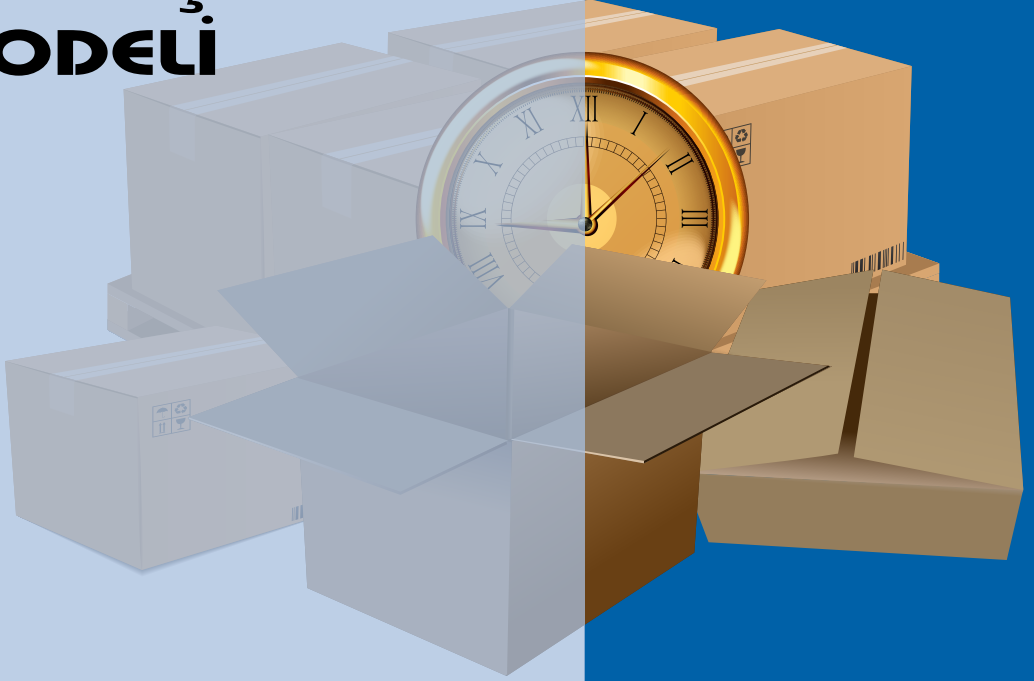


ÖDEMELERDE GECİKME DURUMUNDA
**EKONOMİK
SİPARİŞ MİKTARI
MODELİ**



İKSAD
Publishing House

Dr. Harun SULAK

ÖDEMELERDE GECİKME DURUMUNDA EKONOMİK SİPARİŞ MİKTARI MODELİ

Dr. Harun SULAK



Copyright © 2019 by iksad publishing house

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording, or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other non commercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development And Social Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TURKEY TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E-mail: iksadyayinevi@gmail.com

kongreiksad@gmail.com

www.iksad.net

www.iksad.org.tr

www.iksadkongre.org

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications - 2019©

ISBN: 978-605-7875-28-0

March / 2019

Ankara / Turkey

Size = 16x24 cm

ÖNSÖZ

Stok kontrol modellerinin ilk kullanımından bugüne kadar yaklaşık bir asır geçmiştir. Pek çok katı varsayımı içinde barındırmalarına rağmen klasik ekonomik sipariş ve üretim miktarı modelleri günümüzde geliştirilen stok kontrol modellerinin temelini oluşturmaktadır. Bu modellerde yer alan pek çok katı varsayımın gevşetilmesiyle veya yeni varsayımların eklenmesiyle gerçek hayatı temsil gücü yüksek yüzlerce çalışma literatürde yerini almıştır. Yapılan bu çalışmalarda yeni açılımlar olarak nitelenen değişken talep, kusurlu ürün, paranın zaman değeri, enflasyon ve öğrenme etkisi, ödemelerde gecikme, stoksuzluk, bozulan ürünler gibi pek çok yeni durum modellerde ele alınmış ve analiz edilmiştir. Bu kitap ödemelerde gecikme, kusurlu ürün ve stoksuzluk durumunu aynı anda modellemesi ile literatüre katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.¹ Stok kavramı, stok çeşitleri, stok maliyetleri, stok bulundurma nedenleri ve stok kontrol modellerinin anlatıldığı kitapta, stok kontrol modelleri içinde önemli bir yere sahip olan ekonomik sipariş miktarı modelinin matematiksel olarak elde edilmesi ve model parametrelerindeki değişimin optimal değerler üzerindeki etkisini ele alan duyarlılık analizi ayrıntılı olarak incelenmektedir. Bu yönüyle bu kitap bu alanda çalışan ve stok modellerine ilgi duyan lisans ve lisansüstü öğrencileri için kaynak kitap niteliğindedir.

Dr. Harun SULAK

¹ Bu kitap yazar tarafından Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünde tamamlanan “Stok Kontrolü ve Ekonomik Sipariş Miktarı Modellerinde Yeni Açılımlar: Ödemelerde Gecikmeye İzin Verilmesi Durumu ve Bir Model Önerisi” başlıklı doktora tezinden faydalanılarak hazırlanmıştır.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
TABLolar DİZİNİ	ix
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

STOKLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER

1. Genel Bilgiler	6
1.1. Stok Kavramı	6
1.2. Stok Çeşitleri.....	8
1.2.1. Hammaddeler	8
1.2.2. Yarı İşlenmiş Mallar.....	9
1.2.3. Nihai Mallar.....	9
1.2.4. Hazır Parçalar	9
1.2.5. Yardımcı Malzemeler.....	9
1.3. Stok Maliyetleri.....	10
1.3.1. Sipariş Maliyeti	12
1.3.2. Üretime Hazırlık (Kurulum) Maliyeti	13
1.3.3. Satın Alma Maliyeti	13
1.3.4. Üretim Maliyeti	14
1.3.5. Stok Bulundurma Maliyeti	14
1.3.6. Stok Bulundurmama (Stoksuzluk) Maliyeti.....	16
1.4. Stok Bulundurma Nedenleri.....	17
1.4.1. Belirsizliklere Karşı Hazırlıklı Olma.....	18

1.4.2. Ölçek Ekonomilerinden Yararlanma	19
1.4.3. Spekülatif Nedenler	20
1.4.4. İşletme Faaliyetlerinin Sürekliliğini Sağlama	21
1.5. Stok Kontrolü	21
1.6. Stok Kontrol Modelleri	22
1.6.1. Deterministik Stok Kontrol Modelleri.....	25
1.6.1.1. Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli	25
1.6.1.2. Ekonomik Üretim Miktarı Modeli.....	26

İKİNCİ BÖLÜM

EKONOMİK SİPARİŞ MİKTARI MODEL ÖNERİSİ

2. Model Önerisi.....	29
2.1. Kullanılan Simgeler	29
2.2. Varsayımlar	31
2.3. Matematiksel Modelin Elde Edilmesi	34
2.3.1. I. Durum İçin Modelin Elde Edilmesi	40
2.3.2. II. Durum İçin Modelin Elde Edilmesi.....	44
2.4. Modelin İşleyişi ile İlgili Şartlar	47
2.5. Birim Kâr Fonksiyonlarının İçbükeylik Testleri.....	49
2.5.1. I. Durum İçin İçbükeyliğin İspatı	51
2.5.2. II. Durum İçin İçbükeyliğin İspatı.....	52
2.6. Modelle İlgili Özel Durumlar	53
2.6.1. Eroğlu ve Özdemir (2007) Modeli	53
2.6.2. Salameh ve Jaber (2000) Modeli	54
2.6.3. Stoksuzluk Durumunda Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli.....	55

2.6.4. Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli	56
2.7. Sayısal Örnekler.....	57
2.7.1. I. Durum İçin Sayısal Örnek.....	57
2.7.2. II. Durum İçin Sayısal Örnek	60

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

DUYARLILIK ANALİZİ

3. Duyarlılık Analizi	61
3.1. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Değişmesi	61
3.2. Kusurlu Ürün Oranının Değişmesi	67
3.3. Faiz Oranlarının Değişmesi	73
3.3.1. Gecikme Faiz Oranındaki Değişim	73
3.3.2. Piyasa Faiz Oranındaki Değişim	77
3.4. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresi ile Kusurlu Ürün Oranının Eşanlı Değişimi.....	81
3.4.1. Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre	81
3.4.2. Optimal Sipariş Miktarı.....	83
3.4.3. İzin Verilen Maksimum Stoksuzluk Miktarı.....	85
3.4.4. Birim Zamandaki Toplam Kârın Optimal Değeri	87
3.4.5. Optimal Çevrim Süresi	89
3.5. Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	91
SONUÇ.....	95
KULLANILAN KAYNAKLAR.....	99

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Ekonomik Sipariş Miktarı Modelinde Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi	26
Şekil 1.2. Ekonomik Üretim Miktarı Modelinde Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi	27
Şekil 2.1. Geliştirilen Modelde Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi	35
Şekil 2.2. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Farklı Durumları	39
Şekil 2.2b. II. Durum İçin Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi	44
Şekil 3.1. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresindeki Değişimin Optimal Sipariş ve Stoksuzluk Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	63
Şekil 3.2. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresindeki Değişimin Toplam Kâr Üzerindeki Etkisi	64
Şekil 3.3. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Optimal Çevrim Süresi ve F Süresi Üzerindeki Etkisi.....	65
Şekil 3.4. Kusurlu Ürün Oranındaki Değişimin Optimal Sipariş ve Stoksuzluk Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	69
Şekil 3.5. Kusurlu Ürün Oranındaki Değişimin Toplam Kâr Üzerindeki Etkisi.....	69
Şekil 3.6. Kusurlu Ürün Oranındaki Değişimin Toplam Kâr Üzerindeki Etkisi (Kusurlu Ürün Satış Fiyatı=40 TL)	71

Şekil 3.7. Kusurlu Ürün Oranındaki Değişimin Çevrim Süresi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılındığı Süre Üzerindeki Etkisi.....	72
Şekil 3.8. Gecikme Faiz Oranındaki değişimin Optimal Sipariş ve Stoksuzluk Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	75
Şekil 3.9. Gecikme Faiz Oranındaki Değişimin Toplam Kâr Üzerindeki Etkisi.....	76
Şekil 3.10. Gecikme Faiz Oranındaki Değişimin Çevrim Süresi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılındığı Süre Üzerindeki Etkisi.....	76
Şekil 3.11. Piyasa Faiz Oranındaki Değişimin Optimal Sipariş ve Stoksuzluk Miktarı Üzerindeki Etkisi.....	78
Şekil 3.12. Piyasa Faiz Oranındaki Değişimin Toplam Kâr Üzerindeki Etkisi.....	79
Şekil 3.13. Piyasa Faiz Oranındaki Değişimin Çevrim Süresi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılındığı Süre Üzerindeki Etkisi.....	80
Şekil 3.14. Kusurlu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılındığı Süre Üzerine Etkisi	83
Şekil 3.15. Kusurlu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Optimal Sipariş Miktarı Üzerine Etkisi.....	85

- Şekil 3.16.** Kusurlu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve İzin Verilen Maksimum Stoksuzluk Miktarı Üzerine Etkisi.....87
- Şekil 3.17.** Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Toplam Kâr Üzerine Etkisi.....89
- Şekil 3.18.** Kusurlu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Çevrim Süresi Üzerine Etkisi.....91

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresindeki Değişimin Etkisi.....	62
Tablo 3.2. Kusurlu Ürün Oranındaki Değişimin Etkisi.....	68
Tablo 3.3. Kusurlu Ürün Oranındaki Değişimin Toplam Kâr Üzerindeki Etkisi (Kusurlu Ürün Satış Fiyatı=40 TL)	70
Tablo 3.4. Gecikme Faiz Oranındaki Değişimin Etkisi.....	74
Tablo 3.5. Piyasa Faiz Oranındaki Değişimin Etkisi.....	77
Tablo 3.6. Kusurlu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre Üzerine Etkisi	82
Tablo 3.7. Kusurlu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Optimal Sipariş Miktarı Üzerine Etkisi.....	84
Tablo 3.8. Kusurlu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Maksimum Stoksuzluk Miktarı Üzerine Etkisi.....	86
Tablo 3.9. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri İle Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerine Etkisi.....	88
Tablo 3.10. Kusurlu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Optimal Çevrim Süresi Üzerine Etkisi.....	90

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 amacıyla 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 kitapta, 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. Kitabın 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 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.

Kitap, 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.

