bu açılımlarla ilgili yapılan çalışmalara yer verilmektedir. Bu açılımlar içinde çok ürün olması, stoksuzluğa izin verilmesi, stoktaki ürünlerin zamanla bozulması, farklı talep fonksiyonlarının olması, miktar indirimi, üretim hızının değişken olması, paranın zaman değeri ve enflasyon etkisi, öğrenme etkisi, ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ve kusurlu ürün olması durumu ele alınmaktadır. Özellikle ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu ile kusurlu ürün durumunu ele alan çalışmalar ayrıntılı olarak incelenmektedir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde ise; kusurlu ürün ve ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu altında yeni bir model geliştirilmektedir. Geliştirilen modelde ödemelerde gecikmeye ve stoksuzluğa izin verilmekte ve gelen ürünlerin belli bir oranda kusurlu ürün içerdiği varsayılmaktadır. Geliştirilen model için sayısal örnekler verilmekte ve ödemelerde gecikmeye izin verilen süre ile kusurlu ürün oranındaki değişimlerin etkileri analiz edilmektedir.

Geliştirilen modelde talep miktarı sabit ve sürekli olup kesin olarak bilinmektedir. Tek kalem ürünler partiler halinde sipariş edilmektedir. Sipariş sonucu gelen ürünler bir miktar kusurlu ürün içermektedir. Kusurluluk oranı rassal bir değişken olup tekdüze dağılıma uymaktadır ve belli bir olasılık yoğunluk fonksiyonuna sahiptir. Sipariş sonucu gelen her parti %100 inceleme sürecinden geçirilmektedir. Bu süreçte tespit edilen kusurlu ürünler ayrılmakta ve inceleme süresi sonunda, tek parti halinde indirimli fiyattan satılmaktadır.

Geliştirilen modelde ayrıca stoksuzluğa ve ödemelerde belli bir süre gecikmeye de izin verilmektedir. İzin verilen bu gecikme süresi içerisinde yapılan satışlardan elde edilen gelir mevduat hesabında işletilerek faiz geliri elde edilmektedir. İzin verilen gecikme süresi sonunda toplam sipariş tutarının ödenmesi gerekmektedir. Ödenmeyen tutar için piyasa faiz oranından daha yüksek bir faiz oranından gecikme cezası uygulanmaktadır. Amaç, toplam geliri maksimum yapacak optimal sipariş miktarı ile izin verilen maksimum stoksuzluk miktarının bulunmasıdır.

Bu amaçla geliştirilen modelde ödemelerde izin verilen gecikme süresinin iki farklı durumuna göre iki farklı analiz gerçekleştirilmektedir. Her iki durum için ayrı ayrı toplam maliyet, toplam gelir ve birim zamanda elde edilen toplam kâr fonksiyonları elde edilmektedir. Bu fonksiyonlar kullanılarak yapılan çözümlene sonucu her iki durum için optimal sipariş miktarı ile izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı formüllerine ulaşılmıştır.

Modelin işleyişi için gerekli şartlar ayrıca elde edilmiştir. Geliştirilen model için elde edilen birim zamandaki toplam kâr fonksiyonlarının içbükeylik testleri yapılarak hangi koşullar altında içbükey oldukları belirlenmiştir.

Modelle ilgili özel durumlar ele alınarak, bu konu hakkındaki önceki çalışmalarda elde edilen modellerden bir kısmının bu çalışmada geliştirilen modelin özel durumu oldukları ispat edilmiş ve gösterilmiştir.

Yapılan sayısal örneklerle modelin geçerliliği ve sonuçları sınanmış ve değerlendirilmiştir.

Model analizinin en önemlilerini kısmını duyarlılık analizi oluşturmaktadır. Geliştirilen modelde elde edilen optimal değerlerin ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile kusurlu ürün oranındaki değişimler karşısındaki değişimleri duyarlılık analizi ile analiz edilmiştir. Faiz oranlarındaki değişimin optimal değerler üzerine etkisinin de ele alındığı duyarlılık analizi ile özetle şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- Ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça sipariş miktarı ve stoksuzluk miktarı azalmakta, birim zamanda elde edilen toplam kâr ise artmaktadır.
- Kusurlu ürün oranı arttıkça sipariş miktarı artmakta fakat stoksuzluk miktarı ile birim zamandaki toplam kâr azalmaktadır.
- Piyasa faiz oranının artması durumunda ise birim zamandaki toplam kâr artmakta sipariş miktarı ile stoksuzluk miktarı azalmaktadır.
- Ödenmeyen sipariş tutarı için tahakkuk eden gecikme faiz oranındaki değişimler ele alındığında gecikme faiz oranı arttıkça sipariş miktarı ile birim zamandaki toplam kâr azalmakta stoksuzluk miktarı ise artmaktadır.

Bu çalışmada geliştirilen model analizi ile elde edilen sonuçlar, daha önceki çalışma sonuçlarıyla tutarlıdır. Elde edilen model önceki çalışmalarda ayrı ayrı ele alınan farklı durumları tek model altında analiz etmekle o çalışmalardan ayrılmaktadır.

Bu çalışma, ürünlerin zamanla bozulması durumunu, paranın zaman değeri ve enflasyon etkisini, farklı talep fonksiyonlarını ve sürekli tedarik durumunu içerecek şekilde yeni modellerin elde edileceği gelecek çalışmalarla geliştirilebilecektir. Bu yönüyle bu çalışmanın bundan sonra yapılacak çalışmalara ışık tutması ümit edilmektedir.