İkinci bölümde ise; kusurlu ürün ve ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu altında yeni bir model geliştirilmektedir. Geliştirilen modelde kullanılan simgeler, varsayımlar ve matematiksel modelin elde edilmesi bu bölümde ele alınmaktadır. Ayrıca geliştirilen modelle ilgili özel durumlar ve sayısal örnekler verilerek modelin geçerliliği test edilmektedir.

Üçüncü bölümde ise model analizinin en önemli aşaması olan duyarlılık analizine yer verilmektedir. Yapılan duyarlılık analizi ile model parametrelerindeki değişimin optimal değerler üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Özellikle ödemelerde gecikmeye izin verilen süre ile kusurlu ürün oranındaki değişimlerin etkileri analiz edilmektedir.

Sonuç bölümünde ise genel bir değerlendirme yapılarak model analizi özetlenmektedir.

Bu kitapta 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 kitabın bundan sonra yapılacak çalışmalara ışık tutması ümit edilmektedir.

BİRİNCİ BÖLÜM

STOKLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER

1. Genel Bilgiler

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 kitapta, 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, 2003: 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 kitapta 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.

Kitabın 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)

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, 1993: 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

problemde 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.²

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)

² 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 düzenlenmesi 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 artıkça *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) artıracığı 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 bulundurma maliyeti olarak değerlendirilmelidir. 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. 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, 1993: 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

karşılama 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, 1993: 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, 1993: 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 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 bulundurmaya 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 bulundurmaya zorundadır. (Karaöz, 2003: 64-65)

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

1.5. Stok Kontrolü

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 Modelleri

İşletmeler 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 yapacak³ şekilde, her bir üründen ne kadar sipariş edileceğinin ve bu siparişlerin ne zaman verileceğinin belirlenmesidir. (Gaither, 1992: 411) Üretim yapan işletmeler için düşünüldüğünde bu sorular, “Ne zaman üretime başlayalım?, Ne kadar süre üretelim? ve Ne miktarda üretelim?” şeklinde olacaktır.

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

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 bilinir. Talep oranının bir dönemden (periyottan) diğerine

³ 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.

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 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 yeni açılımlar ve geliştirilen modellerle ilgili Sulakve Eroğlu (2009) ile Algburi vd. (2019) kapsamlı bir çalışma ve yazın taraması sunmuştur.

Bu kitabın amacı yeni bir ekonomik sipariş miktarı modeli elde etmek olduğu için kitabın bu kısmında talebin yapısına göre stok kontrol modelleri ve özellikle deterministik stok kontrol modelleri üzerinde durulacaktır. Yeni açılımlar ve bunlarla ilgili geliştirilen modeller daha önceki çalışmalarda (Sulak ve Eroğlu, 2009; Algburi vd., 2019) incelendiği için bu kitapta ele alınmayacaktır.

1.6.1.Deterministik 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 Ekonomik Sipariş ve Üretim Miktarı modelleridir.

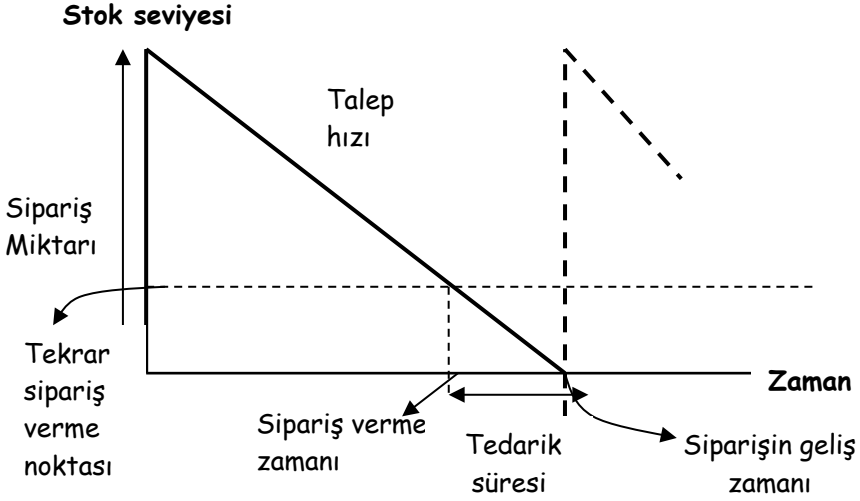
1.6.1.1. Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli

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)

Ekonomik sipariş miktarı modelinde amaç toplam maliyeti minimum yapacak şekilde ne kadar sipariş verileceğine karar vermektir. Bu modelde stok seviyesinin zamanla değişimi Şekil 1.1'de görülmektedir.

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.



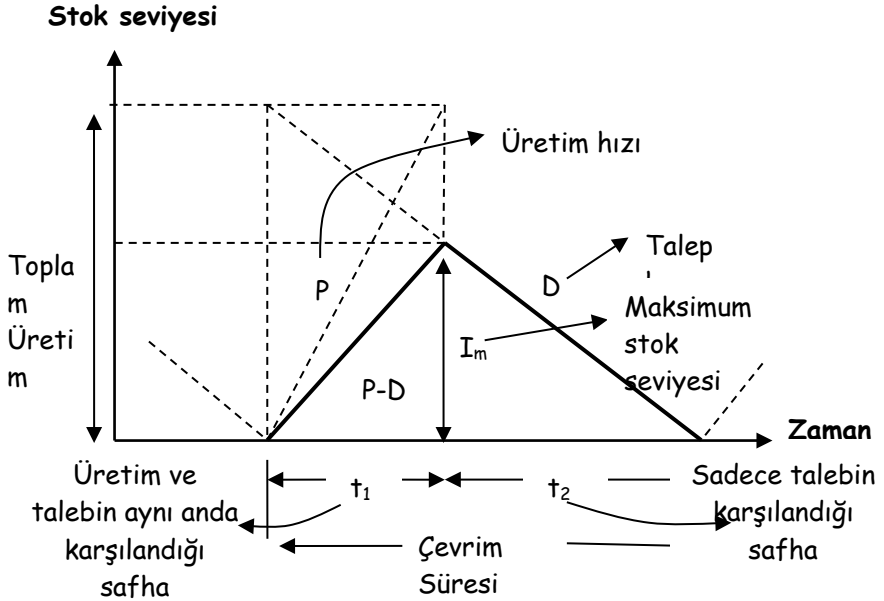
Şekil 1.1. Ekonomik Sipariş Miktarı Modelinde Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi

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

1.6.1.2. Ekonomik Üretim Miktarı Modeli

Ekonomik Üretim Miktarı modeli, Ekonomik Sipariş Miktarı modelinin üretim yapan işletmelere uyarlanması sonucu elde edilen stok kontrol modelidir.⁴ Ekonomik üretim miktarı modelinde stok miktarının zamanla değişimi Şekil 1.2'de görülmektedir.

⁴ 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



Şekil 1.2. Ekonomik Üretim Miktarı Modelinde Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi

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

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. Modelde bir çevrim süresi iki safhadan oluşmaktadır. Birinci safhada üretimle birlikte o dönemde oluşan talep

denilmektedir. (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)

karşılanmaktadır. Bu safha sonunda maksimum stoksuzluğa ulaşılmakta ve üretim durmaktadır. İkinci safhada oluşan talep birinci safhada biriken talep fazlası üretimden karşılanmaktadır.

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 kitabın ikinci bölümünde ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Kitabın bundan sonraki bölümünde ödemelerde gecikmeye ve stoksuzluğa izin verilmesi durumunda kusurlu ürünler için bir ekonomik sipariş miktarı modelinin geliştirilmesi ele alınacaktır. Daha sonraki bölümde ise geliştirilen modelin parametrelerindeki değişimin optimal değerler üzerindeki etkisi duyarlılık analizi ile incelenecektir. .

İKİNCİ BÖLÜM

EKONOMİK SİPARİŞ MİKTARI MODEL ÖNERİSİ

2. Model Önerisi

Bu bölümde ödemelerde gecikmeye izin verilmesi ve kusurlu ürün durumunu aynı anda ele alan ayrıca stoksuzluğa da izin veren bir model geliştirilmektedir. Modelde kullanılan simge ve varsayımlar altında matematiksel model elde edilmektedir. Modelin işleyişi için genel şartlar elde edilmekte ve birim kâr fonksiyonlarının içbükeylik testleri yapılmaktadır. Geliştirilen modelin özel durumu olarak önceki çalışmalar ele alınmakta ve modelin geçerliliği sayısal örneklerle test edilmektedir. Bir sonraki bölümde ise ödemelerde gecikme süresi ile kusurlu ürün oranındaki değişimlerin optimal değerler üzerindeki etkileri duyarlılık analizi yardımıyla araştırılmaktadır.

Matematiksel modelin elde edilmesinde kullanılan simge ve varsayımlar aşağıda verilmiştir.

2.1. Kullanılan Simgeler

Matematiksel modelin elde edilmesinde kullanılan simgeler şunlardır:

- | | |
|-----|--|
| 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)
π	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 ayrıldııkça 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 siparişe, 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

2.2. Varsayımlar

Matematiksel modelde pek çok varsayım yapılmıştır. Bunlar:

- i. Her bir çevrim süresi için talep bilinmektedir. Talep hızı sabit ve süreklidir.
- ii. 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.

- iii. Tek kalem ürün partiler⁵ halinde sipariş verilmektedir. Satın alma fiyatı birim başına c olup, sipariş maliyeti K 'dır.
- iv. 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.
- v. 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. ($v < s$)
- vi. Stoksuzluğa (elde bulundurmamaya) izin verilmektedir. Çevrim süresi için izin verilen maksimum stoksuzluk miktarının tamamı, bir sonraki sipariş geldikten sonra kusurlu ürünler incelenip ayrıldııkça geriye kalan kusursuz ürünlerden karşılanmaktadır.
- vii. Gelen siparişin içindeki kusurlu ürünler için inceleme oranı, x , talep oranından yeterince büyüktür.⁶ Yani, kusurlu

⁵ Burada kullanılan *parti* sözcüğü bir siparişte verilen ve teslim alınan toplam ürün miktarı için ve İngilizcedeki *lot* kelimesinin karşılığı olarak ifade edilmektedir.

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.

viii. Ödemelerde belli bir süre gecikmeye izin verilmektedir.

ix. 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. ($I_o \geq I_e$)⁷

⁶ 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.

⁷ 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.

2.3. Matematiksel Modelin Elde Edilmesi

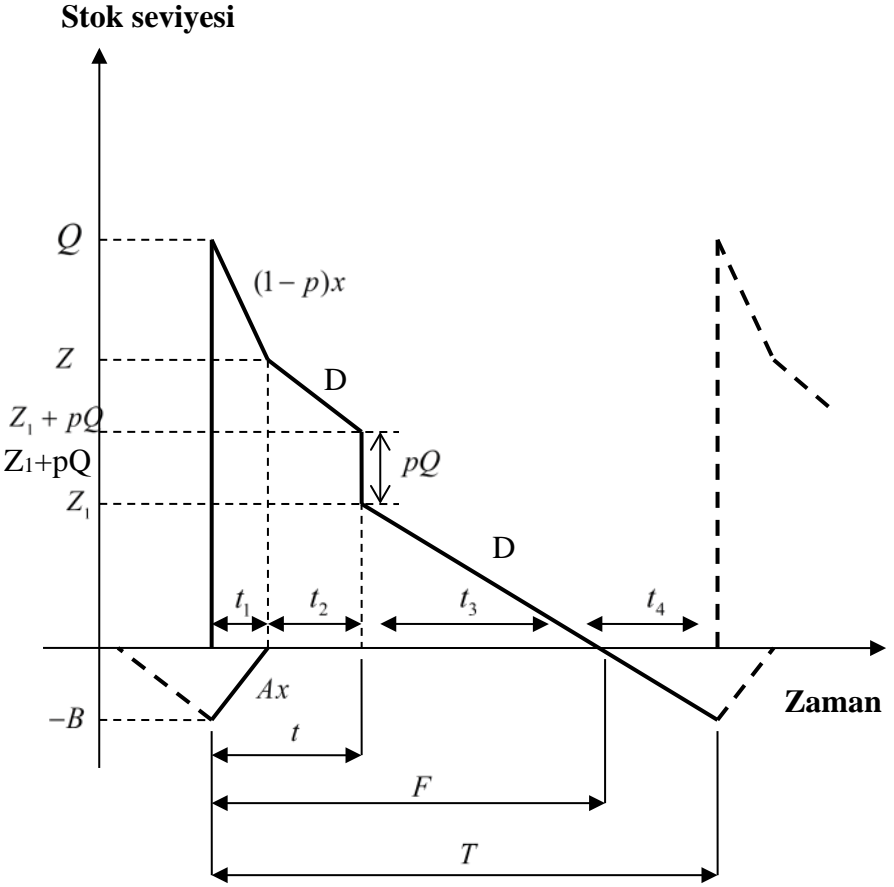
Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modellerinde, sipariş sonucu gelen ürünlerin tamamının sağlam olduğu bir başka ifade ile hatalı ürün bulunmadığı ve ödemelerin malın tesliminde peşin olarak yapıldığı varsayılmaktadır. Bu kitapta geliştirilen ekonomik sipariş miktarı modelinde ise, klasik modellerden farklı 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 kitapta 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.