## KAYNAKÇA

### Kitaplar:

- AYANOĞLU, M., **Üretim Yönetimi (Ders Notları)**, Sakarya Kitabevi, Adapazarı, 2005.
- CHASE, R. B. ve AQUILANO, N. J., **Production and Operations Management: A life Cycle Approach**, Third Edition, Irwin, USA, 1981.
- CHASE, R. B., AQUILANO, N. J. ve JACOBS, F. R., **Production and Operations Management: Manufacturing and Services**, Eight Edition, McGraw Hill, 1998.
- ÇELİKÇAPA, F. O., **Üretim Planlaması**, Alfa Yayınları, İstanbul, 1999.
- DEMİR, H. ve GÜMÜŞOĞLU, Ş., **Üretim Yönetimi (İşlemler Yönetimi)**, Beta Yayınevi, İstanbul, 1998.
- DILWORTH, J. B., **Production and Operations Management: Manufacturing and Services**, Fifth Edition, McGraw-Hill, 1993.
- EROĞLU, A., **Deterministik Envanter Modelleri**, Fakülte Kitabevi, Isparta, 2002.
- EVANS, J. R., **Production / Operations Management, Quality Performance and Value**, Fifth Edition, West Publishing Company, New York, 1997.
- \_\_\_\_\_, **Applied Production and Operations Management**, West Publishing Company, New York, 1993.
- GAITHER, N., **Production and Operation Manegement**, Fifth Edition, The Dryden Pres, New York, 1992.
- HEIZER, J. ve RENDER, B., **Operations Management**, Prentice Hall, New Jersey, 2001.
- KOBU, B., **Üretim Yönetimi**, Beta Yayınevi, 12. Baskı, İstanbul, 2005.
- LEVIN, R. I., MC LAUGHLIN, C. P., LAMONE, R. P. ve KOTTAS, J. F., **Productions/Operations Management: Contemporary Policy for Managing Operating Systems**, McGraw Hill, New York, 1972.
- MARTINICH, J. S., **Production and Operations Management: An Applied Modern Approach**, Wiley, Kanada, 1997.
- MULLER, M., **Essentials of Inventory Management**, AMACOM, New York, 2002.
- NAHMIAS, S., **Production and Operations Analysis**, Second Edition, Irwin Publishing, 1993.
- ROSS, S. M., **Stochastic Process**, Second Edition, John Wiley Son, New York, 1996.
- SCHROEDER, R. G., **Operations Management: Decision Making in the Operations Functions**, Fourth Edition, McGraw-Hill, New York, 1993.

- SILVER, E. A., PYKE, D. F. ve PETERSON, R., **Inventory Management and Production Planning and Scheduling**, John Wiley Son, USA, 1998.
- SIPPER, D. ve BULFIN, R., **Production: Planning, Control and Integration**, McGraw-Hill, 1997.
- STEVENSON, W. J., **Production/Operations Management**, Irwin, 1993.
- TATAR, T., **İşletmelerde Üretim Yönetimi ve Teknikleri**, Doğu Matbaacılık, Ankara, 1973.
- TAYLOR III, B. W., **Introduction to Management Science**, Prentice-Hall, Englewood-Cliffs, 1999.
- TEKİN, M., **Üretim Yönetimi**, Cilt 2, Günay Ofset, Konya, 2003.
- TERSINE, R. J., **Principles of Inventory and Material Management**, Third Edition, Elsevier Science Publishing, New York, 1988.
- TOP, A., **Üretim Sistemleri**, Alfa Yayınları, İstanbul, 2001.
- VONDEREMBSE, M. A. ve WHITE, G. P., **Operation Management: Concepts, Methods and Strategies**, Second Edition, West Publishing Company, St. Paul, 1991.
- WATERS, C. D. J., **A Practical Introduction to Management Science**, Addison Wesley Publishing, England, 1989.
- WINSTON, W. L., **Operations Research: Application and Algorithms**, Second Edition, Duxbury Pres, Belmont, 1991.
- ZIPKIN, P. H., **Foundations of Inventory Management**, McGraw-Hill, 2000.

#### **Makaleler:**

- ABAD, P. L., “Optimal Pricing and Lot-Sizing under Conditions of Perishability, Finite Production and Partial Backordering and Lost Sale”, **European Journal of Operational Research**, 144 (3), s. 677-685, 2003.
- \_\_\_\_\_, “Optimal Price and Order Size for a Reseller under Partial Backordering”, **Computers and Operations Research**, 28 (1), s. 53-65, 2001.
- \_\_\_\_\_, “Optimal Lot Size for Perishable Good under Conditions of Finite Production and Partial Backordering and Lost Sale”, **Computers and Industrial Engineering**, 38 (4), s. 457-465, 2000.
- \_\_\_\_\_, “Joint Price and Lot-Size Determination When Supplier Offers Incremental Quantity Discounts”, **Journal of the Operational Research Society**, 39, s. 603-607, 1988.
- ABAD, P. L. ve JAGGI, C. K., “A Joint Approach for Setting Unit Price and the Length of the Credit Period for a Seller When End Demand is Price Sensitive”, **International Journal of Production Economics**, 83, s. 115-122, 2003.

- AGGARWAL, S. P. ve JAGGI, C. K., "Ordering Policies of Deteriorating Items under Permissible Delay in Payments", **Journal of Operational Research Society**, 46, s. 458-662, 1995.
- ALAMRI, A. A. ve BALKHI, Z. T., "The Effects of Learning and Forgetting on the Optimal Production Lot Size for Deteriorating Items With Time Varying Demand and Deterioration Rates", **International Journal of Production Economics**, 107 (1), s. 125-138, 2007.
- ARCELUS, F. J. ve SRINIVASAN, G., "Delay of Payments for Extraordinary Purchases", **Journal of the Operational Research Society**, 44, s. 785-795, 1993.
- \_\_\_\_\_, "Credit Policies for One-Time Only Sales", **Asia-Pacific Journal of Operational Research**, 9, s. 9-30, 1992.
- ARCELUS, F. J., SHAH, N. H. ve SRINIVASAN, G., "Retailer's Pricing, Credit and Inventory Policies for Deteriorating Items in Response to Temporary Price/Credit Incentives", **International Journal of Production Economics**, 81-82, s. 153-162, 2003.
- \_\_\_\_\_, "Retailers Response to Special Sales: Price Discount vs. Trade Credit", **Omega**, 29, s. 417-428, 2001.
- BALKHI, Z. T., "On the Global Optimal Solution to an Integrated Inventory System with General Time Varying Demand Production and Deterioration Rates", **European Journal of Operational Research**, 114, s. 29-37, 1999.
- BALKHI, Z. T. ve BENKHEROUF, L., "On an Inventory Model for Deteriorating Items with Stock Dependent and Time-Varying Demand Rates", **Computers and Operations Research**, 31, s. 223-240, 2004.
- \_\_\_\_\_, "A Production Lot Size Inventory Model for Deteriorating Items and Arbitrary Production and Demand Rates", **European Journal of Operational Research**, 92, s. 302-309, 1996.
- BEEK, P. V., BREMER, A. ve PUTTEN, C. V., "Design and Optimization of Multi-Echelon Assembly Networks: Saving and Potentialities", **European Journal of Operational Research**, 19, s. 57-67, 1985.
- BEN-DAYA, M., "The Economic Production Lot-Sizing Problem with Imperfect Production and Imperfect Maintenance", **International Journal of Production Economics**, 76, s. 257-264, 2002.
- \_\_\_\_\_, "Integrated Production Maintenance and Quality Model Using the Imperfect Maintenance Concept", **IIE Transactions**, 31, s. 491-501, 1999.
- BEN-DAYA, M. ve MAKHDOUM, M. A., "Integrated Production Maintenance and Quality Model under Various Preventive Maintenance Policies", **Journal of the Operational Research Society**, 49, s. 840-853, 1998.
- BERG, M., POSNER, M. J. M. ve ZHAO, H., "Production Inventory Systems with Unreliable Machines", **Operations Research**, 42, s. 111-118, 1994.