Modelin genel gösterimi Şekil 2.1'de görülmektedir. Her periyot başında verilen sipariş miktarı, Q , anında gelmekte ve gelen her parti, olasılık yoğunluk dağılımı $f(p)$ olan rassal p oranında kusurlu ürün içermektedir. Sipariş sonucu gelen her bir parti t süresinde %100 inceleme sürecinden geçirilerek kusurlu ürünler belirlenmekte ve kusursuz ürünlerden ayrılmaktadır. Tespit edilen ve

ayrılan bu kusurlu ürünler t süresi sonunda tek parti halinde indirimli fiyattan satılmaktadır.

t_1 döneminde, hem önceki dönemden stoksuzluk nedeniyle karşılanamayan talep, hem de t_1 döneminde oluşan talep, eşanlı olarak kusurlu ürünlerin ayrılmasından sonra geriye kalan kusursuz ürünlerden karşılanmaktadır.



Şekil 2.1. Geliştirilen Modelde Stok Seviyesinin Zamana Göre Değişimi

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 2.1'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 2.1'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 siparişe 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 :

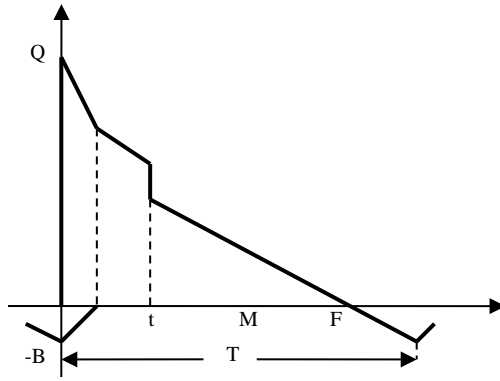
$$t_4 = \frac{B}{D} \quad (11)$$

olarak bulunur.

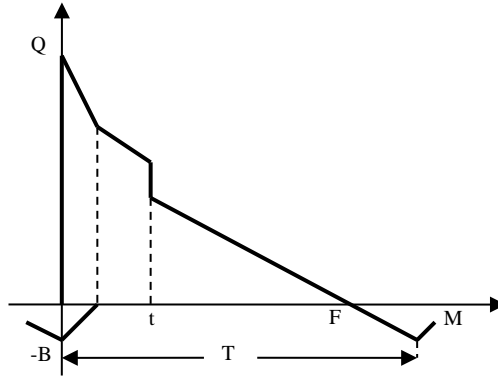
Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modellerinde ödemelerin malın teslimi sırasında peşin olarak yapıldığı varsayılmaktadır. Oysa, gerçek hayatta ödemelerde bir miktar gecikmeye izin verilmektedir. Bu noktadan hareketle bu kitapta ele alınan modelde ödemelerde gecikmeye izin verilmesi varsayımı altında iki 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 2.2a)

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 2.2b)



a) I.Durum: $t < M \leq F$



b) II.Durum: $M > F$

Şekil 2.2. 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.

2.3.1.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 2.2'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 kârı 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:

$$\begin{aligned} TR_1(Q, B) &= s(1 - p)Q + vpQ + \frac{sDM^2I_e}{2} + vpQ(M - t)I_e \\ &= s(1 - p)Q + vpQ + \frac{sDM^2I_e}{2} + vpQ(M - Q/x)I_e \quad (12) \end{aligned}$$

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:

$$TC_1(Q, B) = K + cQ + dQ + h \left[\frac{t_1(Q+Z)}{2} + \frac{(t-t_1)(Z+Z_1+pQ)}{2} + \frac{t_3 Z_1}{2} \right] + \frac{\pi(t_1+t_4)B}{2} + c \left(\frac{(1-p)Q-B-DM}{2} \right) (T - t_4 - M)I_e \quad (13)$$

İlgili değişkenler yerine konup gerekli sadeleştirmeler yapılırsa; $TC_1(Q, B)$ fonksiyonu birbirine eşit iki farklı eşitlik şeklinde aşağıdaki gibi elde edilir.⁸

$$TC_1(Q, B) = K + \frac{cDM^2 I_o}{2} + cMI_o B - c(1-p)MI_o Q + (c+d)Q - \left[\frac{(1-p)(h+cI_o)}{D} \right] QB + \frac{cI_o}{2D} B^2 + \frac{(h+\pi)}{2D} \frac{(1-p)}{(1-p-D/x)} B^2 + \frac{h}{2D} \left[\frac{D(2-D/x)}{x} + (1-p-D/x)^2 \right] Q^2 + \frac{(1-p)^2 cI_o}{2D} Q^2 \quad (14a)$$

$$TC_1(Q, B) = K + \frac{cDM^2 I_o}{2} + cMI_o B - c(1-p)MI_o Q + (c+d)Q - \left[\frac{(1-p)(h+cI_o)}{D} \right] QB + \frac{cI_o}{2D} B^2 + \frac{(h+\pi)}{2D} \frac{(1-p)}{(1-p-D/x)} B^2 + \frac{h}{2} \left[\frac{(1-p)^2}{D} + \frac{2p}{x} \right] Q^2 + \frac{(1-p)^2 cI_o}{2D} Q^2 \quad (14b)$$

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

⁸ Bu iki eşitlik arasındaki fark ise stok bulundurma maliyetinin hesaplanmasında ortaya çıkmaktadır. Çünkü: (14a)'daki stok bulundurma maliyeti olan

$\frac{h}{2D} \left[\frac{D(2-D/x)}{x} + (1-p-D/x)^2 \right]$, 'nın eşdeğeri (14b)'de $\frac{h}{2} \left[\frac{(1-p)^2}{D} + \frac{2p}{x} \right]$ 'dir.

değerine bölünmesiyle hesaplanabilir. Yenileme ödül teoremi ⁹ (*renewal reward theorem*) olarak bilinen bu yöntemle birim zamandaki toplam kârın beklenen değeri aşağıdaki gibi bulunur:

$$E(TPU_1) = \frac{E(TR_1) - E(TC_1)}{E(T)} \quad \text{ve} \quad E(T) = \frac{E(1-p)Q}{D} \quad (15)$$

olmak üzere,

$$E(TPU_1) = \frac{E(TR_1) - E(TC_1)}{E(T)} = \left[s + cMI_o + \frac{vE(p)(1+MI_e) - c-d}{E_1} \right] D - \left[\frac{vE(p)DI_e}{x} + \frac{hE_4 + cI_oE_5}{2} \right] \frac{Q}{E_1} - [(h+\pi)E_2 + cI_o] \frac{B^2}{2E_1Q} - [(cI_o - sI_e)(DM)^2 + 2KD] \frac{1}{2E_1Q} - \frac{cDMI_oB}{2E_1Q} + (h + cI_o)B \quad (16)$$

Bu eşitlikte;

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

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

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

⁹ *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 teoreminden faydalanılmaktadır. Aksi halde bulunan beklenen değerler yanlış olacaktır. Nitekim Salameh ve Jaber (2000) modelindeki bu tür bir yanlışlık Maddah ve Jaber (2008) tarafından düzeltilmiştir. Eroğlu ve Özdemir (2007) modelinde de kullanılan *yenileme ödül teoremi* hakkında ayrıntılı bilgi için bkz: Ross, 1996: Bölüm 3.

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

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

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 olduğundan¹⁰, 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:

$$Q_1^* = \sqrt{\frac{[(h+\pi)E_2+cI_o]B^2+2cMI_oDB+(cI_o-sI_e)D^2M^2+2KD}{\frac{2vE(p)DI_e}{x}+hE_4+cI_oE_5}} \quad (17)$$

$$B_1^* = \frac{(h+cI_o)E_1Q_1^*-cDMI_o}{(h+\pi)E_2+cI_o} \quad (18)$$

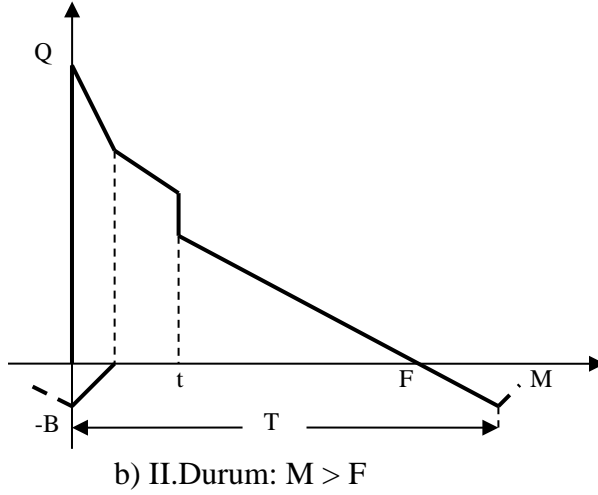
B_1^* değeri (17) no'lu eşitlikte yerine konur ve eşitlik tekrar düzenlenirse; Q_1^* değeri stoksuzluk miktarından bağımsız olarak aşağıdaki gibi bulunur:

$$Q_1^* = \sqrt{\frac{2KD+(cI_o-sI_e)(DM)^2-\frac{(cDMI_o)^2}{(h+\pi)E_2+cI_o}}{\frac{2vE(p)DI_e}{x}+hE_4+cI_oE_5-\frac{(h+cI_o)E_1^2}{(h+\pi)E_2+cI_o}}} \quad (19)$$

¹⁰ Beklenen kâr fonksiyonlarının içbükeylik testleri Bölüm 2.5'te ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

2.3.2.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 2.2b panelinde gösterilmiştir.



Şekil 2.2b. 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:

$$TR_2(Q, B) = s(1 - p)Q + vpQ + \frac{s[(1-p)Q-B](t+t_3)I_e}{2} + s[(1 - p)Q - B](M - t_3 - t)I_e + vpQ(M - t)I_e \quad (20)$$

t ve t_3 değerleri yerlerine konulup tekrar düzenlenirse;

$$TR_2(Q, B) = [s(1 - p) + vp](1 + MI_e)Q - \left[\frac{vpI_e}{x} + \frac{sI_e(1-p)^2}{2D} \right] Q^2 + \frac{sI_e(1-p)QB}{D} - sMI_eB - \frac{sI_e}{2D} B^2 \quad (21)$$

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

$$TC_2(Q, B) = K + cQ + dQ + h \left[\frac{t_1(Q+Z)}{2} + \frac{(t-t_1)(Z+Z_1+pQ)}{2} + \frac{t_3Z_1}{2} \right] + \frac{\pi(t_1+t_4)B}{2} \quad (22)$$

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

$$TC_2(Q, B) = K + cQ + dQ + \frac{h}{2D} \left[\frac{D(2-D/x)}{x} + (1 - p - D/x)^2 \right] Q^2 + \left[\frac{(h+\pi)(1-p)}{2D(1-p-D/x)} \right] B^2 - \frac{h(1-p)}{D} QB \quad (23a)$$

$$TC_2(Q, B) = K + cQ + dQ + \frac{h}{2} \left[\frac{2p}{x} + \frac{(1-p)^2}{D} \right] Q^2 + \left[\frac{(h+\pi)(1-p)}{2D(1-p-D/x)} \right] B^2 - \frac{h(1-p)}{D} QB \quad (23b)$$

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

$$E(TPU_2) = \frac{E(TR_2) - E(TC_2)}{E(T)} \quad \text{ve} \quad E(T) = \frac{E(1-p)Q}{D} \quad (24)$$

olmak üzere, toplam gelir, toplam maliyet ve çevrim süresinin beklenen değerleri yerine yazıldığında birim zamanda beklenen toplam kâr aşağıdaki gibi bulunur:

$$E(TPU_2) = \left[\left(s + \frac{vE(p)}{E_1} \right) (1 + MI_e) - \frac{(c+d)}{E_1} \right] D - \left[\frac{vE(p)DI_e}{xE_1} + \frac{hE_4 + sI_eE_5}{2E_1} \right] Q + hB + sI_e \left(1 - \frac{MD}{E_1Q} \right) B - \left[\frac{(h+\pi)E_2 + sI_e}{2E_1Y} \right] B^2 - \frac{KD}{E_1Q} \quad (25)$$