- BHUNIA, A. K. ve MAITI, M., "An Inventory Model of Deteriorating Items with Lot-Size Dependent Replenishment Cost and a Linear Trend in Demand", **Applied Mathematical Modelling**, 23 (4), s. 301-308, 1999.
- \_\_\_\_\_, "Deterministic Inventory Model for Deteriorating Items with Finite Rate of Replenishment Dependent on Inventory Level", **Computational Operations Research**, 25, s. 907-1006, 1998.
- BREGMAN, R. L., "A Note on Optimal Order Quantities for Credit Purchases", **International Journal of Production Economics**, 28, s. 203-210, 1992.
- BRETTTHAUER, K. M., SHETTY, B., SYAM, S. ve VOKURKA, R. J., "Production and Inventory Management under Multiple Resource Constraints", **Mathematical and Computer Modelling**, 44 (1-2), s. 85-95, 2006.
- BURWELL, T. H., DAVE, D. S., FITZPATRICK, K. E. ve ROY, M. R., "An Inventory Model with Planned Shortages and Price-Dependent Demand", **Decision Sciences**, 27, s. 1188-1191, 1991.
- CARDENAS-BARRON, L. E., "The Economic Production Quantity (EPQ) with Shortage Derived Algebraically", **International Journal of Production Economics**, 70 (3), s. 289-292, 2001.
- \_\_\_\_\_, "Observation on: "Economic Production Quantity Model for Items with Imperfect Quality" [International Journal of Production Economics 64 (2000) 59-64]", **International Journal of Production Economics**, 67, s. 201, 2000.
- CHAKRABORTY, T., GIRI, B. C. ve CHAUDHURI, K. S., "Production Lot Sizing with Process Deterioration and Machine Breakdown", **European Journal of Operational Research**, 185 (2), s. 606-618, 2008.
- CHAN, W. M., IBRAHIM, R. N. ve LOCHERT, P. B., "A New EPQ Model: Integrating Lower Pricing, Rework and Reject Situations", **Production Planning and Control**, 14 (7), s. 588-595, 2003.
- CHAND, S., "Lot Size and Setup Frequency with Learning in Setups and Process Quality", **European Journal of Operational Research**, 42, s. 190-202, 1989.
- CHAND, S. ve WARD, J., "A Note on Economic Order Quantity under Conditions of Permissible Delay in Payments", **Journal of the Operational Research Society**, 38, s. 83-84, 1987.
- CHANDRA, M. ve BAHNER, M., "The Effects of Inflation and the Time-Value of Money on Some Inventory Systems", **International Journal of Production Research**, 23 (14), s. 723-730, 1985.
- CHANG, C. T., "An EOQ Model with Deteriorating Items under Inflation When Supplier Credits Linked to Order Quantity", **International Journal of Production Economics**, 88, s. 307-316, 2004.
- CHANG, C. T., OUYANG, L. Y. ve TENG, J. T., "An EOQ Model for Deteriorating Items under Supplier Credits Linked to Ordering Quantity", **Apply Mathematical Modeling**, 27, s. 983-96, 2003.



- CHANG, C. T. ve TENG, J. T., "Retailer's Optimal Ordering Policy under Supplier Credits", **Mathematical Methods of Operations Research**, 60, s. 471-483, 2004.
- CHANG, H. C., "An Application of Fuzzy Sets Theory to the EOQ Model with Imperfect Quality Items", **Computers and Operations Research**, 31 (12), s. 2079-2092, 2004.
- CHANG, H. J., HUANG, C. H. ve DYE, C. Y., "An Inventory Model for Deteriorating Items with Linear Trend Demand under the Condition of Permissible Delay in Payments", **Production Planning and Control**, 12, s. 274-282, 2001.
- CHANG, H. J. ve DYE, C. Y., "An Inventory Model for Deteriorating Items with Partial Backlogging and Permissible Delay in Payments", **International Journal of Systems Science**, 32, s. 345-352, 2001.
- CHEN, C. K. ve LO, C. C., "Optimal Production Run Length for Products Sold with Warranty in an Imperfect Production System with Allowable Shortages", **Mathematical and Computer Modelling**, 44 (3-4), s. 319-331, 2006.
- CHEN, L. H. ve KANG, F. S., "Integrated Vendor-Buyer Cooperative Inventory Models with Variant Permissible Delay in Payments", **European Journal of Operational Research**, 183, s. 658-673, 2007.
- CHEN, L. H. ve OUYANG, L. Y., "Fuzzy Inventory Model for Deteriorating Items with Permissible Delay in Payment" **Applied Mathematics and Computation**, 182 (1), s. 711-726, 2006.
- CHEN, M. S. ve CHU, M. C., "The Analysis of Optimal Price Control Model in Matching Problem Between Production and Sales", **Asia-Pacific Journal of Operational Research**, 18, s. 131-148, 2001.
- CHEN, M. S. ve CHUANG, C. C., "An Analysis of Light Buyer's Economic Order Model under Trade Credit", **Asia-Pacific Journal of Operational Research**, 16, s. 23-34, 1999.
- CHENG, T. C. E., "An Economic Order Quality Model with Demand-Dependent Unit Production Cost and Imperfect Production Processes", **IIE Transactions**, 23, s. 23-32, 1991.
- CHIU, Y. P., "Determining the Optimal Lot Size for the Finite Production Model with Random Defective Rate, the Rework Process and Backlogging", **Engineering Optimization**, 35 (4), s. 427-437, 2003.
- CHOWDHURY, M. R. ve SARKER, B. R., "Manufacturing Batch Size and Ordering Policy for Products with Shelf Lives", **International Journal of Production Research**, 39 (7), s. 1405-142, 2001.
- CHU, P., CHUNG, K. J. ve LAN, S. P., "Economic Order Quantity of Deteriorating Items under Permissible Delay in Payments", **Computers and Operations Research**, 25 (10), s. 810-824, 1998.
- CHUNG, K. H., "Inventory Control and Trade Credit Revisited", **Journal of the Operational Research Society**, 40, 495- 498, 1989.

- CHUNG, K. J., "An Algorithm for an Inventory Model with Inventory-Level-Dependent Demand Rate", **Computers and Operations Research**, 30, s. 1311-1317, 2003.
- \_\_\_\_\_, "The Inventory Replenishment Policy for Deteriorating Items under Permissible Delay in Payments", **Journal of the Operations Research Society**, 37, s. 267-281, 2000.
- \_\_\_\_\_, "A Theorem on the Determination of Economic Order Quantity under Conditions of Permissible Delay in Payments", **Computer and Operations Research**, 25, s. 49-52, 1998.
- \_\_\_\_\_, "Bounds for Production Lot Sizing with Machine Break Down", **Computer and Industrial Engineering**, 32, s. 139-144, 1997
- CHUNG, K. J., CHANG, S. L. ve YANG, W. D., "The Optimal Cycle Time for Exponentially Deteriorating Products under Trade Credit Financing", **The Engineering Economist**, 46, s. 232-242, 2001.
- CHUNG, K. J., CHU, P. ve LAN, S. P., "A Note on EOQ Models for Deteriorating Items under Stock Dependent Selling Rate", **European Journal of Operational Research**, 124, s. 550-559, 2000.
- CHUNG, K. J., GOYAL, S. K. ve HUANG, Y. F., "The Optimal Inventory Policies under Permissible Delay in Payments Depending on the Ordering Quantity", **International Journal of Production Economics**, 95, s. 203-213, 2005.
- CHUNG, K. J. ve HOU, K. L., "An Optimal Production Run Time with Imperfect Production Processes and Allowable Shortages", **Computers and Operations Research**, 20, s. 483-490, 2003.
- CHUNG, K. J. ve HUANG, T. S., "The Optimal Retailer's Ordering Policies for Deteriorating Items with Limited Storage Capacity under Trade Credit Financing", **International Journal of Production Economics**, 106 (1), s. 127-145, 2007.
- CHUNG, K. J. ve HUANG, Y. F., "Retailer's Optimal Cycle Times in the EOQ Model with Imperfect Quality and a Permissible Credit Period", **Quality and Quantity**, 40, s. 59-77, 2006.
- \_\_\_\_\_, "The Optimal Cycle Time for EPQ Inventory Model under Permissible Delay in Payments", **International Journal of Production Economics**, 84, s. 307-318, 2003.
- CHUNG, K. J. ve LIAO, J. J., "The Optimal Ordering Policy in a DCF Analysis for Deteriorating Items under Trade Credit Depending on the Ordering Quantity", **International Journal of Production Economics**, 100, s. 116-130, 2006.
- \_\_\_\_\_, "Lot-Sizing Decisions under Trade Credit Depending on the Ordering Quantity", **Computers and Operations Research**, 31, s. 909-28, 2004.
- CHUNG, K. J. ve LIN, C. N., "Optimal Inventory Replenishment Models for Deteriorating Items Taking Account of Time Value of Money", **Computers and Operations Research**, 28, s. 67-83, 2001.

- COBBAERT, K. ve OUDHEUSDEN, D. V., "Inventory Models for Fasy Moving Spare Parts Subject to Sudden Death Obsolescence", **International Journal of Production Economics**, 44, s. 239-248, 1996.
- DAELLENBACH, H. G., "Inventory Control and Trade Credit - A Rejoinder", **Journal of Operational Research Society**, 39, s. 218-219, 1988.
- \_\_\_\_\_, "Inventory Control and Trade Credit", **Journal of Operational Research Society**, 37, s. 525-528, 1986.
- DAVE, U., 1985. "On "Economic Order Quantity under Condition of Permissible Delay in Payments" by Goyal", **Journal of the Operational Research Society**, 36, s. 1069, 1985.
- DAVIS, R. A. ve GAITHER, N., "Optimal Ordering Policies under Conditions of Extended Payment Privileges", **Management Science**, 31, 499-509, 1985.
- DYE, C. Y., HSIEH, T. P. ve OUYANG, L. Y., "Determining Optimal Selling Price and Lot Size with a Varying Rate of Deterioration and Exponential Partial Backlogging", **European Journal of Operational Research**, 181 (2), s. 668-678, 2007.
- DYE, C. Y., "Joint Pricing and Ordering Policy for a Deteriorating Inventory with Partial Backlogging", **Omega**, 35 (2), s. 184-189, 2007.
- ELSAYED, E. A. ve TERESI, C., "Analysis of Inventory System with Deteriorating Items", **International Journal of Production Research**, 21, 449- 460, 1983.
- EROĞLU, A., KARAAATLI, M. ve KILIÇ, Y., "Kusurlu Ürünler İçin Bir Ekonomik Üretim Miktarı Modeli", **SDÜ İİBF Dergisi**, 9 (2), s. 131-140, 2004.
- EROĞLU, A. ve GÜLTEKİN, Ö., "An Economic Order Quantity Model with Defective Items and Shortages", **International Journal of Production Economics**, 106 (2), s. 544-549, 2007.
- GIRI, B. C., CHAKRABARTY, T. ve CHAUDHURI, K. S., "A Note on a Lot Sizing Heristic for Deteriorating Items with Time-Varying Demands and Shortages", **Computers and Operations Research**, 27 (6), s. 495-505, 2000.
- GIRI, B. C., JALAN, A. K. ve CHAUDRI, K. S., "An Economic Production Lot Size Model with Increasing Demand, Shortage and Partial Backlogging", **International Transactions in Operations Research**, 12 (2), s. 235-245, 2005.
- GIRI, B. C. ve CHAUDHURI, K. S., "Deterministic Models of Perishable Inventory with Stock-Dependent Demand Rate and Nonlinear Holding Cost", **European Journal of Operational Research**, 105, s. 467-474, 1998.
- GOYAL, S. K., "Economic Order Quantity under Conditions of Permissible Delay in Payments", **Journal of the Operational Research Society**, 36, s. 35-38, 1985.
- \_\_\_\_\_, "A Note On "The Effect of Payment Rules on Ordering and Stockholding in Purchasing", **The Journal of the Operational Research Society**, 35 (5), s. 451-452, 1984.