Bu eşitliklerde;

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

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

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

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

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

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 2.5.2), kârı en çok yapan bir tek (Q, B) ikilisi vardır. (25) 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:

$$Q_2^* = \sqrt{\frac{[h+\pi]E_2+sI_e]B^2+2sMI_eDB+2KD}{\frac{2vE(p)DI_e}{x}+hE_4+sE_5I_e}} \quad (26)$$

$$B_2^* = \frac{(h+sI_e)E_1Q_2^*-sMI_eD}{(h+\pi)E_2+sI_e} \quad (27)$$

B_2^* değeri (26) no'lu eşitlikte yerine konur ve eşitlik tekrar düzenlenirse; Q_2^* değeri stoksuzluk miktarından bağımsız olarak aşağıdaki gibi bulunur:

$$Q_2^* = \sqrt{\frac{2KD - \frac{(sMI_eD)^2}{(h+\pi)E_2+sI_e}}{\frac{2vE(p)DI_e}{x}+hE_4+sI_eE_5 - \frac{(h+sI_e)^2E_1^2}{(h+\pi)E_2+sI_e}}} \quad (28)$$

2.4. 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 değerin kullanılması daha uygun olacağından;

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

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

- Birim zamandaki izleme oranı yıllık talep oranından yeterince büyük olmalıdır. Yani; $x \gg D$
- Stoksuzluęun kusursuz ürünlerden karşılanma hızı pozitif olmalıdır. Yani; $Ax > 0$ olmalıdır. Buradan: $xE(1 - p - D/x) > 0$ yazılabilir. x her zaman pozitif olacağından $E(1 - p - D/x) > 0$ 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;
 $t \geq E(t_1)$ 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:

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

$$(h + cI_o)E_1Q_1^* \geq cMI_oD \quad Q_1^* \geq \frac{cMI_oD}{(h + cI_o)E_1} \quad \text{ve}$$

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

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

$$(h + sI_e)E_1Q_2^* \geq sMI_eD \quad Q_2^* \geq \frac{sMI_eD}{(h + sI_e)E_1} \quad \text{ve}$$

$$\sqrt{\frac{2KD}{\frac{2vE(p)I_eD}{x} + hE_4 + sE_5I_e}} \geq \frac{sMI_eD}{(h + sI_e)E_1}$$

2.5. 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.

$\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$ ve $\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x \partial y}$ 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; $[x \ y] \times [H] \times \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} < 0$ olursa; $f(x, y)$ fonksiyonu

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

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

$\frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} \geq 0$ 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 bölümde elde edilen birim kâr fonksiyonlarının içbükeylik testleri Hessian matrisi kullanılarak yapılmaktadır.

2.5.1.I. Durum İçin İçbükeyliğin İspatı

Aşağıdaki Hessian matrisini ele alalım.

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

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

içbükeydir. Buna göre;

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

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

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

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

Yukarıdaki eşitsizlikte $2KD + (cI_o - sI_e)D^2 M^2 > 0$ 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.

2.5.2.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;

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

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

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

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

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

2.6. Modelle İlgili Özel Durumlar

Bu kitapta 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 kitapta geliştirilen modelin özel durumlarıdır. Bu modellerden bir kısmı aşağıda ele alınmaktadır.

2.6.1. Eroğlu ve Özdemir (2007) Modeli

Eroğlu ve Özdemir (2007) kusurlu ürün durumunda stoksuzluğa izin veren bir model geliştirmişlerdir. Modellerinde ödemelerde gecikmeye izin verilmemektedir. Bu kitapta 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 (18) ile (27) no'lu eşitliklerdeki B_1 ile B_2 ve (19) ile (28) no'lu eşitliklerdeki Q_1 ile Q_2 eşitlikleri aşağıdaki gibi olur.

$$B_1^* = B_2^* = B^* = \frac{hE_1Q^*}{(h+\pi)E_2}$$
$$Q_1^* = Q_2^* = Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h \left[E_4 - \frac{hE_1^2}{(h+\pi)E_2} \right]}}$$

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.

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

Eğer bu kitapta da beklenen değerler hesaplanırken yenileme ödül teoremi kullanılmasaydı, bulunan optimal değerler birbirinin aynısı olacaktı. Çünkü, bu kitaptaki (12) ile (21) no'lu TR_1 ve TR_2 eşitlikleri ile (14b) ile (23b) 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 $\pi = \infty$ ¹¹ olacağından) aşağıdaki eşitliklere indirgenir.

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

¹¹ 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.

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

Bu eşitliklerde Q yerine y ve D yerine $Q(1-p)/T$ ¹² kullanıldığında Salameh ve Jaber (2000) modelindeki (4) ve (5) no'lu eşitliklere¹³ ulaşılır. Bu eşitliklerden birim zamanda toplam kârın beklenen değerini hesaplarken Salameh ve Jaber (2000) yenileme ödül teoremi yöntemini kullanmadıklarından buldukları optimal değerler bu kitapta elde edilen değerlerden farklı çıkmaktadır.

2.6.3. Stoksuzluk Durumunda Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli

Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modellerinde stoksuzluğa izin verilmesi durumu da bu kitapta geliştirilen modelin özel bir durumu olarak elde edilebilir. Çünkü, bu kitapta geliştirilen modelde eğer; kusurlu ürün ve ödemelerde gecikmeye izin verme varsayımları geçerli değilse, yani $p = M = 0$ ise $I_e = I_o = 0$,

¹² 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.

¹³ Salameh ve Jaber (2000) çalışmasında elde ettikleri (4) ve (5) no'lu eşitlikler: $TR(y) = sy(1-p) + vyp$ (4) ve

$TC(y) = K + cy + dy + h \times \left(\frac{y(1-p)T}{2} + \frac{py^2}{x} \right)$ (5)

$E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = E_5 = 1$ ve $x = \infty$ olacaktır.¹⁴ Bu durumda; (18) ile (27) ve (19) ile (28) no'lu eşitlikler stoksuzluk durumuna izin veren klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modelinde elde edilen aşağıdaki eşitliklere indirgenecektir:

$$B_1^* = B_2^* = B^* = \frac{hQ^*}{h+\pi}$$

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

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 kitapta geliştirilen modelin özel durumudur.

2.6.4. Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı Modeli

Bu kitapta 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

¹⁴ 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.

Ekonomik Sipariş Miktarı modelinde elde edilen aşağıdaki eşitliklere indirgenecektir:

$$B_1^* = B_2^* = B^* = 0$$

$$Q_1^* = Q_2^* = Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

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

Sonuç olarak; yukarıda ele alınan 4 model (Eroğlu ve Özdemir (2007), Salameh ve Jaber (2000), Stoksuzluk Durumuna İzin Veren Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modeli ve Klasik Ekonomik Sipariş Miktarı modeli) bu kitapta elde edilen modelin özel durumları olarak gösterilmektedir.

2.7. Sayısal Örnekler

Modelin geçerliliği aşağıdaki iki sayısal örnekle gösterilmektedir.

2.7.1.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.¹⁵

¹⁵ $a = 0$, $b = 0.1$ için; $0 \leq a < b \leq 1$ ve $f(p)$ ise $[a, b]$ aralığındadır.

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

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 gündür. Mevduat hesabı için faiz oranı ve piyasa faiz oranı¹⁶ 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, $\text{gün} = 30/360^{17}$ yıl = 0.083 yıl, $I_e = 0.12$, $I_o = 0.15$.

Kusurlu ürün oranının rassal olması nedeniyle ilgili beklenen değerler; $E(p) = 0.05$, $E_1 = 0.95$, $E_2 = 1.096261$, $E_3 = 0.751944$, $E_4 = 0.911667$, $E_5 = 0.903333$ olarak hesaplanmıştır.¹⁸

¹⁶ 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 anlaşılabilceği gibi, ödenmeyen tutarın bankadan borç alınarak ödenmesi durumunda da borçlanma faiz oranı olarak anlaşılabilir.

¹⁷ Hesaplamalarda yıl 360 gün ve ay 30 gün olarak ele alınmaktadır.

¹⁸ $f(p) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & a < p < b \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$ olmak üzere; $E(p) = \frac{1}{b-a} \int_a^b p dp = \frac{b+a}{2}$ ve

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

$$E_4 = D/x(2-D/x) + E_3$$

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

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

beklenen değerler $E(p)=0.05$, $E_1=0.95$, $E_2 = 1.09206$, $E_3 = 0.75773$, $E_4 = 0.91133$, $E_5 = 0.90333$ olarak hesaplanır.

değerlerdir. Bu değerler modelin anlamlılığı için gerek ve yeter şartları sağlamaktadır.

2.7.2.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:

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

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

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

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

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.

Kitabın bundan sonraki bölümünde model analizinin en önemli aşamalarından olan duyarlılık analizine yer verilecektir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

DUYARLILIK ANALİZİ

3. Duyarlılık Analizi

Bu kitapta 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.

3.1. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Değişmesi

Ödemelerde izin verilen gecikme süresinin farklı değerleri için elde edilen optimal değerler Tablo 3.1’de özetlenmiştir.¹⁹

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

¹⁹ 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 sağlayacaktır. 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 analiz 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.

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.²⁰

Tablo 3.1. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresindeki Değişimin Etkisi

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

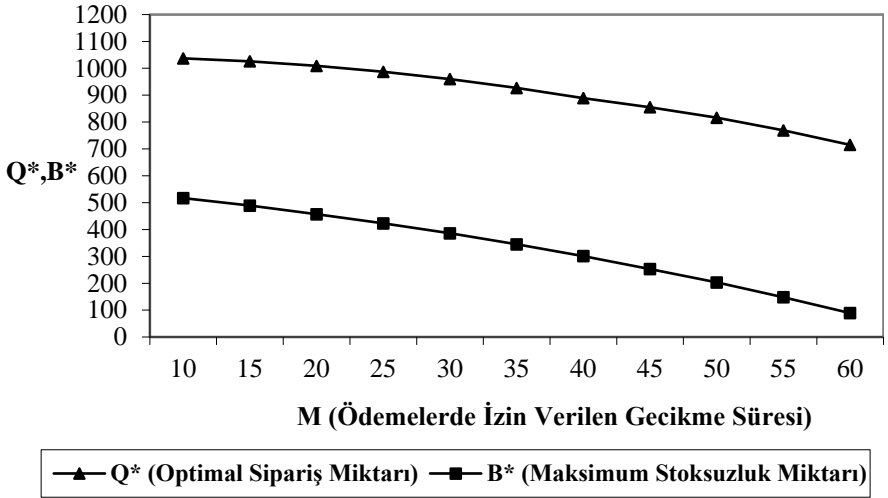
$D = 5,000$ birim, $x = 60,000$ birim, $K = 400$ TL, $h = 4$ TL, $\pi = 6$ TL, $c = 35$ TL, $d = 1$ TL, $s = 60$ TL, $v = 25$ TL, $E(p)=0.05$, $I_e=0,12$, $I_o= 0.15$

Buna göre; diğer değişkenler sabitken, ödemelerde izin verilen gecikme süresinin optimal sipariş miktarı, izin verilen maksimum

²⁰ 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 I. durum için verilen sayısal örnekte elde edilen değerleri gösterirken $M = 60$ satırındaki değerler ise II. durum için verilen sayısal örnekte elde edilen değerleri göstermektedir.

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.

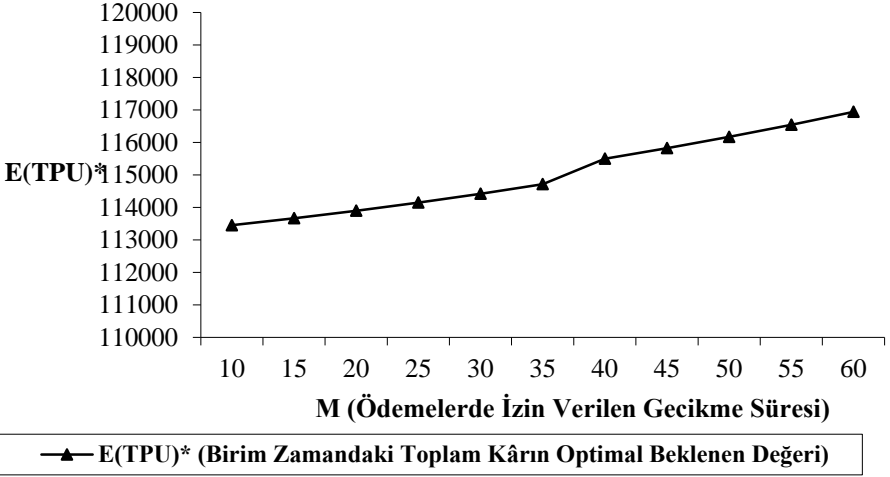


Şekil 3.1. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresindeki Değişimin Optimal Sipariş ve Stoksuzluk Miktarı Üzerindeki Etkisi

Şekil 3.1’de 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 isteyecek 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 3.2’de gösterilmektedir.