- GOYAL, S. K. ve CARDENAS-BARRON, L. E., "Note on: Economic Production Quantity Model for Items with Imperfect Quality-A Practical Approach", **International Journal of Production Economics**, 77, s. 85-87, 2002.
- GOYAL, S. K. ve GIRI, B. C., "The Production-Inventory Problem of a Product with Time Varying Demand, Production and Deterioration Rates", **European Journal of Operational Research**, 147, s. 549-557, 2003.
- \_\_\_\_\_, "Recent Trends in Modeling of Deteriorating Inventory", **European Journal of Operational Research**, 134, s. 1-16, 2001.
- GROENEVELT, H., PINTELON, L. ve SEIDMANN, A., "Production Lot Sizing with Machine Breakdowns, **Management Science**, 38, 104-123, 1992a.
- \_\_\_\_\_, "Production Batching with Machine Break Down and Safety Stocks, **Operations Research**, 40, s. 959-971, 1992b.
- GRUBBSTROM, R. W. ve ERDEM, A., "The EOQ with Backlogging Derived without Derivatives", **International Journal of Production Economics**, 59, s. 529-530, 1999.
- HAKSEVER, C. ve MOUSSOURAKIS, J., "A Model for Optimizing Multi-Product Inventory Systems with Multiple Constraints", **International Journal of Production Economics**, 97 (1), s. 18-30, 2005.
- HALEY, C. W. ve HIGGINS, R. C., "Inventory Policy and Trade Credit Financing", **Management Science**, 20, s. 464-471, 1973.
- HARIGA, M. A., "An EOQ Model for Deteriorating Items with Shortage and Time-Varying Demand, **Journal of the Operational Research Society**, 46 (4), s. 398-404, 1995a.
- \_\_\_\_\_, "Lot Sizing Models for Deteriorating Items with Time-Dependent Demand", **International Journal of Systems Science**, 26, s. 2391-2401, 1995b.
- HARIGA, M. A. ve BEN-DAYA, M., "Note: The Economic Manufacturing Lot-Sizing Problem with Imperfect Production Processes: Bounds and Optimal Solutions", **Naval Research Logistics**, 45 (4), s. 423-433, 1998.
- \_\_\_\_\_, "Optimal Time Varying Lot-Sizing Models under Inflationary Conditions", **European Journal of Operational Research**, 89, s. 313-325, 1996.
- HAYEK, P. A. ve SALAMEH, M. K., "Production Lot Sizing with the Reworking of Imperfect Quality Items Produced", **Production Planning and Control**, 12 (6), s. 584-590, 2001.
- HO, J. C., CHANG, Y. L. ve SOLIS, A. O., "Two Modifications of the Least Cost per Period Heuristic for Dynamic Lot-Sizing", **Journal of the Operational Research Society**, 57, s. 1005-1013, 2006.
- HOU, K. L. ve LIN, L. C., "Optimal Production Run Length and Capital Investment in Quality Improvement with an Imperfect Production Process", **International Journal of Systems Science**, 35 (2), s. 133-137, 2004.
- HOU, K. L., "An Inventory Model for Deteriorating Items with Stock-Dependent Consumption Rate and Shortages under Inflation and Time Discounting", **European Journal of Operational Research**, 168 (2), s. 463-474, 2006.

- HUANG, C. K., "An Optimal Policy for a Single-Vendor Single-Buyer Integrated Production-Inventory Problem with Process Unreliability Consideration", **International Journal of Production Economics**, 91 (1), s. 91-98, 2004.
- HUANG, Y. F., "Optimal Retailer's Replenishment Decisions in the EPQ Model under Two Levels of Trade Credit Policy", **European Journal of Operational Research**, 176 (3), s. 1577-1591, 2007a.
- \_\_\_\_\_, "Economic Order Quantity under Conditionally Permissible Delay in Payments", **European Journal of Operational Research**, 176 (2), s. 911-924, 2007b.
- \_\_\_\_\_, "An Inventory Model under Two Levels of Trade Credit and Limited Storage Space Derived Without Derivatives", **Applied Mathematical Modelling**, 30 (5), s. 418-436, 2006.
- \_\_\_\_\_, "Optimal Retailer's Replenishment Policy for the EPQ Model under the Supplier's Trade Credit Policy", **Production, Planning and Control**, 15, s. 27-33, 2004a.
- \_\_\_\_\_, "An EOQ Model under Trade Credit Linked to Order Quantity Using Algebraic Method", **Journal of Applied Sciences**, 4 (3), s. 432-438, 2004b.
- \_\_\_\_\_, "Optimal Inventory Control under Conditions of Permissible Delay in Payments Derived without Derivatives", **Journal of Applied Sciences**, 4 (2), s. 287-291, 2004c.
- \_\_\_\_\_, "Optimal Retailers Ordering Policies in the EOQ Model under Trade Credit Financing", **Journal of the Operational Research Society**, 54, s. 1011-1015, 2003.
- HUANG, Y. F. ve CHUNG, K. J., "Optimal Replenishment and Payment Policies in the EOQ Model under Cash Discount and Trade Credit", **Asia-Pacific Journal of Operations Research**, 20, s. 177-190, 2003.
- HWANG, H., MOON, D. H. ve SHINN, S. W., "An EOQ Model with Quantity Discounts for Both Purchasing Price and Freight Cost", **Computers and Operations Research**, 17, s. 73-78, 1990.
- HWANG, H. ve SHINN, S. W., "Retailer's Pricing and Lot Sizing Policy for Exponentially Deteriorating Products under the Condition of Permissible Delay in Payments", **Computers and Operations Research**, 6 (6), s. 539-547, 1997.
- JABER, M. Y., NUWAYHID, R. Y. ve ROSEN, M. A., "A Thermodynamic Approach to Modelling the Economic Order Quantity", **Applied Mathematical Modelling**, 30 (9), s. 867-883, 2006.
- JABER, M. Y. ve BONNEY, M., "Lot Sizing with Learning and Forgetting in Set-ups and in Product Quality", **International Journal of Production Economics**, 83 (1), s. 95-111, 2003.
- \_\_\_\_\_, "The Economic Manufactured/Order Quantity (EMQ/EOQ) and the Learning Curve: Past, Present and Future", **International Journal of Production Economics**, 59, s. 93-102, 1999.

- \_\_\_\_\_, "Production Breaks and the Learning Curve: The Forgetting Phenomenon", **Applied Mathematical Modelling**, 20, s. 162-169, 1996.
- JABER, M. Y. ve OSMAN, I. H., "Coordinating a Two-Level Supply Chain with Delay in Payments and Profit Sharing", **Computers & Industrial Engineering**, 50 (4), s. 385-400, 2006.
- JAGGI, C. K., GOYAL, S. K. ve GOEL, S. K., "Retailer's Optimal Replenishment Decisions with Credit-Linked Demand under Permissible Delay in Payments", **European Journal of Operational Research**, 190 (1), s. 130-135, 2008.
- JAMAL, A. M. M., SARKER, B. R. ve WANG, S., "Optimal Payment Time for a Retailer under Permitted Delay of Payment by the Wholesaler", **International Journal of Production Economics**, 66, s. 59-66, 2000.
- \_\_\_\_\_, "An Ordering Policy for Deteriorating Items with Allowable Shortage and Permissible Delay in Payment", **Journal of the Operational Research Society**, 48, 826-833, 1997.
- KAR, S., BHUNIA, A. K. ve MAITI, M., "Inventory of Multi-Deteriorating Items Sold from Two Shops under Single Management with Constraints on Space and Investment" **Computers and Operations Research**, 28 (12), s. 1203-1221, 2001.
- KEACHIE, E. C. ve FORTANA, R. J., "The Effect of Learning on Optimal Size", **Management Science**, 13 (2), s. 102-108, 1966.
- KHANRA, S. ve CHAUDHURI, K. S., "A Note on an Order-Level Inventory Model for a Deteriorating Item with Time-Dependent Quadratic Demand", **Computers and Operations Research**, 30, s. 1901-1916, 2003.
- KHOUJA, M. ve MEHREZ, A., "Optimal Inventory Policy under Different Supplier Credit Policies", **Journal of Manufacturing Systems**, 15, s. 334-339, 1996.
- KIM, C. H. ve HONG, Y., "An Optimal Production Run Length in Deteriorating Production Processes", **International Journal of Production Economics**, 58, s. 183-189, 1999.
- KIM, J. S., HWANG, H. ve SHINN, S. W., "An Optimal Credit Policy to Increase Supplier's Profits With Price Dependent Demand Functions", **Production Planning and Control**, 6, s. 45-50, 1995.
- KIM, K. H. ve HWANG, H., "An Incremental Discount-Pricing Schedule with Multiple Customers and Single Price Break", **European Journal of Operational Research**, 35, s. 71-79, 1988.
- KINGSMAN, B. G., "The Effect of Payment Rules on Ordering and Stockholding in Purchasing", **Journal of Operational Research Society**, 34, s. 1085-1098, 1983.
- LEE, H. L. ve ROSENBLATT, M. J., "A Production and Maintenance Planning Model With Restoration Cost Dependent on Detection Delay", **IIE Transactions**, 21, s. 368-375, 1989.
- \_\_\_\_\_, "Simultaneous Determination of Production Cycle and Inspection Schedules In a Production System", **Management Sciences**, 33, s. 1125-1136, 1987.

- LEE, J. S. ve PARK, K. S., "Joint Determination of Production Cycle and Inspection Intervals In a Deteriorating Production System", **Journal of the Operational Research Society**, 42, s. 775-783, 1991.
- LIAO, H. C., TSAI, C. H., ve SU, C. T., "An Inventory Model with Deteriorating Items under Inflation When a Delay in Payment is Permissible", **International Journal of Production Economics**, 63, 207-214, 2000.
- LIAO, H. C. ve CHEN, Y. K., "Optimal Payment Time for Retailer's Inventory System", **International Journal of Systems Science**, 34 (4), s. 245-253, 2003.
- LIAO, J. J., "An Inventory Control System under Deferrable Delivery Conditions", **Mathematical and Computer Modelling**, 47 (3-4), s. 247-258, 2008.
- \_\_\_\_\_, "On an EPQ Model for Deteriorating Items under Permissible Delay in Payments", **Applied Mathematical Modeling**, 31, s. 393-403, 2007a.
- \_\_\_\_\_, "A Note on an EOQ Model for Deteriorating Items under Supplier Credit Linked to Ordering Quantity", **Applied Mathematical Modelling**, 31, s. 1690-1699, 2007b.
- LIN C. S., "Integrated Production-Inventory Models with Imperfect Production Processes and a Limited Capacity for Raw Materials", **Mathematical and Computer Modelling**, 29, s. 81-89, 1999.
- LIN, C. S., CHEN, C. H. ve KROLL, D. E., "Integrated Production-Inventory Models for Imperfect Production Processes under Inspection Schedules", **Computers and Industrial Engineering**, 44, s. 633-650, 2003.
- LIN, T. M., TSENG, S. T. ve LIOU, M. J., "Optimal Inspection Schedule in the Imperfect Production System under General Shift Distribution", **Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers**, 8, (2), s. 73-81, 1991.
- LIOU, M. J., TSENG, S. T. ve LIN, T. M., "The Effects of Inspection Errors to The Imperfect EMQ Model", **IIE Transactions**, 26, s. 42-51, 1994.
- LIU, B. ve CAO, J., "Analysis of a Production Inventory System With Machine Breakdowns and Shutdowns", **Computers and Operations Research**, 26 (1), s. 73-91, 1999.
- MADDAH, B. ve JABER, M. Y., "Economic Order Quantity for Items With Imperfect Quality: Revisited", **International Journal of Production Economics**, 112 (2), s. 808-815, 2008.
- MAKIS, V., "Optimal Lot Sizing and Inspection Policy for an EMQ Model With Imperfect Inspections", **Naval Research Logistics**, 45, s. 165-186, 1998.
- MAKIS, V. ve FUNG, J., "An EMQ Model With Inspections and Random Machine Failures", **Journal of the Operational Research Society**, 49, s. 66-76, 1998.
- MALONEY, B. M. ve KLEIN, C. M., "Constrained Multi-Item Inventory Systems: an Implicit Approach", **Computers and Operations Research**, 20 (6), s. 639-649, 1993.

- MANDAL, B. N. ve PHAUJDAR, S., "Some EOQ Models under Permissible Delay In Payments, **International Journal of Management Sciences**, 5, 99-108, 1989.
- MISRA, R. B., "A Study of Inflation Effects on Inventory System", **Logistics Spectrum**, 9 (3), s. 260-268, 1979.
- \_\_\_\_\_, "Optimal Production Lot-Size Model for a System with Deteriorating Inventory", **International Journal of Production Research**, 13, s. 495-505, 1975.
- MONDAL, B., BHUNI, A. K. ve MAITI, M., "An Inventory System of Ameliorating Items for Price Dependent Demand Rate", **Computers and Industrial Engineering**, 45, s. 443-456, 2003.
- MOON, I., GIRI, B. C. ve KO, B., "Economic Order Quantity Models for Ameliorating/Deteriorating Items under Inflation and Time Discounting", **European Journal of Operational Research**, 162, s. 773-785, 2005.
- MOON, I. ve LEE, S., "The Effects of Inflation and Time Value of Money on an Economic Order Quantity Model with a Random Product Life Cycle, **European Journal of Operational Research**, 125, s. 588-601, 2000.
- NAHMIAS, S., "Perishable Inventory Theory: A Review", **Operations Research**, 30 (3), s. 680-708, 1982.
- OUYANG, L. Y., CHANG, C. T. ve TENG, J. T., "An EOQ Model for Deteriorating Items under Supplier Credits", **Working Paper, Tanking University, Tanshui, Taiwan**, 2002.
- OUYANG, L. Y., CHEN, C. K. ve CHANG, H. C., "Quality Improvement, Setup Cost and Lead-Time Reductions in Lot Size Reorder Point Models With an Imperfect Production Process", **Computer and Operations Research**, 29, s. 1701-1717, 2002.
- OUYANG, L. Y., TENG J. T., CHUANG, K. W. ve CHUANG, B. R., "Optimal Inventory Policy with Non-instantaneous Receipt under Trade Credit", **International Journal of Production Economics**, 98, s. 290-300, 2005.
- PADMANABHAN, G. ve VRAT, P., "Inventory Model with a Mixture of Backorder and Lost Sales", **International Journal of Systems Science**, 21, s. 1721-1726, 1990.
- PAPACHRISTOS, S. ve KONSTANTARAS, I., "Economic Ordering Quantity Models for Items With Imperfect Quality, **International Journal of Production Economics**, 100 (1), s. 148-156, 2006.
- PORTEUS, E. L., "Optimal Lost-Sizing, Process Quality Improvement and Set-Up Cost Reduction", **Operations Research**, 34, s. 137-144, 1986.
- RAAFAT, F., "Survey of Literature on Continuesly Deteriorating Inventory Model", **Journal of the Operational Research Society**, 42, s. 27-37, 1991.
- RACHAMADUGU, R., "Effect of Delayed Payments (Trade Credit) on Order Quantities", **Journal of the Operational Research Society**, 40, s. 805-813, 1989.