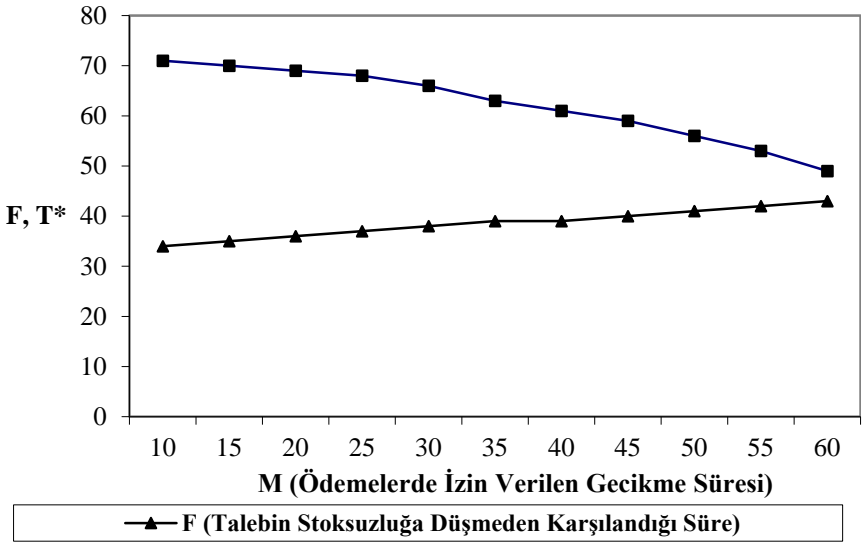
Şekil 3.2. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresindeki Değişimin Toplam Kâr Üzerindeki Etkisi

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.

Şekil 3.2’deki 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 ($M > F$) uymasındır. Dolayısıyla her iki durum için elde edilen toplam kâr fonksiyonları birbirinden farklı olduğundan bu noktada bir kırılma gerçekleşmektedir.

Şekil 3.3'te, ödemelerde izin verilen gecikme süresinin artmasıyla optimal çevrim süresinin azaldığı fakat talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı sürenin ise arttığı görülmektedir.



Şekil 3.3. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Optimal Çevrim Süresi ve F Süresi 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 ($M = 0$); 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 $I_e = I_o = 0$ olacaktır. (Bu durum Eroğlu ve Özdemir (2007) modelinde incelenmekte olup 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 edilir:

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

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

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

$$E[\text{TPU}_1(Q_1^*, B_1^*)] = E[\text{TPU}_2(Q_2^*, B_2^*)] \cong 113,892 \text{ TL}$$

Burada elde edilen optimal değerler $I_e = I_o = 0$ varsayımı altında hesaplandığı için Tablo 3.1'deki değerlerle

karşılaştırılamamaktadır. (Tablo 3.1'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.

3.2. 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.²¹

²¹ 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,

$$f(p) = \begin{cases} \frac{1}{b}, & 0 < p < b \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \text{ olmak üzere, kusurlu ürün oranının alabileceği}$$

maksimum değer b olup kusurlu ürün oranının beklenen değeri $E(p) = b/2$ '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 değerın sıfır alınması durumunda kusurlu ürün oranına bağlı bazı değişkenlerin dolayısıyla da optimal değerlerin tanımsız olarak hesaplanmasıdır.

Tablo 3.2. Kusurlu Ürün Oranındaki Değişimin 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

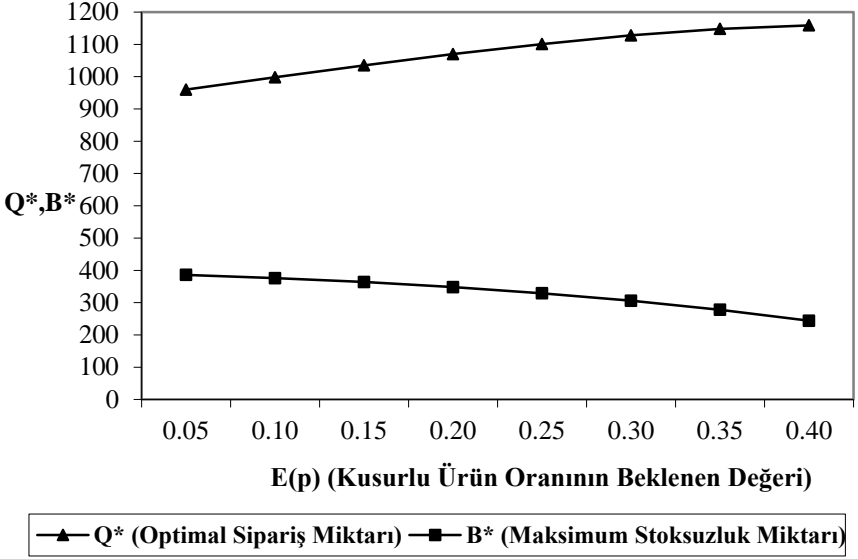
$D = 5,000$ birim, $x = 60,000$ birim, $K = 400$ TL, $h = 4$ TL, $\pi = 6$ TL, $c = 35$ TL, $d = 1$ TL, $s = 60$ TL, $v = 25$ TL, $M = 30$ gün = 0.083 yıl, $I_e = 0.12$, $I_o = 0.15$.

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 karın optimal beklenen değeri, optimal çevrim süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden normal olarak stoktan karşılandığı süre ise azalmaktadır.

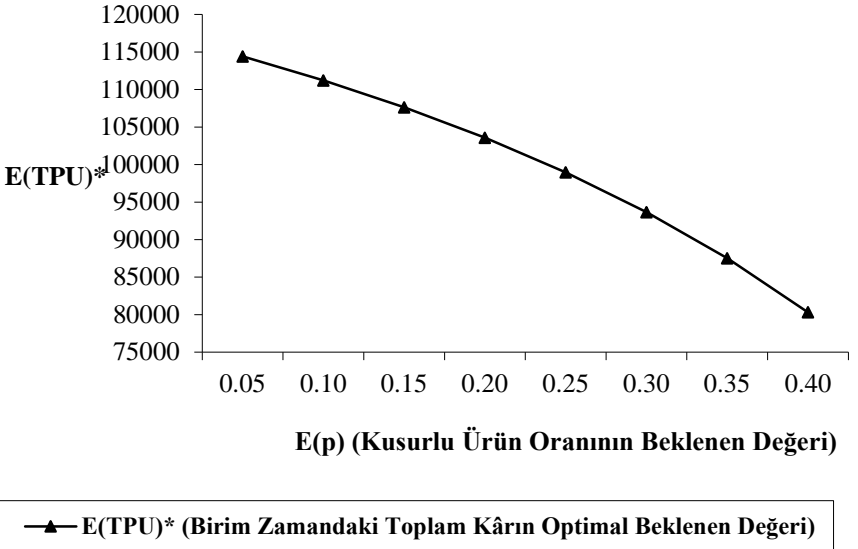
Kusurlu ürün oranının beklenen değerindeki değişimin her bir değişken üzerindeki etkisi aşağıdaki grafiklerden de izlenebilmektedir.

Şekil 3.4'te, kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça optimal sipariş miktarının arttığı, izin verilen maksimum stoksuzluk miktarının ise azaldığı görülmektedir.

Şekil 3.5'de, kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değerinin azaldığı görülmektedir. Toplam kârdaki bu azalış iki sebepten kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.4. Kusurlu Ürün Oranındaki Değişimin Optimal Sipariş ve Stoksuzluk Miktarı Üzerindeki Etkisi



Şekil 3.5. Kusurlu Ürün Oranındaki Değişimin Toplam Kâr Üzerindeki Etkisi

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.

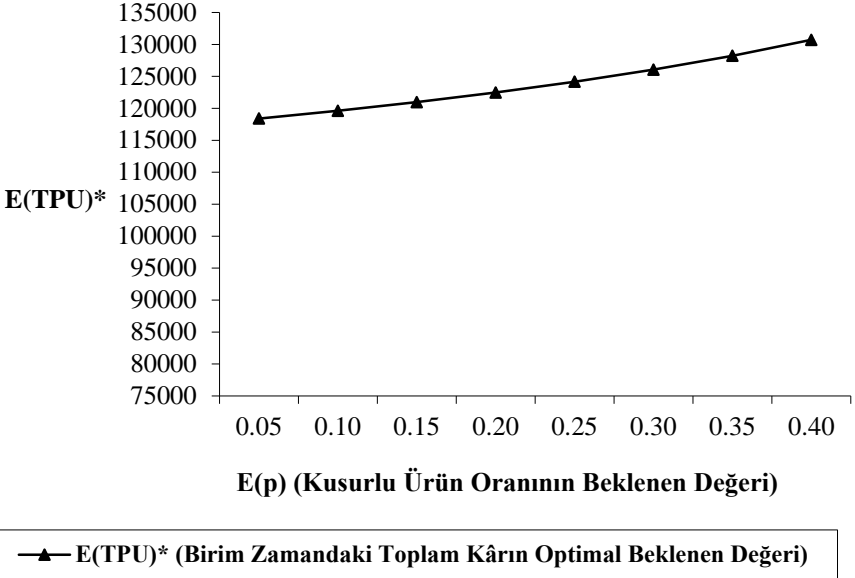
Örneğin; diğer değişkenler sabitken kusurlu ürün oranının 25 TL yerine 40 TL olması durumunda kusurlu ürün oranındaki artışın birim zamanda toplam kârın optimal beklenen değerini artırdığı Tablo 3.3'te ve Şekil 3.6'de gösterilmektedir.

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 kitabın bundan sonraki kısmında da ele alınacak analiz ve değerlendirmelere bu noktadan bakmak gerektir.

Tablo 3.3. Kusurlu Ürün Oranındaki Değişimin Toplam Kâr Üzerindeki Etkisi (Kusurlu Ürün Satış Fiyatı=40 TL)

$E(p)$	$E(TPU)^*$	$E(p)$	$E(TPU)^*$
0.05	118,399	0.25	124,161
0.10	119,623	0.30	126,059
0.15	120,975	0.35	128,221
0.20	122,478	0.40	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, $I_e = 0.12$, $I_o = 0.15$.



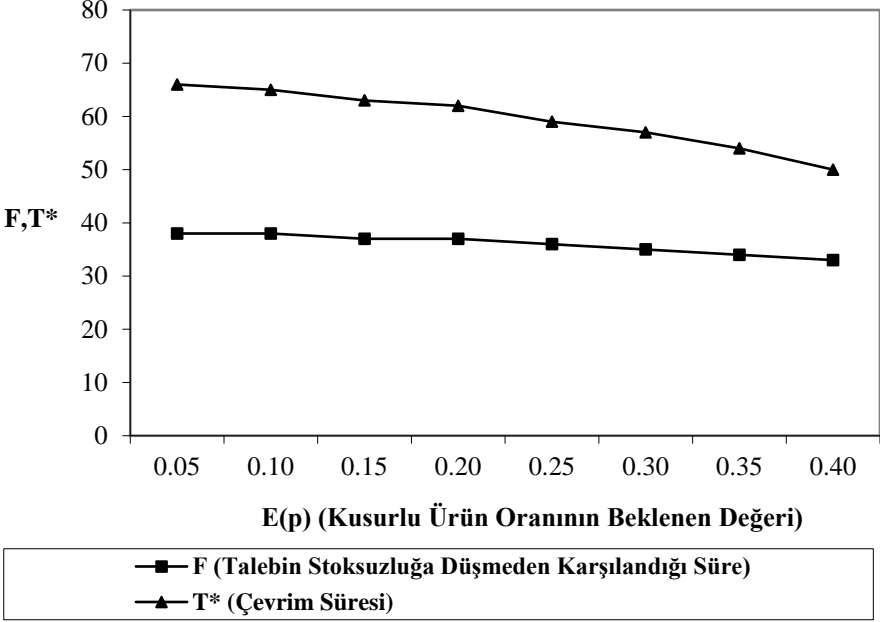
Şekil 3.6. Kusurlu Ürün Oranındaki Değişimin Toplam Kâr Üzerindeki Etkisi (Kusurlu Ürün Satış Fiyatı=40 TL)

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.

Kusurlu ürün oranının beklenen değerindeki değişimin optimal çevrim süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden normal olarak stoktan karşılandığı süre üzerindeki etkisi Şekil 3.7’de görülmektedir.

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 3.7’den anlaşılmaktadır.



Şekil 3.7. Kusurlu Ürün Oranındaki Değişimin Çevrim Süresi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre Üzerindeki Etkisi

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.

3.3. Faiz Oranlarının Değişmesi

Bu kitapta 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 kitapta; 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.

3.3.1. 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.²²

²² 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.

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, π = 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_e =0.12

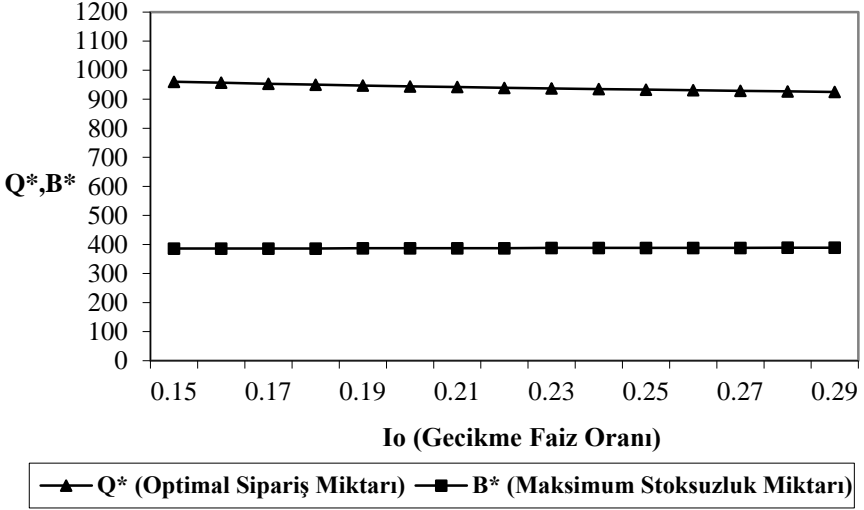
Tablo 3.4'ten görüldüğü üzere gecikme faiz oranındaki artış optimal değerleri çok fazla değiştirmemektedir. Optimal değerlerden sipariş miktarı ve birim zamandaki toplam kârın beklenen değeri üzerinde gecikme faiz oranındaki değişmelerin anlamlı bir etkisinin olup olmadığını anlamak için daha önceki 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 değişmelerin birim zamanda toplam kârın optimal beklenen değerini çok fazla değiştirmedeği yani anlamlı bir etkisinin olmadığı, optimal

sipariş miktarında ise %1'in altında bir azalışa neden olduğu görülmektedir.

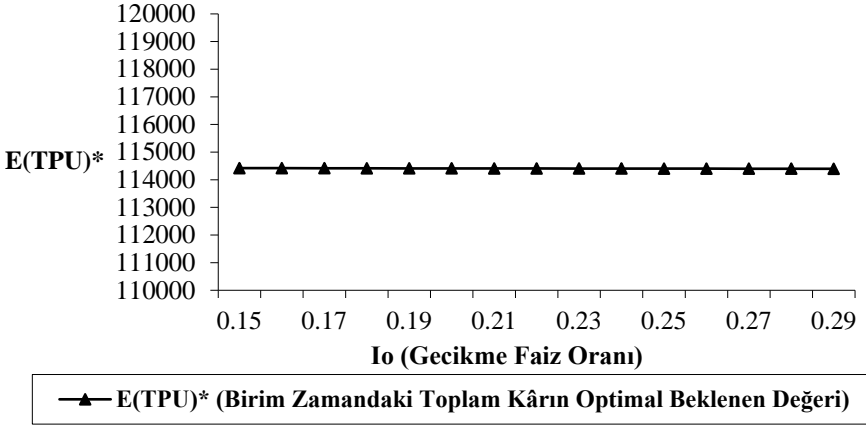
Diğer değişkenler üzerinde de anlamlı bir etkisi bulunmayan gecikme faiz oranının her bir değişken üzerindeki ayrı ayrı etkisi görsel olarak aşağıdaki grafiklerden de izlenebilir.

Şekil 3.8'e bakıldığında gecikme faiz oranındaki artışın optimal sipariş miktarını az da olsa azalttığı fakat izin verilen maksimum stoksuzluk miktarı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı gözlenmektedir.



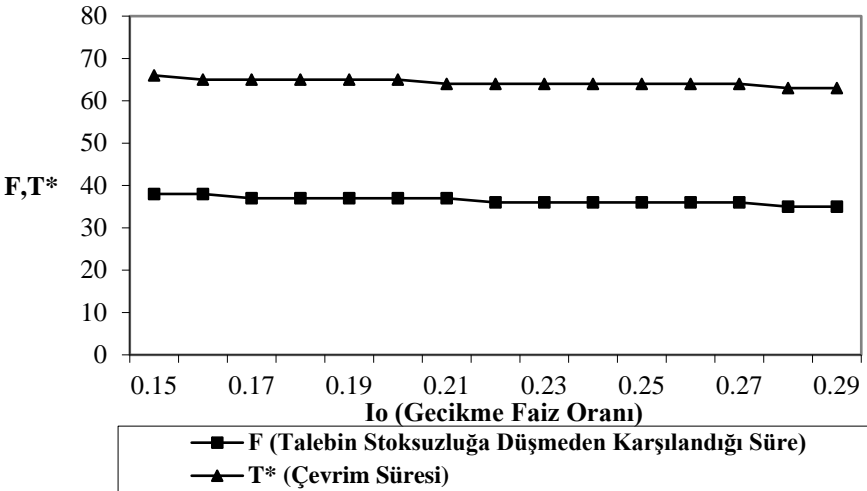
Şekil 3.8. Gecikme Faiz Oranındaki değişimin Optimal Sipariş ve Stoksuzluk Miktarı Üzerindeki Etkisi

Benzer şekilde, birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değerinin gecikme faiz oranındaki değişimlere karşı duyarsız olduğu, anlamlı bir değişim olmadığı, Şekil 3.9'da görülmektedir.



Şekil 3.9. Gecikme Faiz Oranındaki Değişimin Toplam Kâr Üzerindeki Etkisi

Şekil 3.10'dan optimal çevrim süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı sürenin gecikme faiz oranındaki değişimler karşısında çok az değiştiği görülmektedir.



Şekil 3.10. Gecikme Faiz Oranındaki Değişimin Çevrim Süresi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre Üzerindeki Etkisi

Değişimin yönü negatif olup, gecikme faiz oranı arttıkça optimal çevrim süresi ve talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre azalmaktadır. 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.

3.3.2. Piyasa Faiz Oranındaki Değişim

Piyasa faiz oranındaki değişimin optimal değerler üzerine etkisi Tablo 3.5'te görülmektedir.

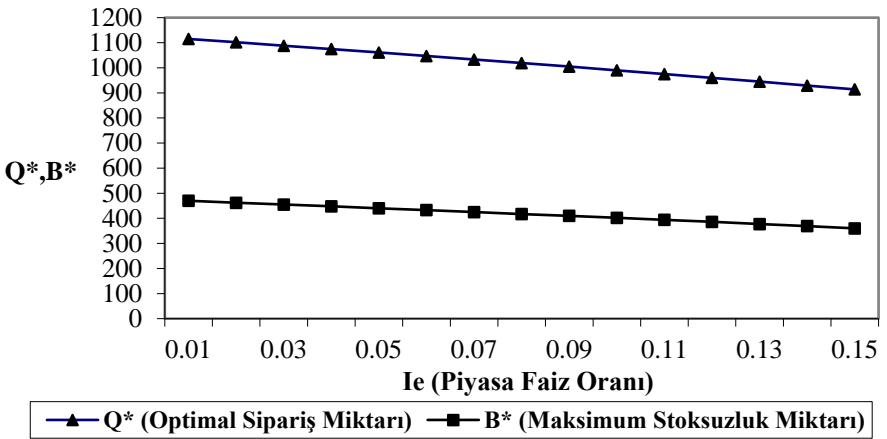
Tablo 3.5. Piyasa Faiz Oranındaki Değişimin Etkisi

I_e	Q^*	B^*	$E(TPU)^*$	%	%	F (gün)	T^* (gün)
0,01	1,115	470	113,791			42	76
0,02	1,102	462	113,845	0.04	1.2	42	75
0,03	1,088	455	113,899	0.04	1.2	42	74
0,04	1,075	448	113,954	0.04	1.2	41	74
0,05	1,061	440	114,010	0.04	1.3	41	73
0,06	1,047	433	114,066	0.04	1.3	40	72
0,07	1,033	425	114,123	0.05	1.3	40	71
0,08	1,019	417	114,181	0.05	1.4	40	70
0,09	1,005	410	114,239	0.05	1.4	39	69
0,10	990	402	114,299	0.05	1.5	39	68
0,11	975	394	114,359	0.05	1.5	38	67
0,12	960	386	114,420	0.05	1.5	38	66
0,13	945	377	114,482	0.05	1.6	37	65
0,14	929	369	114,545	0.05	1.6	37	64
0,15	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.²³ 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.

Şekil 3.11’de 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.

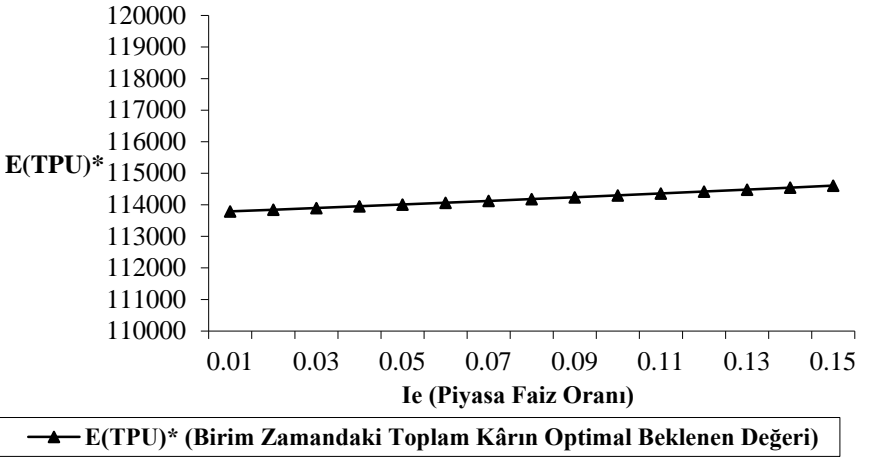


Şekil 3.11. Piyasa Faiz Oranındaki Değişimin Optimal Sipariş ve Stoksuzluk Miktarı Üzerindeki Etkisi

²³ Bu sonuçlar Chang ve Teng (2004) tarafından elde edilen sonuçların aynıdır. Dolayısıyla yapılan çalışmanın sonuçları önceki çalışma sonuçlarını desteklemektedir.

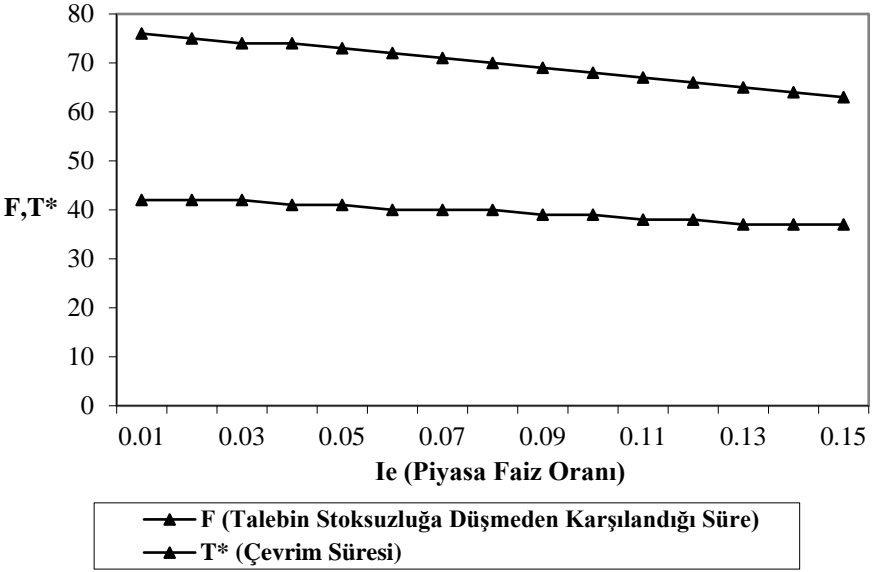
Bu durum, ödemelerde izin verilen gecikme süresinde olduğu gibi, alıcıları daha az miktarda ve daha sık sipariş vermeye teşvik etmekle bu piyasa faiz oranının getirisinden daha fazla yararlanmak istemelerinin bir sonucudur.