- RAHIM, M. A., "Joint Determination of Production Quantity, Inspection Schedule, and Control Chart Design", **IIE Transactions**, 26, s. 2-11, 1994.
- RAY, J. ve CHAUDHURI, K., "An EOQ Model with Stock-Dependent Demand, Shortage, Inflation and Time Discounting", **International Journal of Production Economics**, 53, s. 171-180, 1997.
- ROSENBLATT, M. J. ve LEE, H. L., "Economic Production Cycles with Imperfect Production Process", **IIE Transactions**, 18, s. 48-55, 1986.
- ROSENBLATT, M. J. ve ROTHBLUM, U. G., "On the Single Resource Capacity Problem for Multi-Item Inventory Systems", **Operations Research**, 38, s. 686-693, 1990.
- SALAMEH, M. K., ABDUL-MALAK, M. U. ve JABER, M. Y., "Mathematical Modelling of the Effect of Human Learning in the Finite Production Inventory Model", **Applied Mathematical Modelling**, 17, s. 613-615, 1993.
- SALAMEH, M. K. ve JABER, M. Y., "Economic Production Quantity Model for Items with Imperfect Quality", **International Journal of Production Economics**, 64, s. 59-64, 2000.
- SALAMEH, M. K. ve NOUEIHED (NUWAYHID), N., "Effect of Payment Credit Facilities on the Instantaneous Replenishment Model, an Exact Approach", **Production Planning and Control**, 10 (5), s. 448-453, 1999.
- SAN JOSE, L. A., SICILIA, J. ve GARCIA-LAGUNA, J., "An Inventory System with Partial Backlogging Modelled According to a Linear Function", **Asia-Pacific Journal of Operations Research**, 22 (2), s. 189-209, 2005
- SANA, S. S. ve CHAUDHURI, K. S., "A Deterministic EOQ Model with Delays in Payments and Price-Discount Offers", **European Journal of Operational Research**, 184 (2), s. 509-533, 2008.
- \_\_\_\_\_, "An Alternative Analytical Approach for the Optimal Inventory Replenishment Policy for a Deteriorating Item with a Time Varying Demand", **Proceedings of National Academic Science of India**, 70 ((a), III), s. 281-293, 2000.
- SANDBOTHE, R. A. ve THOMPSON, G. L., "Decision Horizons for the Capacitated Lot Size Model with Inventory Bounds and Stockouts", **Computers and Operations Research**, 20 (5), s. 455-465, 1993.
- \_\_\_\_\_, "A Forward Algorithm for the Capacitated Lot Size Model with Stockouts", **Operations Research**, 38 (3), s. 474-486, 1990.
- SARKER, B. R., JAMAL, A. M. ve WANG, S., "Supply Chain Model for Perishable Products under Inflation and Permissible Delay in Payment", **Computers and Operations Research**, 27, s. 59-75, 2000.
- SARKER, B. R. ve PAN, H., "Effects of Inflation and the Time Value of Money on Order Quantity and Allowable Shortage", **International Journal of Production Economics**, 34, s. 65-72, 1994.
- SCHWALLER, R. L., "EOQ under Inspection Costs", **Production and Inventory Management**, 29, s. 22-35, 1988.

- SHAH, N. H., "A Lot-Size Model for Exponentially Decaying Inventory When Delay in Payments is Permissible", **Cahiers du CERO**, 35, s. 115-123, 1993.
- SHAH, V. R., PATEL, N. C. ve SHAH, D. K., "Economic Ordering Quantity When Delay in Payments of Order and Shortages are Permitted", **Gujarat Statistical Review**, 15 (2), s. 52-56, 1988.
- SHAH, V. R. ve SREEHARI, M., "An Inventory Model for a System with Multiple Storage Facilities and Conditional Credit Facility", **Operations Research**, 33, s. 96-106, 1996.
- SHARMA, S., "Incorporating Fractional Backordering in the Multi-Product Manufacturing Situation with Shelf Lives", **Journal of Engineering Manufacture**, 220 (7), s. 1151-1156, 2006.
- \_\_\_\_\_, "Optimal Production Policy with Shelf Life Including Shortages", **Journal of the Operational Research Society**, 55 (8), s. 902-909, 2004.
- SHAWKY, A. I. ve ABOU-EL-ATA, M. O., "Constrained Production Lot-Size Model with Trade-Credit Policy: A Comparison Geometric Programming Approach via Lagrange", **Production Planning and Control**, 12, s. 654-659, 2001.
- SHEEN, G. J. ve TSAO, Y. C., "Channel Coordination, Trade Credit and Quantity Discounts for Freight Cost", **Logistics and Transportation Review**, 43, s. 112-128, 2007.
- SHEU, S. H. ve CHEN, J. A., "Optimal Lot-Sizing Problem with Imperfect Maintenance and Imperfect Production", **International Journal of Systems Science**, 35 (1), s. 69-77, 2004.
- SHINN, S. W., Determining Optimal Retail Price and Lot Size under Day-Terms Supplier Credit, **Computer and Industrial Engineering**, 33 (3-4), s. 717-720, 1997.
- SHINN, S. W. ve HWANG, H., "Optimal Pricing and Ordering Policies for Retailers under Order Size-Dependent Delay in Payments", **Computers and Operations Research**, 30, s. 35-50, 2003.
- SILVER, E. A., "Dealing with a Shelf Life Constraint in Cyclic Scheduling by Adjusting Both Cycle Time and Production Rate" **International Journal of Production Research**, 33 (3), s. 623-629, 1995.
- SKOURI, K. ve PAPACHRISTOS, S., "A Continuous Review Inventory Model, with Deteriorating Items, Time-Varying Demand, Linear Replenishment Cost, Partially Time-Varying Backlogging", **Applied Mathematical Modelling**, 26 (5), s. 603-617, 2002.
- SONG, X. ve CAI, X., "On Optimal Payment Time for a Retailer under Permitted Delay of Payment by the Wholesaler", **International Journal of Production Economics**, 103, s. 246-251, 2006.
- SRINIVASAN, M. M. ve LEE, H. S., "Production-Inventory Systems with Preventive Maintenance", **IIE Transactions**, 28, s. 879-890, 1996.