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 3.12'den de görüldüğü üzere bu etkinin çok da anlamlı olmadığı söylenebilir.



Şekil 3.12. Piyasa Faiz Oranındaki Değişimin Toplam Kâr Üzerindeki Etkisi

Piyasa faiz oranının optimal çevrim süresi ile talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre üzerindeki etkisi Şekil 3.13'te görülmektedir.



Şekil 3.13. Piyasa Faiz Oranındaki Değişimin Çevrim Süresi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre Üzerindeki Etkisi

Şekil 3.13'e göre piyasa faiz oranı arttıkça optimal çevrim süresi ile talebin stoksuzluğa düşmeden karşılandığı süre azalmaktadır. Her iki faiz oranının etkisi ele alındığında piyasa faiz oranının optimal değerler üzerindeki etkisinin gecikme cezası faiz oranının etkisinden daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Kitabın 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.

3.4. Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresi ile Kusurlu Ürün Oranının Eşanlı Değişimi

Bu bölümde model parametrelerinin eşanlı değişimlerinin optimal değerler üzerindeki etkisi incelenecektir. Ele alınacak analiz sonuçları 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.

3.4.1. Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre

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.

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.

Tablo 3.6. Kusurlu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılındığı Süre Üzerine Etkisi

M \ E _p	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
10	34	33	33	32	32	31	29	28
15	35	35	34	34	33	32	31	30
20	36	36	35	35	34	33	32	31
25	37	37	36	36	35	34	33	32
30	38	38	37	37	36	35	34	33
35	39	38	38	37	36	36	34	33
40	39	39	39	38	37	36	36	34
45	40	40	40	39	38	38	37	36
50	41	41	41	40	39	39	38	37
55	42	42	41	41	40	40	39	38
60	43	42	42	42	41	40	39	38

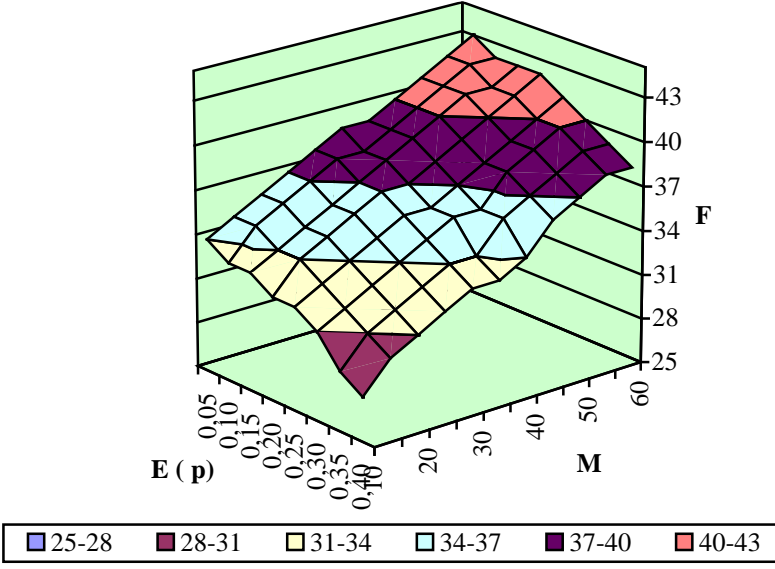
D = 5,000 birim, x = 60,000 birim, K = 400 TL, h = 4 TL, π = 6 TL, c = 35 TL, d = 1 TL, s = 60 TL, v = 25 TL, I_e = 0.12, I_o = 0.15

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 karşılındığı süre ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça artmakta buna mukabil, kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça azalmaktadır.

Şekil 3.14'te 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.



Şekil 3.14. Kusurlu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Talebin Stoksuzluğa Düşmeden Karşılandığı Süre Üzerine Etkisi

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.

3.4.2. 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 Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Optimal Sipariş Miktarı Üzerine Etkisi

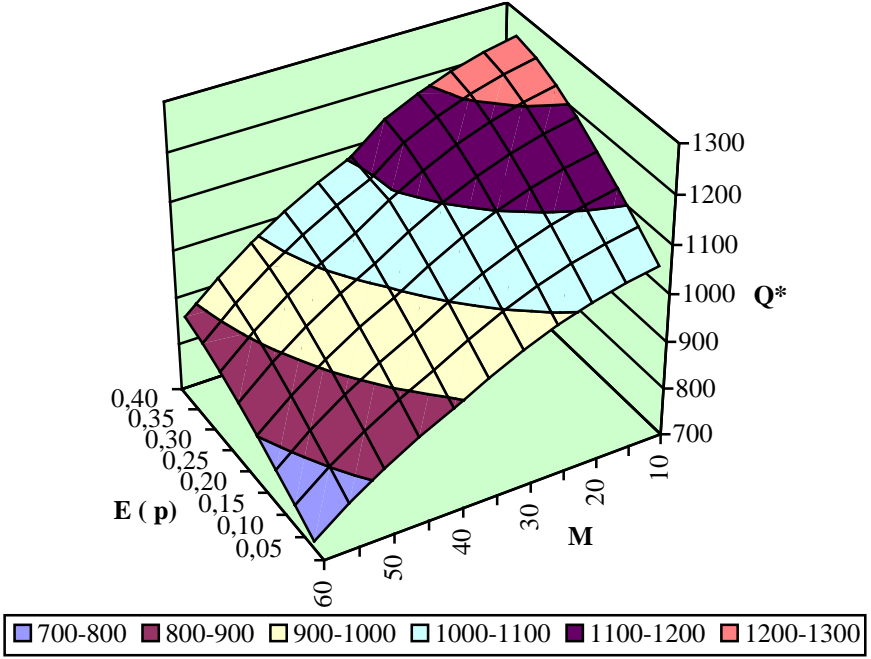
M \ Ep	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
10	1,037	1,078	1,118	1,155	1,189	1,217	1,238	1,249
15	1,026	1,066	1,105	1,142	1,175	1,204	1,225	1,236
20	1,009	1,049	1,087	1,124	1,157	1,184	1,205	1,216
25	987	1,026	1,064	1,100	1,132	1,159	1,180	1,191
30	960	998	1,035	1,069	1,101	1,128	1,148	1,159
35	927	963	999	1,033	1,063	1,090	1,095	1,104
40	889	925	959	991	1,020	1,044	1,062	1,072
45	855	890	923	954	982	1,006	1,024	1,034
50	816	848	880	910	938	961	979	990
55	769	801	831	860	886	909	927	939
60	715	745	773	801	826	848	866	880

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 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 3.15'te üç boyutlu olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.15. Kusurlu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Optimal Sipariş Miktarı Üzerine Etkisi

3.4.3. İzin Verilen Maksimum Stoksuzluk Miktarı

Tablo 3.8 ve Şekil 3.16'da ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile kusurlu ürün oranının beklenen değerindeki eşanlı değişimler sonucu izin verilen maksimum stoksuzluk miktarının değişimi görülmektedir.

Tablo 3.8. Kusurlu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Maksimum Stoksuzluk Miktarı Üzerine Etkisi

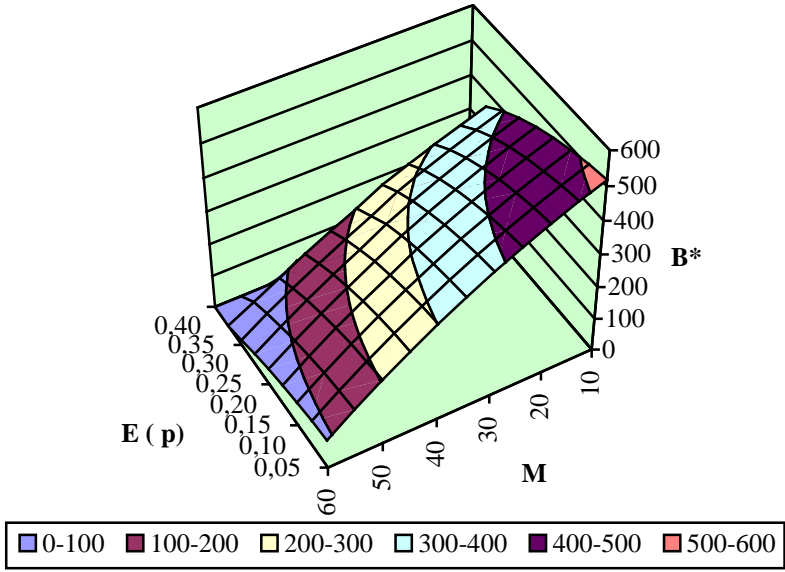
M \ Ep	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
10	517	507	493	475	454	428	396	357
15	489	478	464	447	426	401	370	331
20	457	447	434	417	396	371	341	304
25	423	413	400	384	364	340	311	275
30	386	376	364	348	329	306	278	244
35	345	336	324	310	291	269	236	203
40	301	292	280	265	247	224	197	166
45	253	245	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	---²⁴

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_e = 0.12, I_o = 0.15

Tablo 3.8'e göre kusurlu ürün oranının beklenen değeri ile ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça maksimum stoksuzluk miktarı azalmaktadır.

Şekil 3.16'ya 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.

²⁴ Ödemelerde izin verilen gecikme süresinin en yüksek değeri olan 60 gün ve kusurlu ürün oranının beklenen değerinin en fazla olduğu 0.40 değerlerinde maksimum stoksuzluk miktarı -4 olarak hesaplanmıştır. Fakat bu değer modeldeki varsayımları ve pozitif olma koşulunu sağlamadığı için analiz dışında bırakılmıştır.



Şekil 3.16. Kusurlu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve İzin Verilen Maksimum Stoksuzluk Miktarı Üzerine Etkisi

3.4.4. 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 değerleri incelendiğinde birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değeri; kusurlu ürün oranının beklenen değeri arttıkça azalmakta fakat ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça artmaktadır.

Tablo 3.9. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri İle Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Toplam Kârın Optimal Beklenen Değeri Üzerine Etkisi

M \ Ep	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
10	113,453	110,199	106,547	102,419	97,719	92,320	86,057	78,707
15	113,666	110,426	106,789	102,679	97,998	92,623	86,389	79,074
20	113,897	110,671	107,050	102,958	98,298	92,948	86,743	79,464
25	114,148	110,936	107,331	103,258	98,620	93,295	87,121	79,880
30	114,420	111,223	107,634	103,580	98,965	93,667	87,524	80,323
35	114,715	111,532	107,961	103,927	99,335	94,064	90,525	83,580
40	115,498	112,760	109,601	105,945	101,697	96,735	90,904	83,994
45	115,824	113,085	109,928	106,279	102,042	97,099	91,293	84,418
50	116,171	113,428	110,271	106,627	102,401	97,474	91,694	84,855
55	116,542	113,791	110,632	106,991	102,774	97,864	92,108	85,306
60	116,941	114,180	111,016	107,375	103,166	98,271	92,539	85,774

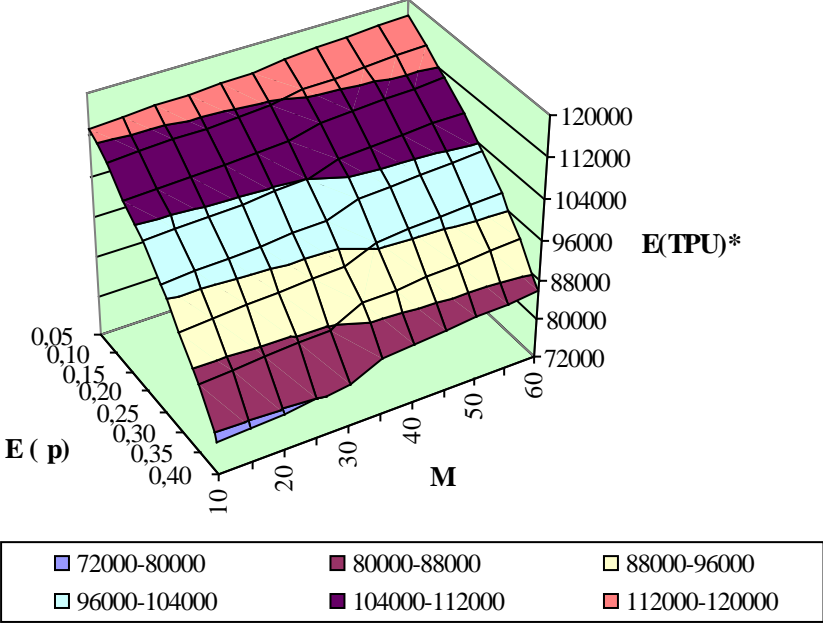
D = 5,000 birim, x = 60,000 birim, K = 400 TL, h = 4 TL, π = 6 TL, c = 35 TL, d = 1 TL, s = 60 TL, v = 25 TL, I_e = 0.12, I_o = 0.15

Şekil 3.17’de birim zamandaki toplam kârın optimal beklenen değerinin üç boyutlu grafiği gösterilmektedir.

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.

Tablo 3.9 ve Şekil 3.17’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.



Şekil 3.17. Kusurlu Ürün Oranının Beklenen Değeri ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Toplam Kâr Üzerine Etkisi

3.4.5. Optimal Çevrim Süresi

Optimal çevrim süresinin ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile kusurlu ürün oranındaki değişimler karşısında aldığı değerler Tablo 3.10’da görülmektedir.

Bu tablodan, kusurlu ürün oranının beklenen değeri ile ödemelerde izin verilen gecikme süresi arttıkça optimal çevrim süresinin azaldığı anlaşılmaktadır.

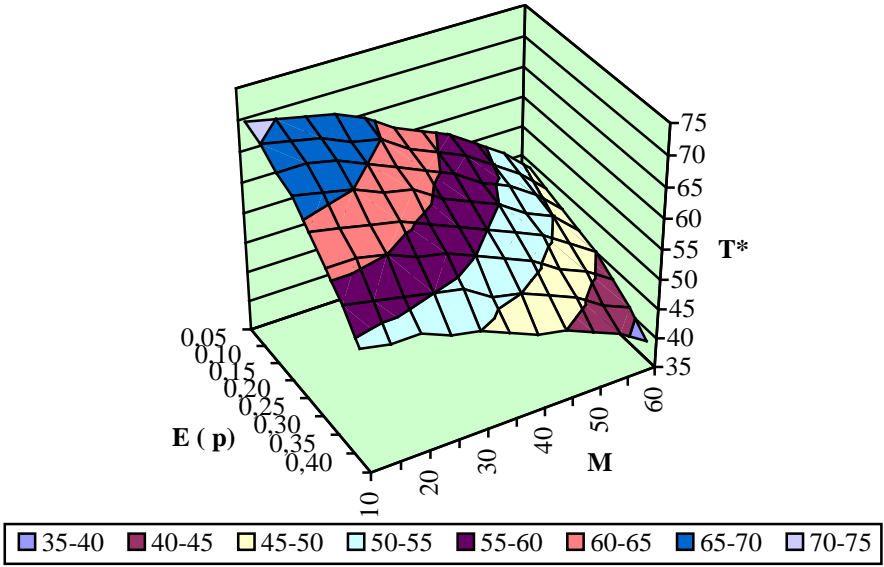
Tablo 3.10. Kusurlu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Optimal Çevrim Süresi Üzerine Etkisi

M \ E_p	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
10	71	70	68	67	64	61	58	54
15	70	69	68	66	63	61	57	53
20	69	68	67	65	62	60	56	53
25	68	66	65	63	61	58	55	51
30	66	65	63	62	59	57	54	50
35	63	62	61	59	57	55	51	48
40	61	60	59	57	55	53	50	46
45	59	58	56	55	53	51	48	45
50	56	55	54	52	51	48	46	43
55	53	52	51	50	48	46	43	41
60	49	48	47	46	45	43	41	38

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, $I_e = 0.12$, $I_o = 0.15$

Şekil 3.18’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 3.18. Kusurlu Ürün Oranı ile Ödemelerde İzin Verilen Gecikme Süresinin Eşanlı Değişimi ve Çevrim Süresi Üzerine Etkisi

3.5. Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu kitapta 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.²⁵ Dolayısıyla bu kitapta geliştirilen modelin sonuçları teori ile desteklenmektedir.

- 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.²⁶
- 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.²⁷
- 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

²⁵ 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 (2002) 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.

²⁶ Bu sonuçlar daha önceki çalışma sonuçları ile (Salameh ve Jaber (2000), Eroğlu vd., (2004), Eroğlu ve Özdemir (2007) tutarlı olup bu kitapta geliştirilen modelin sonuçlarının teoriyle desteklendiğini ortaya koymaktadır.

²⁷ Bu sonuçlar Chang ve Teng (2004) tarafından elde edilen sonuçların aynısıdır. Dolayısıyla yapılan çalışmanın sonuçları önceki çalışma sonuçlarını desteklemektedir.

verilen maksimum stoksuzluk miktarı artmaktadır.²⁸ 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 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.

²⁸ 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.

- 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.

Önceki çalışmalarda ayrı ayrı ele alınan farklı durumlar bu kitapta geliştirilen modelde aynı anda analiz edilmesi bu çalışmayı önceki çalışmalardan farklı kılmaktadır.

Bu kitapta 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. Bu kitapta 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 kitapta, bu yeni açılımlardan hareketle yeni bir ekonomik sipariş miktarı modeli geliştirilmiştir. Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, stokla ilgili genel bilgiler, stok kavramı, stok çeşitleri, stok maliyetleri, stok bulundurma nedenleri ve stok kontrol modellerinden söz edilmiştir.

Kitabın ikinci bölümünde ise; kusurlu ürün ve ödemelerde gecikmeye izin verilmesi durumu altında yeni bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen modelde ödemelerde gecikmeye ve stoksuzluğa izin verilmekte ve gelen ürünlerin belli bir oranda kusurlu ürün içerdiği varsayılmaktadır. 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 kitapta geliştirilen modelin özel durumu oldukları ispat edilmiş ve gösterilmiştir. Yapılan sayısal örneklerle modelin geçerliliği ve sonuçları sınanmış ve değerlendirilmiştir.

Üçüncü bölümde ise geliştirilen model için ödemelerde gecikmeye izin verilen süre ile kusurlu ürün oranındaki değişimlerin etkileri duyarlılık analizi ile incelenmektedir. Model analizinin en önemlilerini oluşturan bu bölümde geliştirilen modelde elde edilen optimal değerlerin ödemelerde izin verilen gecikme süresi ile kusurlu ürün oranındaki değişimler karşısındaki değişimleri 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 kitapta 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 kitapta ele alınan model, 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 kitabın bundan sonra yapılacak çalışmalara ışık tutması ümit edilmektedir.

KULLANILAN KAYNAKLAR

- ALGBURI, A. A. H., EROĞLU, A. ve SULAK, H. (2019). Farklı Durumlar Altında Geliştirilen Stok Kontrol Modelleri Yazın Taraması, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(1), 19-31.
- CHANG, C. T. ve TENG, J. T. (2004). Retailer's Optimal Ordering Policy under Supplier Credits, *Mathematical Methods of Operations Research*, 60, 471-483.
- CHASE, R. B., AQUILANO, N. J. ve JACOBS, F. R., (1998). *Production and Operations Management: Manufacturing and Services*, Eight Edition, McGraw Hill.
- CHIU, Y. P. (2003). Determining the Optimal Lot Size for the Finite Production Model with Random Defective Rate, the Rework Process and Backlogging, *Engineering Optimization*, 35(4), 427-437.
- CHUNG, K. J. ve HUANG, Y. F. (2006). Retailer's Optimal Cycle Times in the EOQ Model with Imperfect Quality and a Permissible Credit Period, *Quality and Quantity*, 40, 59-77.
- DEMİR, H. ve GÜMÜŞOĞLU, Ş. (1998). *Üretim Yönetimi (İşlemler Yönetimi)*, Beta Yayınevi, İstanbul.
- DILWORTH, J. B. (1993). *Production and Operations Management: Manufacturing and Services*, Fifth Edition, McGraw-Hill,
- EROĞLU, A. (2003). *Deterministik Envanter Modelleri*, Fakülte Kitabevi, Isparta.
- EROĞLU, A. ve GÜLTEKİN, Ö. (2007). An Economic Order Quantity Model with Defective Items and Shortages,

- International Journal of Production Economics*, 106(2), 544-549.
- EROĞLU, A., KARAATLI, M. ve KILIÇ, Y. (2004). Kusurlu Ürünler İçin Bir Ekonomik Üretim Miktarı Modeli, *SDÜ İİBF Dergisi*, 9(2), 131-140.
- GAITHER, N. (1992). *Production and Operation Manegement*, Fifth Edition, The Dryden Pres, New York.
- GOYAL, S. K. (1985). Economic Order Quantity under Conditions of Permissible Delay in Payments, *Journal of the HEIZER, J. ve RENDER, B. (2001). Operations Management*, Prentice Hall, New Jersey.
- JAMAL, A. M. M., SARKER, B. R. ve WANG, S. (2000). Optimal Payment Time for a Retailer under Permitted Delay of Payment by the Wholesaler, *International Journal of Production Economics*, 66, 59-66.
- KARAÖZ, M. (2003). *Öğrenme ve Farklı Talep Fonksiyonlarını İçeren Ekonomik Üretim Miktarı Model Önerileri*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Süleymen Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- KOBU, B. (2005). *Üretim Yönetimi*, Beta Yayınevi, 12. Baskı, İstanbul.
- LIAO, H. C. ve CHEN, Y. K. (2003). Optimal Payment Time for Retailer's Inventory System, *International Journal of Systems Science*, 34(4), 245-253.

- LIAO, J. J. (2008). An Inventory Control System under Deferrable Delivery Conditions, *Mathematical and Computer Modelling*, 47(3), 247-258.
- MADDAH, B. ve JABER, M. Y. (2008). Economic Order Quantity for Items With Imperfect Quality: Revisited, *International Journal of Production Economics*, 112(2), 808-815.
- MARTINICH, J. S. (1997). *Production and Operations Management: An Applied Modern Approach*, Wiley, Kanada.
- MULLER, M. (2003). *Essentials of Inventory Management*, American Management Association, New York.
- NAHMIAS, S. (1993). *Production and Operations Analysis*, Second Edition, Irwin, USA.
- OUYANG, L. Y., TENG J. T., CHUANG, K. W. ve CHUANG, B. R. (2005). Optimal Inventory Policy with Non-instantaneous Receipt under Trade Credit, *International Journal of Production Economics*, 98, 290-300.
- ROSS, S. M. (1996). *Stochastic Process*, Second Edition, John Wiley Son, New York.
- SALAMEH, M. K. ve JABER, M. Y. (2000). Economic Production Quantity Model for Items with Imperfect Quality, *International Journal of Production Economics*, 64, 59-64.
- SARKER, B. R., JAMAL, A. M. ve WANG, S. (2000). Supply Chain Model for Perishable Products under Inflation and Permissible Delay in Payment, *Computers and Operations Research*, 27, 59-75.

- SCHROEDER, R. G. (1993). *Operations Management: Decision Making in the Operations Functions*, Fourth Edition, McGraw-Hill, New York.
- STEVENSON, W. J. (1993). *Production/Operations Management*, Irwin, USA.
- SULAK, H. ve EROĞLU, A. (2009). Ekonomik Sipariş Ve Üretim Miktarı Modellerinde Yeni Açılımlar, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 383-406.
- TATAR, T. (1973). *İşletmelerde Üretim Yönetimi ve Teknikleri*, Doğuş Matbaacılık, Ankara.
- TAYLOR III, B. W. (1999). *Introduction to Management Science*, Prentice-Hall, Englewood-Cliffs, USA.
- TEKİN, M. (2003). *Üretim Yönetimi*, Cilt 2, Günay Ofset, Konya.
- TENG, J. T. (2002). On The Economic Order Quantity under Conditions of Permissible Delay in Payments, *Journal of the Operational Research Society*, 53, 915-918.
- TENG, J. T., CHANG, C. T. ve GOYAL, S. K. (2005). Optimal Pricing and Ordering Policy under Permissible Delay in Payments, *International Journal of Production Economics*, 97(2), 121-129.
- TERSINE, R. J. (1988). *Principles of Inventory and Material Management*, Third Edition, Elsevier Science Publishing, New York, USA.
- TOP, A. (2001). *Üretim Sistemleri*, Alfa Yayınları, İstanbul.

- VONDEREMBSE, M. A. ve WHITE, G. P. (1991). *Operation Management: Concepts, Methods and Strategies*, Second Edition, West Publishing Company, St. Paul, USA.
- WATERS, C. D. J. (1989). *A Practical Introduction to Management Science*, Addison Wesley Publishing, England.
- WINSTON, W. L. (1991). *Operations Research: Application and Algorithms*, Second Edition, Duxbury Pres, Belmont.
- ZIPKIN, P. H. (2000). *Foundations of Inventory Management*, McGraw-Hill.



IKSAD
Publishing House



978-605-7875-28-0