- SU, C. T. ve LIN, C. W., "A Production Inventory Model Which Considers the Dependence of Production Rate on Demand and Inventory Level", **Production Planning and Control**, 12, s. 69-75, 2001.
- SULE, D. R., "The Effect of Alternative Periods of Learning and Forgetting on Economic Manufacturing Quantity", **AIIE Transactions**, 10 (3), s. 338-343, 1978
- TENG, J. T., "On The Economic Order Quantity under Conditions of Permissible Delay in Payments", **Journal of the Operational Research Society**, 53, s. 915-918, 2002.
- \_\_\_\_\_, "A Deterministic Inventory Replenishment Model with a Linear Trend in Demand", **Operational Research Letter**, 19, s. 33-41, 1996.
- TENG, J. T., CHANG, C. T. ve GOYAL, S. K., "Optimal Pricing and Ordering Policy under Permissible Delay in Payments", **International Journal of Production Economics**, 97 (2), s. 121-129, 2005.
- TENG, J. T. ve CHANG, C. T., "Economic Production Quantity Models for Deteriorating Items with Price- and Stock-Dependent Demand", **Computers and Operations Research**, 32, 297-308, 2005.
- TERSINE, R. J. ve BARMAN, S., "Lot Size Optimization with Quantity and Freight Rate Discounts", **Logistics and Transportation Review**, 27, s. 319-332, 1991.
- TSAO, Y. C. ve SHEEN, G. J., "Dynamic Pricing, Promotion and Replenishment Policies for a Deteriorating Item under Permissible Delay in Payments", **Computers and Operations Research**, 35 (11), s. 3562-3580, 2008.
- TSENG, S. T., "Optimal Preventive Maintenance Policy for Deteriorating Production Systems", **IIE Transactions**, 28, s. 687-694, 1996.
- URBAN, T. L., "Inventory Models with Inventory-Level-Dependent Demand: A Comprehensive Review and Unifying Theory", **European Journal of Operational Research**, 162, s. 792-804, 2005.
- URBAN, T. L. ve BAKER, R. C., "Optimal Ordering and Pricing Policies in a Single-Period Environment with Multivariate Demand and Markdowns", **European Journal of Operational Research**, 103, s. 573-583, 1997.
- WAGNER, H. M. ve WHITIN, T. M., "Dynamic Version of the Economic Lot Sizing Model", **Management Science**, 5 (1), s. 89-96, 1958.
- WANG, C. H. ve SHEU, S. H., "Optimal Lot Sizing for Products Sold under Free-Repair Warranty", **European Journal of Operational Research**, 149 (1), s. 131-141, 2003.
- \_\_\_\_\_, "Simultaneous Determination of The Optimal Production-Inventory and Product Inspection Policies for a Deteriorating Production System", **Computers and Operations Research**, 28, s. 1093-1110, 2001.
- WARD, S. C. ve CHAPMAN, C. B., "Inventory Control and Trade Credit - A Reply to Daellenbach", **Journal of the Operational Research Society**, 38, s. 1081-1084, 1987.

- WEE, H. M., “Deteriorating Inventory Model with Quantity Discounts, Pricing and Partial Backlogging”, **International Journal of Production Economics**, 59 (1-3), s. 511-518, 1999.
- \_\_\_\_\_, “A Replenishment Policy for Items with a Price Dependent Demand and a Varying Rate of Deterioration”, **Production Planning and Control**, 8, s. 494-499, 1997.
- \_\_\_\_\_, “A Deterministic Lot-Size Inventory Model for Deteriorating Items with Shortage and a Declining Market”, **Computers and Operations Research**, 22 (3), s. 345-356, 1995.
- WEE, H. M., YU, J. ve CHEN, M. C., “Optimal Inventory Model for Items With Imperfect Quality and Shortage Backordering”, **Omega**, 35 (1), s. 7-11, 2007.
- WEE, H. M. ve LAW, S. T., “Replenishment and Pricing Policy for Deteriorating Items Taking into Account the Time-Value of Money”, **International Journal of Production Economics**, 71, s. 213-220, 2001.
- YANG, P. C. ve WEE, H. M., “A Collaborative Inventory System with Permissible Delay in Payment for Deteriorating Items”, **Mathematical and Computer Modelling**, 43 (3-4), s. 209-221, 2006.
- YOU, P. S., “Ordering and Pricing of Service Products in an Advance Sales System with Price-Dependent Demand”, **European Journal of Operational Research**, 170, s. 57-71, 2006.
- \_\_\_\_\_, “Inventory Policy for Products with Price and Time Dependent Demand”, **Journal of the Operational Research Society**, 56, s. 870-873, 2005.
- YOU, P. S. ve HSIEH, Y. C., “An EOQ Model with Stock and Price Sensitive Demand”, **Mathematical and Computer Modelling**, 45, s. 933-942, 2007.
- ZHANG, X. ve GERCHAK, Y., “Joint Lot Sizing and Inspection Policy in an EOQ Model with Random Yield”, **IIE Transactions**, 22, s. 41-47, 1990.
- ZHOU, Y. W. ve YANG, S. L., “A Two-Warehouse Inventory Model for Items with Stock-Level-Dependent Demand Rate”, **International Journal of Production Economics**, 95, s. 215-228, 2005.
- ZIEGLER, H., “Solving Certain Singly Constrained Convex Optimization Problems in Production Planning”, **Operations Research Letters**, 1 (6), s. 246-252, 1982.

**Diğer:**

- KARAÖZ, M., **Öğrenme ve Farklı Talep Fonksiyonlarını İçeren Ekonomik Üretim Miktarı Model Önerileri**, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, 2003.

## ÖZGEÇMİŞ

### **Kişisel Bilgiler:**

Adı ve soyadı : Harun SULAK

Doğum yeri : Karapınar/KONYA

Doğum yılı : 1977

Medeni hali :Evli

### **Eğitim Durumu :**

Lise : Konya Meram Fen Lisesi (1992-1995)

Lisans : Bilkent Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme Bölümü  
(Burslu) 1995-2000

Yüksek Lisans:Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat  
Ana Bilim Dalı 2001-2004

Yüksek Lisans tezi : “Avrupa Birliği Sürecinde Türkiye  
İmalat Sanayi İşletmelerinin Verimlilik Düzeyi ve Rekabet  
Gücü ile Denizli Alt Bölgesi Çalışması”

### **Yabancı Dil(ler) ve Düzeyi:**

İngilizce - İleri seviye (KPDS = 82 B)

### **İş Deneyimi:**

2000- Pamukkale Üniversitesi İİBF İktisat Bölümü Araştırma  
Görevlisi